



PGDESIGN | Programa de Pós-Graduação
Mestrado | Doutorado



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Arthur Thiago Thamay Medeiros

**O USO DAS TECNOLOGIAS 3D EM BENS IMÓVEIS PATRIMONIAIS:
conservação dos ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço dos
Açorianos em Porto Alegre**

Tese de doutorado

Porto Alegre
2023

ARTHUR THIAGO THAMAY MEDEIROS

**O uso das tecnologias 3D em bens imóveis patrimoniais: conservação dos
ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço dos Açorianos em Porto
Alegre**

Tese de doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Design
da Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como requisito parcial à obtenção do
título de Doutor em Design.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Pinto da Silva

Porto Alegre
2023

CIP - Catalogação na Publicação

Medeiros, Arthur Thiago Thamay

O uso das tecnologias 3D em bens imóveis
patrimoniais: conservação dos ladrilhos hidráulicos do
salão de entrada do Paço dos Açorianos em Porto Alegre
/ Arthur Thiago Thamay Medeiros. -- 2023.
280 f.

Orientador: Fabio Pinto da Silva.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de
Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Digitalização 3D. 2. Usinagem CNC. 3. Mosaicos.
4. Patrimônio Cultural. 5. Restauração. I. da Silva,
Fabio Pinto, orient. II. Título.

Arthur Thiago Thamay Medeiros

O USO DAS TECNOLOGIAS 3D EM BENS IMÓVEIS PATRIMONIAIS: conservação dos ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço dos Açorianos em Porto Alegre

Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do Título de Doutor em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 01 de novembro de 2023.

Prof. Dr. Fabio Pinto da Silva

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Orientador: **Prof. Dr. Fabio Pinto da Silva**

Programa de Pós-Graduação em Design (UFRGS)

Profa. Dra. Alcília Afonso de Albuquerque e Melo

Programa de Pós-Graduação em História (UFCG) – Examinadora Externa

Profa. Dra. Ana Lúcia C. de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (UFPeL) – Examinadora Externa

Prof. Dr Wilson Kindlein Júnior

Programa de Pós-Graduação em Design (UFRGS) - Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e sua eterna graça concebida a mim em toda minha trajetória existencial. Agradeço também à minha família, em especial ao meu pai, pelo seu apoio incondicional, compreensão e incentivo ao longo de todo o percurso acadêmico. Seu apoio emocional e encorajamento foram essenciais para superar os desafios enfrentados durante esta jornada.

Ao meu orientador, professor Fabio Pinto da Silva, por todo o direcionamento, confiança, apoio e pelos ensinamentos, acreditando junto comigo no tema e insistindo para extrair o melhor da pesquisa. Gratidão por todo o suporte dado ao longo destes anos, sua competência foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

As professoras que participaram da banca de qualificação pelas contribuições dadas: Alcília Afonso de Albuquerque e Melo Ana Lúcia C. de Oliveira e Mariana Pohlmann de Oliveira.

A Cristiano Tavares, por todo amor, companheirismo, compreensão e força, me ajudando da maneira que pode e acreditando e me apoiando nessa jornada da vida.

A UFRGS e a toda a equipe do LDSM, professores e colegas. Sinto-me honrado em fazer parte desse grupo. Aos bolsistas do laboratório, em especial a Pedro Arthur Bueno Silva que ajudou em diversas etapas.

A Gabriel Reis Kauffmann por todo o imenso apoio dado, por embarcar comigo na pesquisa e generosamente contribuiu com seus conhecimentos, fornecendo percepções valiosas.

À Fábrica de Mosaicos, em especial à Rudelger Leitzke, Náタリア Bender Roloff e César Aldoni Tatsch, por permitirem o acesso às instalações e fornecerem informações valiosas sobre a produção de ladrilhos hidráulicos. Sua colaboração foi fundamental para o sucesso deste estudo.

A Luiz Mariano, museólogo da Pinacoteca Aldo Locatelli, que nos ajudou abrindo as portas da prefeitura.

Ao LIFEE e à iMER por apoiar na etapa de usinagem.

Aos professores e funcionários do PGDesign da UFRGS que tive a oportunidade de manter contato durante as disciplinas, vivenciando experiências e adquirindo conhecimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - Ministério da Educação do Brasil), pelo fomento e pela concessão da bolsa.

Aos amigos do Senac que contribuíram para eu chegar até aqui, me acompanhando nessa jornada. Obrigado pelos momentos especiais.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, garantidamente, contribuíram para este trabalho, direta ou indiretamente. Seus esforços coletivos foram fundamentais para a conclusão desta pesquisa.

O olhar é uma construção social e cultural, circunscrito pela especificidade histórica e pelo seu contexto. [...] Foi preciso um olhar forasteiro, não comprometido com a cultura local, para inaugurar a inversão dessa perspectiva.

Rafael Cardoso
DESIGN PARA UM MUNDO COMPLEXO

RESUMO

MEDEIROS, A. T. T. **O uso das tecnologias 3D em bens imóveis patrimoniais:** conservação dos ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço dos Açorianos em Porto Alegre. 280 f. Tese (Doutorado em Design) – Escola de Engenharia / Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

Com o advento das tecnologias 3D na área do design e patrimônio cultural, o uso da digitalização tridimensional tem possibilitado avanços relacionados a documentação, preservação e manutenção de imóveis tombados. Nesse sentido, o objeto de estudo da pesquisa é o Paço dos Açorianos de Porto Alegre - RS, com delimitação temática nos ladrilhos hidráulicos localizados no salão da entrada do pavimento térreo da edificação que, atualmente, apresentam variadas patologias. O objetivo é introduzir as tecnologias 3D no processo de fabricação de ladrilhos hidráulicos para a conservação das pavimentações de bens imóveis patrimoniais. Especificamente, foram utilizados *scanners* tridimensionais como instrumento para análise e documentação dos exemplares de ladrilhos do objeto de estudo. A fabricação dos ladrilhos foi realizada em parceria com a Fábrica de Mosaicos de Pelotas - RS (patrimônio industrial do Estado), cooperando também na confecção de matrizes por meio da usinagem CNC. A metodologia proposta, consistiu na (1) Anamnese, realizando o Levantamento das Informações, analisando as sete dimensões do objeto arquitetônico; (2) Análise dos Danos, para identificação das patologias; (3) Conduta de Intervenção e (4) Materiais e Processos de Fabricação para atingir o objetivo da pesquisa e, por consequência, gerou-se um manual técnico de uso, operação e manutenção, sugerindo ações para resolução ou minimização do problema (o desgaste) e também para um correto manejo e aplicação do produto. Como resultado da pesquisa, foram fabricadas por meio da usinagem CNC, a partir do modelamento computacional CAD, quatro matrizes para confecção dos ladrilhos com os padrões do Paço. Para isso, foi realizada uma prévia prototipagem, visando os devidos ajustes necessários no desenho, para sanar o dano do defeito de fabricação, identificado na Análise dos Danos. Para avaliação da geometria obtida, foram realizadas comparações entre matrizes, modelo e ladrilhos. Para tal fim, foi selecionado o padrão principal do salão de entrada (miolo) para o escaneamento dos mesmos, aplicando novamente o uso das tecnologias 3D, nessa fase, como método avaliativo. Em geral, a conclusão da tese reafirma a importância cultural e patrimonial dos ladrilhos hidráulicos. Além disso, demonstraram como a ciência em parceria com a indústria, pode contribuir para a conservação e valorização desse bem integrado ao patrimônio cultural.

Palavras-chave: Digitalização 3D; Usinagem CNC; Mosaicos; Patrimônio Cultural; Patrimônio Industrial; Restauração.

ABSTRACT

MEDEIROS, A. T. T. **The use of 3D technologies in heritage properties:** conservation of hydraulic tiles in the entrance hall of Paço dos Açorianos in Porto Alegre. 280 p. Thesis (Doctorate in Design) – Engineering School / Faculty of Architecture, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

With the advent of 3D technologies in the fields of design and cultural heritage, the use of three-dimensional digitization has enabled advances related to the documentation, preservation, and maintenance of listed heritage properties. In this context, the object of study of the research is the Paço dos Açorianos in Porto Alegre - RS, with a thematic focus on the hydraulic tiles located in the entrance hall of the ground floor of the building, which currently exhibit various pathologies. The objective is to introduce 3D technologies in the manufacturing process of hydraulic tiles for the conservation of pavements in heritage-listed properties. Specifically, 3D scanners were used as tools for the analysis and documentation of the tile specimens of the object of study. The tiles were produced in partnership with the Fábrica de Mosaicos of Pelotas - RS (an industrial heritage of the state), also collaborating in the creation of molds through CNC machining. The proposed methodology consisted of (1) Anamnesis, gathering information by analyzing the seven dimensions of the architectural object; (2) Damage Analysis, to identify pathologies; (3) Intervention Guidelines, and (4) Materials and Manufacturing Processes to achieve the research objective, which consequently led to the creation of a technical manual for use, operation, and maintenance, suggesting actions to resolve or minimize the problem (wear) and also for the proper handling and application of the product. As a result of the research, four molds for tile production with the patterns of Paço were created through CNC machining, based on CAD computational modeling. For this, a preliminary prototyping was carried out to make the necessary adjustments to the design in order to resolve the defect identified in the Damage Analysis. To evaluate the obtained geometry, comparisons were made between the molds, the model, and the tiles. For this purpose, the main pattern of the entrance hall (the center) was selected for scanning, applying 3D technologies again at this stage as an evaluation method. Overall, the conclusion of the thesis reaffirms the cultural and heritage importance of hydraulic tiles. Moreover, it demonstrated how science, in partnership with industry, can contribute to the conservation and appreciation of this asset integrated into cultural heritage.

Keywords: 3D scanning; CNC machining; Mosaics; Cultural heritage; Industrial Heritage; Restoration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa mental com os temas da pesquisa.....	21
Figura 2 - Estrutura final da tese	23
Figura 3 - Cavaco gerado pela usinagem da peça.....	27
Figura 4 - Primeiro - ladrilho hidráulico interno; Segundo – externo; Terceiro - tátil.....	29
Figura 5 - Ladrilho hidráulico interno e as camadas que compõem o revestimento.....	29
Figura 6 - Molde divisor dos pigmentos.....	29
Figura 7 - Padrões de ladrilhos para composições.	30
Figura 8 - Ladrilhos encáusticos do século XIII e XIV	31
Figura 9 - Anúncio de jornal da fábrica de ladrilhos de Barcelona: Orsola Solá y Cía	32
Figura 10 - Anúncios de jornais das fábricas de ladrilhos hidráulicos de Barcelona: Butsems y Cía e Escofet, Fortuny y Cía.....	32
Figura 11 - Casas da Alameda Lorena em São Paulo (1936-1938).....	33
Figura 12 - Coleção “Os Cinco Sentidos” (1930) de Flávio de Carvalho.....	34
Figura 13 - Residência Mario Masetti (1968) e Ladrilho Floral Paulo Mendes da Rocha.....	34
Figura 14 - Primeira sede da Fábrica de Mosaicos de Pelotas, fundada em 1914	38
Figura 15 – Pisos de ladrilhos hidráulicos com padrão descontinuado.	43
Figura 16 – Patchwork de ladrilhos hidráulicos.	44
Figura 17 - Antes e depois da peça restaurada pelo IEPHA/MG.	45
Figura 18 - Intervenção de restauro com procedimentos de limpeza, enxerto, nivelamento e reintegração cromática em ladrilho histórico da Fazenda Boi Só (João Pessoa/PB).	46
Figura 19 – Paço do Frevo e ladrilho em processo de intervenção.....	46
Figura 20 - Processos restaurativos dos ladrilhos do Museu do Ipiranga em São Paulo - SP.....	46
Figura 21 - Método proposto	49
Figura 22 – Metodologia da etapa de levantamento das informações.	50
Figura 23 – Metodologia da etapa de análise dos danos	53
Figura 24 - Equipamentos de escaneamento em 3D utilizados na pesquisa e suas especificações técnicas.	54
Figura 25 - Metodologia da etapa de conduta de intervenção.	56
Figura 26 – Metodologia das etapas de materiais e processos de fabricação.	57
Figura 27 - Paço dos Açorianos de Porto Alegre - RS	64
Figura 28 - Regiões territoriais de Porto Alegre.	66
Figura 29 – Volumetria das construções contemporâneas ao Paço dos Açorianos.....	67
Figura 30 - Mapa de localização do Paço dos Açorianos de Porto Alegre – RS.....	68
Figura 31 - Planta baixa do subsolo, referente ao pavimento do porão da edificação	68
Figura 32 - Planta baixa do térreo do Paço dos Açorianos.	68
Figura 33 - Planta baixa do segundo andar do Paço dos Açorianos.....	69
Figura 34 - Vista superior da volumetria em U do Paço.	69
Figura 35 - Vitrais do andar superior	70
Figura 36 - Escadaria que conduz ao terraço é banhada pela luz da claraboia.....	70
Figura 37 - Escada em espiral de E. Berta.....	71
Figura 38 - Ladrilhos do hall de entrada do Paço dos Açorianos	71
Figura 39 - Tipos de ladrilhos hidráulicos localizados no salão de entrada do Paço dos Açorianos	72
Figura 40 - Fotomontagem com os ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço Municipal	72
Figura 41 - Tipos de ladrilhos hidráulicos localizados na parte externa do Paço Municipal	73
Figura 42 - Ladrilhos hidráulicos localizados no corredor lateral e no piso superior do Paço Municipal	73
Figura 43 - Esquemática da formação volumétrica do Paço dos Açorianos.	75
Figura 44 - Ilustração explicativa da Fachada Sul principal (frontal) do Paço dos Açorianos de Porto Alegre - RS.....	76
Figura 45 - Fachada Norte (posterior) do Paço dos Açorianos de Porto Alegre - RS	77

Figura 46 - Fachada Leste (lateral esquerda) do Paço dos Açorianos de Porto Alegre - RS.....	78
Figura 47 - Ilustração dos ladrilhos do salão de entrada do Paço.....	80
Figura 48 – Ilustrações com a simplificação da forma dos ladrilhos.....	80
Figura 49 – Análise do módulo. a) eixo diagonal e disposição em tríade das gravuras; b) composição em multimódulo com 6 unidades; c) representação gráfica da rotação dos módulos.	81
Figura 50 - Decomposição da forma do módulo central que compõe o miolo.....	82
Figura 51 - Módulo que compõe o miolo do salão de entrada e multimódulo com a composição da estrela e triângulos.	82
Figura 52 - Forma geométrica quadrada e a alternância entre o estado de expansão e contração da forma que gera o octógono e a cruz, elementos presentes nos padrões islâmicos	83
Figura 53 - Padrões de ladrilhos encáusticos medievais, padrões de mosaicos bizantinos e padrões romanos em Mármore de Elgin.	83
Figura 54 – Ornamento 03 dos ladrilhos do miolo do salão de entrada do Paço, semelhante às iluminuras medievais.....	84
Figura 55 - Padrões de iluminuras medievais	84
Figura 56 – Formas circulares do ornamento 04.....	85
Figura 57 – Composição em multimódulos evidenciando o ornamento 05.	85
Figura 58 - Padrão de ladrilhos semelhantes aos do miolo do Paço dos Açorianos, encontrados em Campina Grande – PB.	86
Figura 59 - Conjunto de cinco ladrilhos hidráulicos do acervo do MUHBA	86
Figura 60 - Fotografia da entrada do Clube Caixeiral de Pelotas.....	87
Figura 61 - Decomposição da forma do módulo que compõe a barra do tapete.....	87
Figura 62 - Ornamento 03 com as gravuras dos ladrilhos de canto e barra.....	88
Figura 63 - Decomposição da forma do módulo que compõe o canto do tapete	89
Figura 64 - Decomposição da forma do módulo que também compõe o canto do tapete.	89
Figura 65 – Ornamento 06 em composição por multimódulo.....	90
Figura 66 - Ilustração dos ladrilhos em composição por multimódulos.	90
Figura 67 - Fotografias retratando as modificações feitas na fachada dos fundos do Paço.	91
Figura 68 - ladrilhos internos localizados nos corredores laterais do salão de entrada; (II) ladrilhos internos localizados no piso superior da edificação.	93
Figura 69 - Fotografia da calçada do Paço	93
Figura 70 – Protótipos de matrizes de gesso fabricadas em 2000.....	94
Figura 71 - Estado atual de conservação dos ladrilhos do Paço.....	94
Figura 72 – Fachadas do Paço sendo restauradas.....	94
Figura 73 - Fotografia do escaneamento no Paço dos Açorianos.....	99
Figura 74 - Fotografia do escaneamento dos ladrilhos no Paço dos Açorianos.....	100
Figura 75 - Etapas de pós-processamento dos dados obtidos com a digitalização tridimensional	100
Figura 76 - Digitalização realizada com o Artec EVA	101
Figura 77 - Etapas de pós-processamento dos dados obtidos com a digitalização tridimensional	101
Figura 78 - Digitalizações feitas com o Z+F Imager 5010C.....	102
Figura 79 - Primeira parte da Ficha de Identificação de Danos.....	103
Figura 80 – Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 01/13.....	106
Figura 81 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 02/13.....	107
Figura 82 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 03/13.....	107
Figura 83 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 04/13.....	108
Figura 84 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 05/13.....	108
Figura 85 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 06/13.....	109
Figura 86 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 07/13.....	110
Figura 87 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 08/13.....	111
Figura 88 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 09/13.....	111
Figura 89 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 10/13.....	112
Figura 90 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 11/13.....	112
Figura 91 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 12/13.....	113

Figura 92 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 13/13.....	113
Figura 93 - Terceira parte da Ficha de Identificação de Danos (Avaliação)	116
Figura 94 - Planta de paginação do pavimento principal com o Mapa de Danos especificando as áreas de desgaste do piso.	117
Figura 95 - Níveis de desgaste do ladrilho	117
Figura 96 - Terceira parte da Ficha de Identificação de Danos (Gráfico)	118
Figura 97 - Atual prédio da Fábrica de Mosaicos	122
Figura 98 - Instrumentos e ferramentas de fabricação do ladrilho hidráulico	123
Figura 99 - Cadeia produtiva da Fábrica de Mosaicos.	124
Figura 100 - Pigmentos orgânicos e inorgânicos e suas possibilidades cromáticas.	125
Figura 101 - Areia armazenada e colocada para secar.....	125
Figura 102 - Estação de trabalho com prensa hidráulica.	126
Figura 103 - Antiga prensa manual utilizada pela Fábrica de Mosaicos.	126
Figura 104 - Moldes e Placas para fabricação dos ladrilhos hidráulicos.	127
Figura 105 - Imagens da segunda etapa do processo de fabricação.	128
Figura 106 - Inserção do cimento seco na terceira etapa.	129
Figura 107 - Camada de argamassa para prensagem.....	129
Figura 108 - Etapa de prensagem do ladrilho.	129
Figura 109 - Desenformagem da peça após a etapa de prensagem.	130
Figura 110 - Etapa de repouso dos ladrilhos recém-fabricados.	130
Figura 111 - Ladrilhos na etapa de hidratação das peças.....	130
Figura 112 - Etapa de secagem das peças fabricadas.	131
Figura 113 - Última etapa do processo de fabricação.	131
Figura 114 – Fluxo dos processos do modelamento computacional no AutoCAD.....	132
Figura 115 – Grid construído para o desenvolvimento do desenho.	134
Figura 116 – Desenho finalizado do ladrilho que compõe o miolo.	135
Figura 117 – Módulos que compõem a barra e os cantos.	135
Figura 118 - Especificações do fabricante com dados técnicos do Necuron 651	137
Figura 119 - Desenho da matriz com cotas de medição	137
Figura 120 – Simulação da usinagem CNC da peça ensaiada	137
Figura 121 - Ferramentas utilizadas.....	138
Figura 122 - Protótipo da matriz em processo de confecção.	140
Figura 123 - Protótipo finalizado da matriz.....	140
Figura 124 - Colorímetro Colorium	141
Figura 125 – Uso do colorímetro nos ladrilhos do Paço.....	142
Figura 126 – Colorímetro utilizado no mostruário da Fábrica de Mosaicos.....	142
Figura 127 – Dados do padrão mensurado com o colorímetro	143
Figura 128 - Conversão dos sistemas de cores pelo Photoshop.	143
Figura 129 - Espaço de cor CIE L* a* b*.....	145
Figura 130 – Quadro comparativo da cor Laranja.	145
Figura 131 - Quadro comparativo da cor Chocolate.....	146
Figura 132 - Quadro comparativo da cor Cinza Escuro.	146
Figura 133 - Quadro comparativo da cor Azul Escuro.....	147
Figura 134 - Quadro comparativo da cor Bronze.	147
Figura 135 - Quadro comparativo da cor Branco Sujo.	148
Figura 136 - Quadro comparativo da cor Caramelo.	148
Figura 137 - Cores aplicadas nos ladrilhos feitos pela Fábrica de Mosaicos e os do Paço dos Açorianos.	149
Figura 138 – Aplicação do desmoldante	150
Figura 139 – Inserção dos pigmentos	150
Figura 140 – Despejo das camadas de cimento e areia para preparação da prensagem.	151
Figura 141 – Extração do ladrilho da matriz.....	151
Figura 142 – Ladrilho prototipado.....	152

Figura 143 - Análise dimensional da matriz usinada em comparação	154
Figura 144 - Análise dimensional do ladrilho prototipado em comparação	155
Figura 145 - Fluxo dos processos do modelamento computacional no Fusion 360.	156
Figura 146 - Etapas realizadas após a extrusão. (a) inserção do ângulo de 2°; (b) arredondamento de 0.5 mm.	157
Figura 147 – Sequência das tarefas realizadas: (a) Importação do desenho; (b) extrusão do bloco; (c) inserção do ângulo de 2°; (d) arredondamento das arestas.....	157
Figura 148 – Modelagem 2D no AutoCAD (a); Modelagem 3D no Fusion 360 (b).....	158
Figura 149 – Impressora 3D CR-200B da Creality do LDSM da UFRGS.....	159
Figura 150 - Imagem das medidas e especificações da impressora(a); Imagem das medidas e especificações da impressora alteradas (b)	160
Figura 151 - Especificações para impressão no UltiMaker Cura 5.4.	161
Figura 152 – Molde em processo de impressão.....	161
Figura 153 – Moldes impressos finalizados.	162
Figura 154 - Simulação da usinagem CNC da peça ensaiada.....	162
Figura 155 - Centro de usinagem ROBODRILL α -T14iFLa FANUC	163
Figura 156 - Ficha de processos para a fabricação da matriz.....	163
Figura 157 - Ferramentas utilizadas.....	164
Figura 158 – Primeira matriz usinada com o aço 1045, referente ao miolo.	164
Figura 159 – Matrizes referentes aos cantos e a barra, usinadas em aço P20.....	165
Figura 160 – Preparação dos pigmentos.	165
Figura 161 – Preparação das ferramentas.....	166
Figura 162 – Inserção dos pigmentos.	166
Figura 163 – Inserção da argamassa.....	167
Figura 164 – Prensagem do conjunto.	167
Figura 165 – Extração do ladrilho.....	167
Figura 166 – Ladrilhos fabricados: (a) feito sem o molde; (b) fabricado com o molde.	168
Figura 167 – Repouso por 24 horas.....	168
Figura 168 – Processo de cura por imersão em água.....	169
Figura 169 – Repouso dos ladrilhos por cerca de 25 a 30 dias.	169
Figura 170 - Fotografias dos ladrilhos do Paço dos Açorianos e dos ladrilhos feitos pela Fábrica de Mosaicos.....	170
Figura 171 - Fotografias dos ladrilhos do Paço dos Açorianos e dos ladrilhos feitos pela Fábrica de Mosaicos.	171
Figura 172 – Quebras ocorridas durante o processo de fabricação.....	172
Figura 173 – Processo de polimento com motoesmeril.....	172
Figura 174 – Ladrilhos finais fabricados.....	173
Figura 175 - Análise dimensional da matriz usinada em aço comparada ao modelo CAD	174
Figura 176 - Análise dimensional do ladrilho feito pela Fabrica de Mosaicos comparado com a matriz usinada em aço (erro RMS = 0,11 mm). Unidades em mm.	175
Figura 177 - Análise dimensional do ladrilho feito pela Fabrica de Mosaicos em comparação com o ladrilho do Paço dos Açorianos (erro RMS = 0,23 mm). Unidades em mm.	176
Figura 178 - Análise dimensional da matriz de gesso fabricada artesanalmente em 2000 comparada com a matriz usinada em aço (erro RMS = 0,75 mm). Unidades em mm.	177
Figura 179 - Mockup do manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos.	179

LISTA DE ABREVIATURAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer-Aided Manufacturing</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior
CMYK	Ciano, Magenta, Amarelo (<i>Yellow</i>) e Preto (“K” - Key = chave)
CNC	Comando Numérico Computadorizado (<i>Computer-Aided facturing</i>)
FID	Ficha de Identificação de Danos
DXF	<i>Drawing Exchange Format</i>
DWG	Abreviação de <i>drawing</i> , em inglês “desenho”.
FFF	Fabricação de Filamento Fundido
GRUPAL	Grupo de Pesquisa Arquitetura e Lugar
ICOMOS	Conselho Internacional de Monumentos e Sítios
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ISCIH	Comitê Científico Internacional do Patrimônio Industrial
Lab	Espaço de cores: luminosidade (L) separada da cromaticidade (a b)
LDSM	Laboratório de Design e Seleção de Materiais
mm Milímetros	Unidade de medida
NBR	Norma Brasileira
PGDesign	Programa de Pós-Graduação em Design
PLA	Poli Lático Ácido
RGB	Vermelho, Verde e Azul (<i>Red, Green and Blue</i>)
RS	Rio Grande do Sul
STL	<i>Stereolithography</i>
TICCIH	<i>The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage</i>
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Problematização e justificativa.....	19
1.2	Questão da pesquisa.....	20
1.3	Hipótese	20
1.4	Delimitação do tema.....	21
1.5	Objetivos	22
1.6	Operacionalização dos termos	22
1.7	Estrutura da tese	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1	Tecnologias 3D	25
2.1.1	Digitalização tridimensional.....	25
2.1.2	A digitalização tridimensional em análises comparativas	26
2.1.3	Usinagem CNC	27
2.2	Ladrilho hidráulico	28
2.3	Patrimônio Cultural	35
2.4	Patrimônio Industrial.....	37
2.4.1	O patrimônio industrial: Fábrica de Mosaicos de Pelotas – RS ..	38
2.5	Bens integrados	39
2.6	Teoria da restauração	40
2.6.1	Intervenções restaurativas em ladrilhos hidráulicos	43
3	METODOLOGIA	49
3.1	Diretiva para a etapa da Anamnese: análise das dimensões do Objeto arquitetônico	50
3.2	Orientações para a etapa da Análise dos Danos	53
3.3	Direcionamentos para a Conduta de Intervenção	55
3.4	Diretrizes sobre materiais e processos de fabricação	56
4	ANAMNESE - LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES	62
4.1	Dimensão normativa.....	62
4.2	Dimensão histórica	63
4.3	Dimensão espacial	65
4.4	Dimensão tectônica	69
4.5	Dimensão funcional	73
4.6	Dimensão formal	75
4.7	Dimensão da conservação	90
5	ANÁLISE DOS DANOS	96
5.1	Estudo das patologias	96

5.1.1	Considerações sobre a NBR 15575/2013 Parte 1 e Parte 3.....	97
5.1.2	Considerações sobre a NBR 5674/2012	98
5.2	Digitalização tridimensional dos ladrilhos hidráulicos do Paço dos Açorianos.....	99
5.3	Ficha de Identificação de danos (FID)	102
5.4	Mapeamento de danos	104
6	CONDOTA DE INTERVENÇÃO.....	116
6.1	Danos observados.....	116
6.2	Diretrizes e condutas de intervenção.....	119
7	MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO	122
7.1	Mapeamento do processo produtivo da Fábrica de Mosaicos de Pelotas: ferramentas auxiliares e etapas de fabricação	122
7.2	Usinagem CNC e fabricação dos ladrilhos hidráulicos.....	132
7.2.1	Primeira etapa do modelamento computacional.....	132
7.2.2	Usinagem do protótipo da Placa	136
7.2.3	Colorimetria.....	141
7.2.4	Testagem do protótipo	149
7.2.5	Avaliação da geometria do protótipo	153
7.2.6	Segunda etapa do modelamento computacional.....	155
7.2.7	Impressão 3D do Molde	158
7.2.8	Usinagem da Matriz (Placa) em aço	162
7.2.9	Validação das matrizes	165
7.2.10	Avaliação final da geometria	174
7.3	Proposta de Manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos.....	178
8	CONCLUSÃO	181
8.1	Sugestões para trabalhos futuros	185
	REFERÊNCIAS.....	186
	APÊNDICES	194
	Apêndice A	194
	Apêndice B	211
	Apêndice C	215
	Apêndice D	219
	Apêndice E	280



CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO



O interesse humano em se expressar é artisticamente observado nos ornamentos dos diversos artefatos da vida cotidiana. Assim como os demais bens integrados de uma edificação de relevância cultural, os revestimentos se apresentam como obras decorativas que agregam valor às edificações e espaços públicos, como, por exemplo, os ladrilhos hidráulicos.

Os ladrilhos hidráulicos, conhecidos popularmente como mosaicos – devido sua origem advinda dos mosaicos bizantinos (como referência visual de composição), foram introduzidos nas construções em meados do século XIX em todo o mundo. Sua nomenclatura aconteceu em razão do processo de imersão em água para ocorrer o processo de cura do cimento.

De base manufaturada, os ladrilhos possuem métodos de produção passados de geração a geração, com o intuito de preservar características técnicas da fabricação. Sua importância cultural vai além do reconhecimento de seus padrões formais, estéticos e demais aspectos iconográficos, abrangendo também o conhecimento empírico e as habilidades envolvidas em sua fabricação, mesmo que o processo produtivo use novas tecnologias.

Em razão disso, este tipo de revestimento que pavimentou grandes construções ao longo dos séculos, por estarem inseridos em bens imóveis patrimoniais, também é um representante do próprio patrimônio cultural que deve ser preservado em sua dimensão material (o artefato) e imaterial (o processo de produção artesanal). Desde a sua concepção, os ladrilhos desempenham um papel significativo na preservação da memória, pois carregam valores estéticos e de identidade local integrados aos patrimônios edificados.

Partindo da concepção do objeto arquitetônico como um documento, conforme mencionado por Katinsky (2005), a edificação e seus elementos integrados carregam consigo e revelam os danos incididos ao longo do tempo. Por isso, diante do uso das tecnologias 3D nas áreas do design e patrimônio cultural, têm-se ampliado o emprego da digitalização tridimensional como uma ferramenta para documentação e auxílio nas análises, diagnósticos dos danos e oferecendo diretrizes para condutas de intervenção, bem como cooperado na conservação de elementos construtivos de bens imóveis patrimoniais. Conservar uma edificação ou um bem integrado tem relação com o ato de resguardar o objeto dos danos por meio de ações e medidas de caráter corretivo para consertar as partes com sinais de degradação.

Segundo o Dicionário do Patrimônio Cultural do IPHAN (PEREIRA FILHO, 2015), a documentação de um bem cultural se refere às ações de coleta, processamento técnico e disseminação de informações. Em linhas gerais, os variados tipos de registros devem garantir a permanência da informação ao longo dos diferentes contextos históricos. O suporte em que as informações são registradas (fotografias, filmes, arquivos digitais ou impressos) e o gênero (textuais, audiovisuais, fotográficos, iconográficos), devem estar vinculados a finalidade da documentação, destacando sua função científica, social e cultural. Atualmente, a documentação extrapola a dimensão do suporte em direção à informação, distanciando-se de seu suporte físico, comumente o papel e o livro, e abre caminho para a formação da memória da humanidade, independente dos formatos e suportes em que são registrados (TANUS; RENAÚ, 2012, p. 159-160).

Nesse sentido, o objeto de estudo abordado na pesquisa, são especificamente, os ladrilhos hidráulicos que estão localizados no pavimento térreo do salão principal do Paço dos Açorianos de Porto Alegre – RS, edifício eclético que abrigou por vários anos a Prefeitura do Município e a Pinacoteca Aldo Locatelli.

A pesquisa, de natureza exploratória (GIL, 2008), utilizou ferramentas como digitalização tridimensional, registro fotográfico e fontes documentais para obter um amplo e detalhado conhecimento do objeto de estudo. Seguindo as metodologias propostas por Tinoco (2009) e Afonso (2019), adaptadas para o contexto do objeto de estudo, o trabalho passa por quatro etapas: anamnese, análise dos danos, conduta de intervenção e materiais e processos de fabricação.

Por meio de uma Anamnese, a pesquisa buscou compreender profundamente o objeto arquitetônico e o objeto de estudo em suas diversas dimensões, seguindo a metodologia de Afonso (2019). Para conhecer e compreender uma edificação, Tinoco (2009, p. 3) explica que é necessário a experiência do lugar, a interação com o espaço e estudos in loco, deixando o pesquisador de ser um mero observador e construindo um entendimento aprofundado da mesma. Assim, foram realizadas visitas na edificação objetivando a coleta de dados por meio das fotografias e das digitalizações tridimensionais.

Na fase de Análise dos Danos, com o uso das tecnologias 3D e do registro fotográfico, pretendeu-se documentar os ladrilhos existentes no salão de entrada da edificação e realizar um mapeamento dos danos existentes no piso do pavimento, objetivando o registro e visando o apontamento dos danos, elucidando sobre a origem, causa, natureza, mecanismos e agentes que promoveram ou vem promovendo a perda do desempenho deste componente construtivo. Medeiros e Melo (2018, p. 33) se referem ao ato de registrar os modelos de ladrilhos hidráulicos de um lugar como a ação de inventariar, conseqüentemente, tornando público os danos existentes e preservando a materialidade deste componente construtivo. Para isso, os autores recomendam a elaboração de fichas para fins específicos, como as Fichas de Identificação de Danos (FID's).

Na etapa da Conduta de Intervenção, buscou-se a compreensão da amplitude dos danos que se estendem em partes ou completo no tapete de ladrilhos hidráulicos. Conseqüentemente, foram apresentadas possíveis condutas que podem ser tomadas para minimização ou saneamento dos danos observados.

Finalmente, na etapa de Materiais e Processos de Fabricação, a pesquisa se propôs em introduzir as tecnologias 3D de digitalização, impressão e usinagem para integrar o design e a tecnologia no processo de produção do ladrilho hidráulico, especificamente no desenvolvimento de suportes que servirão para a produção de ladrilhos hidráulicos com relevos (*reliefs*¹) do pavimento térreo do Paço dos Açorianos, criando estratégias ao utilizar o scanner tridimensional, impressora 3D e centros de usinagem CNC na confecção de moldes e matrizes para fabricação de novos ladrilhos junto à Fábrica de Mosaicos de Pelotas, considerada patrimônio industrial do Estado, por ser a fábrica de ladrilhos mais antiga do Brasil em funcionamento. Sendo assim, a tecnologia 3D de digitalização também serviu como uma importante ferramenta de

¹ Em inglês, *relief* = relevo. Termo utilizado pelos fabricantes norte-americanos "*reliefs cement tile*", para revestimentos cimentícios com relevos, incluindo os ladrilhos hidráulicos para área externa.

análise dos resultados obtidos ao realizar a avaliação de desvio geométrico, para avaliar a precisão do método utilizado.

Por último, foi desenvolvido o manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos, visando estabelecer diretrizes para uniformizar os procedimentos de assentamento e manutenção desses revestimentos em canteiros de obras. O manual oferece recomendações que se aplicam a todos os tipos de ladrilhos hidráulicos, tornando-se uma fonte de orientações para designers, arquitetos, engenheiros, restauradores, empreiteiras e consumidores finais. As informações compiladas no documento abrangem métodos essenciais para garantir a máxima vida útil dos ladrilhos hidráulicos de forma eficiente, incluindo processos de impermeabilização e os produtos necessários. A fundamentação do manual baseou-se em dados coletados em fábricas de ladrilhos no Brasil, empresas especializadas em beneficiamento de revestimentos cimentícios, além do cumprimento das normas regulamentadoras aplicáveis a cada especificidade.

A presente pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) junto ao Programa de Pós-Graduação em Design (PGDesign) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em parceria com a Fábrica de Mosaicos de Pelotas e realizada com o apoio da Coordenação da Memória Cultural da Secretaria de Cultura de Porto Alegre - RS e do Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LDSM) da UFRGS.

1.1 Problematização e justificativa

O Iphan considera como patrimônio cultural os modos de criar e fazer – assim como a tecnologia empregada em uma obra e também o próprio objeto, que devem ser preservados (IPHAN, 2022). Dessa forma, os ladrilhos hidráulicos que estão inseridos em um bem imóvel patrimonial (como o Paço dos Açorianos), são bens integrados representantes do patrimônio cultural (material e imaterial), uma vez que a produção artesanal deve ser resguardada e passada de geração a geração, mesmo que a tecnologia empregada nos processos avance (LAMAS, LONGO e SOUZA, 2018).

A história do Paço dos Açorianos é rica em detalhes e desafios na preservação de seu patrimônio arquitetônico, com destaque para os ladrilhos hidráulicos que compõem parte do seu pavimento. Inaugurado em 1901 e tombado como patrimônio municipal em 1979, o prédio passou por um significativo processo de restauração iniciado em 2000 e concluído em 2003.

Durante a restauração, a equipe responsável pelo projeto buscou preservar ao máximo os pisos originais que estavam em boas condições. Nos espaços internos, especificamente, nos corredores laterais do pavimento térreo, onde não foi possível manter os ladrilhos hidráulicos lisos decorados, optou-se por substituí-los por réplicas produzidas pela Fábrica de Mosaicos de Pelotas, permitindo recriar o desenho antigo e preservar a essência histórica do local.

No entanto, a complexidade das formas dos ladrilhos hidráulicos com relevos do salão de entrada do pavimento térreo apresentou desafios significativos na tentativa de produzir matrizes para a conservação dessas peças. As técnicas tradicionais de

fabricação de matrizes por fundição de bronze ou aço, a partir de moldes negativos de gesso ou madeira, mostraram-se inviáveis diante do detalhamento dos desenhos.

A ausência de sulcos e os danos perceptíveis na superfície dos ladrilhos hidráulicos ressaltam o desgaste ao longo dos anos, tornando sua preservação ainda mais desafiadora. A delicadeza dos detalhes e a importância histórica dessas peças tornaram necessária a busca por alternativas criativas e tecnológicas para garantir sua conservação adequada.

Visto as fotografias e as digitalizações em 3D, os danos em algumas peças impossibilitam ações superficiais de restauro, como lixamento, limpezas e a aplicação de resinas para impermeabilização. Quando há danos como desagregação, abrasão, cisalhamento e lacunas, até o momento, não há outra maneira de restauro a não ser a substituição, por isso, é importante haver uma manutenção e preservação dos ladrilhos localizados em bens imóveis patrimoniais. Por esse motivo, a tecnologia 3D além de servir como registro e documentação, pode ser uma ferramenta de auxílio na detecção do momento certo para uma intervenção na obra e sinalizar uma possível manutenção incorreta.

Passados vinte anos da finalização da obra de restauração, é perceptível nas áreas externas e internas que a construção necessita de novos reparos e cuidados. O escaneamento em 3D se apresenta como uma possível solução para o registro de dados, pois, além de não causar nenhum dano ao material já debilitado, existem alguns tipos de scanner que armazenam grandes quantidades de dados em um curto espaço de tempo e permitem uma manipulação mais precisa e uma análise mais criteriosa da situação atual da construção. Para fins de registro, fez-se necessária a realização de um mapeamento dos danos da pavimentação para gerar um mapa de danos com dados específicos sobre os níveis de danos dos módulos.

Na etapa da pesquisa bibliográfica, não foram encontradas muitas referências sobre esta tipologia de revestimento. Há uma imprecisão em sua origem e poucos estudos com os procedimentos técnicos do processo de fabricação.

Por consequência, a pesquisa registrou o processo produtivo da Fábrica, validando a ampliação do conhecimento técnico no fabrico do ladrilho hidráulico, visto que há uma escassez de material científico e bibliográfico sobre o tema, assim como manuais ou guias concisos sobre o correto manejo do produto.

1.2 Questão da pesquisa

De que forma as tecnologias 3D podem auxiliar no processo de fabricação dos ladrilhos hidráulicos produzidos especificamente para o restauro de bens imóveis patrimoniais, fomentando a produção de conhecimento acerca de técnicas centenárias de fabricação?

1.3 Hipótese

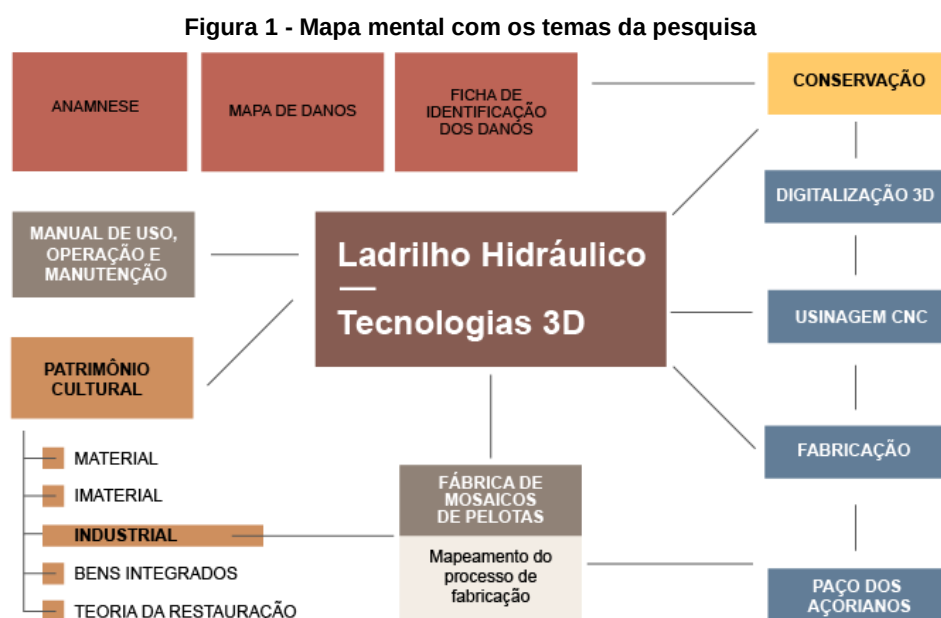
A convergência das abordagens tecnológicas de digitalização 3D e usinagem CNC no contexto da produção de ladrilhos hidráulicos, especialmente na elaboração de insumos para os ladrilhos do Paço dos Açorianos, tem o potencial de revigorar a conservação do patrimônio histórico e cultural. Esta sinergia permitiria a fabricação de

novos ladrilhos com relevos de maneira mais precisa e eficiente, ao mesmo tempo, exploraria a integração entre design e tecnologia. Ao fomentar uma colaboração entre a pesquisa acadêmica e a Fábrica de Mosaicos de Pelotas, poderia conceber estratégias inovadoras para a valorização do patrimônio cultural e também garantiriam a manutenção das características artesanais e técnicas inerentes a esse bem integrado.

1.4 Delimitação do tema

Para delimitar os recortes de pesquisa, primeiramente investigou-se sobre as palavras-chave: Digitalização 3D; Usinagem CNC; Mosaicos; Patrimônio Cultural; Patrimônio Industrial; Restauração.

Portanto, para restringir o estudo fez-se necessário dividi-lo em dois grandes temas: a primeira, delimitação temática - tratando sobre o objeto de estudo, os ladrilhos hidráulicos do salão de entrada da edificação, como bem integrado à um edifício tombado (o Paço dos Açorianos); e a delimitação tecnológica – as tecnologias 3D e seus equipamentos. Para ilustrar e organizar as informações, criou-se um mapa mental explicitando os temas que foram trabalhados na pesquisa (Figura 1).



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Fez-se necessária a criação deste recurso visual para explicitar a ideia central dos estudos e como o tema de pesquisa se relaciona com os temas secundários e terciários, dispondo as informações de maneira interligada e organizada para auxiliar no seu gerenciamento.

A interpretação do conceito de patrimônio cultural e de patrimônio industrial tem como base as Cartas Patrimoniais e as propostas de preservação e valorização do patrimônio cultural de diversos órgãos internacionais, como UNESCO, ICOMOS e nacionais – IPHAN.

Partindo para o tema de pesquisa, seguimos na compreensão das informações que relacionam o ladrilho hidráulico como elemento de importância histórica na

conservação de um bem imóvel patrimonial e as tecnologias 3D de digitalização e impressão como ferramenta de auxílio, registro, análise e produção, além da usinagem CNC na fabricação de matrizes para ladrilhos com relevos.

1.5 Objetivos

O objetivo geral é introduzir as tecnologias 3D no processo de fabricação de ladrilhos hidráulicos com maior precisão para a conservação das pavimentações de bens imóveis patrimoniais.

Para atingir tal objetivo, foram determinados os seguintes objetivos específicos:

- a) Obter a geometria e registrar os danos dos ladrilhos do pavimento de entrada do Paço dos Açorianos de Porto Alegre - RS;
- b) Mapear o processo produtivo da Fábrica de Mosaicos de Pelotas;
- c) Desenvolver uma matriz a partir da geometria obtida;
- d) Validar o processo proposto por meio da fabricação dos ladrilhos;
- e) Desenvolver um manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos.

1.6 Operacionalização dos termos

Marconi e Lakatos (2003, p. 160) sugere que é importante elaborar a definição dos termos nos procedimentos de uma pesquisa, para tomá-los claros, compreensivos, objetivos e adequados, evitando que possam dar margem a interpretações errôneas.

No contexto do ladrilho hidráulico, um item produzido em todas as regiões do Brasil, há uma diversidade de expressões linguísticas e termos utilizados para descrever os materiais e componentes relacionados a esse revestimento.

Para elucidar os termos mais empregados na presente pesquisa, fez-se necessário compilar uma lista das denominações. Em razão da parceria com a Fábrica de Mosaicos de Pelotas, para uma comunicação mais eficiente, optou-se por utilizar as nomenclaturas adotadas pela empresa. Em relação aos tipos de desenho que classificam as composições de tapetes de ladrilhos hidráulicos:

- Barra – chamada também de “laterais”, “faixa”, “borda”, “bordadura”, “moldura” e “sanefa”;
- Canto – comumente chamado de “cantoneira” ou “canto de faixa”;
- Miolo – algumas fábricas denominam de “centrais” ou “centro”.

Já em relação às ferramentas utilizadas para fabricação do ladrilho que são mencionadas mais amplamente ao longo do texto, são elas:

- Placa – apontado, na presente pesquisa, como “matriz” também é chamado por “prato” ou “base”;
- Quadro – também chamado de “bastidor”;
- Molde – também é chamado de “gabarito”, “fôrma” ou “estampa”.

1.7 Estrutura da tese

A tese está organizada em sete etapas distintas, conforme a seguir: Introdução; Revisão bibliográfica; Metodologia; Resultados (divididos em: Anamnese, Análise dos Danos, Conduta de Intervenção e Materiais e Processos de Fabricação) e Conclusão (Figura 2).



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.



CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



Neste capítulo são apresentados os conceitos fundamentais que nortearam a pesquisa e o estado da arte nas áreas de estudo, contendo o referencial teórico que trata, primeiramente, sobre as tecnologias 3D ao iniciar abordando conceitos e aplicações da digitalização tridimensional, em seguida, é tratado sobre a usinagem CNC.

Partindo para as definições técnicas e históricas sobre o ladrilho hidráulico, fez-se importante explicitar os conceitos que envolvem os seguimentos do patrimônio cultural e industrial para se reafirmar a Fábrica de Mosaicos de Pelotas como um patrimônio industrial do Rio Grande do Sul. Este delineamento foi disposto para ampliar a compreensão sobre a categoria de bens integrados que abrange objetos, artefatos e elementos decorativos que estão fixados na arquitetura, para, posteriormente, investigar como a abordagem crítico-brandiana na teoria da restauração se aplica na conservação e restauração desses bens, destacando as intervenções restaurativas realizadas em ladrilhos hidráulicos de bens imóveis patrimoniais no Brasil.

2.1 Tecnologias 3D

As tecnologias 3D são ferramentas que têm contribuído em diversos processos relacionados à preservação, documentação e intervenção de um monumento. Seja para armazenar dados ou reproduzir, as técnicas contemporâneas podem ser utilizadas em diversos processos de reconstituição ou até mesmo de auxílio nos processos de fabricação de elementos participantes das construções.

Por isso, fez-se importante investigar de que maneira a digitalização tridimensional e o processo de usinagem podem auxiliar na fabricação de ladrilhos hidráulicos para o Paço dos Açorianos de Porto Alegre.

2.1.1 Digitalização tridimensional

Com o advento de novos equipamentos para o registro de dados, a digitalização tridimensional se apresenta como uma possibilidade na utilização de novas técnicas para registro e preservação do patrimônio cultural. Segundo Silva (2011, p. 44), a digitalização 3D se caracteriza como uma ferramenta de registro e documentação de grande precisão, representando fidedignamente o objeto escaneado. Ela é utilizada na captura de dados de objetos em três dimensões, permitindo com o auxílio de softwares, obter detalhes de superfícies e texturas. Assim, por meio dos modelos digitalizados podem ser realizadas medidas de desgaste, construção de moldes, análises de superfícies, entre outras possibilidades.

A digitalização tridimensional é feita geralmente por meio de uma varredura completa de uma determinada superfície para capturar dados, principalmente a posição de pontos pertencentes à superfície do objeto (nuvem de pontos) e a textura da superfície (CARDOSO *et al.*, 2014, p. 446). Em relação às pesquisas de registro, ela é particularmente útil, pois é possível capturar digitalmente a superfície

do objeto, permitindo que este seja visualizado em diversos ângulos (MUNIZ; SILVA; KINDLEIN JÚNIOR, 2018, p. 54).

Assim, muitas tecnologias diferentes são usadas para coletar dados tridimensionais, que podem ser classificadas: (I) Métodos com contato (mecânicos); (II) Métodos sem contato (baseados em radiação), que podem ser ativos (emitem ondas, por ex. laser) ou passivos (fontes naturais, por ex. fotografia).

Sobre o método de digitalização 3D a laser “sistema sem contato”, Ferreira (2003) afirma que tal procedimento traz uma maior automação na aquisição de dados. Este método é baseado no princípio da triangulação, no qual um feixe de luz (laser) é projetado sobre a superfície e sensores capturam as imagens para o processamento 3D. Por meio de um filtro de cores RGB também é possível capturar a cor da superfície.

Após finalizada a varredura da área digitalizada, obtém-se o mapeamento ponto a ponto da superfície do objeto, resultado em arquivos exportados com milhares de pontos descritos em coordenadas X, Y, Z (SILVA, 2011, p. 51). Este conjunto de pontos chamado de “nuvem de pontos” e após manipulação computacional pode gerar superfícies tridimensionais, sendo uma solução tecnológica viável, por não acometer nenhum dano ao patrimônio em seu processo.

2.1.2 A digitalização tridimensional em análises comparativas

Dentre as possíveis aplicações, a digitalização tridimensional também pode ser empregada como uma ferramenta para a análise dimensional de objetos. Pohlmann *et al.* (2016) analisaram os materiais e processos utilizados na produção de joias visando mapear os erros dimensionais gerados durante as etapas de fabricação por meio de um estudo de caso. Foram selecionados como casos a serem estudados na pesquisa os modelos virtuais de uma peça histórica, a réplica do “Hombre Murciélago” do Museo del Oro (Colômbia). Para a execução das digitalizações, foi utilizado na pesquisa o scanner a laser Digimill 3D, da marca Tecnodrill. Os resultados obtidos mostraram que o maior ponto de perda dimensional ocorreu durante os processos de confecção de moldes de borracha de silicone e injeção de cera.

Especificamente, no que tange às análises da geometria de objetos patrimoniais, Bonfada, Kauffman e Silva (2020) descreveram que a digitalização 3D oferece uma abordagem precisa e não invasiva para capturar as características geométricas de objetos culturais com alta resolução. Essas técnicas permitem a criação de modelos tridimensionais detalhados que representam fielmente a forma e as dimensões dos objetos originais. Para tanto, utilizou-se como estudo de caso a placa de bronze do Monumento a Bento Gonçalves. Esse trabalho evidenciou a importância da análise detalhada da geometria para garantir a fidelidade das réplicas em relação aos objetos originais.

Ainda sobre o âmbito do patrimônio cultural, Pereira, Kindlein Junior e Silva (2015) utilizaram a digitalização 3D para o escaneamento do objeto de estudo da pesquisa, que foram as inscrições rupestres da Pedra Grande, da cidade de São Pedro do Sul, que é o maior monumento petroglífico do Estado do Rio Grande do Sul,

constituído de arenito. O monumento arqueológico foi digitalizado e parte dele foi usinado no próprio material de origem. Após a usinagem, utilizou-se um cabeçote digitalizador a laser Optimet Conoprobe 1000 e fez-se a digitalização 3D das superfícies usinadas. Para tanto, utilizou-se a nuvem de pontos gerada para avaliação da geometria obtida e comparar com o modelo 3D inicial.

O elemento comum entre as pesquisas em questão reside na utilização da usinagem CNC como método de fabricação digital, seja para confecção de moldes ou para reprodução de objetos, uma prática amplamente empregada para o patrimônio cultural.

2.1.3 Usinagem CNC

A usinagem é um tipo de desgaste mecânico que engloba uma série de processos que dá forma ao material utilizando o princípio da remoção e esse material, segundo Ferraressi (1995, pág. 20), se chama cavaco (Figura 3). No princípio, por volta de 1940 surgiram as primeiras máquinas de comando numérico (CN), com base em motores controlados por um sistema mecânico. Quando o processo é automatizado, ou seja, controlado por meio de computador, é chamado de usinagem CNC (Comando Numérico Computadorizado).

Figura 3 - Cavaco gerado pela usinagem da peça.



Fonte: Aton Tecnologia, 2022.

O CNC foi considerado uma revolução no ano de 1970 por se tratar de uma máquina com vários tipos de ferramentas controladas por softwares, onde o operador introduz dados alfanuméricos codificados. O CNC executa os movimentos da ferramenta ou do material, velocidade e profundidade de corte, e outras funcionalidades como o fluido refrigerador e o giro do eixo onde é fixado a ferramenta de corte, chamado de *spindle* (QUEIROZ, 2007).

Segundo Silva (2011, p. 60) um dos processos de usinagem mais utilizados é o fresamento, que consiste em “uma ferramenta cortante que faz um movimento de rotação e movimentos de translação sobre a peça ou a mesa da fresadora translada”.

Atualmente, os centros de usinagem podem movimentar linearmente ou rotacionando o material usinado em um, dois, três ou até mais eixos. Para isso, são definidos parâmetros de corte (grandezas numéricas) que realizam essa

movimentação, considerando o tipo de ferramenta adequada ao tipo de trabalho que será realizado no material.

Para realizar a ação de subtração do material, é comumente utilizada a fresa, que são ferramentas constituídas de duas ou mais arestas cortantes que removem o cavaco. As fresas podem ser de diversos materiais, os quais se adéquam melhor ao desbaste do material.

Silva (2011, pág. 61) recomenda que quando tenacidade é o principal requisito (para resistir a impactos), deve-se utilizar Aços Rápidos, (com liga de cromo e cobalto) ou até de materiais compósitos chamados de Metal Duro (composto por carbonetos de metais refratários (como carboneto de tungstênio) sinterizados com metais do grupo do ferro (como o cobalto) e ainda podem ser revestidas com materiais mais resistentes ao desgaste, como o Nitreto de Titânio (TiN).

Frequentemente, a usinagem é realizada em duas etapas: desbaste e acabamento. Um dos parâmetros que diferencia o desbaste do acabamento é a profundidade de corte. Sobre o acabamento superficial das peças fresadas, deve-se utilizar o conceito de usinabilidade, o qual é o grau de dificuldade de se usinar um determinado material para obter adequado acabamento, diretamente ligado as propriedades mecânicas do material, das condições de usinagem e características da ferramenta (SILVA, 2011, pág. 64).

É comum utilizar a usinagem CNC na execução de moldes para diversas indústrias, por isso, investigou-se de que maneira poderia ser utilizada na fabricação de matrizes para a produção de ladrilhos hidráulicos.

2.2 Ladrilho hidráulico

O ladrilho hidráulico², conhecido também por mosaico hidráulico, é um tipo de revestimento manufaturado feito à base de cimento, agregados e pigmentos, usado em pisos e paredes. A NBR 9457 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 1) define que o ladrilho hidráulico é um revestimento de “placa cimentícia paralelepípedica de dupla camada, executada por prensagem, com a superfície exposta ao tráfego lisa ou em baixo-relevo”.

Mesmo apresentando alta resistência e durabilidade, a camada superior do ladrilho possui uma estrutura mais porosa que necessita de impermeabilização após a instalação. Diferentemente dos revestimentos cerâmicos que necessitam da queima em altas temperaturas, seu processo de cura utiliza apenas a imersão em água.

Medeiros e Melo (2018, p. 30) afirmam que existem atualmente no mercado três tipos de ladrilhos disponíveis: “interno, externo e tátil”. O interno é utilizado em pisos,

² Com a propagação do uso do ladrilho hidráulico pelo mundo, diversos termos foram (e são) usados para se referir a este tipo de revestimento. A variação se dá conforme o idioma: *encaustic cement tile*, *cement tile*, *hydraulic tile* ou *encaustic tile*, na Inglaterra e nos Estados Unidos; *zementfliesen* ou *hydraulische Fliesen* na Alemanha; *die zement* ou *enkaustischen fliesen* na Holanda; *Le cementine*, *piastrelle a encausto*, *piastrella idraulica* ou *mattonelle idrauliche* na Itália; *carreaux hydrauliques* na França; *lousa criolla*, *losa nativa* ou *losa isleña* em Porto Rico; *baldosa hidráulica*, *loseta hidráulica* ou *suelo hidráulico* na Espanha, *rajola hidráulica* ou *mosaic hidráulic* em Catalão, mosaico hidráulico ou encaustico hidráulico em Portugal, *Yuatsu tairu* no Japão e *suab tail* na Coreia.

paredes o até em mobiliários, o externo é geralmente utilizado em locais externos com fatores climáticos diversos, como passeios públicos de praças e calçadas, garagens e rampas de estacionamentos (em razão de suas características antiderrapantes mesmo quando molhados), e os táteis que também são aplicados em ambientes externos para auxiliar na acessibilidade das pessoas com deficiência visual, apresentando superfícies específicas e padronizadas” (Figura 4).

Figura 4 - Primeiro - ladrilho hidráulico interno; Segundo – externo; Terceiro - tátil



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A norma cita que o ladrilho hidráulico possui duas partes, com cerca de 2cm de espessura (Figura 5):

- 1- Face superior: superfície exposta ao tráfego, lisa ou com texturas, podendo ou não ter sua camada superficial pigmentada;
- 2- Face inferior³: face da peça em contato com a camada de assentamento.

Figura 5 - Ladrilho hidráulico interno e as camadas que compõem o revestimento



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A face superior é feita a partir de uma mistura de cimento Portland branco ou cinza (dependendo da cor), pó de mármore e pigmentos. Para cada cor (se houver), os pigmentos são misturados com água e colocados na seção correspondente de um molde (Figura 6). A face inferior (camada de base) é feita de uma mistura de cimento Portland cinza e areia.

Figura 6 - Molde divisor dos pigmentos

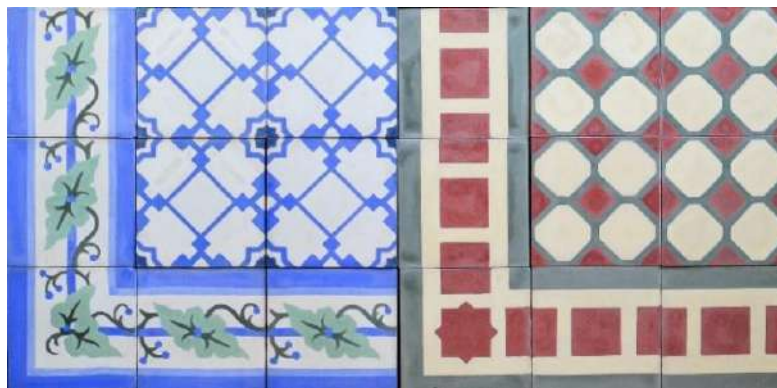


Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

³ A face inferior deve ser constituída de material poroso e apresentar condições que favorecem a aderência.

Sobre os desenhos que podem compor um pavimento de ladrilhos hidráulicos, há as classes de ladrilhos que formam a área correspondente ao miolo – a parte central da composição, a barra e o canto – que formam uma espécie de contorno, arrematando o desenho dos tapetes ladrilhados (Figura 7).

Figura 7 - Padrões de ladrilhos para composições



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Essas classes de padrões advêm da azulejaria portuguesa. Segundo Simões (1965, p. 22-23), os padrões de azulejos antigos eram definidos por 4 azulejos iguais que formavam a unidade ornamental e os tapetes eram sempre limitados por bordaduras constituídas pela repetição linear de azulejos retangulares (frisos), por um azulejo total (cercadura) ou por dois azulejos sobrepostos (barras). Estes elementos, considerados como acessórios dos tapetes azulejares, tinham seus cantos próprios a fim de estabelecer a continuidade ornamental nos ângulos de ligação.

Os ladrilhos hidráulicos possuem formato quadrado, hexagonal ou retangular com dimensões específicas conforme a norma:

- a) comprimento nominal máximo de 400 mm, porém, as dimensões mais comuns encontradas no mercado é 200 x 200 mm;
- b) largura nominal mínima de 100 mm;
- c) espessura nominal mínima de 18 mm e máxima de 20 mm.

A matéria-prima principal utilizada na fabricação do ladrilho hidráulico é o cimento. A NBR 9457 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 9), estabelece que a argamassa utilizada nas peças deve ser constituída de cimento Portland, agregados e água, sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos. O cimento Portland pode ser de qualquer tipo e classe. Os agregados⁴ podem ser naturais, industriais ou reciclados. A areia peneirada é utilizada em granulação média e grossa. Os pigmentos devem ser de base inorgânica⁵.

⁴ Segundo Bauer (2012, p. 63), agregado é o material particulado, não coesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. O termo “agregado” é de uso generalizado na tecnologia do concreto; nos outros ramos da construção é conhecido, conforme cada caso, pelo nome específico: filer, pedra britada, bica-corrida, rachão, etc.

⁵ Os pigmentos utilizados na fabricação de ladrilhos hidráulicos devem ser completamente estáveis em relação aos álcalis, eficientes e resistentes às intempéries. A classe de colorantes é dividida em: pigmentos a base de óxido de ferro naturais e sintéticos. Os naturais são as hematitas (vermelho),

A água utilizada nas etapas finais do processo de fabricação é um importante mecanismo de hidratação do cimento Portland. A cura do cimento objetiva a diminuição dos efeitos da evaporação prematura da água nos ladrilhos hidráulicos, evitando o surgimento de fissuras e trincas.

Os ladrilhos hidráulicos são categorizados como produtos manufaturados (mesmo com sua fabricação mecanizada e em série), pois o ladrilheiro detém o processo produtivo do início ao fim, confeccionando até mesmo as ferramentas utilizadas. Cada peça é feita individualmente e por isso também pode ser considerado um produto artesanal, pois é o ladrilheiro - o artesão, que confere a unicidade de cada peça produzida, em algumas vezes, colocando sua identificação pessoal ou da fábrica na face inferior.

Possivelmente, o que originou a estética do ladrilho hidráulico foi a maneira como é executado o mosaico, por isso, as evidências apontam para uma concepção baseada nos mosaicos bizantinos, devido à união de peças para formar um desenho único.

Partindo para aspectos históricos, há uma imprecisão que impossibilita delinear uma linha do tempo, mas o que se tem de registro é que o surgimento e apogeu do ladrilho ocorreu entre o fim do século XIX e meados do século XX, porém, os padrões que decoram as superfícies das peças “remontam às formas utilizadas pelas civilizações egípcias e mesopotâmicas, baseados na geometria, a partir do traçado de um círculo e da linha reta, sendo que o primeiro instrumento de medição conhecido constava de uma corda marcada por doze nós equidistantes e de um suporte fixo de madeira, antecessor ao compasso” (MACEDO, 2013, p. 17-21).

O predecessor dos ladrilhos hidráulicos são os ladrilhos encáusticos⁶ que começaram a ser fabricados a partir do século XIII (Figura 8) com blocos de argila plástica e modelados em uma forma de madeira, geralmente compostos por 2 ou até 6 cores em diferentes combinações de tons de argila *in natura* (LAMAS, LONGO e SOUZA, 2018).

Figura 8 - Ladrilhos encáusticos do século XIII e XIV



Fonte: Jones, 2010.

limonitas (amarelos) e magnetitas (pretos). Já os sintéticos, possuem uma gama maior de cores e maior capacidade de pigmentação (CATÓIA, 2007, p. 28).

⁶ Os ladrilhos encáusticos, cujo nome deriva de uma palavra grega para "queimado", eram notáveis por seus padrões em relevo coloridos, que eram fixados durante o período de queima. A técnica foi reavivada por A. W. N. Pugin, que trabalhava em associação com o ceramista Hebert Minton. Eles se conheceram em 1840 e, dois anos depois, a firma Minton produziu seu influente catálogo, *Early English Tile Patterns*. Inicialmente, esses ladrilhos em estilo medieval eram usados em projetos de restauração, mas ganharam uma nova vida depois que Pugin e Minton ganharam a concessão para fornecer uma nova leva de ladrilhos para o Palácio de Westminster. Minton & Company foram subsequentemente contratados para fazer um trabalho semelhante para a Australian Senate House, em Melbourne, e para o Capitólio, em Washington (JONES, 2010).

O ladrilho hidráulico fabricado atualmente só é possível graças a descoberta do cimento Portland⁷ em 1824. A primeira referência de fabricantes de ladrilhos hidráulicos é a fábrica Butsems y Cía em 1857 (Figura 10). Na Exposição Universal de Paris de 1867, os ladrilhos foram introduzidos pela fábrica barcelonesa Garret, Rivet i Cía. Mais tarde, foi criada a empresa Orsola, Solà y Cia (Figura 9), que tornou este tipo de revestimento popular em Barcelona, devido ao maquinário e grande capacidade de produção em massa (NAVARRO, 2006).

Figura 9 - Anúncio de jornal da fábrica de ladrilhos de Barcelona: Orsola Solá y Cía



Fonte: Trini, 2022.

Outro fabricante do mesmo período é a La Casa Escofet (Figura 10), fundada em 1886 e cuja rápida expansão pela Espanha e América Latina contribuiu na popularização desse tipo de piso. Os membros fundadores são Jaume Escofet e Teòtim Fortuny que viram a oportunidade um momento de grande expansão na Catalunha de indústrias relacionadas para a produção de materiais derivados do cimento. Jaume Escofet já havia trabalhado na Orsola, Solà y Cia e por isso, conhecia todo o funcionamento de uma indústria de ladrilho hidráulico. Todos os materiais e maquinários utilizados como as prensas, cimento e pigmentos vinham da França. Em fevereiro de 1888, um novo sócio entrou para a empresa e a partir daí passa a se chamar Escofet, Fortuny y Compañía (NICOLAU, 2009).

Figura 10 - Anúncios de jornais das fábricas de ladrilhos hidráulicos de Barcelona: Butsems y Cía e Escofet, Fortuny y Cía



Fonte: SECOIN, 2022; Ferradas, 2020.

⁷ Em 1824, o construtor inglês Joseph Aspdin queimou conjuntamente pedras calcárias e argila, transformando-as num pó fino. Percebeu que obtinha uma mistura que, após secar, tornava-se tão dura quanto as pedras empregadas nas construções. A mistura não se dissolvia em água e foi patenteada pelo construtor no mesmo ano, com o nome de cimento Portland, que recebeu esse nome por apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland (BATTAGIN, 2022).

Em Juiz de Fora, a família de italianos imigrantes de nome Arcuri, foi a pioneira na produção de ladrilhos no Brasil. Pantaleone Arcuri e Spinelli criaram uma fábrica para a produção de ladrilhos na cidade, fundada no ano de 1895. Em 1905, inauguravam a utilização de prensa hidráulica para confecção dos artefatos, maquinário que veio dar caráter industrial à produção da empresa. Com essa inovação, ampliaram a produção e hoje pode-se encontrar exemplares de sua fabricação em vários locais da cidade e em ambientes da Igreja do Rosário (OLENDER, 2011 apud DOMINGUEZ, 2016)

As primeiras peças de ladrilhos do Brasil vieram da Europa no auge do ecletismo mediante um cônsul suíço residente em São Paulo que ensinou aos imigrantes italianos a técnica de manufatura do ladrilho hidráulico (MACEDO, 2013, p. 27).

Assim, a popularidade dos ladrilhos hidráulicos no Brasil e no mundo aconteceu com o período Moderno em consonância com o *Art Nouveau* e *Art Déco*. Muitas fábricas tinham desenhistas especializados e, ocasionalmente, encomendavam a artistas proeminentes para projetar os padrões a serem produzidos em formas geométricas, motivos florais estilizados, vegetais e outros motivos orgânicos e, em raras ocasiões, animais ou figuras humanas. As cores mais utilizadas foram os tons de marrom, verde, rosa, amarelo, marrom, creme, cinza, branco e preto, embora outras cores como vermelho, azul, laranja e até roxo possam ser encontradas (NAVARRO, 2006).

Como exemplo no uso do ladrilho nas edificações modernas foi o conjunto de dezessete casas da Alameda Lorena (Figura 11) projetadas pelo arquiteto, engenheiro e artista Flávio de Carvalho.

Figura 11 - Casas da Alameda Lorena em São Paulo (1936-1938)



Fonte: Xavier, 2022.

Construídas em São Paulo entre 1936 e 1938, as residências tinham como característica em comum o conceito de suas obras ao preocupar-se com a redução das funções da casa, a higiene das habitações, o mobiliário adequado construído nos cômodos em alvenaria e ao utilizar ladrilho hidráulico no piso (Figura 12) para conforto térmico, com desenhos de sua autoria (ROSSETTI, 2007, p.156).

Figura 12 - Coleção “Os Cinco Sentidos” (1930) de Flávio de Carvalho



Fonte: Piagge, 2022.

Outro exemplo do ladrilho na modernidade foi a Residência Mario Masetti (1968), em São Paulo, de autoria do arquiteto Paulo Mendes da Rocha (Figura 13), o qual fazia parte da Escola Paulista de Arquitetura, movimento liderado por Vilanova Artigas na segunda metade do século XX (ACAYABA, 2011, p. 286).

Figura 13 - Residência Mario Masetti (1968) e Ladrilho Floral Paulo Mendes da Rocha



Fonte: Ladrilar, 2022.

A partir da década de 1970, o uso do ladrilho hidráulico nas construções foi decaindo gradativamente em detrimento do surgimento dos revestimentos cerâmicos de fabricação mecanizada em larga escala, que atendia mais rapidamente a necessidade de rapidez na entrega do produto para o mercado da construção civil.

Com a demolição de edifícios de valor histórico, a história dos ladrilhos hidráulicos também vai desaparecendo. O processo de fabricação centenário continua o mesmo, elaborado peça por peça com um conjunto de técnicas repassadas por gerações. O que mudou está relacionado às matérias-primas que foram mudando – algumas evoluindo em relação às suas propriedades, outras por motivos de extinção.

A coisa mudou muito. Depois que foi caindo o ladrilho, veio a decadência dos materiais. Antigamente, a tinta era importada, mais forte, usava mais água. Era óxido de ferro. O tempo foi passando, as coisas foram sumindo da praça. O óleo para limpar as fôrmas também. O melhor era importado, próprio para o ladrilho. Não se faz mais. Era trazido de São Paulo 40 anos atrás (CARVALHO, 2008).

Nas últimas décadas, profissionais da arquitetura, engenharia e design têm expressado interesse no uso deste tipo de revestimento bicentenário constituinte como um bem integrado ao patrimônio cultural que deve ser preservado, seja na dimensão material ou imaterial, partindo da compreensão de que ambas estão conectadas. Por isso, é importante entender as definições de patrimônio para assimilar em qual categoria o ladrilho hidráulico está classificado.

2.3 Patrimônio Cultural

Define-se “patrimônio” como “herança comum de bens materiais ou morais, pertencentes a uma pessoa, instituição ou coletividade, transmitido de uma geração para outra, com valor e importância reconhecidos que deve protegido e preservado” (PATRIMÔNIO, 2022).

O termo “Patrimônio Cultural Brasileiro” definido pela Constituição Federal de 1988 estabelece uma referência para o que é passível de ser reconhecido como um patrimônio e determina que o poder público em parceria com as comunidades devem ser os agentes de promoção e proteção, sendo a gestão exclusivamente por parte da administração pública (BRASIL, 1988).

O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, baseado na constituição, reconhece as formas de expressão como patrimônio: “os modos de criar, fazer e viver; as criações científicas, artísticas e tecnológicas; as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico” (IPHAN, 2022).

A Constituição Federal ampliou o englobamento do termo patrimônio cultural ao reconhecer que existem bens culturais de natureza material e imaterial. Com isso, estabeleceram-se outras formas de preservação além do tombamento, como o Registro e o Inventário.

Para facilitar o acesso ao conhecimento dos bens nacionais, o Iphan determinou uma classificação para gestão do patrimônio cultural brasileiro, dividida em quatro grupos: **Patrimônio Material, Patrimônio Imaterial, Patrimônio Arqueológico e Patrimônio Mundial**.

Para o Iphan, o **Patrimônio Material** é composto por um conjunto de bens culturais classificados segundo sua natureza: arqueológico, paisagístico e etnográfico; histórico; belas-artes; e das artes aplicadas. Os bens de natureza material podem ser imóveis como as cidades históricas, sítios arqueológicos e paisagísticos e bens individuais; ou móveis, como coleções arqueológicas, acervos museológicos, documentais, bibliográficos, arquivísticos, videográficos, fotográficos e cinematográficos (IPHAN, 2022).

Por consequência, o **Patrimônio Imaterial** está relacionado ao conceito da intangibilidade, no que diz respeito as práticas, representações, expressões, conhecimentos e técnicas – com os instrumentos, objetos, artefatos e lugares culturais que lhes são associados - que as comunidades, os grupos e, em alguns casos, os

indivíduos, reconhecem como parte integrante de seu patrimônio cultural (UNESCO, 2003).

Os bens culturais de natureza imaterial também dizem respeito àquelas práticas e domínios de saberes, ofícios e modos de fazer que são transmitidos de geração a geração, gerando um sentimento de identidade e continuidade.

O **Patrimônio Arqueológico** faz parte do patrimônio cultural material, sendo objeto de estudo da Arqueologia que engloba os vestígios e os lugares relacionados a grupos humanos pretéritos responsáveis pela formação identitária da sociedade brasileira, representado por sítios arqueológicos, peças avulsas, coleções e acervos que podendo ser classificado em bens móveis e imóveis (PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO, 2022).

Segundo a UNESCO (1972), o **Patrimônio Mundial** é definido como bens culturais e naturais considerados significativos para a humanidade. Trata-se de um esforço internacional de valorização de bens que, por sua importância como referência e identidade das nações, possam ser considerados patrimônio de todos os povos. A UNESCO ainda classifica o Patrimônio Cultural pela composição dos monumentos, grupos de edifícios ou sítios de valor mundial⁸ e Patrimônio Natural como as formações físicas, biológicas e geológicas excepcionais, habitats de espécies animais e vegetais ameaçadas e áreas que tenham valor científico, de conservação ou estético excepcional e universal.

O órgão consultor ligado à UNESCO que estabeleceu critérios para a definição do Patrimônio Cultural é o *International Council of Monuments and Sites* (ICOMOS). A sua missão é promover a conservação, proteção e valorização de monumentos, centros urbanos e sítios.

O ICOMOS/BRASIL é uma Organização não Governamental fundada em 1978 no Rio de Janeiro. Conforme o art. 2º do estatuto do Comitê Brasileiro do Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, o órgão nacional visa “o estudo, a análise e a divulgação das ações de proteção, conservação, restauração e valorização dos monumentos, conjuntos e sítios naturais de valor cultural e seus entornos, bem como das teorias, dos métodos e técnicas associadas a essas ações” (ICOMOS BRASIL, 2013).

O seu organismo, que possui coordenações regionais e núcleos estaduais, subdivide-se em comitês científicos que se destinam a promover o desenvolvimento do campo científico e prático da conservação patrimonial de acordo com áreas de interesse especializado. Dentre as áreas ligadas ao patrimônio cultural brasileiro, o Comitê Científico Internacional do Patrimônio Industrial (ISCIH) visa a promoção, valorização e disseminação do patrimônio industrial brasileiro para identificar, estudar, entender, proteger, conservar e gerenciar melhor o patrimônio industrial, em suas dimensões tangíveis e intangíveis, incluindo estruturas, complexos, bens materiais, áreas e paisagens.

⁸ Valor relacionado ao ponto de vista histórico, estético, arqueológico, científico, etnológico ou antropológico. Incluem obras de arquitetura, escultura e pintura monumentais ou de caráter arqueológico, e, ainda, obras isoladas ou conjugadas do homem e da natureza (IPHAN, 2022).

2.4 Patrimônio Industrial

No mundo, os complexos fabris são o testemunho da atividade humana relacionada aos antigos ou atuais processos de produção industrial. Em muitos destes locais continuam ativos os meios de fabricação, dando continuidade a história da humanidade, em outros são vestígios arqueológicos de atividades e tecnologias do passado. Em ambos, os processos e a tecnologia empregada, sejam na produção dos bens ou na arquitetura dos espaços, o Patrimônio Industrial contempla também dimensões imateriais, relacionadas ao ofício, a memória e à comunidade.

O Patrimônio Industrial como campo de pesquisa foi reconhecido institucionalmente em 1978 durante a Conferência do TICCIH – *The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage*, em Estocolmo, na Suécia. O conceito de Patrimônio Industrial concentra-se nos vestígios da indústria – sítios industriais, estruturas e infraestrutura, máquinas e equipamentos técnicos, habitação, assentamentos, paisagens, produtos, processos, conhecimentos e habilidades incorporados, documentos e registros, bem como o uso e tratamento desse patrimônio no presente. O patrimônio industrial inclui não apenas os resquícios da Revolução Industrial, mas também os precursores tradicionais de séculos anteriores que refletem o aumento da especialização técnica, a intensificação da capacidade produtiva e a distribuição e consumo para além dos mercados locais, marcas da ascensão da industrialização (COMISSÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO INDUSTRIAL., 2014).

Tais elementos tangíveis, segundo Afonso e Carvalho (2015, p. 3) são considerados objetos de estudos da arqueologia industrial, cujo movimento de defesa do legado industrial surgiu na Inglaterra, nos anos de 1950, em decorrência da destruição de muitas fábricas no período da Segunda Guerra Mundial.

É crescente nos últimos anos a cooperação e colaboração de diversos setores e profissionais da área de conservação para uma maior valorização do patrimônio industrial. Acredita-se que este progresso se deveu a um conjunto de referências e diretrizes internacionais desenvolvidas pelo ICOMOS e à implementação de recomendações e documentos internacionais, como a Convenção do Patrimônio Mundial, aprovada pela UNESCO em 1972, e a Carta de Nizhny Tagil aprovada pelos delegados reunidos em Assembleia-geral do TICCIH, de caráter trienal, realizada na cidade de Nizhny Tagil, na Rússia em 17 de julho de 2003, o qual foi posteriormente apresentado ao ICOMOS para ratificação e eventual aprovação definitiva pela UNESCO, sendo o primeiro texto de referência internacional reconhecido para orientar a proteção e a conservação nesta área.

A Carta de Nizhny Tagil (TICCIH, 2003) traz definições sobre o que é o patrimônio industrial e sua importância para a memória coletiva ao estabelecer a amplitude deste campo de pesquisa. Por isso, a Carta direciona os pesquisadores no sentido do dever de resgatar e investigar os vestígios técnicos-industriais, os equipamentos, os produtos, os registros da própria instituição e demais documentos coletados em fontes primárias e secundárias.

Estes conceitos foram reafirmados na 17ª Assembleia Geral do ICOMOS em novembro de 2011 com a adoção dos Princípios de Dublin, que definem parâmetros para apresentar, comunicar, documentar e compreender, estabelecendo princípios para auxiliar no conhecimento e em uma eficaz proteção, conservação e valorização das estruturas de patrimônio industrial de todo o mundo (DUBLIN, 2011).

Estabelecendo uma conexão com os temas “Patrimônio Industrial” e “Ladrilho Hidráulico”, se buscou entender como este patrimônio ainda se encontra em utilização e de que maneira ele constitui um processo ativo que dá sentido à continuidade histórica do fabrico deste tipo de revestimento no Rio Grande do Sul, por meio da Fábrica de Mosaicos de Pelotas.

2.4.1 O patrimônio industrial: Fábrica de Mosaicos de Pelotas – RS

Todo o legado arquitetônico expresso na suntuosidade das edificações que constituem a paisagem urbana da cidade de Pelotas, localizada no interior do Estado do Rio Grande do Sul, se destacam pela diversidade de materiais construtivos utilizados. Dentre as ferragens dos gradis dos guarda-corpos das sacadas, muros e portões em ferro fundido das residências, evidenciam-se os ladrilhos hidráulicos das residências e passeios públicos. Falar em ladrilho hidráulico no Rio Grande do Sul é remeter à cidade de Pelotas e à primeira fábrica de ladrilhos da cidade, sendo a mais antiga em funcionamento no Brasil: a Fábrica de Mosaicos, fundada em 1914 pelo imigrante português Arquimino Peres. A partir daí, iniciou-se a produção local do ladrilho, antes o revestimento era importado da Europa. Devido ao crescimento econômico da cidade, nesta época existiam cerca de dezesseis fábricas de ladrilhos hidráulicos.

Originalmente instalada na Rua Marechal Deodoro, n.º 1011, no Centro da cidade, hoje abriga um estabelecimento comercial de serviços alimentícios, permanecendo com a mesma arquitetura da fachada. Atualmente, a Fábrica de Mosaicos está instalada na Rua Barão de Santa Tecla, 877, também no Centro da cidade de Pelotas (Figura 14).

Figura 14 - Primeira sede da Fábrica de Mosaicos de Pelotas, fundada em 1914



Fonte: Mosaicos, 2022.

Na década de 1990 a fábrica foi vendida para o arquiteto Rudelger Leitzke. Atualmente a Fábrica de Mosaicos trabalha, em sua maioria, com o tipo de ladrilho interno decorado e exporta o ladrilho hidráulico para diversos Estados do Brasil e também para o exterior, com lojas que revendem o seu produto em Porto Alegre, dando continuidade à tradição na fabricação e no uso deste revestimento no Rio Grande do Sul, mantendo-se como patrimônio industrial de Pelotas.

Assim, a Fábrica de Mosaicos já possui um histórico de produção de ladrilhos para bens imóveis patrimoniais. Em 2000, forneceu ladrilhos para a restauração do piso de ladrilho hidráulico do andar superior do Paço dos Açorianos em Porto Alegre, bem como algumas peças de substituição para o piso da Pinacoteca Aldo Locatelli, que funciona no mesmo edifício. Esse é um exemplo notável da tradição e do comprometimento da empresa com a conservação dos bens integrados do Rio Grande do Sul.

2.5 Bens integrados

Com a expansão dos conceitos e categorias no campo do patrimônio cultural, tornou-se evidente a necessidade de reconhecimento e proteção de bens que não se encaixam na definição de arquitetura.

Ao longo das últimas décadas, o Iphan vem implementando ações para proteger bens culturais integrados, valorizando os bens arquitetônicos aos quais estão ligados, estabelecendo que sua importância pode ser reconhecida tanto como documento histórico, artístico e cultural quanto pelas relações simbólicas e afetivas que mantêm com esses elementos.

Na década de 1980, foi criada uma definição para os bens integrantes que não se enquadram na categoria de arquitetura dos imóveis tombados. Esses bens, conhecidos como bens móveis, englobam objetos de arte, ofícios tradicionais e utensílios domésticos ou religiosos que podem ser facilmente retirados e transportados, pois não estão fixados ou são parte indivisível do imóvel tombado. Isso inclui acervos de museus e casas históricas que contêm móveis, prataria, indumentária, esculturas, louças, cristais, vidros, objetos de trabalho, instrumentos de tortura, utensílios de cozinha, como panelas, tachos e vasilhames, bem como outros tipos de objetos (IPHAN, 2023).

Mas foi em 1986 que se estabeleceu o Inventário Nacional de Bens Móveis e Integrados - INBMI, cujo objetivo era identificar e catalogar de forma sistemática os acervos móveis e integrados tombados, com foco especial nas edificações religiosas. Esse trabalho envolveu equipes de especialistas que padronizaram a coleta de dados através do uso de uma ficha única, o que resultou na elaboração de inventários de acervos em vários estados do país.

Segundo Costa (1987), na categoria dos bens integrados permanecem aqueles que possuem uma ligação com a superfície construída - seja interna ou externa - que só podem ser removidos com sucesso por meio de um esforço cuidadoso e planejado, entretanto, mesmo com essa abordagem, ainda assim há uma marca visível da violência sofrida no lugar de origem. Essa categoria refere-se a tudo que está fixado

na arquitetura e integra o monumento. Itens como decoração interna de casas, fortes, palácios, museus, igrejas e conventos fazem parte dessa categoria.

Dentre os bens integrados, participa toda a decoração interna de casas, fortes, palácios, museus, igrejas e conventos. Portanto, a categoria se aplica aos elementos decorativos e construtivos das edificações, como as pinturas e os painéis de azulejos.

Dominguez (2016) acredita na possibilidade de integrar os ladrilhos hidráulicos nessa categorização e assim incluí-los em alguma das normas ou programas e instrumentos de preservação já instituídos pelo estado brasileiro, levando-os ao encontro das políticas públicas de difusão de informações e de preservação, através dos instrumentos legais utilizados para tal finalidade. Essa inclusão e abordagem metodológica no campo do restauro ganham ainda mais importância, pois Cesare Brandi foi um importante responsável pela consolidação desse campo disciplinar.

Assim, ao considerar a importância da integração dos ladrilhos hidráulicos nas políticas de preservação, é possível embasá-la com as bases sólidas estabelecidas por Cesare Brandi, impulsionando ainda mais os esforços de conservação do patrimônio histórico.

2.6 Teoria da restauração

Cesare Brandi (1906-1988) foi um importante responsável pela consolidação do campo disciplinar do restauro. Ele desenvolveu uma abordagem metodológica e conceitual unificada para o restauro, baseando-a em um pensamento crítico e científico. Essa abordagem contrastava com o empirismo superficial que predominava anteriormente. Essas tentativas tiveram uma longa história, mas nenhuma formulação teórica previamente articulada com a aplicação prática atingiu essa consistência.

Durante o século XX, vários autores passaram a encarar o restauro como um ato histórico-crítico que preserva as fases pelas quais uma obra passou e suas marcas temporais. A restauração é vista como uma ação que inevitavelmente intervém na realidade figurativa da obra, e cabe a ela controlar e justificar as alterações feitas, respeitando seus aspectos documentais, materiais e formais.

Cesare Brandi propôs uma abordagem dialética para a relação entre as instâncias estética e histórica na restauração, diferenciando-se tanto do positivismo, que considerava a obra de arte essencialmente como um documento histórico, quanto das correntes estéticas neoidealistas, que trabalhavam principalmente com questões de figuratividade. Para Brandi, é impossível entender a obra de arte sem considerar seu contexto histórico, assim como é impossível ver o documento histórico como algo destituído de uma configuração.

Em 1963, a Teoria da Restauração foi publicada em Roma pelas Edizioni di Storia e Letteratura. O livro contém textos previamente editados e temas discutidos por Brandi em suas aulas no ICR, fornecendo uma formulação consistente da teoria do restauro. Esta teoria oferece uma unidade de método e conceitos que podem orientar a prática de restauração.

A partir dessa concepção, surgem os princípios que norteiam a prática de conservação e restauro, quando Brandi alerta que se deve restaurar apenas a matéria

original da obra de arte, sem cometer falso histórico e sem intervir ou modificar o original, defendendo que a obra restaurada não deve voltar ao momento da criação, mas sim continuar a carregar as marcas do tempo, respeitando sua temporalidade e conformação original.

"A restauração deve buscar o restabelecimento da unidade potencial da obra de arte, desde que isso seja possível sem cometer falso artístico ou histórico e sem eliminar nenhum traço da passagem da obra de arte no tempo" (BRANDI, 2008).

No início de sua obra, Brandi introduz o conceito de restauração e diferencia entre a restauração de produtos industriais, que se concentra na recuperação da funcionalidade, e a restauração de obras de arte (BRANDI, 2008). Esta última leva em consideração aspectos estéticos e históricos, visando preservar a autenticidade material da obra e restabelecer sua integridade potencial.

Segundo Kühl (2007, p. 202) algumas pessoas interpretam essa declaração como um desinteresse de Brandi por objetos que não sejam considerados "obras de arte", o que os exclui da esfera de preservação de bens culturais. É importante lembrar que, durante as intervenções pós-guerra, a restauração de obras de arte era uma questão urgente e o livro de Brandi é a materialização de seus pensamentos baseados em sua experiência no ICR. No entanto, isso não significa que a teoria de Brandi não possa ser aplicada a outros tipos de expressão cultural, incluindo objetos recentes e industrializados que agora são considerados bens culturais.

A autora descreve haver outros autores da contemporaneidade que se dedicaram e ainda se dedicam a essas questões, desenvolvendo teorias que ampliam a unidade conceitual e metodológica de Brandi para temas não abordados por ele em seu livro. Exemplos incluem esforços para aplicar a teoria de Brandi a diversas formas de expressão cultural, como a arquitetura moderna, de autores como Giovanni Carbonara e Giovanni Urbani.

Carbonara (2006) destaca que a abordagem crítico-brandiana é considerada a mais adequada para a proteção do patrimônio cultural, desde que seja considerada a ampliação do conceito de bem cultural para além da categoria de obra de arte e que haja consciência da quantidade maior de bens a serem protegidos.

Seguindo o pensamento de Carbonara, entende-se que a restauração e a conservação, na contemporaneidade, não se limitam mais a obras consideradas "de arte", mas agora abrangem também artefatos que, ao longo do tempo, adquiriram relevância cultural. Por essa razão, há um crescente foco nos aspectos documentais e nos "bens culturais", reconhecendo que, mesmo que não sejam considerados "obras de arte", possuem uma história e camadas temporais que devem ser analisadas e respeitadas.

No que diz respeito ao método, Urbani (2000, p. 23) argumenta que não se faz mais distinção entre "belas-artes" e outras formas de expressão humana para classificar a importância dos bens, equiparando-se todas as produções culturais como bens culturais. O autor destaca a importância de reconhecer e valorizar o caráter documental desses bens, não se limitando apenas aos aspectos estéticos, mas também considerando a configuração dos demais produtos. Dessa forma, o processo de restauro e conservação se torna um aprofundamento cognitivo, lançando luz sobre

os vários aspectos dos bens culturais e compreendendo que tudo o que se refere ao homem e à sua história pode ser objeto de análise científica. Em suma, não se trata mais de fazer uma distinção entre "obras de arte" e outros produtos culturais, mas sim de considerar todos os bens culturais como dignos de estudo e proteção.

Com base na teoria de Brandi, o Iphan (2019) elaborou o Manual para Elaboração de Projetos para Intervenções em Bens Culturais Móveis e Integrados à Arquitetura, para fornecer diretrizes e padronizar procedimentos para a elaboração de projetos de conservação e restauração de bens culturais móveis e integrados. Esse conjunto de recomendações considera aspectos técnicos e conceituais e pretende permitir que a intervenção proposta seja ampla e adequada ao caráter cultural do bem que está sendo preservado em todo o país.

Ao elaborar projetos de conservação e restauração de bens culturais móveis e Integrados à Arquitetura, é importante considerar as premissas básicas definidas pelo Iphan (2019, p. 13) e baseadas na teoria de Brandi. Embora não sejam regras absolutas, elas oferecem diretrizes valiosas para a análise das características históricas, estéticas, materiais e técnicas de cada bem a ser restaurado:

- **MÍNIMA INTERVENÇÃO** - Para os projetos de conservação e restauração de Bens Culturais Móveis, é fundamental considerar os valores históricos, culturais e estéticos do objeto e buscar intervir o mínimo possível para preservar sua autenticidade artística, histórica, dos materiais ou dos processos de execução.
- **AUTENTICIDADE** - A autenticidade deve ser mantida, considerando as ideias que orientaram a concepção do Bem e as alterações feitas ao longo do tempo. É essencial manter os materiais, aspectos estéticos e peculiaridades dos processos de execução, evitando técnicas ou materiais que possam descaracterizá-lo ou danificá-lo. Qualquer intervenção deve respeitar os valores contidos nos materiais, técnicas construtivas e aspectos estéticos originais.
- **COMPATIBILIDADE e DISTINGUIBILIDADE** - Caso não seja possível manter os materiais originais, deve-se escolher outros que sejam compatíveis com os existentes em suas características físicas, químicas e mecânicas, e visuais. A intervenção deve ser distinta do original e as técnicas utilizadas devem ser justificadas teoricamente e acordadas previamente com as partes envolvidas.
- **MATERIAIS E TÉCNICAS REVERSÍVEIS** - A adição de novos materiais deve ser comedida e, preferencialmente, utilizar técnicas e materiais reversíveis, ou seja, que possam ser removidos sem danos ao Bem. Caso não seja possível, a proposta deve ser justificada técnica e teoricamente.
- **VALORES SIMBÓLICOS** - Os valores simbólicos e de uso do Bem Cultural devem ser considerados parte das decisões de restauro adotadas no projeto. A proposta de intervenção deve ser discutida previamente com a comunidade, principalmente com os grupos sociais para os quais o Bem Cultural é significativo em suas práticas culturais.

Na restauração de ladrilhos hidráulicos, é fundamental aplicar técnicas restaurativas que estejam em consonância com as premissas básicas definidas pelo Iphan (2019) e baseadas na teoria de Brandi. A primeira diretriz consiste na aplicação de mínima intervenção, buscando preservar a autenticidade dos materiais do objeto a

ser restaurado e, quando possível, a autenticidade histórica. Nesse sentido, é essencial respeitar os materiais, aspectos estéticos e peculiaridades dos processos de execução, evitando técnicas ou materiais que possam descaracterizá-lo.

Quando a manutenção dos materiais originais não é viável, deve-se optar por materiais compatíveis em suas características físicas, químicas e mecânicas, assegurando a distinção entre a intervenção e o original. É recomendado utilizar materiais e técnicas reversíveis sempre que possível, permitindo a remoção sem danos ao bem. Caso isso não seja viável, a proposta de intervenção deve ser fundamentada tecnicamente e teoricamente. Além disso, os valores simbólicos e de uso do bem cultural devem ser considerados nas decisões de restauração, envolvendo a comunidade e os grupos sociais para os quais o ladrilho hidráulico é significativo em suas práticas culturais.

Ao adotar essas diretrizes, as intervenções restaurativas que asseguram a conservação dos ladrilhos hidráulicos devem buscar a preservação e a integridade histórica e estética desses bens culturais integrados à arquitetura.

2.6.1 Intervenções restaurativas em ladrilhos hidráulicos

O envelhecimento dos bens integrados a um imóvel é um fator natural, porém, quando se tratam de ladrilhos hidráulicos que possuem uma longa vida útil, agentes exógenos podem intensificar os danos, como a frequência e intensidade do tráfego, produtos químicos corrosivos, umidade excessiva, impactos fortes ou até mesmo a exposição prolongada a condições climáticas adversas.

Na tentativa de solucionar os danos existentes, intervenções restaurativas vêm sendo implementadas por profissionais qualificados, porém, pessoas sem o conhecimento necessário para lidar com o material, acabam cometendo erros irreparáveis. Uma prática erroneamente comum é substituir peças quebradas por outras do mesmo tamanho, porém, com padrão distinto. Ao substituir peças originais por um padrão diferente, ocorre uma modificação visual no piso, resultando na perda de sua coerência estética, prejudicando a continuidade do padrão desenvolvido (Figura 15).

Figura 15 – Pisos de ladrilhos hidráulicos com padrão descontinuado



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

É importante diferenciar tal prática de preenchimento de uma lacuna com as composições de *patchwork*⁹ de ladrilhos hidráulicos, que consiste na seleção de diferentes desenhos ou cores, combinando-os de forma harmoniosa para criar um padrão de retalhos no piso ou parede (Figura 16).

Em alguns casos, uma simples limpeza pode resolver o problema com os ladrilhos hidráulicos. Após identificar a natureza da sujidade ou manchas presentes na superfície dos ladrilhos, é possível aplicar os procedimentos adequados de limpeza para restaurar o aspecto original das peças.

Figura 16 – Patchwork de ladrilhos hidráulicos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

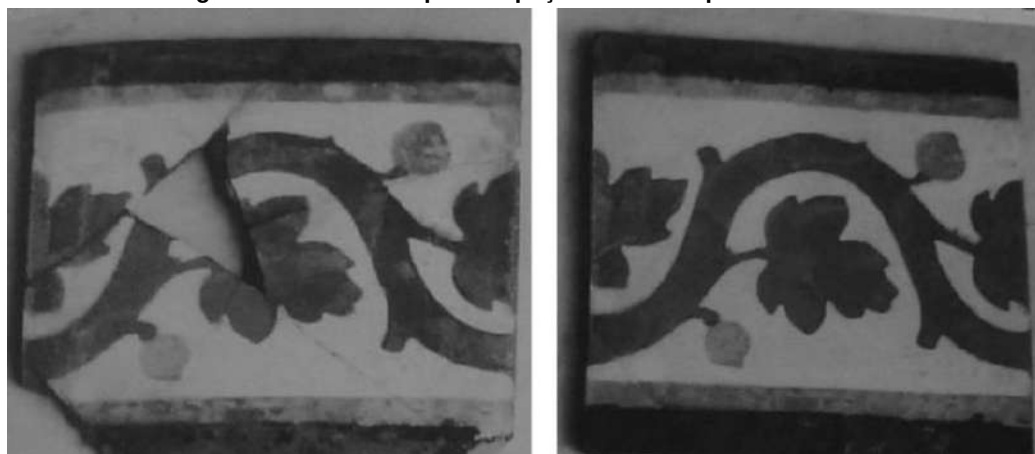
Em situações em que os ladrilhos não estejam danificados ou quebrados, mas apenas sujos ou manchados, a limpeza por meio de uma ação mecânica de fricção ou abrasão e não de um efeito químico é o recomendado. Os fabricantes de ladrilhos hidráulicos no Brasil corroboram que uma lavagem com água e sabão neutro ou um produto de limpeza específico para esse tipo de revestimento pode ser o suficiente para remover a sujeira e devolver o brilho e a aparência inicial. Resíduos de cimento ou manchas de obra podem ser removidas com o uso de uma lixa d'água nº 220 (LADRILAR, 2023; MOSAICOS, 2023; ANTÔNIO, 2023; LADRILHARIA, 2023).

Segundo o IEPHA/MG (2001 apud GESTER, 2013, p. 76), a restauração de ladrilhos hidráulicos quebrados deve seguir um processo específico. Inicialmente, é recomendado lavar as peças com água e esponja para limpá-las. Em seguida, os fragmentos devem ser colados utilizando adesivo e resina de poliéster. Para remover manchas, é sugerido realizar testes para escolher o melhor produto a ser utilizado. Inicialmente, pode-se aplicar água com esponjas e escovas de cerdas macias,

⁹ O patchwork é uma técnica tradicional de artesanato em que pequenos pedaços de tecido são costurados juntos para formar um padrão ou mosaico maior. Geralmente, cada pedaço de tecido possui um design diferente, resultando em uma composição colorida e diversificada.

seguido por acetona com EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético), utilizando compressas de pasta de celulose por 20 minutos. Após esse processo, as peças devem ser lavadas com água para remover o produto. A reintegração das partes faltantes dos ladrilhos deve ser feita com estuque de Polyfilla, utilizando moldes de cera odontológica como suporte. O estuque é aplicado abaixo da superfície. Em seguida, é aplicada resina acrílica Primal AC33, diluída em água a 5%. Para finalizar, é utilizado pó de mármore e pigmento conforme a cor do desenho original. O nivelamento é realizado com lixa grossa, e o acabamento é feito com lixa fina (Figura 17).

Figura 17 - Antes e depois da peça restaurada pelo IEPHA/MG



Fonte: IEPHA/MG (2001 apud GESTER, 2013, p. 77).

Entretanto, é importante ressaltar que a limpeza por si só não será eficaz para reparar danos estruturais ou quebras nas peças. Para danos mais severos, será necessário adotar medidas de restauração e reparo, como as mencionadas anteriormente, portanto, é fundamental avaliar a condição dos ladrilhos hidráulicos e determinar a melhor abordagem de acordo com o tipo de problema apresentado.

No Estado do Pernambuco, o Centro de Estudos em Conservação Integrada (CECI) realiza pesquisas aplicadas na área de materiais e técnicas tradicionais de construção desde 2003, com foco em conservação e restauração do patrimônio cultural. A equipe é composta por professores doutores, mestres, especialistas, artífices e artesãos, contribuindo para a produção de novos conhecimentos em várias áreas, incluindo cantaria, alvenaria, estuque, ferraria, fundição, pinturas, azulejos históricos, ladrilhos hidráulicos e mosaicos (Figura 18).

Um dos cases de conservação e restauro bem sucedidos de ladrilhos hidráulicos é o do Paço do Frevo, uma antiga companhia de telégrafos no Recife. Durante as obras de requalificação para abrigar o Paço do Frevo, os ladrilhos históricos precisaram de intervenção. O processo incluiu a remoção cuidadosa do piso vinílico e camadas de cola envelhecida, limpeza química e úmida, mapeamento e levantamento das paginações, substituição dos ladrilhos danificados e o restauro das peças originais.

Figura 18 - Intervenção de restauro com procedimentos de limpeza, enxerto, nivelamento e reintegração cromática em ladrilho histórico da Fazenda Boi Só (João Pessoa/PB)



Fonte: CECI, 2023.

Os ladrilhos históricos, produzidos na Inglaterra no início do século XX, foram restaurados na Oficina de Mosaicos e Ladrilhos Hidráulicos do Curso de Gestão de Restauro/CECI (Figura 19). Para a produção dos ladrilhos de reposição, foi necessário formar um artesão especializado em latoaria. Além disso, ferramentas especiais foram criadas para lidar com as dimensões específicas dos ladrilhos históricos. Os trabalhos de restauração foram concluídos em junho de 2012, mas, posteriormente, a Prefeitura do Recife decidiu colocar um sobrepiso de madeira revestido com chapas vinílicas sobre os ladrilhos restaurados (TINOCO, 2013, p. 9-10).

Figura 19 – Paço do Frevo e ladrilho em processo de intervenção



Fonte: Tinoco, 2013.

Recentemente, foram finalizadas as intervenções no Museu do Ipiranga em São Paulo, cujo restauro dos pisos revestimentos em ladrilho hidráulico seguiram um rigor metodológico para garantir a autenticidade e integridade destes bens integrados, seguindo uma abordagem que prioriza procedimentos de mínima intervenção. A obra levou cerca de três anos e foi inaugurada em 7 de setembro de 2022 (Figura 20).

Figura 20 - Processos restaurativos dos ladrilhos do Museu do Ipiranga em São Paulo - SP



Fonte: Braga, 2021.

Segundo Braga (2021, p. 80-93), alguns ladrilhos foram retirados e recompostos quase que completamente para prevenir infiltrações. Em algumas áreas, onde havia ladrilhos decorados formando um "tapete" e "moldura" no piso, também foram retiradas peças para a passagem de instalações elétricas. Durante a remoção dos ladrilhos, foram empregadas talhadeiras e marretas leves para evitar danos, mas alguns acabaram sendo danificados e precisaram ser substituídos ou recompostos. Para a recomposição e restauração das peças danificadas, foram realizados testes para garantir a uniformidade das cores e dos desenhos. As partes originais dos ladrilhos foram unidas com arame de cobre ou arame galvanizado, enquanto as áreas restauradas receberam massa plástica e rejunte acrílico pigmentado para combinar com a cor dos ladrilhos originais. Lacunas e fissuras também foram preenchidas para uniformizar a superfície decorada das peças.

Além disso, a autora descreve que foram realizadas diversas limpezas para retirar camadas de resinas anteriores aplicadas nos ladrilhos. Foi aplicado rejunte acrílico nas juntas entre as peças, utilizando fita adesiva para delimitar as áreas. Em seguida, as áreas com lacunas e fissuras foram recuperadas para restaurar os ladrilhos históricos. Como acabamento, foi aplicado o produto HEM-3035, um verniz acrílico de dupla função (Nano Selador e Verniz), que protege o piso. Segundo o boletim técnico do fabricante, o produto é líquido e pronto para uso, aplicado em duas demãos para o Nano Selador e, no mínimo, três demãos como Verniz, resultando em uma película seca de 0,3 a 0,4 mm por demão.

Cabe ressaltar que os procedimentos descritos foram aplicados especificamente em ladrilhos do tipo interno, que possuem a face superior lisa. Essas técnicas de restauração não são viáveis para ladrilhos do tipo externo com relevos, uma vez que a restauração dos relevos se torna inviável devido à complexidade do processo.

Enquanto os ladrilhos lisos internos podem passar por um processo de remoção, limpeza, recomposição e restauração das peças danificadas, os ladrilhos externos com relevos apresentam desafios adicionais. Os relevos são elementos tridimensionais gravados na superfície do ladrilho, dificultando ou impossibilitando restaurá-los de forma fiel aos originais.

Nesses casos, a restauração dos ladrilhos externos com relevos pode exigir abordagens diferentes, como a criação de moldes específicos para a produção de novas peças. É essencial considerar as características únicas dos ladrilhos externos com relevos e buscar soluções específicas para a conservação deste bem integrado, de modo a garantir a integridade do patrimônio edificado.

Após uma busca extensa por fontes bibliográficas, não foram encontradas pesquisas que tratem sobre ladrilhos do tipo externo com relevos que abordem intervenções que vão além da substituição das peças. A literatura disponível traz métodos de cases em que é necessária a troca integral dos ladrilhos danificados, com pouca ênfase em outras técnicas de restauração ou conservação que possam ser aplicadas. Essa lacuna na bibliografia indica uma escassez de estudos detalhados sobre abordagens alternativas para intervenções em ladrilhos com relevos.



CAPÍTULO 3

METODOLOGIA



Em relação à abordagem metodológica, a presente pesquisa pode ser classificada, devido a sua estrutura e seus objetivos, como uma pesquisa de campo exploratória. Segundo Gil (2008, p. 41), uma pesquisa de cunho exploratório busca proporcionar maior familiaridade com o objeto a fim torná-lo mais explícito. Partindo da perspectiva do autor, se buscou realizar determinadas análises do objeto de estudo de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Para isso, a pesquisa trabalhou com ferramentas de digitalização tridimensional, registro fotográfico, descrições e fontes documentais existentes.

Trata-se de uma pesquisa pura ou aplicada, definida por Marconi e Lakatos (2003, p. 160) como o estudo de um problema relativo ao conhecimento científico ou à sua aplicabilidade. Assim, a pesquisa aplicada pode ser definida como conjunto de atividades nas quais conhecimentos previamente adquiridos são utilizados para coletar, selecionar e processar fatos e dados, a fim de se obter e confirmar resultados, e se gerar impacto (FLEURY; WERLANG, 2016).

Seguindo a sugestão de Tinoco (2009, p. 8-12) para o delineamento das investigações e adaptando para o contexto da presente pesquisa, a proposta metodológica, bem como as etapas seguidas estão descritas (Figura 21):



(1) Anamnese — sendo a etapa de levantamento das informações que busca por uma compreensão mais profunda sobre o objeto de estudo. Ela envolve um processo de investigação que abrange desde as características gerais até as condições físicas da edificação, a partir das setes dimensões estudadas: normativa, histórica, espacial (externo e interno); tectônica, funcional, formal e conservação do objeto (AFONSO, 2019).

(2) Análise dos danos — fase na qual foi feito o mapeamento dos danos, para gerar o mapa de danos e as Fichas de Identificação dos Danos (FID's), objetivando o registro do desgaste atual do piso de ladrilho hidráulico do pavimento térreo do edifício. Tais apontamentos foram realizados com base nos registros realizados por meio das digitalizações tridimensionais, da observação de campo e das fotografias. Com isso, visando esclarecer o problema patológico do desgaste da superfície do piso, esclarecendo a origem, causa, natureza, mecanismos

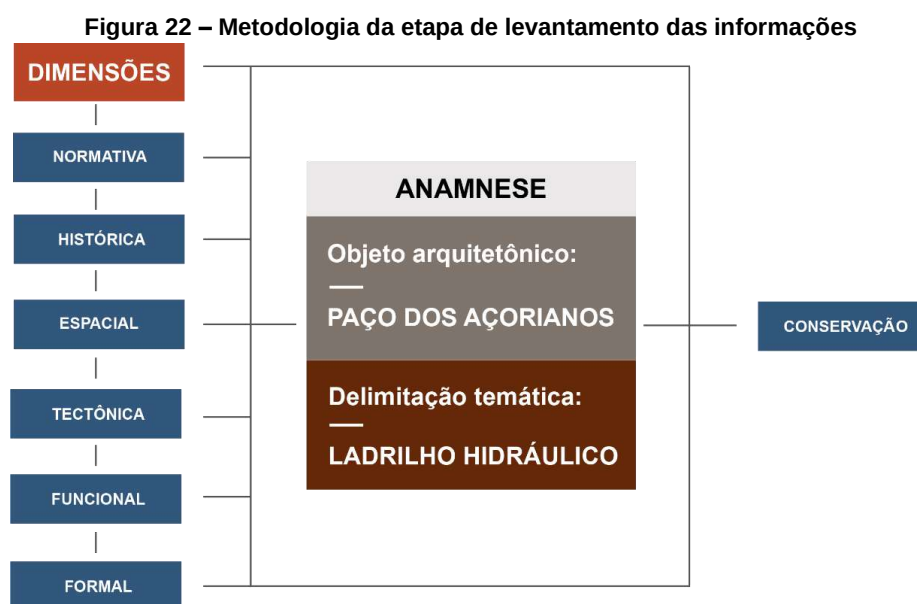
e agentes que promoveram ou vem promovendo a perda do desempenho deste componente construtivo;

(3) Conduta de intervenção — parte destinada à elaboração de uma tabela resumo com o estado de conservação da dimensão construtiva. Como consequência, como resultado visual do mapeamento de danos, a geração de um mapa de danos e um gráfico percentual com a quantidade de vezes em que os danos afetaram os ladrilhos hidráulicos, mensurando a amplitude dos danos.

(4) Materiais e processos de fabricação — etapa correspondente à proposta de utilização da tecnologia de usinagem CNC na confecção de matrizes para fabricação de ladrilhos hidráulicos. Considerando a importância de sugerir ações para resolução ou minimização da patologia relacionada ao desgaste do material e também para um correto manejo e aplicação do produto, foi necessária a elaboração de um manual técnico de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos.

3.1 Diretiva para a etapa da Anamnese: análise das dimensões do Objeto arquitetônico

A abordagem adotada consiste em analisar as dimensões do objeto arquitetônico e suas subdivisões, conforme descrito por Afonso (2019)¹⁰. Esse método visou sistematizar o processo de anamnese do edifício, considerando sete dimensões específicas em uma ordem sequencial: normativa, histórica, espacial, tectônica, funcional, formal e de conservação (Figura 22). Com isso, a pesquisa foi fundamentada em informações e materiais acessíveis, com foco principalmente na abordagem histórica ao investigar eventos passados.



Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de Afonso, 2019.

¹⁰ A metodologia de Afonso (2019) é uma abordagem de pesquisa arquitetônica voltada para bens com valor patrimonial. Desde 2007, a autora tem desenvolvido e adotado essa metodologia em projetos de iniciação científica e programas de pós-graduação em uma instituição federal brasileira. O objetivo principal da metodologia é orientar os pesquisadores no desenvolvimento de trabalhos investigativos que vão além de descrições superficiais, promovendo uma análise crítica dos objetos arquitetônicos.

A abordagem metodológica para análise das dimensões proposta pela autora, é apresentada como resultado de sua experiência em ensino e pesquisa na área da arquitetura. Essa metodologia visa sistematizar a análise do objeto arquitetônico, tanto no contexto do patrimônio histórico quanto nos estudos de caso para novos projetos. Além disso, esse método investigativo busca atender à necessidade de uma análise mais crítica, estabelecendo correlações entre os diversos condicionantes que afetam o objeto arquitetônico.

O objeto arquitetônico vem a ser o foco desta metodologia, isto é, a edificação: um bem imóvel, construído, possuidor de valores culturais, históricos, arquitetônicos, construtivos, espaciais, formais, funcionais e que sofrem patologias que o transformam ao longo dos anos, atuando diretamente na dimensão de sua conservação física enquanto objeto construído. (AFONSO, 2019, p. 2).

Partindo do entendimento de Katinsky (2005, p. 46) que o objeto arquitetônico é fonte primária de estudo, ou seja, a própria edificação como documento, o Paço dos Açorianos é considerado como um elemento com valores intrínsecos, resultado de seu contexto e da sociedade em que está inserido. É fundamental compreender os fatores que influenciam ou influenciaram a edificação ao longo do tempo, a fim de construir uma linha cronológica que trace sua trajetória, constituindo um precursor essencial para análise.

O processo de análise tem início com a **Dimensão Normativa**, que abordou o corpo normativo aplicado ao objeto arquitetônico, com ênfase na sua proteção como patrimônio histórico. Nessa dimensão, realizou-se um levantamento inicial das leis, decretos e registros que conferem proteção ao objeto em questão.

Seguindo para a análise pela **Dimensão Histórica** como ponto de partida para um aprofundamento nos contextos que envolvem a origem e a existência do Paço dos Açorianos dentro de seu ambiente de inserção, se fez importante estabelecer uma relação fundamentada entre o Lugar (Porto Alegre), o Objeto (Paço dos Açorianos) e o Autor (João Antônio Luiz Carrara Colfosco). Esta dimensão segue a partir de um recorte temporal e cronológico, analisando os contextos sociais, políticos, econômicos e culturais que permearam o surgimento e a existência da edificação ao longo do tempo, investigando a relação intrínseca entre história e arquitetura.

A análise da **Dimensão Espacial** foi realizada em duas partes distintas. A primeira parte refere-se ao espaço externo, que engloba a análise do entorno imediato da edificação, levando em consideração fatores como a localização e uma análise preliminar do ambiente. A segunda parte concentra-se no espaço interno, com uma análise direcionada especificamente à própria edificação.

A próxima análise é referente à **Dimensão Tectônica**, que se baseia na concepção da "arte da construção" (FRAMPTON, 1995). Nessa abordagem, examinou-se o objeto arquitetônico em relação ao seu caráter construtivo, levando em consideração aspectos de sua materialidade e estrutura. Conforme destacado por Afonso (2019), a importância dessa análise reside na compreensão da consciência construtiva do edifício, explorando as relações entre sua materialidade e as soluções projetuais implementadas na época. A análise dessa materialidade possibilitará a

compreensão das dimensões construtivas do objeto arquitetônico. Em seguida, foi possível explorar o uso específico do ladrilho hidráulico nesse tipo de construção.

A análise da **Dimensão Funcional** está relacionada à utilização e às funções desempenhadas pelo edifício. Nessa análise, buscou-se fazer um comparativo entre as funções anteriormente desempenhadas pelo objeto, em comparação com os usos originalmente previstos na época de sua construção, e as funções atualmente exercidas. Para a análise da Dimensão Funcional, de acordo com Afonso (2019), são propostas três classificações que abrangem a função dos objetos arquitetônicos de valor patrimonial: sintática, pragmática e semântica. Essas classificações são utilizadas como ferramentas para compreender a função do objeto arquitetônico dentro do contexto em que está inserido.

Na análise da **Dimensão Formal** de um objeto arquitetônico, Afonso (2019) corrobora com Montaner (2004) e Mahfuz (2004) ao adotar uma abordagem conceitual baseada na ideia de "forma pertinente". Essa abordagem considera o diálogo entre programa, lugar, construção e estruturas formais, levando em conta a relação com o entorno e as referências dos significados das formas. A forma do objeto arquitetônico reflete valores éticos e também faz referência a critérios e significados sociais e culturais. Nesse contexto, a forma foi analisada em relação ao espaço contido na estrutura e seu conteúdo.

Assim, a análise da dimensão Formal foi dividida em duas etapas distintas. A primeira etapa consiste na análise da forma da edificação em sua amplitude, buscando compreender as características gerais e a composição arquitetônica na totalidade. Em seguida, foi possível avançar para a segunda etapa, que se concentra na análise das formas dos desenhos dos ladrilhos do salão de entrada e sua relação com a edificação em si. Essa abordagem permitiu uma compreensão mais detalhada e específica das características formais presentes nos ladrilhos e sua interação com o contexto arquitetônico.

Para esta segunda etapa da dimensão formal, foi fundamental concentrar-se na estrutura morfológica dos ladrilhos hidráulicos, escala de cores, padrões formais e outros aspectos iconográficos. O objetivo foi obter uma compreensão técnico-construtiva, buscando elucidar a estrutura visual presente nesse tipo de revestimento e sua relação com o contexto sociocultural do período em que a edificação foi construída, marcado pelos ideais positivistas predominantes. Na análise da forma, parte-se dos conhecimentos sobre design de superfície (RUBIM, 2010; FREITAS, 2011; RÜTHSCHILLING, 2008), princípios de forma e desenho bidimensional (WONG, 2010), decomposição da forma (FONTOURA, 1982), o alfabetismo visual por meio das técnicas visuais auxiliaadoras da comunicação (DONDIS, 1997), investigação dos sinais e símbolos (FRUTIGER, 2004; CHEVALIER; GHEERBRANT 2020) e as referências visuais dos ornamentos culturais milenares (JONES, 2010).

Por fim, na fase da **Dimensão da Conservação**, foi realizada uma avaliação da condição física atual do objeto arquitetônico. Neste caso específico, devido à análise mais aprofundada que foi abordada no capítulo posterior, para esta dimensão foi feita uma abordagem sucinta sobre a obra de restauração ocorrida há exatos 20 anos e

oferecer uma visão geral do estado de conservação do Paço dos Açorianos. Posteriormente, foi restringido ao foco principal da pesquisa: o ladrilho hidráulico.

3.2 Orientações para a etapa da Análise dos Danos

A fase sequente à Anamnese corresponde a etapa de Análise dos Danos que envolve a avaliação do estado de conservação do objeto arquitetônico, restringindo para a delimitação temática (o ladrilho hidráulico), por meio da produção de mapas de danos e fichas de identificação de danos (FID's), seguindo as recomendações básicas propostas pelo CECI (Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada) por meio de seu grupo de trabalho para gestão de restauro, com embasamento teórico em Tinoco (2009), dando prosseguimento e aprofundando sobre a Dimensão da Conservação (Figura 23).

Figura 23 – Metodologia da etapa de análise dos danos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A necessidade crescente de avaliar de forma adequada os sistemas construtivos de edificações de valor cultural, evoca a importância de um suporte adequado para intervenções, visando a preservação e conservação do patrimônio. Um elemento essencial nesse processo é o correto entendimento das patologias, adquirindo o conhecimento necessário e compreendendo profundamente o objeto de estudo.

Segundo Tinoco (2009, p. 3), a compreensão de uma edificação requer a vivência do lugar, a percepção dos espaços internos e externos, bem como o contato tátil com os elementos e materiais construtivos. É por meio da experiência e interação com a edificação, dos estudos realizados no local, que o pesquisador é capaz de realizar o mapeamento dos danos de uma edificação.

O mapa de danos é compreendido como uma representação gráfico-fotográfica sinóptica, que ilustra e descreve detalhadamente todas as manifestações de deterioração presentes na edificação. Seu objetivo é sintetizar o resultado das investigações sobre as patologias da construção, incluindo alterações estruturais, funcionais, nos materiais, técnicas, sistemas e componentes construtivos. É relevante para esta pesquisa esclarecer as definições que distinguem o mapa de danos do mapeamento de danos. O primeiro refere-se a um documento ou conjunto de documentos gráficos e fotográficos que retratam a condição atual de uma edificação em uma determinada data ou período. O segundo refere-se aos processos de investigação, levantamento e coleta de dados utilizados na elaboração do mapa (Tinoco, 2009, p. 4).

Ao criar o mapa de danos de forma detalhada, selecionando áreas específicas e concentrando-se em um determinado material, é possível obter informações precisas sobre os danos nos ladrilhos hidráulicos. O próprio material danificado pode fornecer dados que contribuem para a formulação de hipóteses. Para investigar os danos, foi utilizado o método indireto, que envolve o uso de tecnologias e instrumentos especiais que não causam danos aos materiais existentes. Por meio de análises interpretativas das imagens coletadas, obtidas por meio de scanners tridimensionais e fotografias, as FID's foram elaboradas como meio de registro das informações.

No primeiro momento, na etapa inicial de planejamento da realização da digitalização tridimensional dos ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço dos Açorianos, fez-se necessário a organização e tomadas de decisão para o andamento da tarefa. Sendo assim, o trabalho de campo para seguiu o seguinte checklist:

- Solicitação de autorização junto à Coordenação da Memória Cultural da Secretaria da Cultura de Porto Alegre;
- Autorização do professor responsável patrimonial, em formulário específico, para saída do equipamento das dependências da UFRGS;
- Equipamentos (2 Scanners 3D – Artec EVA e Z+F Imager 5010C);
- Um notebook com 2 entradas USB;
- Extensão da fiação elétrica e respectivos adaptadores;
- Câmera fotográfica.

O scanner 3D Artec EVA funciona com uma sequência de projeções de luz (até 16 fps) que incidem no objeto e realiza a digitalização feita por meio de uma câmera embutida (Figura 24). O aparelho é portátil e operado manualmente acoplado a um notebook, sendo necessário, movimentos contínuos para que o software consiga sobrepor as regiões entre os *frames*.

Figura 24 - Equipamentos de escaneamento em 3D utilizados na pesquisa e suas especificações técnicas

	TÉCNICA	RESOLUÇÃO	ALCANCE (DISTÂNCIA DO OBJETO)	MOBILIDADE	AQUISIÇÃO DE TEXTURAS SÚPERFICIAIS
EQUIPAMENTO Z+F IMAGER 5010 C	Laser (defasagem) 	Até 0,6 mm 	Até 90m 	Sim (Tripé) 	Sim 
EQUIPAMENTO ARTEC EVA	Luz estruturada 	Até 0,1 mm 	Até 1 m 	Sim (Manual) 	Sim 

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

O scanner a laser 3D terrestre Z + F Imager 5010C possui uma câmera HDR integrada com um campo esférico de visão para captura de imagens coloridas em 360°, com um sistema vertical e um espelho giratório (que atinge uma frequência rotacional de até 50 rps), no eixo horizontal possui um dispositivo que gira em torno

do seu eixo vertical. Os dados digitalizados podem ser armazenados no disco rígido interno ou em dois dispositivos USB removíveis e integrados.

Para a pesquisa, foi definido que digitalizar tridimensionalmente o salão de entrada com o Z+F Imager 5010C possibilitaria uma análise, posteriormente, do interior da edificação e um diagnóstico preciso sobre o estado de conservação dos ladrilhos, promovendo um registro com alta resolução e auxiliando nas etapas seguintes (Figura 24). Este ambiente possui a maior área com ladrilhos hidráulicos da edificação. Por ser na entrada principal, trata-se de um ambiente com intenso tráfego de pessoas, sendo um empecilho em alguns momentos para a realização das digitalizações.

A etapa de coleta da digitalização tridimensional foi realizada em 09 de maio de 2019, das 14h às 18h. Para a sua execução, foi necessária uma autorização previa junto à Coordenação da Memória Cultural da Secretaria da Cultura de Porto Alegre. O scanner é um bem patrimoniado da UFRGS, por isso, foi necessário o consentimento por meio de um formulário específico do professor responsável.

Optou-se para a pesquisa digitalizar tridimensionalmente apenas o salão térreo da entrada principal, sendo este o ambiente da edificação com uma área maior de ladrilhos. Nas demais áreas, como os corredores laterais do salão térreo e o piso superior, por se tratar de ambientes menores e com ladrilho hidráulico comum do tipo interno sem relevo, preferiu-se realizar o registro por meio de fotografias.

Com base no conhecimento e compreensão das manifestações das condições patológicas, a partir das digitalizações tridimensionais e dos dados coletados na vistoria do edifício, foram elaboradas as Fichas de Identificação de Danos (FID). Essas fichas são organizadas hierarquicamente, dando prioridade aos danos mais frequentes ou de maior incidência. A fim de fornecer um registro sintético das patologias, as fichas devem conter campos básicos para preenchimento, além de espaço para inclusão de fotografias e materiais gráficos relevantes, apresentados de maneira clara e concisa.

De acordo com Tinoco (2009, p. 16), as Fichas de Identificação de Danos devem conter a identificação do componente ou elemento construtivo, numeração de classificação, data da vistoria, profissional responsável pela coleta de informações, denominação ou caracterização do dano, manifestação ou sintoma, causa, natureza, origem, agentes, condutas, ilustrações (foto e/ou desenho) e um campo para outras observações que se façam necessárias.

Antes de qualquer intervenção no patrimônio edificado, é fundamental que essas análises sejam realizadas, pois elas constituem a base teórica necessária.

3.3 Direcionamentos para a Conduta de Intervenção

De acordo com Tinoco (2009, p. 10-11), a conduta de intervenção envolve o saneamento dos danos, com propostas para resolver os problemas, utilizando os meios materiais e logísticos disponíveis. Essas propostas devem ser fundamentadas teoricamente. A tomada de decisão nesse processo é crucial e deve considerar a situação ideal para solucionar os danos, embora nem sempre seja possível devido a

fatores externos à equipe técnica. Portanto, alternativas viáveis devem ser desenvolvidas e hierarquizadas, buscando o melhor desempenho dentro dos custos estimados. Além disso, as decisões devem levar em conta hipóteses, tempo, custos, autenticidade e integridade do patrimônio cultural (Figura 25).

Figura 25 - Metodologia da etapa de conduta de intervenção



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Também é importante considerar prognósticos, levantando cenários futuros sobre a conduta adotada para sanar os danos. No entanto, as decisões estão sujeitas a um grau de incerteza, influenciado pelo conhecimento produzido e pelo grau de incerteza dos efeitos. Além disso, a relação custo-benefício e a disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços são fatores cruciais a serem considerados na tomada de decisão. A relação custo/benefício avalia os benefícios em relação aos custos de recuperação ao longo da vida útil do edifício. Já a disponibilidade de tecnologia diz respeito às condições tecnológicas, como materiais, equipamentos e qualificação da mão-de-obra.

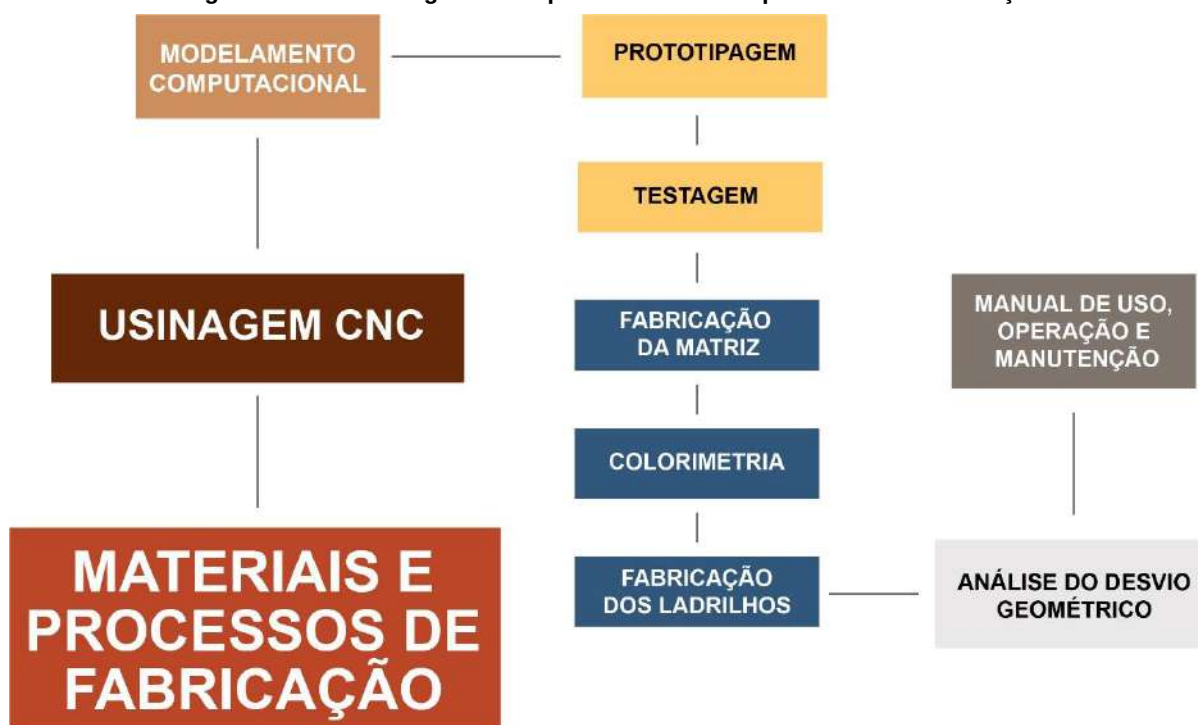
O autor explana que as técnicas tradicionais podem ser opções viáveis com os melhores procedimentos e equipamentos contemporâneos. A qualificação da mão-de-obra também é essencial, devendo possuir habilidades comprovadas no manuseio da tecnologia e equipamentos utilizados nas intervenções.

3.4 Diretrizes sobre materiais e processos de fabricação

Após uma compreensão mais aprofundada dos danos observados por meio das FIDs, foram definidas quais tecnologias, materiais e processos de fabricação podem ser aplicados em futuras intervenções (Figura 26). Esses procedimentos envolvem, primeiramente, o conhecimento prévio do processo produtivo do ladrilho hidráulico, para compreender como a tecnologia de usinagem CNC poderia contribuir na fabricação de matrizes. No segundo momento, após a validação e fabricação dos ladrilhos, se fez importante a elaboração de um manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos, com direcionamentos necessários para uma futura intervenção no Objeto.

A primeira parte corresponde ao processo metodológico para fabricação dos ladrilhos hidráulicos. Esta etapa foi realizada no dia 20 de maio de 2022, em visita *in loco* na Fábrica de Mosaicos de Pelotas, ocorrida no período da manhã e tarde das 09h às 15h, visando registrar todo o processo de fabricação e ampliar os conhecimentos sobre as matérias-primas, materiais e equipamentos utilizados no fabrico deste tipo de revestimento.

Figura 26 – Metodologia das etapas de materiais e processos de fabricação



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na fase de planejamento, foi feito um checklist para organizar os equipamentos necessários para realização do registro da visita:

- Autorização verbal do proprietário da Fábrica para prévio agendamento;
- Notebook;
- Câmera fotográfica;
- Tripé;
- Smartphone e carregador.

Em conversa preliminar com o arquiteto proprietário da Fábrica de Mosaicos, Rudelger Leitzke agendou a data para realização da visita. Em seguida, foram apresentadas as instalações da fábrica para um reconhecimento dos instrumentos, matérias-primas e etapas utilizadas no processo de fabricação. Os equipamentos utilizados foram uma câmera fotográfica para fotografia e gravação de vídeo, e um smartphone como aparelho complementar para vídeos, fotos e gravação de áudio.

Na fase da pesquisa corresponde a ordem seguida na implementação das condutas de intervenção para a fabricação dos ladrilhos hidráulicos, se compreende que em primeiro lugar, é necessário realizar a confecção da matriz (Placa), para então, verificar se a mesma está corretamente exequível para a fabricação das peças.

Para isso, foi utilizada a usinagem CNC, tecnologia viável para a fabricação de moldes em metal para diversos setores industriais, consequentemente, também é factível para a fabricação de Placas para a produção de ladrilhos.

Após identificar que a usinagem CNC é uma tecnologia viável para a fabricação de Placas para ladrilhos hidráulicos, é importante estabelecer uma cadeia produtiva para traçar estratégias relacionadas a logística, mão-de-obra e confecção. Portanto, as etapas do processo foram:

- Identificação da matéria-prima;
- Estabelecimento da tecnologia para fabricação;
- Prototipagem;
- Transformação da matéria-prima em matriz (Placa);
- Testagem do protótipo;
- Validação da matriz (Placa).

O material utilizado na fabricação da Placa foi o Aço 1045 e P20, conforme a disponibilidade do mercado local. Determinando todas as etapas necessárias, é importante identificar os setores que atuaram na produção desta fase inerente à condução de intervenção. A empresa que estará encarregada da confecção da Placa, foi a IMER, localizada na Rua Dona Margarida, 32 – Navegantes, em Porto Alegre.

Para usar a Placa, foi necessário realizar o modelamento computacional por meio de softwares CAD. Para isso, foram utilizados os softwares da Autodesk AutoCAD e Fusion 360, por se tratar de programas disponíveis gratuitamente na versão educacional.

Foram produzidas no total 4 Placas referentes à barra, cantos e ao miolo do desenho dos ladrilhos. Dessa maneira, foi possível validar todo o processo, viabilizando a tecnologia na implementação da condução de intervenção no patrimônio, preocupando-se em manter o processo de fabricação tradicional do ladrilho hidráulico.

Após a confecção das Placas por meio da usinagem CNC, foram realizados testes para verificar se ficou exequível para a fabricação de ladrilhos hidráulicos. Os testes foram feitos na Fábrica de Mosaicos por um ladrilheiro indicado pelo proprietário da empresa. Os demais equipamentos e ferramentas utilizadas no processo de fabricação foram os já existentes na fábrica.

Na fabricação de ladrilhos do tipo externo com relevos não é utilizado um Molde, pois, os pigmentos vão sendo depositados com cautela nos espaços correspondentes a cada cor, exigindo bastante destreza por parte do ladrilheiro. Porém, para assegurar a uniformidade no processo de pigmentação dos ladrilhos e acelerar essa etapa, com base nas observações feitas durante a fase de testagem do protótipo, foram desenvolvidos quatro moldes delimitadores de cores por meio da impressão 3D. Esses moldes desempenham o papel de um gabarito, garantindo a precisão na aplicação das cores em cada área do ladrilho.

Após feita a fabricação e validação da matriz, foram realizadas análises comparativas entre matrizes e ladrilhos para avaliação do desvio geométrico, a partir de digitalizações tridimensionais dos mesmos.

Visando padronizar os procedimentos para instalação e manutenção de ladrilhos hidráulicos em canteiros de obras, se fez importante propor um manual de uso, operação e manutenção desses revestimentos. Esse manual tem como propósito fornecer diretrizes que auxiliem os profissionais responsáveis pela gestão da etapa de revestimentos em uma obra, visando a futura restauração do Paço dos Açorianos.

As informações foram compiladas a partir de dados provenientes de fábricas de ladrilhos no Brasil e de empresas especializadas no processamento de revestimentos cimentícios. Além disso, foram consideradas as normas regulamentadoras vigentes

relacionadas a cada especificidade do processo. No documento foram elencados os seguintes itens:

a) Normas complementares e demais referências normativas.

b) Dados técnicos:

Com as dimensões do produto, peso, espessura, quantidade por m², paleta de cores utilizada como sugestão.

c) Características de fabricação:

Como realizar a inspeção visual e acondicionamento, indicando como o produto deve ser guardado e manuseado.

d) Orientações para paginação:

Apresentando como as quatro classes ladrilhos devem ser assentados: cantos, barra e miolo.

e) Instalação:

Orientando sobre a segurança no local, equipamentos para a instalação, indicações das técnicas de assentamento, cuidados durante a aplicação e rejuntamento.

f) Impermeabilização:

Seguindo as orientações da NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), foram abordados os tipos adequados de impermeabilização a ser escolhido para os ladrilhos hidráulicos. Por meio de um documento de responsabilidade técnica, foi elaborado o projeto básico e executivo de impermeabilização utilizado para obras de construção civil de uso público e coletivo, bem como os serviços decorrentes que devem ser executados por profissionais legalmente habilitados.

A impermeabilização deve ser projetada de modo a proteger elementos e componentes construtivos que estejam expostos ao intemperismo, contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera, visando elevar a resistência à degradação ocasionada por influências climáticas, térmicas, químicas ou biológicas, tais como: desgaste e descolamento, ocasionados pela abrasão devido à ação de movimentos dinâmicos ou pela ação do intemperismo.

A norma cita que nos locais onde a impermeabilização for executada sobre o contrapiso, este deve estar perfeitamente aderido ao substrato. As etapas de formulação do projeto de impermeabilização foram divididas em: estudo preliminar, projeto básico de impermeabilização, projeto executivo de impermeabilização e serviços complementares ao projeto executivo de impermeabilização.

Quanto ao estudo preliminar, foi feito um relatório contendo a qualificação das áreas e planilha contemplando os tipos de impermeabilização aplicáveis aos ladrilhos hidráulicos, seguindo as diretrizes do incorporador indicado como contratante.

Na etapa do projeto básico, foi feita a definição da área a ser impermeabilizada, definição dos materiais utilizados para impermeabilização, planilha de levantamento quantitativo e estimativa de custos.

O projeto executivo indicou a área a ser impermeabilizada e também foi feito um memorial descritivo com o quantitativo de materiais e demais procedimentos de execução.

g) Serviços complementares:

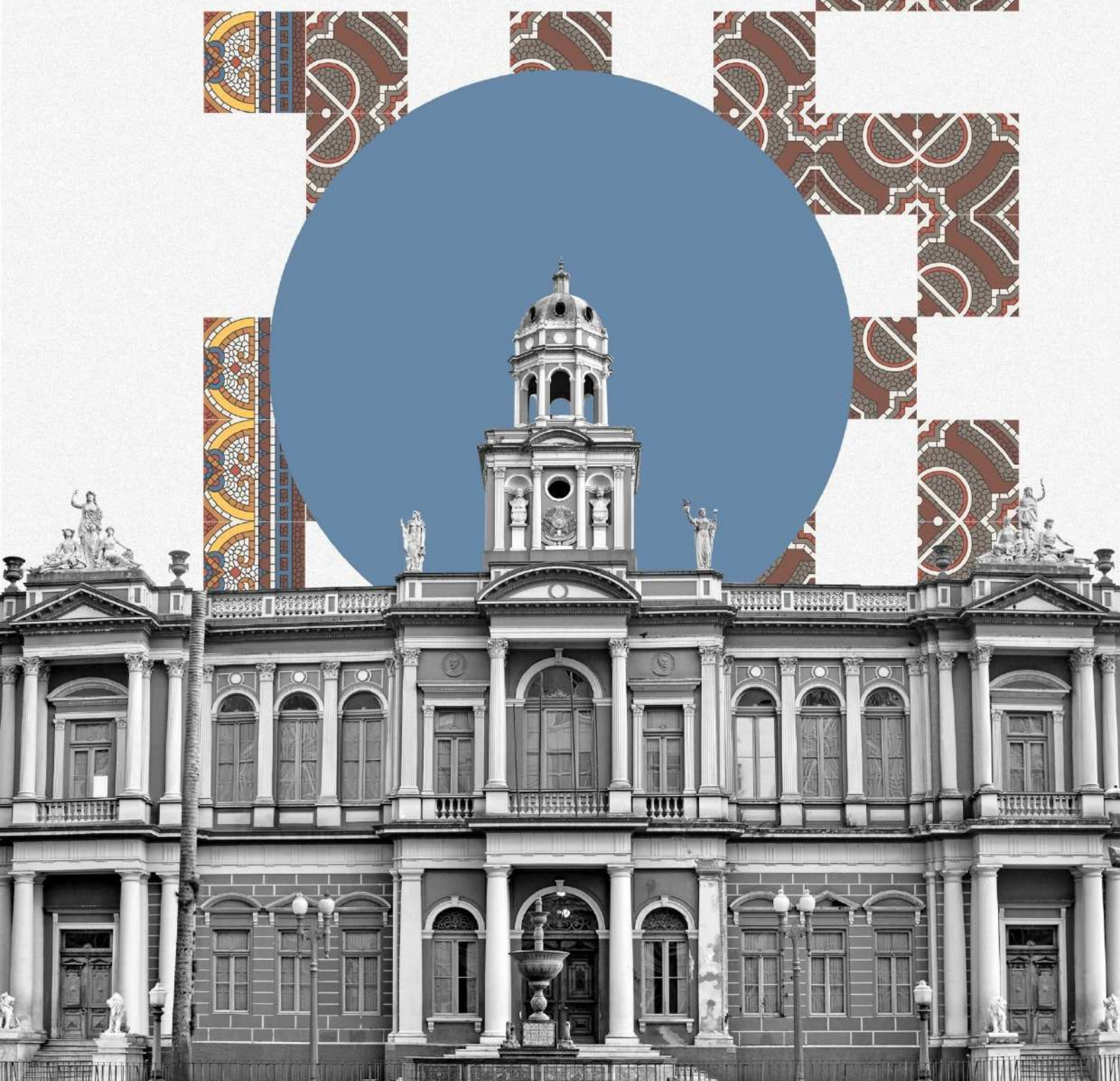
Por fim, na etapa de serviços complementares foi sugerida uma metodologia para controle e inspeção dos serviços, limpeza e manutenção da área pavimentada a ser impermeabilizada.

Conforme descrito inicialmente, os resultados obtidos por meio da aplicação da presente metodologia estão organizados em quatro capítulos: Anamnese; Análise dos danos; Conduta de intervenção; e Materiais e Processos de Fabricação.



CAPÍTULO 4

ANAMNESE: LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES



A anamnese, em uma entrevista conduzida por um especialista da saúde junto a um paciente, é o procedimento pelo qual se estabelece o diagnóstico de uma doença. No contexto do patrimônio construído, esse processo envolve a observação ao longo do tempo da estrutura edificada, visando compreender as "doenças", isto é, os danos e deteriorações ocorridos.

Por isso, essa fase assume uma relevância significativa para obter uma compreensão mais aprofundada das condições da construção, constituindo um processo de investigação que abrange desde suas características gerais até suas condições físicas.

Sendo assim, Afonso (2019) propõe para a realização de uma pesquisa arquitetônica patrimonial, as sete dimensões para a análise do objeto: normativa, histórica, espacial (externo e interno); tectônica, funcional, formal e conservação do objeto.

No âmbito da presente pesquisa, se fez pertinente para a anamnese do objeto de estudo, ou seja, o Paço dos Açorianos de Porto Alegre, tendo como recorte temático os ladrilhos hidráulicos do salão de entrada, analisar a dimensão normativa (tomando conhecimento sobre as leis de proteção do objeto), histórica (para compreender a passagem do tempo sobre a edificação), espacial (externa e internamente) tectônica (sobre os materiais utilizados), funcional (do ponto de vista sintático, semântico e pragmático sobre a finalidade da edificação), formal (em duas etapas: a primeira sobre a forma da edificação em sua amplitude e a segunda sobre a estrutura morfológica dos ladrilhos hidráulicos, incluindo escala de cores, padrões formais e aspectos culturais) e, por fim, a dimensão da conservação do objeto (fazendo um panorama sobre o estado geral da edificação).

4.1 Dimensão normativa

Iniciando com a análise da dimensão normativa, temos um levantamento inicial sobre as leis, decretos e registros que protegem o objeto.

Em 29 de novembro de 1973 (ano do bicentenário da transformação de Porto Alegre em sede da Capitania de São Pedro do Rio Grande), o Prefeito Telmo Thompson Flores aprovou e sancionou a Lei 3820 denominando como "Paço dos Açorianos" o palácio-sede do Governo do Município de Porto Alegre, homenageando os imigrantes trazidos pela Coroa Portuguesa para povoar o Sul do Brasil (PORTO ALEGRE, 1973).

Em 16 de setembro de 1977, o Prefeito Guilherme Socias Villela aprovou e sancionou a Lei nº 4317, em que foram considerados de valor histórico e cultural e de expressiva tradição para a cidade de Porto Alegre 47 bens. Dentre fachadas de azulejos de prédios, igrejas, hospitais, casarões e esculturas, o Paço dos Açorianos estava incluído no Inventário dos Bens Imóveis (PORTO ALEGRE, 1977).

Segundo informações obtidas por meio do Conselho do Patrimônio Histórico e Cultural (COMPAHC), em 21 de dezembro de 1979 o edifício foi tombado pelo município, com inscrição no Livro do Tombo nº 1, p. 2. A Resolução de Tombamento foi baseada na Lei nº 4665/79.

4.2 Dimensão histórica

Ao abordarmos a dimensão histórica como ponto de partida para explorarmos os contextos que envolvem a origem e a existência do Paço dos Açorianos em seu ambiente de inserção, procuramos estabelecer uma relação baseada em três elementos principais: o **Lugar**, o **Objeto** e o **Autor**.

Começando pelo **Lugar** e seu contexto histórico, destacamos a cidade de Porto Alegre. Segundo informações da Prefeitura (2023), o município foi fundado oficialmente em 26 de março de 1772, com a criação da Freguesia de São Francisco do Porto dos Casais, que foi posteriormente renomeada para Nossa Senhora da Madre de Deus de Porto Alegre. O povoamento iniciou em 1752, quando 60 casais portugueses açorianos chegaram à região através do Tratado de Madri. Inicialmente, os açorianos se estabeleceram no Porto de Viamão, que era a primeira denominação de Porto Alegre.

Em 24 de julho de 1773, Porto Alegre se tornou a capital da capitania, com a instalação oficial do governo de José Marcelino de Figueiredo. A partir de 1824, a cidade recebeu imigrantes de diversas partes do mundo, especialmente alemães, italianos, espanhóis, africanos, poloneses, judeus e libaneses. Essa mistura de diferentes expressões culturais, origens étnicas, religiões e línguas tornou Porto Alegre uma cidade cosmopolita e multicultural, com quase 1,5 milhão de habitantes atualmente.

Porto Alegre construiu sua história por meio de conflitos e lutas. Além de ser a capital do Rio Grande do Sul, a cidade também é conhecida como a capital dos Pampas, uma região de extensas planícies que se estende pelo Sul do Brasil, Argentina e Uruguai. Foi nessa região que surgiu o gaúcho, figura histórica conhecida por sua bravura e espírito guerreiro, resultado das batalhas e revoltas ocorridas entre os Reinos de Portugal e Espanha a partir do século XVI.

No século XIX, ocorreu a Guerra dos Farrapos, um conflito pela independência contra o Império Português. Essa guerra iniciou em Porto Alegre, nas proximidades da atual ponte da Azenha, em 20 de setembro de 1835. Mesmo sendo sufocada, a Guerra dos Farrapos deixou um legado na história do Rio Grande do Sul e do Brasil, perpetuando o mito do gaúcho por meio de hinos, desfiles anuais e homenagens em ruas e parques.

No início do século XX, Porto Alegre foi concebida como a porta de entrada do Rio Grande do Sul, seguindo os princípios do Positivismo¹¹, uma corrente filosófica

¹¹ O positivismo, uma doutrina filosófica do século XIX, teve suas raízes no empirismo de David Hume, que buscava uma compreensão científica do mundo baseada em fatos comprováveis. Os positivistas defendiam as ciências empíricas e seus métodos de observação e experimentação, rejeitando as filosofias tradicionais. Auguste Comte, um proeminente pensador positivista, acreditava na necessidade de uma reforma intelectual da sociedade e via a ciência como a base para essa transformação. Ele propôs a existência de três estágios do espírito humano: teológico, metafísico e positivo. No estágio positivo, a observação e a descrição dos fenômenos são enfatizadas, e o objetivo do conhecimento é encontrar as leis que regem esses fenômenos. Comte também defendia a ideia de que as diferentes ciências se organizam em um sistema, com a matemática sendo a mais fundamental e a sociologia sendo a mais complexa. Assim, o positivismo buscava uma abordagem científica e objetiva para compreender a sociedade e a realidade.

abraçada pelos governos estadual e municipal. A cidade era vista como um símbolo de ordem e progresso. Para concretizar essa ideia, a Intendência¹² – como se denominava então a Prefeitura, liderada por José Montaury¹³, deu início a um extenso programa de obras públicas, dentre elas, a construção do Paço dos Açorianos, **Objeto** da anamnese.

Conhecido também como Paço Municipal, Palácio Municipal e Prefeitura Velha, o Paço dos Açorianos de Porto Alegre foi a sede da Prefeitura da cidade¹⁴ por várias décadas, localizada no Centro Histórico da capital do Rio Grande do Sul (Figura 27). Sua construção iniciou em 28 de setembro de 1898 ao custo de aproximadamente 500 contos de réis, e concluída em maio de 1901 (SPALDING, 1967, p.165).

Figura 27 - Paço dos Açorianos de Porto Alegre - RS



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

No final do século XIX, quem governava o Estado do Rio Grande do Sul era Júlio de Castilhos. Também em 1895, Júlio de Castilhos foi apresentado a outro adepto da escola filosófica de Augusto Comte¹⁵, o engenheiro João Antônio Luiz Carrara Colfosco, o **Autor** do projeto. Nascido em Veneza, na Itália, Colfosco projetou o palacete no estilo neorrenascentista italiano, onde impera o eixo de simetria (característica primordial) e a composição tripartida, composta de base, corpo e

¹² No Brasil Colônia e Império os municípios eram administrados pela respectiva Câmara Municipal. Com o Advento da República surgiu o "Intendente" a quem, segundo o art. 63 da Constituição Estadual de 14 de julho de 1891, competia dirigir "todos os serviços", exercer o poder executivo, inclusive a elaboração de leis, decretos e atos. A Câmara se reunia uma vez por ano durante dois meses, consagrados à votação da despesa e receita municipais do exercício posterior e ao exame das contas do ano anterior. O primeiro Intendente de Porto Alegre, nomeado pelo Governador do Estado, foi Alfredo Augusto de Azevedo. Já o primeiro Intendente eleito foi o Engenheiro José Montaury de Aguiar Leitão.

¹³ José Montaury, nascido no Rio de Janeiro e formado em engenharia civil, foi reeleito por seis vezes, permanecendo no cargo até 1924.

¹⁴ O Paço dos Açorianos foi a 5ª sede oficial da Prefeitura. A 1ª estava situada na Praça Dom Pedro II, atual praça Marechal Deodoro, popularmente chamada de Praça da Matriz. A 2ª foi na rua Duque de Caxias, esquina da General Paranhos, local onde está a Av. Borges de Medeiros com o viaduto Otávio Rocha. A 3ª era na Praça Marechal Floriano, esquina Jerônimo Coelho. A 4ª era localizada na rua Sete de Setembro, esquina com a rua General Câmara. Atualmente, a sede fica localizada na Travessa General João Manoel nº 157.

¹⁵ Desenvolvida pelo pensador Auguste Comte, o Positivismo é uma corrente de pensamento filosófico que surgiu na França, entre os séculos XIX e XX. Comte, defendia que o conhecimento científico era a única forma de conhecimento verdadeiro.

coroamento. Sendo estas características muito particulares à época, seria o primeiro representante do pensamento positivista, foi o primeiro edifício em linguagem eclética de Porto Alegre (MARCONATTO, 2016, p. 2). Como Colfosco não permaneceu em Porto Alegre, a execução do projeto coube ao Engenheiro Municipal Oscar Muniz Bittencourt.

O projeto foi feito para transmitir as características positivistas da época que refletia na arquitetura e nos ornamentos dos edifícios construídos no início do século XX:

[...] o positivismo no Rio Grande do Sul teve uma estética que, na arquitetura, tendia para formas mais rígidas e geométricas. Uma proposta tão rígida e inflexível como aquela que os positivistas seguiam para a organização da sociedade, corresponderia uma arquitetura, e, por extensão, uma estatutária fachadista e monumental, que se pautasse pelas formas mais rígidas, sóbrias, contidas e subordinadas às regras clássicas. (DOBERSTEIN, 2011 p.19)

Assim, os idealizadores do edifício reconheceram o estilo eclético como apropriado para a utilização em edificação governamental, fato que já vinha ocorrendo desde o renascimento, com seus palácios imperiais e que utilizavam as esculturas como forma de demonstração de seus ideais e do momento econômico em que viviam, mas também explicitavam o seu poder e modo de agir perante os inimigos. O cuidado empregado nos ornamentos da fachada tornou-se símbolo desse pensamento e poder (MARCONATTO, 2016, p. 7).

Erguido no aterro da antiga doca do Carvão, a fim de sediar um poder exercido dentro dos preceitos positivistas, o prédio incorporou, por meio de sua estatutária, os símbolos desta doutrina, retratando um modelo de sociedade baseada pelos princípios da ciência, progresso econômico e paz social.

4.3 Dimensão espacial

A anamnese da dimensão espacial é dividida em duas partes. A primeira quanto ao espaço externo, onde se analisa o entorno imediato da edificação, levando em consideração fatores como implantação e uma prévia análise ambiental. Já a segunda trata do espaço interno, onde se concentra a análise da própria edificação.

No que diz respeito à **Dimensão espacial externa**, o Paço dos Açorianos está situado na cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, mais precisamente no bairro do Centro Histórico.

Conforme os dados do IBGE (2022), a área territorial do município corresponde a 495,390 km². Suas cidades vizinhas incluem Canoas (ao norte), Cachoeirinha e Alvorada (ao nordeste), Viamão (ao leste) e Eldorado do Sul (ao oeste).

Para compreender Porto Alegre, é fundamental ter conhecimento sobre sua ocupação espacial urbana, as divisões políticas de seu território, a distribuição de seus equipamentos urbanos e como seu espaço é constituído socioeconomicamente.

De acordo com Hickel *et al.* (1998), Porto Alegre pode ser dividido em dez macrozonas que representam diferentes padrões de desenvolvimento urbano, variando em termos de espaços públicos com naturezas e funções diversas, tipologias de edificações, estrutura viária, além de aspectos socioeconômicos, paisagísticos e ambientais. Cada macrozona possui um potencial de crescimento específico.

Segundo o autor, o Centro Histórico de Porto Alegre está situado na área conhecida como Cidade Radiocêntrica. Essa região é caracterizada por uma malha viária em formato radial, utilizada para a expansão da cidade a partir de seu núcleo original. Essas áreas são conhecidas por abrigarem a maior densidade demográfica da cidade.

Visando facilitar a identificação das diferentes áreas de Porto Alegre, ocasionalmente utiliza-se a divisão do município em regiões territoriais: norte, centro, extremo sul, leste e sul. Essa divisão é adotada como uma forma de referência espacial (Figura 28).

Figura 28 - Regiões territoriais de Porto Alegre



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

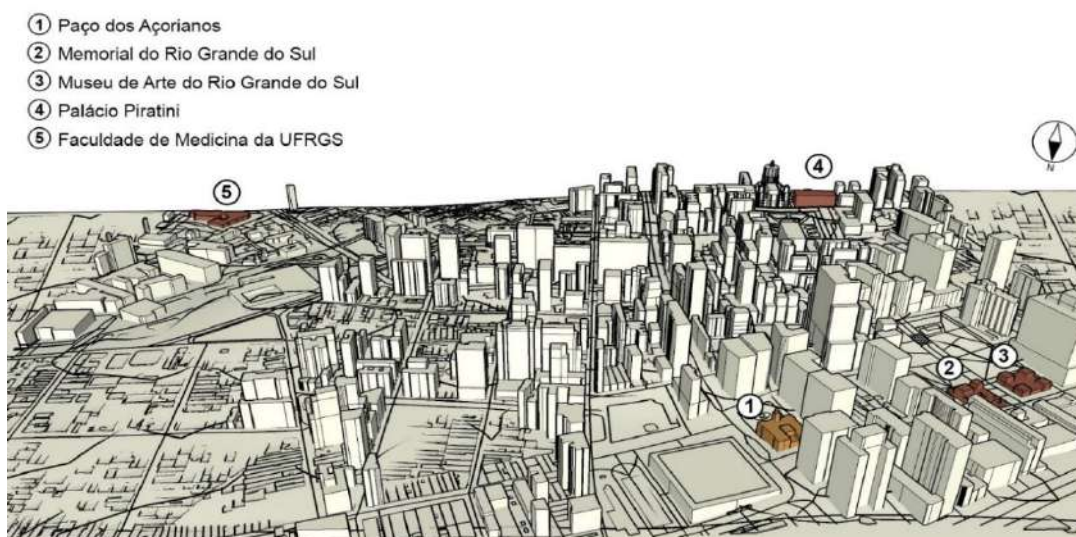
Segundo o ObservaPOA (2023), as Regiões Territoriais foram estabelecidas por meio do decreto nº 19.047/2015 visando fornecer informações sobre infraestrutura e saneamento básico provenientes de várias entidades municipais, incluindo a Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV), Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAM), Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) e Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU). Essa divisão territorial facilita a análise transversal de dados nessas áreas e auxilia na identificação de ações emergenciais que possam requerer a intervenção do Centro Integrado de Comando (CEIC). Além disso, contribui para mapear a rede de equipamentos e serviços disponíveis em Porto Alegre, fornecendo uma base para o planejamento de novas implementações e expansões necessárias ao crescimento da cidade ao longo do tempo.

A arquitetura de Porto Alegre se apresenta hoje como um mosaico de estilos, característica que se mostra mais visível no centro histórico, onde sobrevivem alguns

exemplares de edificações do "período áureo" da arquitetura porto-alegrense, entre 1900 e 1930, aproximadamente.

Desse período, caracterizado pelo predomínio do ecletismo, merecem destaque o Palácio Piratini, do arquiteto Maurice Gras¹⁶, que serve como residência oficial do Governador do Estado e o conjunto impressionante de edifícios projetados pela parceria formada pelo arquiteto Theodor Wiederspahn e o engenheiro-construtor Rudolf Ahrons¹⁷. Essa colaboração resultou em obras notáveis, como o prédio do Memorial do Rio Grande do Sul, a Faculdade de Medicina da UFRGS e o atual edifício do Museu de Arte do Rio Grande do Sul (MARGS). Além disso, o Paço dos Açorianos, um dos primeiros exemplos arquitetônicos a refletir a influência do Positivismo, se destaca pela decoração de fachada (Figura 29).

Figura 29 – Volumetria das construções contemporâneas ao Paço dos Açorianos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O Paço dos Açorianos fica situado na Praça Montevideu, (comumente chamado de Largo da Prefeitura) onde se encontra a Fonte Talavera de La Reina, produzida em Talavera - Espanha. A fonte foi um presente da colônia espanhola de Porto Alegre, em 1935, durante as comemorações do Centenário da Revolução Farroupilha. Atualmente, a Fonte está cercada por um gradil de proteção. Junto a Fonte está um marco de mármore vermelho, que é o km Zero (Marco Zero) de Porto Alegre, ponto referencial de todas as estradas ou ruas da capital gaúcha (Figura 30).

¹⁶ Após a chegada do arquiteto francês Maurice Gras ao Rio Grande do Sul, ele foi apresentado ao presidente da província Carlos Barbosa por representantes diplomáticos da França no Brasil. Em 20 de setembro de 1909, ocorreu o lançamento da segunda pedra fundamental do palácio. As obras avançaram em um ritmo acelerado, mas quando Barbosa deixou o governo em janeiro de 1913, ainda havia muito a ser concluído. Por diversos motivos, o progresso das obras diminuiu consideravelmente, sendo retomado apenas no início da década de 1920, durante a quarta administração de Borges de Medeiros.

¹⁷ Theodor Alexander Josef Wiederspahn, mais conhecido como Theo Wiederspahn, foi um arquiteto, engenheiro e construtor de origem alemã que se naturalizou brasileiro. Sua fase áurea coincidiu com um período de prosperidade econômica regional, quando ele trabalhou no principal escritório de engenharia e construção em Porto Alegre, dirigido por Rudolf Ahrons. Em parceria, eles criaram diversos prédios em estilo eclético.

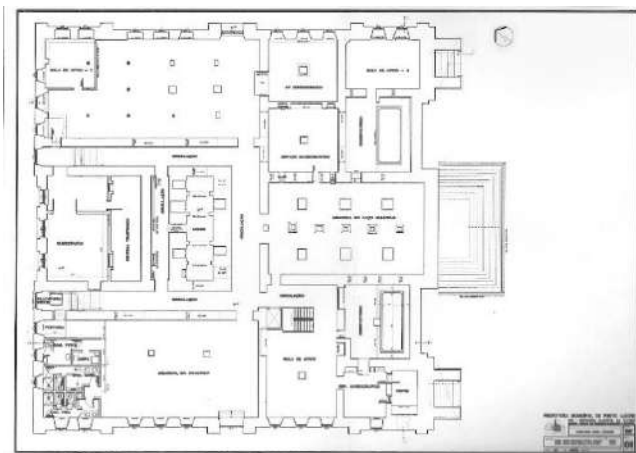
Figura 30 - Mapa de localização do Paço dos Açorianos de Porto Alegre – RS



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

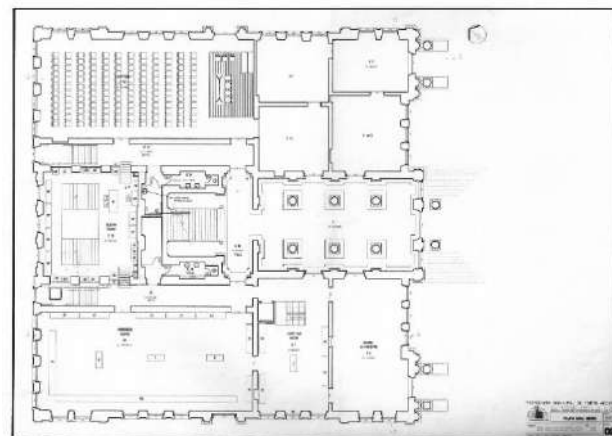
Relativo à **Dimensão espacial interna**, inicialmente destacamos algumas considerações a respeito das características gerais do projeto em si. Também pode-se mencionar, que essa análise aqui pretendida se guia a partir de informações obtidas junto à COMPAHC.

Figura 31 - Planta baixa do subsolo, referente ao pavimento do porão da edificação



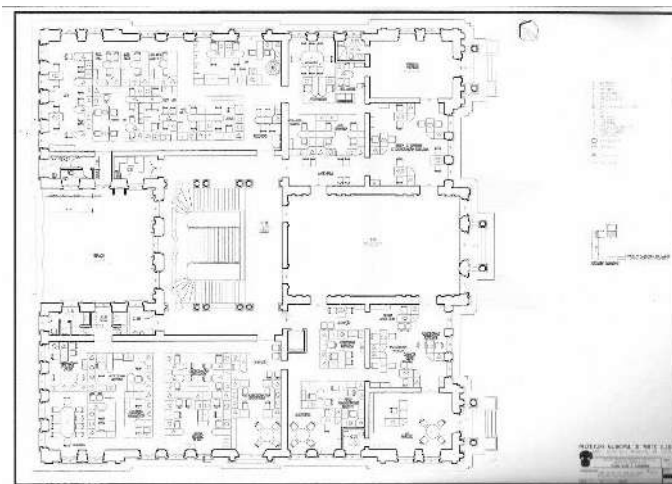
Fonte: ALEGRE, 2023.

Figura 32 - Planta baixa do térreo do Paço dos Açorianos



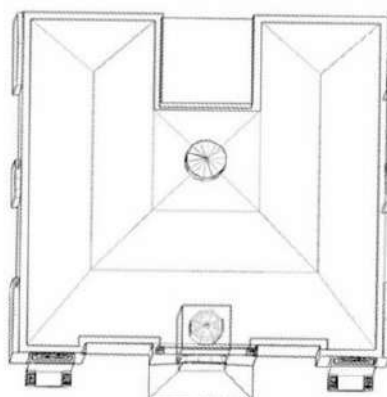
Fonte: ALEGRE, 2023.

Figura 33 - Planta baixa do segundo andar do Paço dos Açorianos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Figura 34 - Vista superior da volumetria em U do Paço



Fonte: ALEGRE, 2023.

A edificação possui três pavimentos (porão, térreo e 2º andar), com uma planta em forma de “U” com o pátio voltado para os fundos. Cada pavimento possui 1.235,02 m², totalizando 2.470 m² de área construída (Figuras 31, 32, 33 e 34).

No térreo, no salão de entrada da edificação, há duas fileiras de colunas dóricas que seguem o alinhamento das pilastras do acesso principal, seguindo até a escadaria de mármore que conduz ao 2º andar. Neste salão de entrada, encontram-se os ladrilhos hidráulicos (objeto de estudo da pesquisa) que se estendem até o início da escadaria.

4.4 Dimensão tectônica

No campo da arquitetura, o termo “tectônica”, segundo Frampton (1995), é a “arte da construção”, ou seja, sua essência e sua materialidade e como ambas, em conjunto, contribuem para a existência do objeto arquitetônico. Para entender sobre a dimensão tectônica de uma edificação, é necessário analisar os pontos sugeridos por Gaston e Rovira (2007), tais como, a estrutura de suporte, as soluções construtivas de peles/paredes, cobertura, detalhes construtivos e revestimentos/texturas.

Em resumo, a assimilação dessa materialidade permitiu a compreensão das dimensões construtivas do objeto arquitetônico, em seguida, para ser possível entender sobre o uso do ladrilho hidráulico neste tipo de construção.

Figura 35 - Vitrais do andar superior



Fonte: PROCEMPA, 2023.

No interior do edifício, os elementos considerados decorativos como os vitrais, pintura, ornamentação em ferro e ornamentação da fachada foram encomendados em abril de 1910 e finalizada em setembro do mesmo ano. Segundo informações da Prefeitura, a pintura foi executada pelo alemão Ferdinand Shlatter, os vitrais são de autoria de Josef Wollmann, nascido na República Tcheca (Figura 35).

A escada que conduz ao pavimento superior apresenta uma notável influência barroca em seus traços arquitetônicos, evidenciando elementos característicos desse estilo artístico. Sua extensão é acentuada pela iluminação natural que irradia do alto através de uma claraboia que tira proveito da luz do sol para iluminar o espaço (Figura 36).

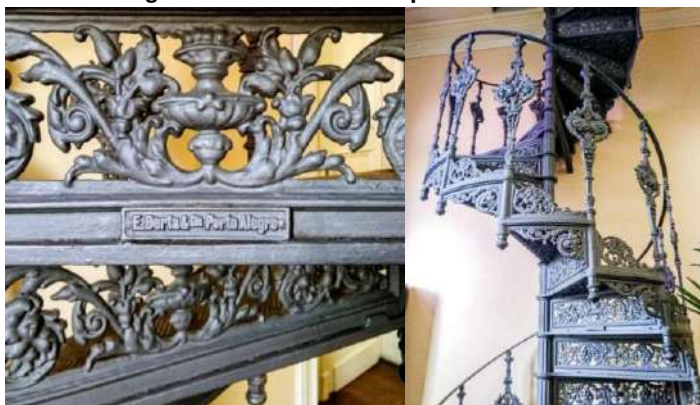
Figura 36 - Escadaria que conduz ao terraço é banhada pela luz da claraboia



Fonte: Alex Rocha/PMPA, 2003.

A escada em espiral existente no andar superior (Figura 37) e os portões em ferro do andar térreo são do Hungaro Emmerich Berta. A ornamentação da fachada em bronze que simbolizam a agricultura foram encomendadas na França e os leões de mármore e a ornamentação do teto do salão nobre foram feitas pelo italiano Carlos Fossati.

Figura 37 - Escada em espiral de E. Berta



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

No pavimento térreo há um extenso “tapete” de ladrilhos hidráulicos do tipo externo com relevos que formam as gravuras. Este extenso tapete de ladrilhos hidráulicos foi um elemento que chamou bastante atenção no período da inauguração do edifício, por isso, foi motivo de comentário por veículos de comunicação que atuavam na época (Figura 38).

[...] em todo o Estado não *ha construcção* que lhe sobreleve em *belezza architectonica, nobresa* e proporções de linhas [...].

Logo ao transpor o famoso *peristylo*, admira-se o **amplo e alteroso átrio pavimentado a mosaico**, e cujo *plafond* repousa sobre *columnas* dóricas [...].

Trecho extraído do Jornal Correio do Povo, publicado em 19/05/1901. (DOBERSTEIN, 2011, grifo nosso).

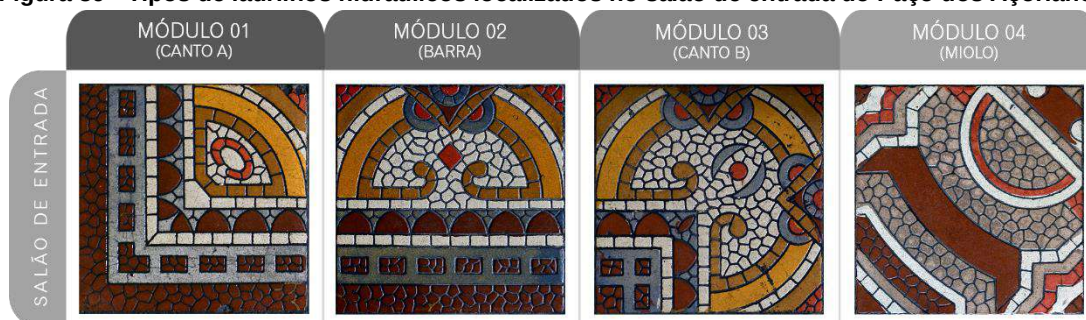
Figura 38 - Ladrilhos do hall de entrada do Paço dos Açorianos



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Os módulos¹⁸ que compõem o piso possuem uma característica de baixo-relevo no contorno das formas, comum em ladrilhos do tipo externo. Há quatro exemplares de ladrilhos no salão de entrada da edificação (Figura 39).

Figura 39 - Tipos de ladrilhos hidráulicos localizados no salão de entrada do Paço dos Açorianos



Fonte: Medeiros e Silva, 2020.

Os desenhos concebidos para criar o padrão destes ladrilhos se assemelha aos desenhos de tapetes: um painel central composto por um padrão repetido em conjunto por multimódulos (módulo 04), emoldurado por ladrilhos com um desenho repetido longitudinalmente com peças de canto conjugadas (módulo 01, 02 e 03) que circundam as colunas e o envolto do salão. Esses "tapetes" ladrilhados eram usados principalmente nos cômodos da parte principal dos edifícios, como a entrada, a sala de estar e a sala de jantar (Figura 40).

Figura 40 - Fotomontagem com os ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço Municipal



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Foram identificados dois tipos de ladrilhos que compõem toda a edificação: interno e externo. Na parte externa, em toda a calçada que circunda o Paço dos

¹⁸ Segundo os conceitos de Ruthschilling (2008, p 64-69, grifo nosso), **módulo** corresponde a medida pequena ou a unidade da padronagem, portanto, um módulo corresponde a um ladrilho hidráulico. **Supermódulos** ou **multimódulos** é um sistema, conjunto ou combinação de quatro, oito ou dezesseis módulos que geram outras possibilidades combinatórias.

Açorianos, foram encontrados quatro exemplares (Figura 41). Observando o desenho da superfície, percebe-se que os módulos 01 e 02 fazem parte da mesma família, assim como os módulos 03 e 04.

Figura 41 - Tipos de ladrilhos hidráulicos localizados na parte externa do Paço Municipal



Fonte: Medeiros e Silva, 2020.

Seguindo para o interior da edificação, foram identificados quatro exemplares de ladrilhos hidráulicos do tipo “interno”, sendo eles os módulos 01 e 02 nos corredores laterais do pavimento térreo e os módulos 03 e 04 localizados no piso superior do edifício (Figura 42). Tratam-se de ladrilhos com formas geométricas retilíneas e semelhantes, sendo o mesmo modelo escolhido para compor a borda dos pisos.

Figura 42 - Ladrilhos hidráulicos localizados no corredor lateral e no piso superior do Paço Municipal



Fonte: Medeiros e Silva, 2020.

4.5 Dimensão funcional

Em relação à dimensão funcional, se faz importante observar o uso e a finalidade para qual o prédio foi construído e suas transformações advindas ao longo do tempo.

Caracterizado por ser uma edificação de uso público, a intenção da construção foi para ser a sede da Intendência de Porto Alegre, que até então funcionava em diversos espaços alugados no Centro Histórico da cidade. Eleito pelo Partido Republicano em 1897, o intendente José Montauray comprometeu-se com a construção de uma sede definitiva para o Poder Executivo local (PMPA, 2003).

Para a análise da dimensão funcional, Afonso (2019) explica e sugere que os objetos arquitetônicos de valor patrimonial possuem três classificações abarcadas por sua função: **sintática**, **pragmática** e **semântica**.

Sobre a função **sintática**, o Paço dos Açorianos tem um papel importante como referência, sendo o primeiro edifício em Porto Alegre a expressar claramente o estilo positivista, e seu projeto arquitetônico em forma de “U” teve uma grande influência na arquitetura oficial da época.

Analisando sintaticamente os ladrilhos hidráulicos inseridos na edificação, acredita-se que o uso do material influenciou o seu emprego nas demais construções, visto que, era um material novo e, após a construção do Paço, outras construções posteriores utilizaram o ladrilho, como os prédios da Praça da Alfândega que possuem pavimentos inteiros com este revestimento.

Do ponto de vista **pragmático**, após a conclusão da construção, os pavimentos receberam funções diversas: nos porões, havia salas de xadrez, depósitos e latrinas. No térreo, havia a tesouraria, seções de contabilidade e impostos, inspetoria de veículos, guarda municipal, subintendência do 1º Distrito Policial e o serviço de assistência pública. No 2º andar, encontrava-se o Salão do Conselho, a diretoria de obras, a seção de água e esgotos, o arquivo, as salas dos secretários, do conselho e do Intendente, além das seções de estatística, higiene e polícia.

De acordo com a PROCEMPA (2023), naquela época, era frequente encontrar a seção de polícia alojada nas intendências, designação dada às prefeituras. Os detentos eram confinados em celas localizadas no subsolo, próximas aos banheiros utilizados pelos funcionários em geral, bem como aos compartimentos reservados para os funcionários de hierarquia superior, que eram maiores e possuíam uma decoração mais elaborada.

Tais usos previstos inicialmente não permanecem os mesmos. No final de 2021, foi anunciado que o prédio deixaria de ser a sede administrativa da Prefeitura. No início de 2022, a Prefeitura iniciou sua mudança para um novo endereço, o Edifício Habitasul, localizado na Travessa General João Manoel nº 157. Em 26 de março de 2022, em cerimônia fez parte das comemorações pelos 250 anos da Capital, o prédio do antigo Paço Municipal foi oficialmente entregue à Secretaria Municipal da Cultura, com planos de transformá-lo no Museu de Arte de Porto Alegre. No entanto, o gabinete do prefeito e o Salão Nobre serão reservados para uso do Executivo.

Analisando pragmaticamente os ladrilhos hidráulicos, tratando especificamente sobre os que estão inseridos no salão de entrada, são ladrilhos do tipo externo, por possuírem relevos que os tornam antiderrapante. Acredita-se que por se tratar de um edifício criado para ser um espaço público, esta área cuja finalidade é de fazer uma transição entre o exterior para o interior, já foi prevista ser um espaço de grande fluxo de transeuntes, por isso, a escolha no uso de um ladrilho do tipo externo para um ambiente interno

Por fim, em relação à **semântica**, o Paço dos Açorianos possui um significado de progresso e suntuosidade, pois, o prédio reflete a preferência pela monumentalidade que prevalecia naquele período, seguindo um estilo eclético baseado em padrões neoclássicos e influenciado pelas diretrizes positivistas, como evidenciado pela presença de estátuas alegóricas em sua fachada.

Em síntese, semanticamente, compreende-se que o fato de utilizar ladrilhos, material relativamente novo nas construções do período, reforçam o requinte do edifício, por se tratar de um revestimento de alto custo. O ladrilho hidráulico é vendido por m² e quanto maior a quantidade de cores, mais caro é a unidade de compra. Os ladrilhos que continham poucas cores e ornamentos eram destinados às casas populares, já as peças com desenhos rebuscados e cores variadas, destinavam-se às

fazendas, casarões e construções das famílias abastadas. Tal fato, reforça o pioneirismo e pompa na escolha dos materiais utilizados na construção do Paço.

Assim, compreende-se a importante correlação dos significados funcionais, elucida e reforça a finalidade para a qual a edificação foi construída e, acima de tudo, seu caráter patrimonial perante o imaginário da comunidade.

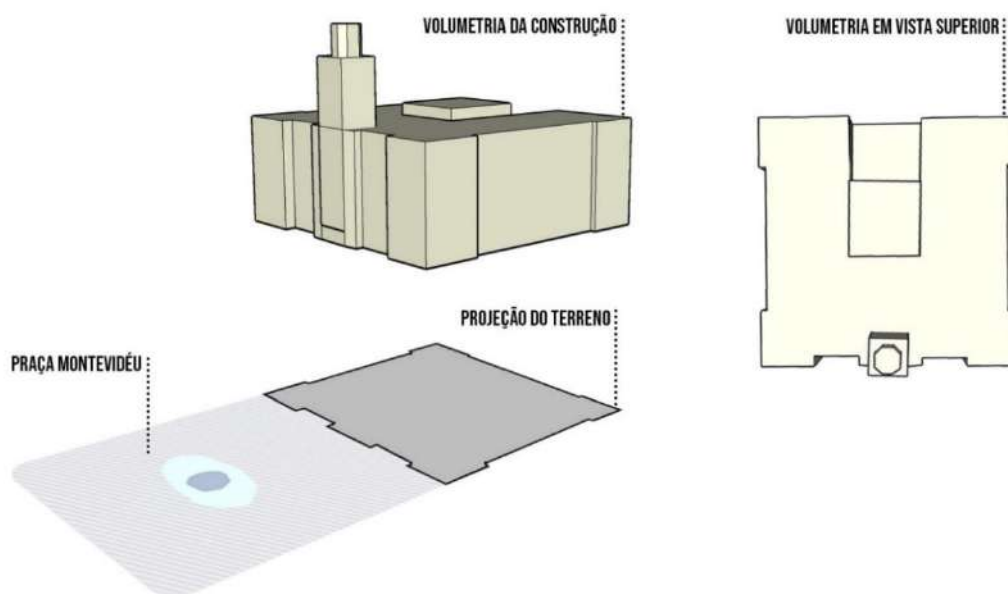
4.6 Dimensão formal

Sobre a análise da forma de um objeto arquitetônico, Afonso (2019) corrobora com Montaner (2004) e Mahfuz (2004) ao abordar a dimensão formal por um viés conceitual a partir da “forma pertinente”, sendo o diálogo entre programa, lugar, construção e estruturas formais, no sentido da relação com o entorno e as referências dos significados das formas.

Desta maneira, a análise da Dimensão formal é dividida em duas etapas: a análise da **forma da edificação** em sua amplitude, para ser possível, adiante, compreender a **forma dos desenhos dos ladrilhos hidráulicos** do salão de entrada e sua relação com a edificação.

Retomando sobre os condicionantes referentes à Dimensão Espacial, é possível entender sobre a configuração formal do bloco com a planta em forma de “U” com o pátio voltado para os fundos em direção ao Rio Guaíba e sua frente voltada para a Praça, fazendo com que houvesse uma esplanada livre diante do edifício (Figura 43).

Figura 43 - Esquemática da formação volumétrica do Paço dos Açorianos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

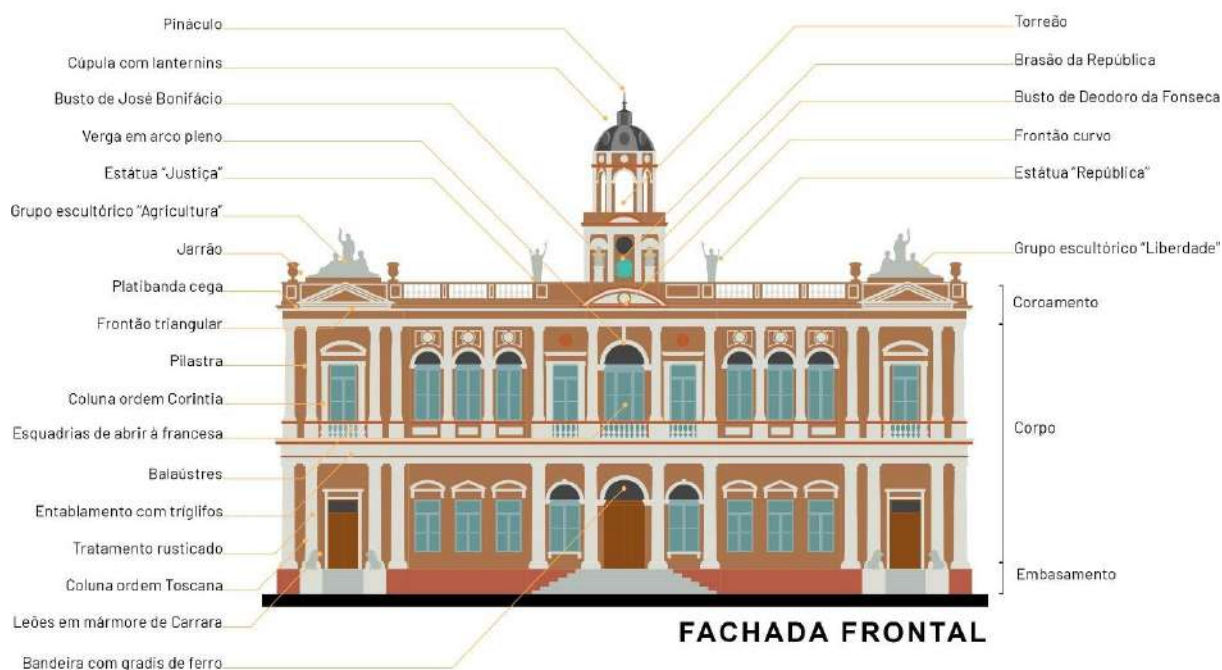
Dessa maneira, a constituição geral da forma do edifício em três pavimentos configura vários níveis, reatando à Dimensão Funcional e a uma hierarquia de departamentos, quando no subsolo era destinado à detenção penitenciária e os andares superiores às funções administrativas.

Partindo da relação do entorno para os elementos que compõe a Venustas na tríade vitruviana, referindo-se àquilo que, em períodos anteriores à era moderna, era enfocado nas relações proporcionais e na utilização das ordens clássicas na ornamentação externa das construções (MAHFUZ, 2004), temos um edifício com 4 fachadas, sendo a fachada principal a mais ornamentada:

A fachada principal tem organização simétrica, com pavilhão central (demarcando o acesso principal), alas curtas e pavilhões de terminação nas extremidades (que definiam acessos secundários à polícia municipal e a enfermaria pública). O jogo volumétrico é demonstrado pelos planos em ressaltos nos pavilhões de acesso (demarcados por pilastras e colunas) e pela torre de base quadrangular, seguida de corpo ortogonal coberto por cúpula. Apresenta arquitetura composta por várias unidades providas de matrizes clássicas reunidas em um único organismo, uma associação de elementos como a pequena torre da fachada, o corpo central tripartido, os tímpanos triangulares ou em arco das janelas, os corpos centrais e os corpos angulares destacados, bem como o uso da aparência rústica no embasamento, imitando pedra. As formas são reinventadas acoplando, não fundindo, os elementos (PEREIRA, 2007).

Iniciando a análise dos elementos da fachada frontal que fica voltada à Praça Montevideu, na estatuaria do edifício que foi inserida na platibanda da fachada principal (mureta que cerca todo o prédio), aparecem dois grupos escultóricos e duas estatuas isoladas marcadas pela influência da cultura greco-romana (Figura 44).

Figura 44 - Ilustração explicativa da Fachada Sul principal (frontal) do Paço dos Açorianos de Porto Alegre - RS



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

No grupo de estátuas situadas na extremidade esquerda, distingue-se uma representação da produção agrícola, onde há uma figura feminina e outra masculina sentada, e uma figura feminina em pé. A figura central do conjunto representa a

Agricultura e é inspirada na deusa grega Demeter (Ceres para os romanos). A figura à direita da Agricultura representa o Comércio e é visivelmente inspirada no deus Hermes (Mercúrio), da mitologia greco-romana. A outra figura, à esquerda da Agricultura, representa a Indústria. Diferente das duas primeiras, não é inspirada diretamente na mitologia greco-romana. O conjunto simboliza a estrutura econômica do Rio Grande do Sul na época em que o prédio foi concebido (DOBERSTEIN, 2011)

Ao lado desse grupo escultórico da esquerda há uma figura feminina isolada. A mão direita, erguida à altura do ombro, empunha uma espada, onde se apoia numa espécie de vaso. Na mão esquerda há balança. Os adereços indicam tratar-se de uma representação da Justiça. Comumente, a Justiça, quando representativa da justiça civil ou humana, é representada com uma venda sobre os olhos, indicando a imparcialidade que deve presidir seus julgamentos. Mas esta é uma justiça desvendada (DOBERSTEIN, 2011).

A próxima estátua, localizada ao lado oposto da figura feminina que representa a justiça, há outra estátua feminina isolada. A mão está estendida para a frente e para o alto, segurando uma esfera sobre a qual está pousada uma águia de asas abertas. O braço esquerdo está segurando um cetro. Os adereços indicam que se trata de uma representação da República (DOBERSTEIN, 2011).

No grupo estatutário situado na extremidade direita que representa a liberdade, também há uma figura feminina em pé, outra sentada e uma masculina em posição semelhante. A figura central que domina o conjunto é uma estátua da Liberdade. Com seu braço direito protege o livro das leis. A tocha alçada na mão esquerda indica a ilustração do espírito, que provém da liberdade de consciência e que opera em favor da aceitação do positivismo por parte da sociedade. À direita da Liberdade, em plano inferior, aparece uma figura feminina que, com braço esquerdo, envolve um busto. Os traços das duas figuras indicam que se trata, respectivamente, da deusa Clio e do busto de Péricles. As figuras, representam a História e a Democracia. A figura masculina situada à esquerda da Liberdade representa a Ciência (DOBERSTEIN, 2011).

Figura 45 - Fachada Norte (posterior) do Paço dos Açorianos de Porto Alegre - RS



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na fachada posterior que fica voltada para a Rua Siqueira Campos (Figura 45), assim como na fachada Leste (lateral esquerda) que é o espelhamento da fachada Oeste (lateral direita) permanecem os elementos ornamentais da fachada principal, como jarrões, balaústres, frontão curvo e triangular, pilastras, colunas da ordem Coríntia e Toscana, e a divisão entre coroamento, corpo e base (Figura 46).

Figura 46 - Fachada Leste (lateral esquerda) do Paço dos Açorianos de Porto Alegre - RS



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Partindo para a análise da forma dos ladrilhos hidráulicos do salão de entrada, o foco se restringe em sua estrutura morfológica, escala de cores e demais aspectos iconográficos, buscando uma compreensão técnico-construtiva, elucidando sobre a disposição visual presente neste tipo de revestimento e sua relação com o contexto sociocultural do período da construção da edificação. Para a realização desta análise, se fez importante recorrer às definições referentes ao campo de estudo do desenho bidimensional.

Sendo os ladrilhos hidráulicos uma tipologia de revestimento, enquanto ornamento constitutivo, expressa em seus grafismos padrões¹⁹ figurativos e abstratos²⁰. O segmento do design que se destina a estudar e projetar as propriedades visíveis do objeto é o Design de Superfície²¹. Assim, o Design de Superfície tem

¹⁹ O termo “padrão”, em inglês pattern, segundo Gombrich (2012, p. 10) originou-se do latim pater (via patron) e era originalmente usada para qualquer exemplo ou modelo, e ainda para uma matriz, molde ou estêncil. O autor descreve que os padrões são uma forma rítmica da arte, sendo assim, um jogo de diferentes composições que geram determinadas formas.

²⁰ Medeiros e Melo (2018, pág. 35, grifo nosso) classificou os padrões de ladrilhos hidráulicos em: categoria dos **figurativos** que é subdividido em **naturais** (com elementos que visualmente remetem à natureza, advindos da flora); a segunda categoria são os **abstratos** que são divididos em **geométricos** (a partir de uma precisa composição de formas geométricas) e **orgânicos** (criados livremente a partir de unidades específicas).

²¹ O termo originado por Rubim (2010, p. 21) traduzido do *Surface Design*, foi introduzido no Brasil na década de 1980 após o seu retorno dos EUA. A autora afirmou que o design de superfície pode ser representado por diversas maneiras e em produtos distintos e ratifica dizendo que, além de poder ser aplicada em várias áreas do design, também se refere a design de revestimento e, para sua concepção, é necessária a utilização de técnicas específicas. Rüttschilling (2008, p. 24) foi professora do PGDesign da UFRGS e em suas contribuições com o campo, afirma que superfícies são elementos delimitadores de forma, sendo assim, estão em toda parte, mas somente nos últimos anos têm sido reconhecidas como elementos projetivos independentes e de linguagem visual singular no contexto da evolução da cultura do design.

ligação com as questões culturais e, por sua vez, com as relações de linguagem e transmissão dos significados.

No tratamento das superfícies, as imagens desempenham um papel importante, representando e transmitindo mensagens por meio de informações simbólicas. De acordo com Freitas (2011), os padrões desenvolvidos não apenas têm a função de ornamentação, mas também estabelecem um diálogo com o contexto em que estão inseridos, por meio de motivos, simbolismos e informações que carregam consigo.

Partindo das proposições de Jones (2010, p. 23) em que as artes decorativas advêm da arquitetura e devem atendê-la adequadamente, por conseguinte, os formatos e padrões decorativos são a expressão material dos desejos, habilidades e sentimentos da época em que foram criados.

Os padrões desempenham um papel significativo na linguagem visual dos ladrilhos hidráulicos, e os motivos são comparáveis às palavras e letras dessa linguagem. Assim como uma linguagem, esses padrões têm suas raízes em diversas culturas do passado e têm sido reinterpretados ao longo dos séculos. Os símbolos e motivos que originalmente possuíam importância para uma cultura específica são, então, utilizados em novos contextos e podem perder seu significado original, porém, podem adquirir novos significados ao longo do tempo (EDWARDS, 2012).

A partir das classes de ladrilhos existentes, além da base geométrica comum na construção de alguns ladrilhos, outras categorias analíticas devem ser levadas em consideração, como ordenamento, desenvolvimento, expansão e proporção, assim, como os princípios de radiação, gradação, similaridade, contraste, repetição e concentração como elementos fundamentais na composição das formas (WONG, 2010, p. 13).

Retomando sobre a apreciação pela corrente filosófica positivista com grande força na época da construção do Paço dos Açorianos, no Rio Grande do Sul, tratando sobre a arquitetura local, Weimer (1983, p. 178) afirmou que houve uma estética que tendia para formas mais rígidas e geométricas. Essa abordagem inflexível seguida pelos positivistas na organização da sociedade, refletiu na arquitetura subordinada às regras clássicas do Paço, como consequência, percebe-se a escolha por ladrilhos com formas geométricas.

A corrente positivista atribuiu ao desenho uma dimensão linguística de destaque, reconhecendo-o como um veículo capaz de inculcar nas pessoas uma apreciação pela linguagem científica. Os adeptos do Positivismo enxergaram no desenho um caminho propício para a racionalização das emoções, conferindo-lhe assim um papel relevante na esfera da expressão e compreensão humanas (EVANGELISTA *et al.*, 2014).

Antes de iniciar a análise formal, é importante explicitar que nas pesquisas realizadas, não foram obtidos dados precisos sobre a origem dos ladrilhos do hall de entrada do Paço dos Açorianos, ou se os mesmos, a princípio, foram desenhados designadamente para a edificação. Sendo projetados ou não para o paço, o que se observa é o diálogo com as formas e cores dos demais elementos construtivos.

Fazendo uma leitura visual abrangente dos ladrilhos hidráulicos que pavimentam o hall de entrada do edifício, vê-se que possuem formas abstratas com elementos

geometrizados, como o círculo, o triângulo e o quadrado. Seguindo a classificação de Medeiros e Melo (2018, p. 35), estes ladrilhos podem ser categorizados como abstratos geométricos (Figura 47).

Em termos ornamentais, um adorno geométrico é um padrão simples constituído da repetição de formas geométricas. Macedo (2013, p. 37) explica que a construção dos padrões geométricos encontrados nos ladrilhos hidráulicos inicia-se com o traçado de figuras poligonais regulares.

Figura 47 - Ilustração dos ladrilhos do salão de entrada do Paço



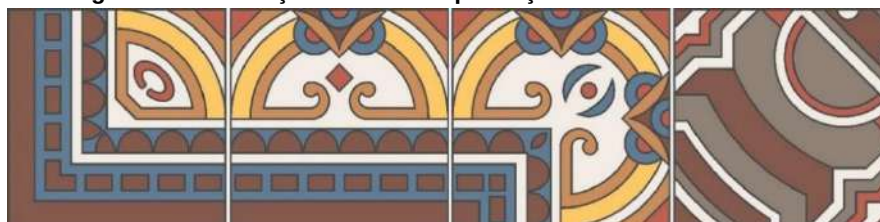
Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A simetria, ora vertical, ora horizontal ou diagonal nas fachadas e elementos internos do Paço, também reverberam nos desenhos dos ladrilhos, que dentre as figuras abstratas geométricas interligadas, formam gravuras que só podem ser percebidas em agrupamento.

Mas, para uma análise detalhada, se faz necessário decompor²² cada módulo, ou seja, dividindo-os em partes (denominando-os de ornamentos), fragmentando-os para a visualização das partes isoladas que compõem as formas, podendo decompor as unidades segregadas em mais unidades até obter-se um nível satisfatório, auxiliando na articulação dos textos descritivos.

A simplificação do desenho se fez uma ferramenta útil para compreensão das partes. Fontoura (1982, p. 17) utiliza o “corte” como ferramenta de estudo para a obtenção das partes na decomposição da forma. Sendo assim, eliminando os preenchimentos irregulares, é possível visualizar as formas geométricas, para posteriormente, cortar as gravuras, decompondo-as em partes para separação dos ornamentos (Figura 48). Os contornos em evidência nas gravuras dos módulos servem para representar os relevos dos módulos.

Figura 48 – Ilustrações com a simplificação da forma dos ladrilhos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

²² Fontoura (1982, p. 9) define por decomposição a separação dos elementos ou partes componentes da forma. É a divisão em partes para exame e estudo delas mesmas do todo, de preferência simultaneamente. O autor afirma necessário ter espírito observador e “visão de conjunto”. A sensibilidade é essencial como ferramenta de descoberta.

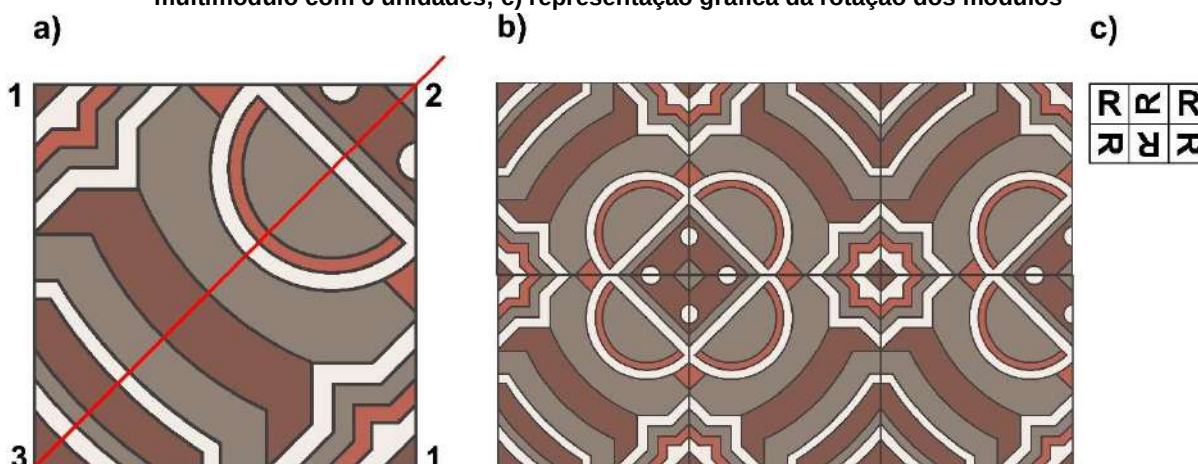
Estes preenchimentos irregulares, nos remetem, quase que automaticamente, aos mosaicos artísticos, cuja incrustação aglomerada de pequenas peças sobre uma superfície formam grandes painéis. Seus grafismos totalmente assimétricos e dispostos irregularmente geram um contraste incoerente e fragmentado das pequenas partes que compõem o módulo, gerando uma confusão visual e um desequilíbrio, ao mesmo tempo, em que provoca a sensação de movimento. Porém, devido a proximidade das partes, quando em composição de multimódulos, nota-se uma continuidade devido à baixa complexidade formal.

Do ponto de vista pragmático, tais formas, mesmo que irregulares e assimétricas, em conjunto com os relevos, tem a função de conferir maior abrasão dos pedestres sobre a superfície.

Esses desenhos possuem uma linguagem específica e a apreciação deles é moldada pelos elementos e simbolismos escolhidos pelo designer que os concebeu, bem como pelas técnicas utilizadas na fabricação, que conferem características únicas ao produto, como as cores, os entalhes e a maneira em que são dispostos para criar a unidade e continuidade das formas.

Observando o módulo padrão central que compõe o miolo do tapete de ladrilhos, percebe-se que seu desenho foi construído em um eixo vertical, com a disposição das gravuras em tríade. Dessa forma, o desenho completo só pode ser apreciado em sua totalidade através da composição em multimódulo, reunindo um conjunto de 6 unidades. Essa abordagem de estruturação permite a apreciação plena e harmônica do tapete, revelando a complexidade do desenho quando as unidades são unidas de forma interconectada (Figura 49).

Figura 49 – Análise do módulo. a) eixo diagonal e disposição em tríade das gravuras; b) composição em multimódulo com 6 unidades; c) representação gráfica da rotação dos módulos

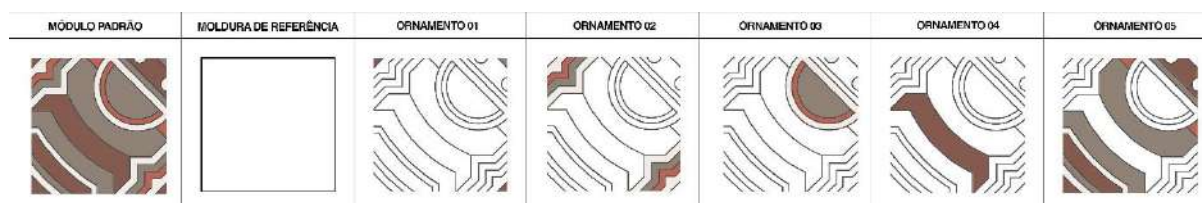


Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Observando as gravuras decompostas do módulo, há elementos triangulares - denominado **Ornamento 01** - que se repete nas três extremidades (Figura 50). Na doutrina positivista, a arte é considerada como uma manifestação ideal destinada a nutrir nosso desejo pela perfeição. O triângulo, amplamente reconhecido pelos matemáticos como uma figura geométrica de notável perfeição, serve como exemplo

(DOBERSTEIN, 2011). Os triângulos isósceles encontrados neste ladrilho também são conhecidos como triângulos retângulos devido à medida de seus ângulos.

Figura 50 - Decomposição da forma do módulo central que compõe o miolo.

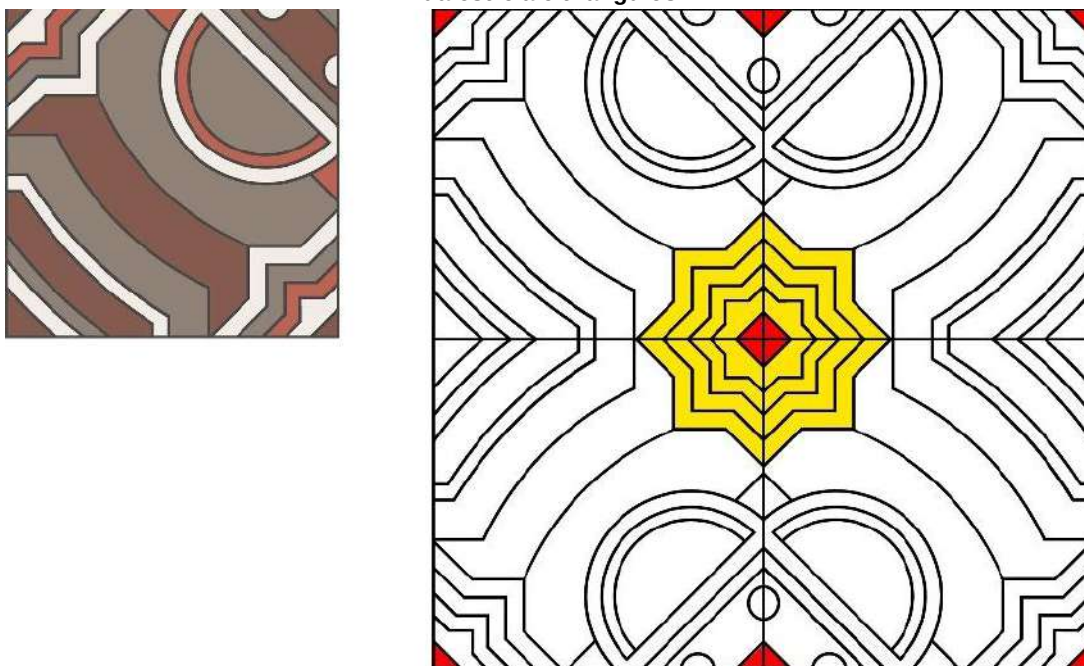


Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Da união dos sinais surgem novas alusões simbólicas, pois, em conjunto por multimódulos, há a união de três quadrados com quatro lados congruentes e ângulos retos. O quadrado significa os quatro cantos do mundo e também as quatro estações (CHEVALIER; GHEERBRANT 2020, pág. 828).

O **Ornamento 02**, em multimódulos, formam uma gradação de quatro estrelas de oito pontas com um quadrado no eixo central, ou seja, um octógono. Trata-se de uma forma clássica de estrela – as pontas dos raios tocam um círculo externo invisível, quando maior o número de pontas de uma estrela, mais forte é a impressão brilho (Figura 51).

Figura 51 - Módulo que compõe o miolo do salão de entrada e multimódulo com a composição da estrela e triângulos



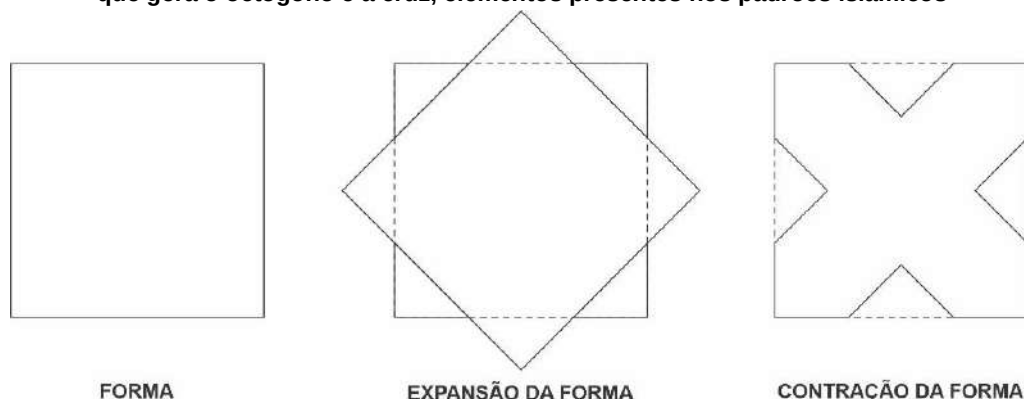
Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A estrela na bandeira do Brasil representa a divisão do país em Estados e um Distrito Federal. Em conjunto com as demais formas geométricas, os ideais positivistas estão intrínsecos em sua base idealista.

Nos padrões simbólicos da arte islâmica, a estrela de oito pontas é um elemento que compõe os painéis geométricos dos pisos, paredes e tetos na decoração das

mesquitas e construções religiosas. Segundo Leite (2007), o octógono (estrela) é a expansão da forma, enquanto a sua contração forma uma cruz que simboliza a expansão divina (Figura 52).

Figura 52 - Forma geométrica quadrada e a alternância entre o estado de expansão e contração da forma que gera o octógono e a cruz, elementos presentes nos padrões islâmicos



Fonte: elaborado pelo autor (2023) com base em Leite (2007).

O 8 é o número do equilíbrio²³. O octógono na arquitetura é a forma que dá sustentação para que uma cúpula esférica seja fixada sobre uma construção cubica em uma base quadrada.

Figura 53 - Padrões de ladrilhos encáusticos medievais, padrões de mosaicos bizantinos e padrões romanos em Mármore de Elgin



Fonte: elaborado pelo autor (2022) com base em Jones (2010).

Dada a importância do octógono para a cultura islâmica, é perceptível que tais padrões têm origem em culturas anteriores, como gregas, romanas e bizantinas, se assemelhando aos padrões dos ladrilhos encáusticos medievais (Figura 53). As formas, ora retilíneas, ora com arcos arredondados, se assemelham aos motivos egípcios²⁴, outorgando o sentido ao neoclassicismo presente na edificação.

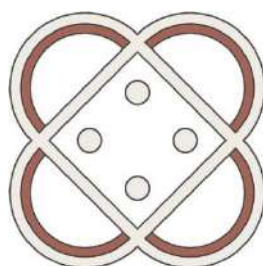
²³ O equilíbrio inerente ao número oito pode ser constatado no mundo físico, o que demonstra a qualidade presentificadora do símbolo. Oito é, por exemplo, o número de elétrons que dá estabilidade à órbita externa de um átomo. Assim, os chamados gases nobres, como néon e argônio, são considerados os elementos mais estáveis da tabela periódica por apresentarem essa característica (LEITE, 2007, pág. 63).

²⁴ Os motivos egípcios eram uma característica familiar no desenho do século XIX. A tendência foi iniciada pela invasão do Egito por Napoleão em 1798. Como resultado, o ornamento egípcio tornou-se um elemento fundamental no estilo imperial do século XIX, que estava inicialmente ligado ao estilo

Segundo as categorias conceituais propostas por Gomes Filho (2004, p. 49), essas estrelas foram estruturadas a partir de uma simetria axial diagonal, o que significa que possuem uma organização harmoniosa e equilibrada em relação a uma linha diagonal, resultando em um arranjo simétrico em sua forma. Essa característica destaca-as como elementos de notável evidência na composição visual.

Os elementos circulares do **Ornamento 03** tem uma relação de similaridade com os elementos esféricos da fachada. A esfera, presente na estatuária do Paço, simboliza o mundo como uma metáfora, representando a totalidade e a abrangência dos ideais republicanos²⁵. Aqui, novamente, as figuras se repetem quatro vezes em conjunto por multimódulos. A rotação sistemática das unidades dispostas em repetição de direção lhe confere o princípio de radiação. Quando em composição de multimódulo, os meio-círculos formam círculos menores (Figura 54).

Figura 54 – Ornamento 03 dos ladrilhos do miolo do salão de entrada do Paço, semelhante às iluminuras medievais



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Tais formas semelhantes podem ser encontradas em coleções de bordas de manuscritos com iluminuras do século IX ao século XIV (Figura 55). Ao compreender as palavras de Cardoso (2013, p. 81) quando afirma que “as formas novas sempre têm suas raízes fincadas em outras antigas”, percebe-se que na medida enquanto a sociedade e os poderes públicos se baseavam nos ideais positivistas, o ladrilho hidráulico também se adapta com os padrões referentes aos estilos artísticos, nesse caso, com a geometrização e a padronização neoclassicista.

Figura 55 - Padrões de iluminuras medievais



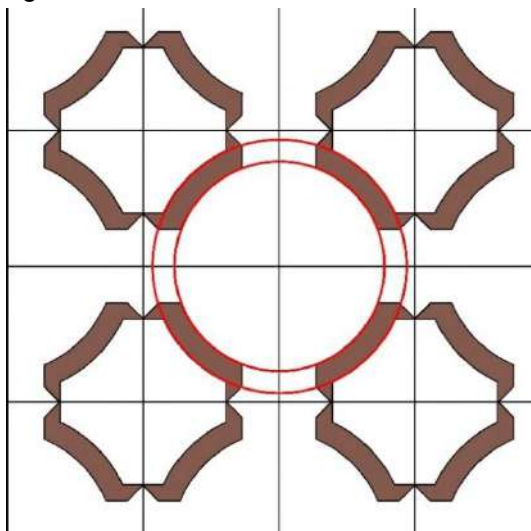
Fonte: elaborado pelo autor (2022) com base em Jones (2010).

napoleônico, mas também afetou outros países da Europa. Teve impacto no mobiliário e na decoração de interiores franceses, além de estimular um revival egípcio na arquitetura (JONES, 2010, p. 70).

²⁵ A esfera aparece na estátua da figura feminina que segura, com a mão direita, uma esfera com uma águia de asas abertas, indicando se tratar de uma representação da República (DOBERSTEIN, 2011, p. 30 e 31).

A apreciação do padrão gráfico do **Ornamento 04** torna-se evidente somente quando as peças são reunidas em montagem de multimódulos. À medida que esses módulos são girados, o grafismo se converte em um círculo perfeito composto por seções distintas e interconectadas (Figura 56).

Figura 56 – Formas circulares do ornamento 04



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

As gravuras do **Ornamento 05** são formas modulares consideradas elementos de conexão, desempenhando o papel de elo na composição de um multimódulo. Trata-se de um elemento de ligação organizado para gerar o complemento de outras formas. Analisando a construção dos grafismos, a simetria axial é vista nos eixos diagonal, deixando evidente o equilíbrio visual e harmonia que esses ornamentos conferem (Figura 57).

Figura 57 – Composição em multimódulos evidenciando o ornamento 05



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

É interessante notar que o mesmo padrão de ladrilhos encontrado no Paço dos Açorianos em Porto Alegre também foi identificado em Campina Grande, na Paraíba (Figura 58). A presença desse padrão de ladrilhos em diferentes locais pode indicar que ele era comumente utilizado em projetos arquitetônicos de época, ou talvez houvesse uma relação histórica entre essas duas localidades que levou à utilização do mesmo tipo de ladrilho. A descoberta de um padrão de ladrilhos em diferentes lugares pode ter significado histórico e cultural, revelando informações sobre a influência de estilos arquitetônicos específicos, a difusão de técnicas de produção de ladrilhos ou até mesmo a migração de artesãos que trabalhavam com esse tipo de revestimento.

Figura 58 - Padrão de ladrilhos semelhantes aos do miolo do Paço dos Açorianos, encontrados em Campina Grande – PB



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Partindo para os módulos que compõem os cantos e barra do tapete de ladrilhos hidráulicos do Paço dos Açorianos, nota-se que possuem uma mesma linguagem visual, com elementos pictóricos que se repetem, tornando este um grupo em comum, portanto, desassociá-los acarretaria impossibilidade da fluidez da análise.

Por meio de pesquisas para identificar padrões semelhantes aos dos ladrilhos do Paço dos Açorianos, encontrou-se o conjunto de ladrilhos (Figura 59) junto ao Museu de História da Arte de Barcelona (MUHBA), o qual faz parte do acervo de mais de 600 exemplares coletados durante a década de 1990 (RODRIGUES, 2021).

Figura 59 - Conjunto de cinco ladrilhos hidráulicos do acervo do MUHBA



Fonte: Rodrigues, 2021.

A semelhança formal das gravuras dos ladrilhos do MUHBA com os ornamentos dos ladrilhos do Paço, analisados em seguida, com módulos que compõem a barra e os cantos do tapete ladrilhado, são comuns em ladrilhos do final do século XIX e do início do século XX, quando havia a predominância pela escolha de desenhos bastante complexos, muitos dos quais lembram desenhos têxteis de inspiração oriental, como representado no catálogo da fábrica de ladrilhos Escofet de Barcelona (NICOLAU, 2009).

O padrão idêntico de ladrilhos que adorna tanto os cantos quanto a barra no salão de entrada do Paço dos Açorianos, foi identificado também na entrada lateral do Clube Caixeiral de Pelotas - uma construção erigida nos primórdios do século XX (Figura 60). A única discrepância entre eles reside no emprego de paletas cromáticas distintas.

Figura 60 - Fotografia da entrada do Clube Caixeiral de Pelotas



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Analisando os grafismos dos três módulos que compõe a barra e os cantos do Paço dos Açorianos, os **Ornamentos 01**, são formas geométricas básicas, um triângulo retângulo isósceles com preenchimento de grafismos assimétricos. São elementos de ligação, que em composição de multimódulo, formam quadrados com quatro lados congruentes e ângulos retos (Figura 61).

Figura 61 - Decomposição da forma do módulo que compõe a barra do tapete

MÓDULO PADRÃO	MOLDURA DE REFERÊNCIA	ORNAMENTO 01	ORNAMENTO 02	ORNAMENTO 03	ORNAMENTO 04	ORNAMENTO 05

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Os **Ornamentos 02** possuem formas em comum: semicírculos e arcos. O arco, elemento muito utilizado em ladrilhos encáusticos medievais do século XIII e XIV (JONES, 2010, p 336), quando adornado vêm carregado de significados.

As interpretações feitas sobre o significado deste ornamento é, hipoteticamente, que se trata de um arco florido, coroa de flores ou guirlanda floral. Na Grécia e Roma antiga serviam para homenagear deuses e heróis ou para criar uma atmosfera romântica, especialmente em festividades e celebrações. Em outras civilizações, quando uma criança nascia, pendurava-se uma guirlanda na porta, costume que perdura até hoje nas civilizações ocidentais no período natalino, simbolizando o nascimento de Jesus Cristo. No caso deste ornamento, podemos estabelecer as bases de uma espiritualidade humana, eximindo qualquer divindade.

A simetria axial é traçada, ora por um eixo diagonal, ora por um eixo vertical, onde o equilíbrio e harmonia trazem a sensação de movimento através da curva dos arcos.

Procurando uma compreensão semântica dos **Ornamentos 03**, por se tratar de elementos dispares em cada módulo, as interpretações feitas sobre o significado das gravuras devem ser feitas isoladamente. Sendo o ponto fulcral dos desenhos, hipoteticamente, a representação de cada elemento diz respeito à propriedade abstrata da realidade. Sobre a sintaxe do design de superfície, Ruthschilling (2008, p 61-62) orienta sobre a interpretação das funções e sentidos dos elementos visuais formais, podendo ser manifesto de maneira clara ou, por vezes, inexistente.

Figura 62 - Ornamento 03 com as gravuras dos ladrilhos de canto e barra



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na gravura (A), é visto uma forma ovalada inserida em $\frac{1}{4}$ de um círculo. Na gravura (B), as duas formas repetidas semelhantes à lua crescente dispostas na diagonal com um círculo central, se apresentam como o ponto focal da composição das formas do módulo. Na gravura (C), o quadrado apoiado sobre uma ponta indica intenção, por isso, bastante usada para a sinalização (Figura 62).

Ao redor dos três símbolos, temos um envolto que, por vezes, protege ou expõe, em um movimento de elevação, atribuindo a característica de preciosidade aos elementos, o que, hipoteticamente, podem ser insígnias que remetem às joias ou materiais nobres, como um anel ou aliança (A), uma pérola envolta em uma concha (B) e uma barra de ouro (C), representando assim, a riqueza e suntuosidade da governança e da edificação. A curvatura do elemento que envolve, pode representar um berço, sendo as extremidades a expressão da dualidade: nascimento - espiral esquerda; morte – espiral direita, e entre ambos, a vida. Aproxima-se dos três presentes dados a Jesus Cristo no seu nascimento: ouro, mirra e incenso.

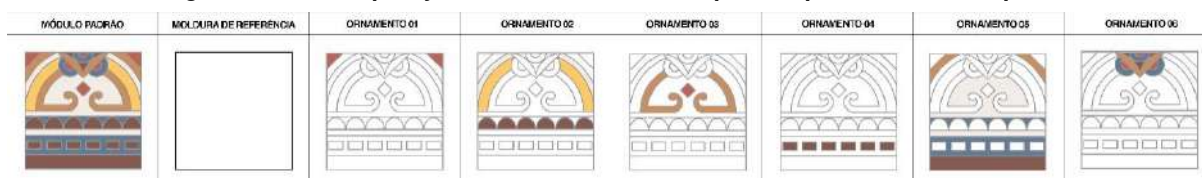
Hipoteticamente, a gravura (B) pode ser a retratação de um olho aberto, símbolo da onipresença de uma justiça positivista desvendada, “para premiar o bem e punir o

mal” (DOBERSTEIN, 2011, p. 29, *grifo nosso*). Partindo para outras interpretações literais, supõe-se a semelhança entre o sol e a lua dicotômica. A Lua (esquerda – decrescente; direita – crescente), símbolo da fertilidade, da gravidez, do aparecimento e desaparecimento eterno, devido ao seu constante crescimento e diminuição, assim como o sol, grande doador de vida (FRUTIGER, 2007, p. 27 e 218).

O quadrado, na gravura (C), enquanto símbolo, é a forma que se apresenta como oposição à cruz, talvez por isso, a maioria das pessoas que observa tal forma se identifica, por ser um símbolo da expressão primitiva do objeto, da propriedade e da habitação (FRUTIGER, 2007, p. 15 e 24). O quadrado é uma das figuras geométricas universalmente empregado na linguagem dos símbolos, representando a terra em oposição ao céu (CHEVALIER; GHEERBRANT 2020, p. 827).

A forma dos **Ornamentos 04** são retângulos similares repetidos com formatos, tamanhos, cor e posição idênticas, constituindo unidades da mesma forma, aparecendo por diversas vezes nos módulos, com a intenção de unificar. A repetição destas formas transmite a sensação imediata de harmonia, por estarem seguindo o mesmo ritmo, com única variação de direção estabelecida em horizontal e vertical (Figura 63).

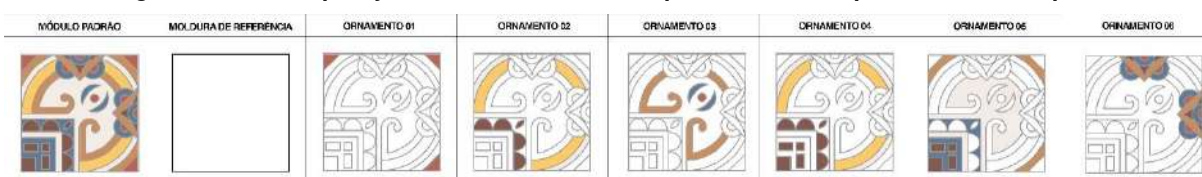
Figura 63 - Decomposição da forma do módulo que compõe o canto do tapete



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Os **Ornamentos 05** possuem faixas características de ladrilhos que compõem barras e cantos de tapetes ladrilhados. São elementos de ligação que, em conjunto, seguem o princípio da continuidade (Figura 64).

Figura 64 - Decomposição da forma do módulo que também compõe o canto do tapete

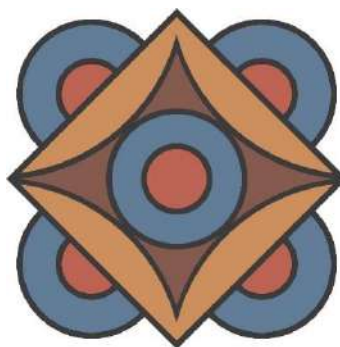


Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Por fim, os **Ornamentos 06** se assemelham visualmente aos *tozetto*²⁶. Trata-se de formas geométricas básicas relacionadas e concentradas: um círculo irradiado a outro círculo, sobreposto a um quadrado ao encontro de quatro círculos crescentes (Figura 65).

²⁶ Palavra italiana "tozzetto, toseto ou tozeto" significa pequenas peças, geralmente de cerâmica, pedra ou ladrilho hidráulico, são opções decorativas para o revestimento de pisos e paredes que se encaixam no meio da junção de peças maiores dispostos em padrões geométricos, criando novas padronagens. A técnica de pavimentação com tozettos tem origem na antiguidade, sendo utilizada na Grécia e Roma para criar mosaicos decorativos.

Figura 65 – Ornamento 06 em composição por multimódulo



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A rotação sistemática das unidades dispostas em repetição de direção lhe confere o princípio de radiação. Os raios com estrutura fechada do círculo central são distribuídos revoltos em torno do mesmo centro com o mesmo ângulo de rotação, gerando uma energia óptica de movimento e direção radial. Observando de uma maneira simplificada, hipoteticamente, pode se tratar de um elemento floral geometrizado.

Conclui-se que os desenhos dos ladrilhos analisados formam um conjunto que harmonizam com as características formais do prédio, devido ao equilíbrio das formas e contenção de linhas (Figura 66). Acreditamos que o objetivo de tais formas é de desenvolver autonomicamente, porém condicionada e de maneira didática, as interpretações por meio do repertório do observador e suas interpretações, representando e indicando a mensagem por meio de informações sígnicas das gravuras estampadas em sua superfície.

Figura 66 - Ilustração dos ladrilhos em composição por multimódulos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

4.7 Dimensão da conservação

Na fase da Dimensão da conservação, por fim, é realizada uma avaliação da condição física atual do objeto arquitetônico. Neste caso específico, devido ao aprofundamento dessa análise no próximo capítulo, neste momento, abordaremos de

forma sucinta sobre a obra de restauração ocorrida há exatos 20 anos, bem como ofereceremos uma visão geral do estado de conservação do Paço dos Açorianos, posteriormente, restringindo para o foco da pesquisa: o ladrilho hidráulico.

Mas antes de abordar sobre a mais significativa obra de restauração iniciada em 2000, é importante ressaltar que ao longo do tempo, desde os anos 1920 até os anos 1990, foram sendo feitas modificações, tanto no exterior como no interior da edificação.

No passado, o pavimento térreo do prédio foi adaptado para abrigar o arquivo municipal. Em 1925, o intendente Otávio Rocha empreendeu a construção de um amplo canteiro gramado em formato elíptico, embelezado pela famosa fonte artística conhecida como "A Samaritana". Essa fonte foi posteriormente transferida para a Praça da Alfândega dez anos depois, quando a Fonte Talavera, um presente do povo espanhol, foi instalada no local. Durante os anos de 1926 e 1927, as salas no térreo do prédio foram adaptadas para a instalação da Contadoria-Geral do Município, Receita Municipal, Tesouraria e Procuradoria. A antiga Praça Municipal, rebatizada como Praça Montevideu, recebeu um novo calçamento (PROCEMPA, 2023).

Sob o governo de Alberto Bins, ficou evidente que o prédio não era adequado para abrigar tantos departamentos e secretarias. Em 1933, o teto do Salão Nobre passou por uma reforma e modificação, sendo reconstruído em gesso, enquanto as paredes receberam reforço de alabastro. O antigo assoalho foi substituído por um piso em parquê, com madeiras de diferentes tonalidades, e as paredes foram completamente pintadas e envernizadas.

Entre as mudanças realizadas em 1934, a mais significativa foi o fechamento do pátio (Figura 67) e a remodelação completa do Salão Nobre. Em 1964, as telhas de barro tipo capa-canal foram substituídas por telhas de cimento amianto. Durante as décadas de 1980 e 1990, o antigo Paço Municipal passou por importantes obras de manutenção. Em 1984, foram realizados trabalhos na fachada do prédio, com a recuperação dos rebocos, pintura das alvenarias, esquadrias e elementos decorativos, semelhantes aos que estão sendo executados atualmente.

Figura 67 - Fotografias retratando as modificações feitas na fachada dos fundos do Paço



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Partindo para o processo de restauração iniciado em 2000, sabe-se que seu planejamento começou em 1994, após a aprovação da proposta na área temática de Organização da Cidade e Desenvolvimento Urbano do Orçamento Participativo. A restauração foi concluída em 2003, adaptando diversos espaços internos para exposições de arte e para abrigar o Acervo Artístico da Prefeitura de Porto Alegre. A autoria do projeto de restauro é da arquiteta Dóris Maria de Oliveira, realizado com recursos do próprio município.

Segundo Costa (2006, p. 106-108), a proposta de intervenção foi realizada para restabelecer a originalidade da edificação a partir das pinturas originais das paredes, retirando as camadas de tinta das colunas de mármore do salão de entrada, resultando na recuperação das cores originais do edifício, em tons de ocre e branco. A cor da fachada foi decidida a partir de consulta a documentos históricos e achados arqueológicos (ALEGRE, 2023).

O projeto de recuperação foi orientado por duas premissas principais: a restauração do edifício para restabelecer sua unidade original e a garantia de acessibilidade para pessoas com deficiência e para toda a comunidade ao espaço histórico-cultural, bem como às informações sobre a sede do Executivo e a Capital. Ainda, foi restaurado o piso de parquet do segundo andar e melhorando o resfriamento dos ambientes através da instalação de um ar condicionado central.

Houve intervenção na claraboia e remoção das telhas de cimento amianto (por serem tóxicas) por telhas cerâmicas, restauração dos vitrais de Joseph Wollmann, restauração da pintura mural encontrada sob a pintura no gabinete do prefeito, execução das instalações de ar condicionado e estrutura do forro, remoção de esquadrias, lambris, e assoalho da área do gabinete do prefeito, colocação de piso de ladrilho hidráulico sobre barroteamento e painel Wall, além da restauração da escada metálica de Emmerich Berta e das esquadrias. Houve também uma intervenção no porão com rebaixamento do nível do piso, remoção do reboco, abertura de arcos, execução de fundação em pilares, assim como medidas para saneamento do porão, como execução de vala de drenagem para coleta de água e ventilação das fundações, assim como a execução do reservatório para captação das águas de drenagem do subsolo. No entorno, houve a execução do dreno e substituição do revestimento da calçada de ladrilho hidráulico com desenho semelhante ao original, além da colocação de placas de mármore nas lacunas das escadarias e recuperação dos elementos da fachada com a limpeza dos Leões e reposição dos dentes quebrados (ALEGRE, 2023).

Segundo a PMPA (2003, pág. 9) o projeto previu a manutenção dos pisos originais que estivessem em boas condições. Nas áreas de circulação interna onde não foi possível manter o pavimento antigo de ladrilho hidráulico, optou-se pela sua substituição por peças idênticas produzidas pela Fábrica de Mosaicos de Pelotas, o que permitiu recriar o desenho antigo.

Sendo assim, foi percebível que estes estão em bom estado de conservação, exceto por um módulo que estava com danos, acredita-se que devido ao mau assentamento. Isso se deve ao fato de que estes foram colocados na obra de restauro

do edifício, sinalizando que está sendo feita a manutenção correta de limpeza e conservação (Figura 68).

Figura 68 - ladrilhos internos localizados nos corredores laterais do salão de entrada; (II) ladrilhos internos localizados no piso superior da edificação.



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Já os ladrilhos hidráulicos da área externa de passeio do Paço dos Açorianos, é visível o elevado nível de desgaste e deterioração (Figura 69). Em algumas partes da calçada, há a perda total das placas ou parcial e isso acaba comprometendo toda a estrutura do piso e contrapiso, causando infiltrações e lacunas.

Figura 69 - Fotografia da calçada do Paço



Fonte: Medeiros e Silva, 2020.

De maneira geral, o Paço dos Açorianos demonstra um bom estado de preservação, com exceção de certos módulos de ladrilhos no piso do salão de entrada, os quais foram analisados com mais profundidade no Capítulo 5. Esses ladrilhos hidráulicos representam um desafio especialmente complexo de restauração. Eles se destacam por seu baixo-relevo e características únicas, que os diferenciam dos ladrilhos internos, conhecidos por suas superfícies lisas. Devido à intrincada complexidade das formas desses ladrilhos, tentativas de criar matrizes para sua conservação durante o processo de restauração ocorrido nos anos 2000, utilizando abordagens tradicionais, como a fundição de bronze ou aço a partir de moldes negativos de gesso, ou madeira, foram consideradas inviáveis (Figura 70).

Figura 70 – Protótipos de matrizes de gesso fabricadas em 2000



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O desgaste ao longo do tempo foi especialmente evidente nos ladrilhos hidráulicos do pavimento térreo, apresentando superfícies irregulares e danos perceptíveis, com algumas áreas perdendo até mesmo a camada superficial. Apesar das tentativas de conservação, a ausência dos relevos tornou seu processo de restauração mais complexo do que o esperado (Figura 71).

Figura 71 - Estado atual de conservação dos ladrilhos do Paço



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Após a restauração finalizada em 2003, houve também uma obra de restauro nas coberturas e fachadas em 2010, e em 2020 uma obra pontual de conserto dos pontos de infiltração. Atualmente está havendo uma obra de restauro das fachadas, iniciada em dezembro de 2022 (Figura 72). A base da coloração retornou ao tom original do Paço: o marrom escuro. Além disso, serão restaurados o amarelo ocre e o branco gelo nos adornos e colunas, e o verde acetinado nas janelas de madeira (MARTINS, 2022).

Figura 72 – Fachadas do Paço sendo restauradas



Fonte: Lauro Alves / Agencia RBS, 2023.



CAPÍTULO 5

ANÁLISE DOS DANOS



Com base na análise dos danos em questão, este capítulo apresenta uma síntese das patologias visíveis observados nos ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço dos Açorianos. Antes de prosseguir, é importante ressaltar alguns conceitos fundamentais relacionados às falhas na construção. Entre os autores mencionados no capítulo 3 - Metodologia, destaca-se Tinoco (2009), que nos fornece informações sobre o mapeamento e elaboração das FIDs.

Essa etapa apresenta o estudo das patologias e o mapeamento de danos elaborado por meio da digitalização feita com o Z+F *Imager* 5010C para gerar o Mapa de Danos. Consequentemente, foram elaboradas Fichas de Identificação de Danos (FID's) para fins de documentação das patologias dos ladrilhos que pavimentam o salão de entrada do Paço dos Açorianos.

Por fim, no âmbito conceitual, o conhecimento das patologias nas construções nos permite uma melhor avaliação do estado de conservação do bem integrado à edificação, especialmente no caso de bens imóveis tombados. Isso, por sua vez, serve como base para o planejamento de condutas de intervenções futuras.

5.1 Estudo das patologias

Com um escopo de atuação abrangente que envolve os campos da engenharia civil e arquitetura, o estudo das patologias construtivas tem por objetivo compreender suas manifestações.

No contexto do patrimônio edificado, a patologia, de acordo com Tinoco (2009, p. 4), refere-se às pesquisas que visam entender as modificações estruturais e funcionais decorrentes de ações internas ou externas, afetando os materiais, técnicas, sistemas e componentes construtivos.

As pesquisas sobre os problemas patológicos na construção estão intimamente relacionadas ao desempenho dos materiais e suas propriedades. Essas investigações visam compreender as causas e o possível período de ocorrência desses problemas, os quais provocam uma degradação das propriedades dos materiais empregados, seja durante as fases de projeto, execução ou utilização.

Dentro desse campo, podemos ilustrar que, enquanto a patologia se refere aos estudos sobre as manifestações, causas, origens e mecanismos de ocorrência, a manifestação patológica diz respeito às ocorrências observadas.

De acordo com Afonso (2019), é possível observar conceitos básicos e terminologias adotadas da área da medicina, que auxiliam na compreensão do estado de conservação e da saúde dos edifícios. Alguns desses termos são: terapia, profilaxia, sintoma, falha, origem, diagnóstico, prognóstico, correção, recuperação, reforço e reconstrução.

Podemos descrever a **terapia** como a disciplina que estuda os meios para resolver ou curar patologias, enquanto a **profilaxia** é responsável pela prevenção desses danos. O **sintoma** refere-se à maneira pela qual uma patologia se manifesta e é estudado por meio de métodos de análise. A **falha** é caracterizada como uma ocorrência imprevista ou acidental que causa danos. A **origem** é a etapa do processo construtivo em que ocorreu o problema. O **diagnóstico** envolve a compreensão geral

do problema, a partir do qual se passa a um **prognóstico** para prever a evolução dessa situação específica. Na busca pela eliminação desses danos, temos a **correção**, que busca uma solução baseada em intervenções metodológicas. A **recuperação** refere-se ao processo de correção das problemáticas estudadas, sendo realizada por meio do **reforço**, que visa aumentar a capacidade de resistência dos elementos afetados, ou pela **reconstrução**, quando o reforço se torna inviável técnica ou economicamente.

Ao identificar o problema, primeiramente, buscou-se uma maneira de registrar, analisar e mapear os danos acometidos ao piso, de uma maneira que houvesse o mínimo de intervenção possível para que não acarretasse mais danos aos ladrilhos hidráulicos. Portanto, para análise dos danos dos elementos de uma construção histórica, compreende-se que o uso da digitalização tridimensional é uma ferramenta de auxílio para o escaneamento das superfícies. Desta maneira, para fins de registro das patologias dos ladrilhos do Paço dos Açorianos de modo que não cause nenhum dano ao material, o escaneamento em 3D se apresenta como uma solução viável.

Sendo assim, antes da digitalização, fez-se importante debruçar-se sobre a NBR 15575 e a NBR 5674 para entender sobre os requisitos gerais de desempenho em edificações habitacionais e sobre os requisitos para o sistema de gestão de manutenção, compreendendo sobre a vida útil de um piso e como deve ocorrer a manutenção do mesmo.

5.1.1 Considerações sobre a NBR 15575/2013 Parte 1 e Parte 3

A NBR 15575/13, intitulada "Edificações habitacionais - Desempenho / Parte 1: Requisitos gerais", é parte de um conjunto de normas proposto para avaliar o desempenho dos componentes e dimensões construtivas de uma edificação. Seu principal objetivo é promover melhores condições de habitabilidade nas construções.

Embora não seja aplicável a edificações já concluídas, os parâmetros estabelecidos pela norma desempenham um papel importante na sistematização da avaliação de danos e componentes construtivos.

Uma parte fundamental da norma é a abordagem sobre vida útil de projeto (Tabela 1), a qual pode ser um guia relevante para edificações mais antigas. Um exemplo notável é um projeto datado de 1901 e amplamente utilizado desde então, que justifica uma análise mais aprofundada dos ladrilhos hidráulicos. Essa análise não apenas aborda as questões relacionadas ao entendimento das patologias no contexto atual, mas também serve como base para um futuro plano de gestão e manutenção, conforme as diretrizes expostas na NBR 5674/2012 para a gestão desses imóveis.

Vida Útil de Projeto (VUP) refere-se ao período estimado de tempo pelo qual um sistema é projetado com o intuito de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta Norma. Esse cálculo considera a conformidade com as normas aplicáveis, o nível de conhecimento no momento do projeto, bem como a suposição de cumprimento periódico e execução correta dos processos de manutenção especificados no manual de uso, operação e manutenção correspondente (ABNT NBR 15575, 2013, p. 10).

Tabela 1 - Vida útil de projeto (VUP)*

Sistema	VUP mínima em anos
Pisos internos	≥ 13
*Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037	

Fonte: elaborado pelo autor, com base na ABNT NBR 15575/2013.

A Parte 3 da ABNT NBR 15575 aborda o desempenho do sistema de pisos, tanto em áreas de uso privativo quanto de uso comum, incluindo elementos e componentes.

A segurança no uso de um sistema de piso tem se tornado um requisito cada vez mais importante, atraindo a atenção da comunidade técnica envolvida na construção de ambientes habitáveis. As consequências de uma queda, especialmente para idosos, podem ser extremamente graves, resultando até mesmo em morte ou incapacidade permanente. Esses acidentes são previsíveis e, portanto, evitáveis, exigindo apenas a devida atenção aos requisitos na especificação do sistema de piso na construção.

Mesmo a construção sendo anterior a vigência da norma, compreende-se que o piso de ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço dos Açorianos atende as especificações de pisos para áreas públicas e de grande fluxo de pessoas, por se tratar de um revestimento com relevos, indicado para áreas externas, o que reforça a segurança em relação a possíveis acidentes por escorregamento.

5.1.2 Considerações sobre a NBR 5674/2012

A NBR 5674/12, intitulada "Manutenção de edificações - Requisitos para o sistema de manutenção", surgiu da necessidade de estabelecer padrões para a gestão dos sistemas de manutenção. Seus principais objetivos são preservar as características da edificação e prevenir a perda de desempenho das dimensões construtivas causadas pela degradação de suas propriedades.

Inicialmente, a norma apresenta em seu corpo principal os requisitos gerais para a manutenção e organização, considerando os seguintes pontos como principais considerações iniciais:

- Tipologia da edificação;
- Uso efetivo da edificação;
- Tamanho e complexidade da edificação e seus sistemas;
- Localização e implicações do entorno da edificação.

Após a implementação do sistema de manutenção, a administração da edificação deve também considerar a coordenação dos serviços em diversas frentes, abrangendo as três classificações de manutenção:

- Manutenção rotineira: Refere-se a serviços padronizados e cíclicos, realizados de forma constante, como limpeza geral e lavagem de áreas comuns.

b) Manutenção corretiva: Envolve serviços que requerem ação ou intervenção imediata, visando permitir a continuidade do uso dos sistemas, elementos ou componentes da edificação, além de evitar riscos graves ou prejuízos pessoais e/ou patrimoniais aos usuários ou proprietários.

c) Manutenção preventiva: Consiste em serviços programados com antecedência, priorizando as solicitações dos usuários, estimativas da durabilidade esperada dos sistemas, elementos ou componentes em uso na edificação, considerando a gravidade e urgência, além de relatórios de verificações periódicas do estado de degradação.

É necessário registrar todas as observações e procedimentos realizados em um relatório de inspeção, que deve incluir o cronograma das atividades executadas e uma descrição das manifestações de degradação observadas. É importante ressaltar que a expectativa de durabilidade dos componentes deve considerar os parâmetros estabelecidos na NBR 15575/13, além da disponibilidade orçamentária anual para o planejamento dos serviços correspondentes.

Para abranger todos esses registros previstos, é essencial estabelecer uma estrutura documental que facilite a organização dos registros de manutenção, manuais de produtos, relatórios, memoriais, contratos e documentos de atribuição de responsabilidades profissionais emitidos pelos conselhos de classe.

Diante das orientações e requisitos da norma, destaca-se a importância da elaboração do manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos do Paço dos Açorianos, como um guia de importante direcionamento para uma correta gerência deste bem integrado.

5.2 Digitalização tridimensional dos ladrilhos hidráulicos do Paço dos Açorianos

O processo de registro dos ladrilhos hidráulicos do Paço dos Açorianos foi feito inicialmente por meio de fotografias (para uma captação imagética mais pontual), já o processo de digitalização tridimensional foi executado por meio de dois equipamentos: o scanner de luz estruturada de curto alcance Artec EVA (Figura 73) e o scanner a laser terrestre de longo alcance Z+F Imager 5010C (Figura 74).

Figura 73 - Fotografia do escaneamento no Paço dos Açorianos



(I) sensores do scanner 3D Artec EVA – projetor de luz, (II) câmera para a captura de texturas e (III) sensor de captura tridimensional. Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Figura 74 - Fotografia do escaneamento dos ladrilhos no Paço dos Açorianos

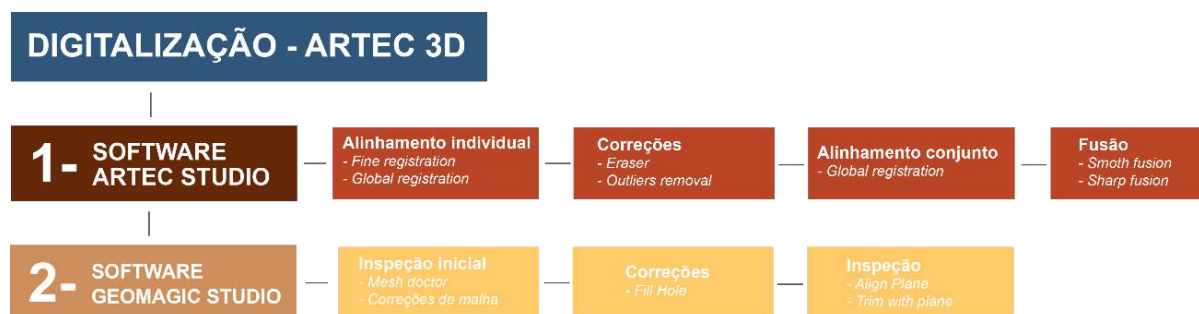


(I) câmera com sistema giratório para captura esférica e (II) tela de processamento.

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Nas digitalizações pontuais dos ladrilhos, utilizou-se o *scanner* 3D Artec EVA. O equipamento é acoplado a um notebook que vai gerando os dados e salvando no disco rígido. Os arquivos gerados foram tratados inicialmente no software do próprio fabricante, o Artec Studio, seguindo as etapas de alinhamento das digitalizações e fusão de uma única malha. O pós-processamento seguiu as etapas descritas (Figura 75). Logo após, com o arquivo exportado, utilizou-se o software Geomagic Studio para ajustes da malha, alinhamento dos planos e cortar cada ladrilho pelos planos XY e XZ (Figura 76).

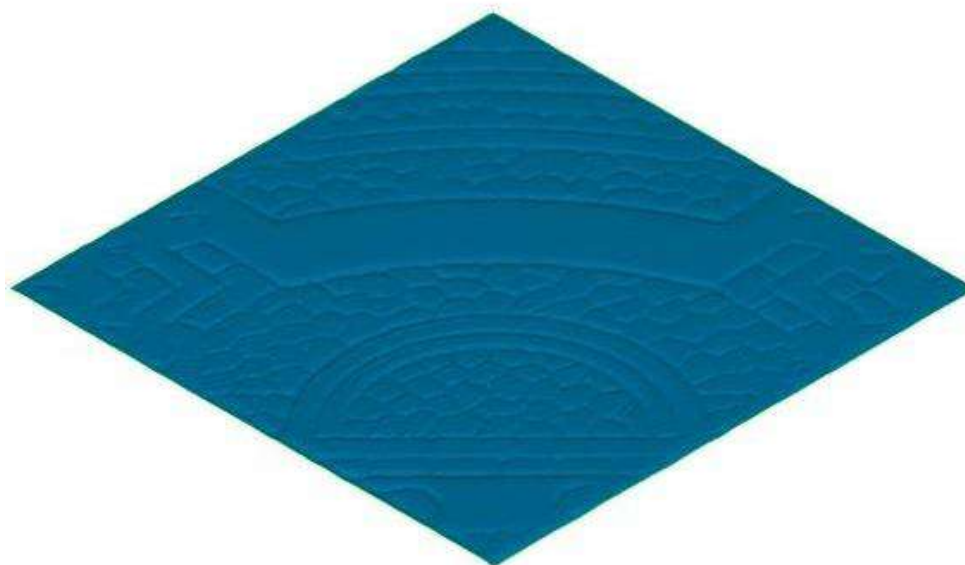
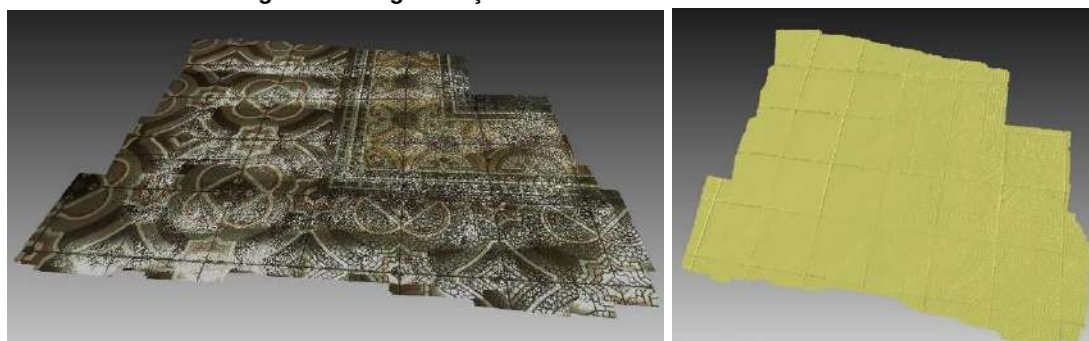
Figura 75 - Etapas de pós-processamento dos dados obtidos com a digitalização tridimensional



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Através do uso do Geomagic Studio, tornou-se possível a parametrização de diversas medidas, sendo crucial para o processo a definição do eixo Z com uma profundidade de 1 mm.

Figura 76 - Digitalização realizada com o Artec EVA



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

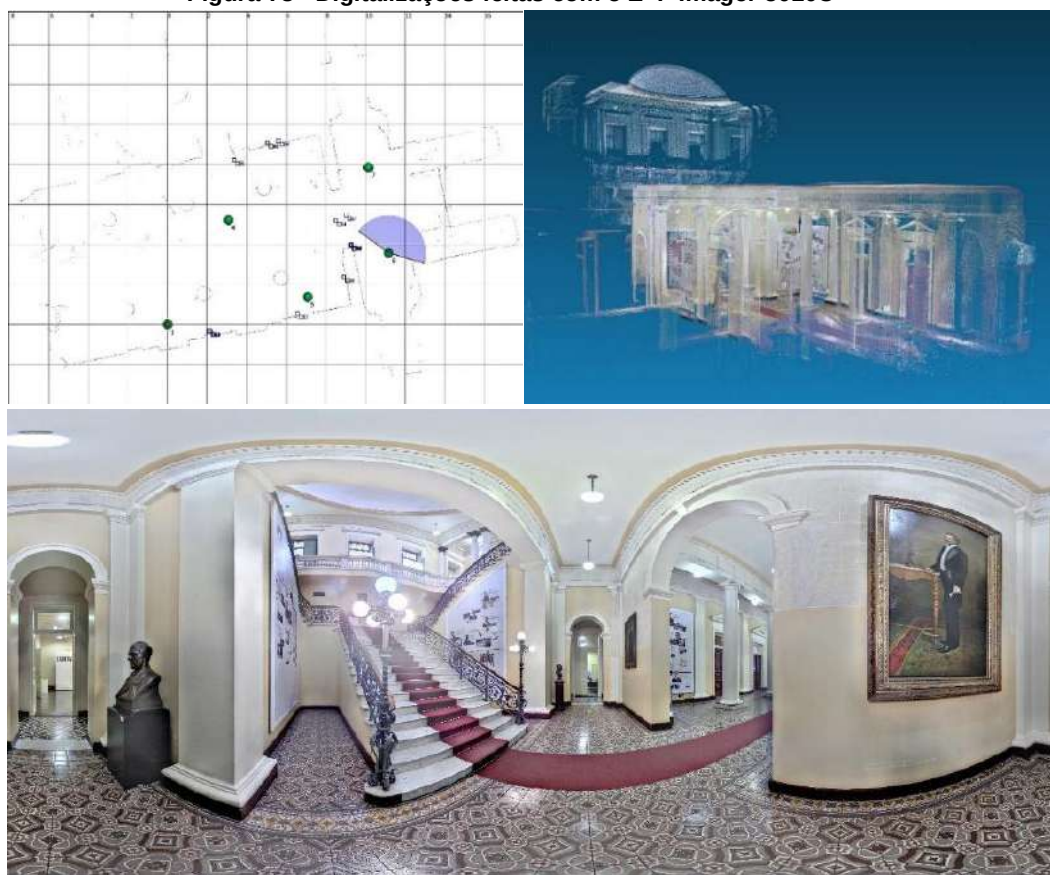
O cômodo é dividido em três naves com uma sequência de três colunas dóricas que conduzem à escadaria. Todo o salão foi digitalizado em cinco partes e, com a nuvem de pontos obtida, foi feita manualmente a identificação de *targets* para unir as partes. Em seguida, utilizou-se o comando *Register* para alinhar os *targets*, e para finalizar, com as fotografias geradas pelo scanner, atribuiu-se cor aos pontos através do comando *Color* (Figura 77).

Figura 77 - Etapas de pós-processamento dos dados obtidos com a digitalização tridimensional



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Figura 78 - Digitalizações feitas com o Z+F Imager 5010C



(I) localização dos pontos onde o scanner foi posicionado; (II) nuvem de pontos com as digitalizações; (III) digitalização finalizada. Fonte: Medeiros e Silva, 2019.

As digitalizações foram realizadas e coletadas no dia 09 de maio de 2019 no período da tarde, porém, os arquivos brutos foram tratados posteriormente, pois necessitam de um computador com alta capacidade de processamento e memória. No processamento das digitalizações geradas pelo Z+F Imager 5010C foi utilizado apenas o software do próprio fabricante, o Z+F Laser Control (Figura 78).

Com isso, em seguida, também se buscou compreender a viabilidade desta tecnologia 3D de escaneamento e a usinagem para auxiliar no processo de fabricação dos ladrilhos hidráulicos.

5.3 Ficha de Identificação de danos (FID)

Para fins de registro e documentação dos ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do edifício, foram elaboradas Fichas de Identificação dos Danos (FID's) com diretrizes de preenchimento, possuindo uma descrição detalhada dos dados para auxiliar na preservação deste bem imóvel patrimonial de Porto Alegre. Medeiros e Melo (2018) ressaltam a importância da elaboração de fichas de documentação dos ladrilhos hidráulicos de edificações históricas. Estas fichas se tornam ferramentas técnicas de análise e auxílio aos profissionais ligados à área do restauro.

Antes de prosseguirmos com o mapeamento dos danos identificados no piso de ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço dos Açorianos, é essencial

A primeira parte da ficha contém os dados com o nome do autor do projeto, linguagem da edificação, ano de inauguração, endereço, estado de conservação e a planta-baixa do pavimento, com espaço para colocação de observações pertinentes.

PAÇO DOS AÇORIANOS

Ladrilhos hidráulicos do salão de entrada

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS

Projeto: João Antônio Luiz Carrara Colfosco Linguagem: Neoclássico/ecletico Ano de inauguração: 190

Endereço: Praça Montevideo, 10 - Centro histórico. Porto Alegre - RS Estado de conservação da edificação: regul

MAPA DE DANOS	DANOS: DIVERSOS	LOCALIZAÇÃO: INTERNA	DIMENSÃO: PISO
----------------------	------------------------	-----------------------------	-----------------------

1 PLANTA DE PAGINAÇÃO DE PISO

ESCALA 1:75

SEITAS DE INICIO DE PAGINAÇÃO

ENTRADA

LADRILHOS BARRA E CANTO

LADRILHOS 180x10

SOLERA DE MARMORE

- **Componente:** Refere-se ao ladrilho hidráulico, bem afetado pela patologia em estudo.
- **Dano:** Representa a própria patologia identificada.
- **Sintoma:** Característica específica que indica a presença da patologia.
- **Extensão:** Classificação quantitativa que descreve a ocorrência da patologia como **pontual** (existência em um ou poucos pontos), **parcial** (presente em vários pontos, mas não em toda a extensão) ou **total** (afeta significativamente toda a área).
- **Manifestação:** Localização ou material específico onde a patologia é observada.

- Causa: Possível motivo ou fator que desencadeou a ocorrência da patologia com as características observadas.
- Fenômeno: Classificação que identifica o principal agente causador da patologia, que pode ser **físico** (por exemplo, dilatação dos materiais), **químico** (reações químicas como oxidação e descoloração), **biológico** (causado por organismos vivos, como insetos e animais), **antrópico** (resultante de ações humanas, como vandalismo), **atmosférico** (provocado por fenômenos naturais como chuva ou exposição ao sol) e os agentes **inerentes à construção**, como ações de erros ocorridas em diferentes fases da construção, desde a concepção do projeto até a especificação de materiais e o uso de peças com defeitos de fabricação ou inerentes ao material. É importante ressaltar que uma mesma patologia pode ser influenciada por mais de um fenômeno.
- Conduta: Medidas a serem adotadas para mitigar e tratar a patologia estudada.

A terceira parte contém uma tabela resumo com a separação do estudo de danos a partir da dimensão construtiva, o mapa de danos gerados a partir das observações in loco e da digitalização tridimensional, e um gráfico percentual de incidência da manifestação patológica. Assim, foram feitas no total treze fichas, de modo normalizado e com uma página cada, para rápida compreensão dos dados. Todas as fichas estão inseridas no Apêndice A.

5.4 Mapeamento de danos

Tinoco (2009, p. 3) explica que para conhecer e compreender uma edificação, é necessária a experiência do lugar, a interação com o espaço e estudos in loco, deixando o pesquisador de ser um mero observador e construindo um entendimento aprofundado da mesma. Desta maneira, fizeram-se necessárias visitas técnicas para observações e coleta de dados, para realizar as digitalizações em 3D do piso e também para fazer fotografias para análise e elaboração do Mapa de Danos.

Entende-se por mapa de danos como a representação gráfico-fotográfica, sinóptica, onde são ilustradas e discriminadas, rigorosa e minuciosamente, todas as manifestações de deteriorações da edificação para sintetizar o resultado das investigações sobre as patologias da construção, ou seja, as alterações estruturais e funcionais nos materiais, nas técnicas, nos sistemas e nos componentes construtivos.

Há uma distinção entre as definições que distinguem "mapa de danos" e "mapeamento de danos". O primeiro corresponde a um documento ou conjunto de documentos gráficos e fotográficos que ilustram a realidade de uma edificação numa determinada data ou tempo. O segundo refere-se aos processos de investigações, levantamentos e produção dos dados para a elaboração do mapa (TINOCO, 2009, p. 4).

Desta forma, foi realizado, primeiramente, um mapeamento dos danos do pavimento de ladrilhos hidráulicos localizados no pavimento térreo do salão de

entrada do edifício. Em seguida, foi realizada a análise dos dados obtidos por meio das digitalizações tridimensionais e transformados em um mapa de danos.

Na presente etapa de análise dos danos, são descritos os procedimentos inerentes ao desenvolvimento do Mapa de Danos do salão de entrada do Paço dos Açorianos, especificamente, relacionado ao piso de ladrilhos hidráulicos. Assim, o processo de análise de um dano pode ser interpretado com um elenco de hipóteses efetivas que visam esclarecer o sintoma, extensão, causa e fenômeno que estejam promovendo a perda no desempenho deste componente construtivo, apontando qual possível conduta pode ser aplicada.

Os danos empregados no diagnóstico fizeram uso da base de dados de Costa e Baisch (2015, p. 153-154) intitulada “Cronidas”, que visa a padronização de mapas de danos utilizados no diagnóstico de projetos de conservação e restauro de edificações de interesse histórico-cultural, com interesse em catalogar os danos mais incidentes nos diversos materiais de construção e nos componentes construtivos (Tabela 2).

Tabela 2 - Lista de danos

1. Abrasão	2. Alveolização	3. Alteração cromática
4. Amarelamento	5. Batidas (estocadas)	6. Bolhas (vesículas)
7. Brocas (xilófago)	8. Calcinação	9. Carbonatação do concreto
10. Carbonização	11. Cianofíceas	12. Cisalhamento
13. Clivagem	14. Colonização biológica	15. Condensação
16. Concreção	17. Corrosão	18. Craquelê
19. Crosta negra	20. Crosta salina	21. Cupins térmitas
22. Criptoflorescência	23. Defeito de fabricação	24. Defeito de solda
25. Defeitos congênitos	26. Delaminação	27. Deformação
28. Deformações	29. Degradação diferencial	30. Desagregação
31. Descamação em placas	32. Desbotamento	33. Descascamento
34. Desgaste	35. Destacamento	36. Destelhamento
37. Diferenças de brilho	38. Eflorescência	39. Entupimento de calha
40. Erosão	41. Escavação	42. Escorrimento
43. Extra sobre Pátina	44. Fadiga	45. Fissura
46. Fratura	47. Fungos	48. Furos
49. Gelividade	50. Infiltração	51. Incrustações
52. Intervenções anteriores	53. Interferências	54. Lacuna
55. Lascamento do concreto	56. Líquenes	57. Manchas superficiais
58. Musgos	59. Ninhos	60. Oxidação
61. Oxidação do verniz	62. Peças trocadas	63. Perfuração
64. Perda de aderência	65. Perda de elementos	66. Perda de pigmento
67. Pichação	68. Pitting	69. Presença de plantas
70. Pulverulência	71. Rachadura	72. Rasgos
73. Resíduos	74. Riscos	75. Saponificação
76. Segregações no concreto	77. Sujidade	78. Trinca
79. Vandalismo	80. Vazamento goteiras	81. Xilófagos marinhos
82. Xilófagos marinhos perfuradores	*listagem inicial de danos, com possibilidade de inclusão de outros danos por profissionais colaboradores.	

Fonte: Costa e Baisch (2015, p. 153-154)

Visto que o mapa de danos aponta as patologias de uma edificação, fazê-lo de uma maneira detalhada, selecionando áreas e focando em um determinado material, traz informações específicas, neste caso, sobre os danos nos ladrilhos hidráulicos, onde o próprio material revela dados para a construção de hipóteses. Para a

investigação dos danos, utilizou-se o método indireto que consistiu na análise criteriosa de documentos (obtidos na Equipe do Patrimônio Histórico e Cultural – EPAHC) e o emprego de tecnologias e instrumentos especiais que não acarretaram destruição aos materiais existentes. Com isso, a partir das investigações que se realizaram de maneira analítica por meio da interpretação das imagens coletadas, através dos scanners tridimensionais e fotografias, foram elaboradas as FID's como meio de registro das informações.

É importante salientar que todas as FID's foram elaboradas para o **componente** em análise (o revestimento – piso de ladrilho hidráulico do salão de entrada), onde ocorrem as **manifestações** patológicas.

Figura 80 – Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 01/13



COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	AMARELAMENTO	CAUSA	ACÚMULO DE CERAS NATURAIS PARA POLIMENTO
SINTOMA	ÁREAS AMARELADAS NA SUPERFÍCIE	FENÔMENO	QUÍMICO
EXTENSÃO	TOTAL	CONDUTA	LIMPEZA

FID 01/13

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Sendo um dos **danos** mais evidentes em uma primeira observação, o amarelamento de toda a **extensão** do piso é amplamente visto (Figura 80). Sua **causa** é devido ao uso excessivo de ceras para polimento, o que torna inevitável a mudança de tonalidade e o **sintoma** de áreas amareladas na superfície do revestimento. Podemos, assim, caracterizá-lo como um **fenômeno** químico, por causa da ação de determinados produtos na constituição das causas da patologia. Relativos as possíveis **condutas** a serem adotadas, limpezas restaurativas podem minimizar os danos.

Figura 81 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 02/13

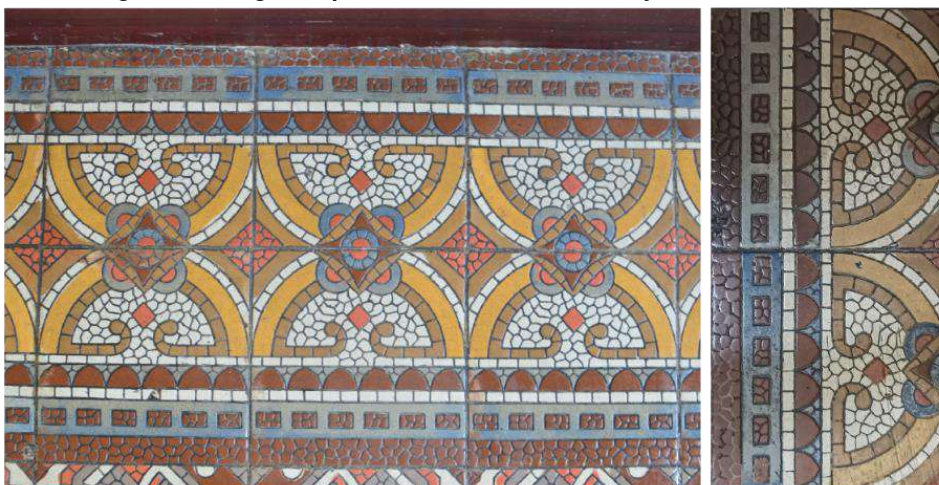


COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA	FID 02/13
DANO	INCRUSTAÇÕES	CAUSA	ACÚMULO DE SUJEIRAS EXTERNAS E MANCHAS PROVOCADAS POR IMPACTO	
SINTOMA	SUJIDADES EM TODOS OS SULCOS DA SUPERFÍCIE	FENÔMENO	QUÍMICO	
EXTENSÃO	TOTAL	CONDUTA	LIMPEZA	

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Presente em toda a **extensão** do componente, o **dano** aos ladrilhos por incrustações, tem como **sintoma** evidente as sujidades em todos os relevos da superfície e também nos cantos do salão. A **causa** da patologia refere-se ao acúmulo de sujeiras que podem advir de forma natural (trazidos pelo vento) ou trazidos pelos transeuntes, por isso, este **fenômeno** ocorre de maneira química e a **conduta** adequada para resolver o problema é uma limpeza criteriosa com produtos indicados para tal fim (Figura 81).

Figura 82 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 03/13

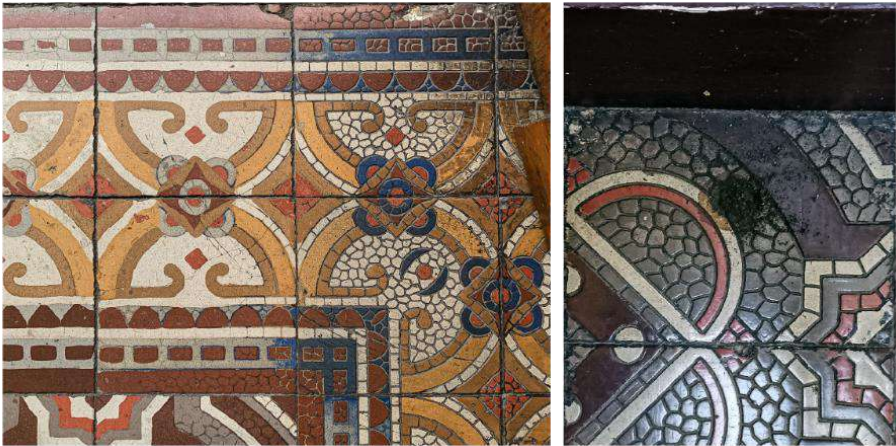


COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA	FID 03/13
DANO	ALTERAÇÃO CROMÁTICA/DESBOTAMENTO	CAUSA	USO DE PRODUTOS CLORADOS	
SINTOMA	FOTODETERIORAÇÃO DA COR AZUL	FENÔMENO	QUÍMICO E ANTRÓPICO	
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	RETIRADA E SUBSTITUIÇÃO	

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O **dano**, denominado de alteração cromática, caracteriza-se principalmente pelo **sintoma** de fotodeterioração na cor azul dos ladrilhos que compõem a **extensão** da barra e os cantos do salão de maneira pontual. A **causa** do desbotamento pode ocorrer pelo uso de produtos clorados, portanto, é um **fenômeno** químico e antrópico (causado por ação humana). Como **conduta**, somente a retirada e substituição do ladrilho hidráulico para sanar a patologia (Figura 82).

Figura 83 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 04/13



COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	SUJIDADES	CAUSA	ACÚMULO E ADERÊNCIA DE PARTÍCULAS POLUIDORAS
SINTOMA	ESCURECIMENTO PROGRESSIVO DA SUPERFÍCIE	FENÔMENO	ATMOSFÉRICO, BIOLÓGICO E/OU ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	LIMPEZA

FID 04/13

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Figura 84 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 05/13



COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	INTERFERÊNCIA DE ELEMENTOS NÃO PERTENCENTES À CONSTRUÇÃO ORIGINAL	CAUSA	TENTATIVA DE ADAPTAÇÃO POR MÃO-DE-OBRA NÃO QUALIFICADA
SINTOMA	ADIÇÃO DE CARPETES	FENÔMENO	ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PARCIAL	CONDUTA	RETIRADA E LIMPEZA PARA REMOÇÃO DA COLA

FID 05/13

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Presente de maneira pontual em toda a **extensão** do piso, o **dano** de sujeidade é incidente na dimensão construtiva do componente, acarretando **sintoma** de

escurecimento progressivo da superfície, e por se tratar de um revestimento cimentício, pode ser irreversível. A causa acontece pelo acúmulo de partículas poluidoras aderidas à superfície. Tal **fenômeno** pode ocorrer por intempéries (atmosférico), pela ação humana de ausência de procedimentos de higiene e manutenção (antrópico), assim como pode ocorrer, em alguns casos, por dejetos de animais (biológico). Como **conduta** a ser adotadas, é necessário avaliar a possibilidade de uma limpeza para retirada das partículas (Figura 83).

O **dano** de interferência de elementos não pertencentes à construção original é visível em toda a **extensão** do componente, tendo como principal **sintoma** de adição de carpete fixado por meio de cola, estendendo-se até as escadarias de mármore que possibilita acesso ao pavimento superior da edificação. Como **causa**, houve uma tentativa inadequada de adaptação do revestimento têxtil sobre o piso de ladrilhos por uma mão-de-obra não qualificada, por não tratar adequadamente o bem integrado, caracterizando-se, assim, como um **fenômeno** antrópico, no qual sua causa é única e exclusivamente advinda de intervenções humanas e suas atividades. Como **conduta**, espera-se que a retirada e limpeza para remoção da cola possa solucionar o problema. Caso a cola utilizada seja diluída em solvente sintético, o uso do mesmo tipo de solvente poderá acarretar mais danos ao material. Caso isso ocorra, será necessária a substituição (Figura 84).

Figura 85 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 06/13



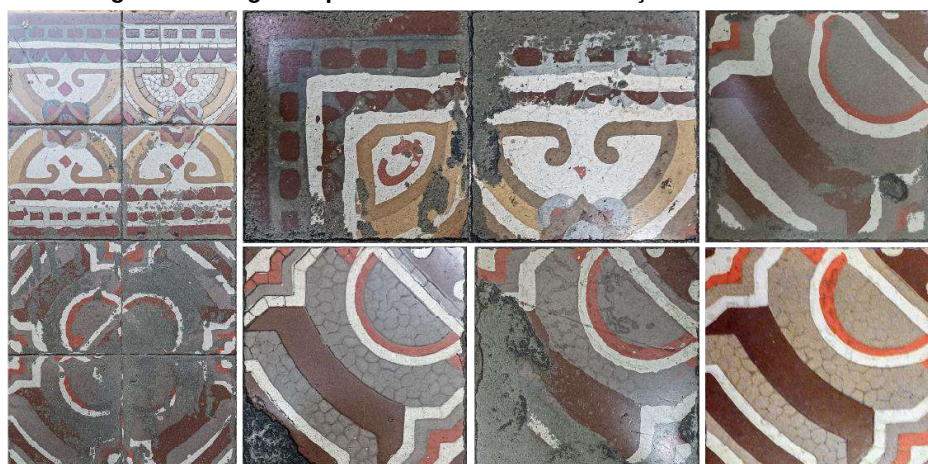
COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA	FID 06/13
DANO	PERDA DE ELEMENTOS CONSTITUINTES	CAUSA	DESAGREGAÇÃO DE PEÇAS POR AÇÃO HUMANA	
SINTOMA	RETIRADA DE PARTE DOS LADRILHOS PARA INSERÇÃO DE CARPETE	FENÔMENO	ANTRÓPICO	
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	SUBSTITUIÇÃO E RECOLOCAÇÃO	

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Presente na entrada do salão, o **dano** de perda de material constituinte tem como **sintoma** a retirada de uma **extensão** pontual de 24 ladrilhos para a inserção de um carpete do tipo capacho, usado para inibir ou reduzir o acúmulo de sujeira e resíduos nos cômodos, funcionalidade claramente ineficaz. A **causa** de desagregação do componente, foi executada especificamente por um **fenômeno**

antrópico, ou seja, por ação humana. Como **conduta** premente, a reconstituição do material se faz necessária para a recolocação dos ladrilhos extraídos (Figura 85).

Figura 86 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 07/13



COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	DESAGREGAÇÃO POR DESGASTE DO MATERIAL	CAUSA	FALTA DE MANUTENÇÃO EM PISO DE GRANDE CIRCULAÇÃO DIÁRIA
SINTOMA	DESGASTE DA CAMADA SUPERFICIAL	FENÔMENO	FÍSICO, ATMOSFÉRICO E ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PARCIAL	CONDUTA	QUANDO POSSÍVEL RECONSTITUIÇÃO DO MATERIAL OU TROCA DO PISO

FID 07/13

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

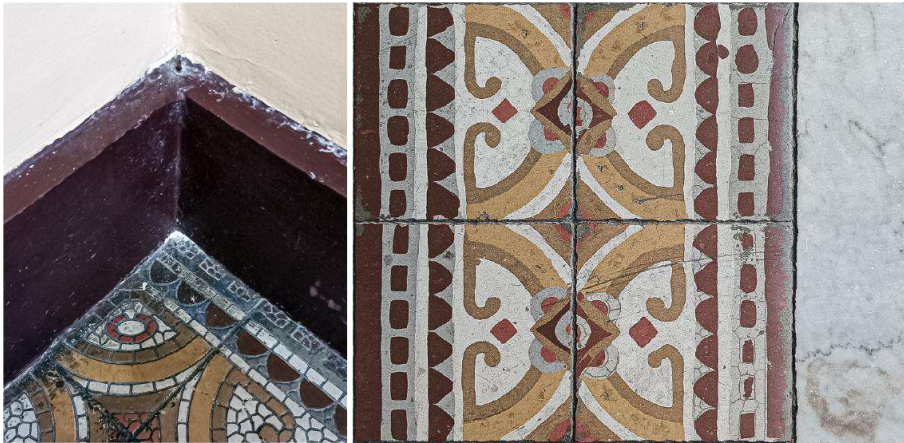
A patologia caracterizada pelo **dano** de desagregação do material, apresenta o **sintoma** de desgaste da camada superior do **componente**, em que a camada de assentamento que fica em contato com a argamassa colante começa a ficar aparente. A ocorrência se perpassa de maneira parcial na **extensão** do piso, em áreas com maior circulação de pessoas, sendo a **causa** principal a falta de manutenção.

O **fenômeno** pode ser físico, devido à ação de forças na constituição das causas da patologia, mas também pode ser atmosférico nos ladrilhos assentados na entrada do salão e antrópico, devido à ação humana.

Visto que os elementos restaurados na obra finalizada em 2003, observou-se que não foi adotada como **conduta** adequada, neste caso, a substituição dos ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço, mesmo diante do atual grau elevado de deterioração em diversas áreas do piso. A ausência do relevo evidencia a degradação da superfície, que em algumas áreas é perceptível a inexistência da textura e um elevado desgaste (Figura 86).

As manchas superficiais, como **dano** acometido ao **componente**, apresentam o principal **sintoma** de áreas de parcial **extensão** com resíduos de materiais ou sujidades, o que **causa** o acúmulo de nódoas devido os restos de tintas e massas de parede, ou até mesmo **fenômenos** atmosféricos e antrópicos. Geralmente, como **conduta**, pode-se executar uma limpeza criteriosa (Figura 87).

Figura 87 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 08/13



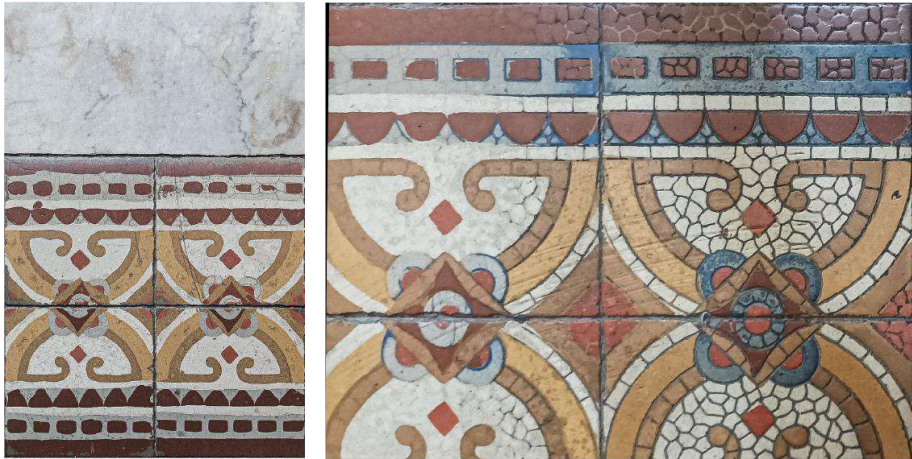
COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	MANCHAS SUPERFICIAIS	CAUSA	ACÚMULO DE SUJIDADES E RESTOS DE PINTURA DAS PAREDES (TINTAS E MASSAS)
SINTOMA	ÁREAS ESCURECIDAS NA SUPERFÍCIE	FENÔMENO	ANTRÓPICO E ATMOSFÉRICO
EXTENSÃO	PARCIAL	CONDUTA	LIMPEZA

FID 08/13

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A abrasão, **dano** recorrente em uma **extensão** pontual do **componente**, apresenta o sintoma de partes com raspagem na superfície e sua **causa** é devido o desgaste por atrição das portas de madeira que sofrem dilatação. O **fenômeno** do dano é antrópico, pois a ação humana de manusear a abertura acomete o dano. Já o fenômeno de dilatação do material (madeira) é físico. Como **conduta**, por se tratar de um desgaste que não é superficial, somente a substituição do material e assentamento do novo por mão-de-obra especializada para sanar a patologia (Figura 88).

Figura 88 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 09/13



COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	ABRASÃO	CAUSA	DESGASTE POR ATRIÇÃO DA PORTA
SINTOMA	ÁREAS COM RASPAGEM NA SUPERFÍCIE	FENÔMENO	ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	RETIRADA E SUBSTITUIÇÃO

FID 09/13

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O **dano** acometido por cisalhamento ocorre pelo **sintoma** de cortes na superfície a partir da tensão provocada por forças que atuam em sentido vertical (gravidade ou ação humana), sendo esta uma das **causas**, ou até mesmo a falha na quantidade de argamassa colante no momento do assentamento do **componente**, acarretando falta de aderência do mesmo à camada do contrapiso. Estes **fenômenos** podem ser físicos, antrópicos ou atmosféricos e a **conduta** para resolução, neste caso, somente a retirada e substituição (Figura 89).

Figura 89 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 10/13.



COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA	FID 10/13
DANO	CISALHAMENTO	CAUSA	GRAVIDADE, CAMADA DO CONTRAPISO NÃO ADERENTE OU QUANTIDADE INSUFICIENTE DE ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO	
SINTOMA	QUEBRAS	FENÔMENO	FÍSICO, ANTRÓPICO E/OU ATMOSFÉRICO	
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	RETIRADA E SUBSTITUIÇÃO	

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Figura 90 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 11/13

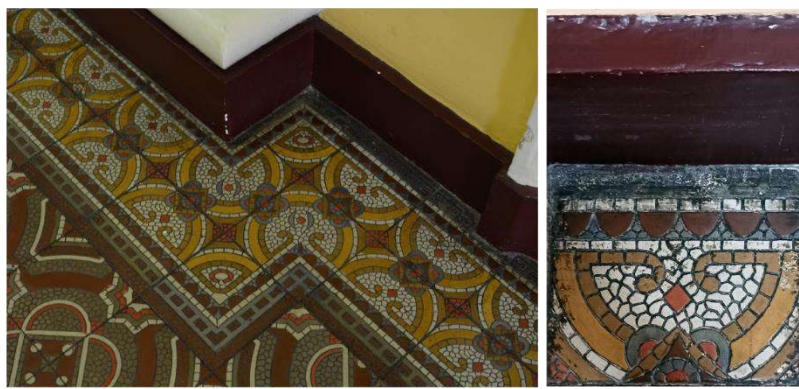


COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA	FID 11/13
DANO	LACUNA (PERDA)	CAUSA	CAUSADO POR PERFURAÇÃO COM BROCA	
SINTOMA	ORIFÍCIO	FENÔMENO	ANTRÓPICO	
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	RETIRADA E SUBSTITUIÇÃO	

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

As lacunas, como **dano** ao componente, ocorrem pela perda do material, com o **sintoma** apresentando visíveis orifícios **causados** por perfuração com broca em uma **extensão** pontual. Em razão de ser um **fenômeno** antrópico e sendo uma perda constituinte, somente a **conduta** da retirada e substituição para sanar a patologia (Figura 90).

Figura 91 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 12/13



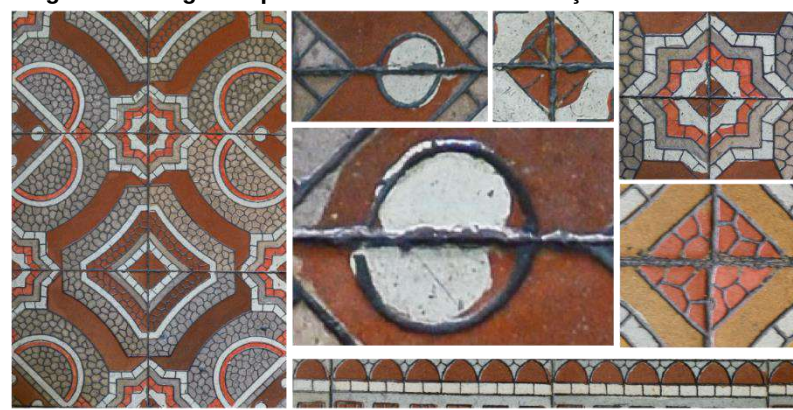
COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	RESÍDUOS DE REJUNTES	CAUSA	FALTA DE LIMPEZA E AUSÊNCIA DE MÃO-DE-OBRA ESPECIALIZADA
SINTOMA	ÁREAS COM EXCESSO DE REJUNTE NA CAMADA SUPERFICIAL E ENTRE JUNTAS	FENÔMENO	QUÍMICO E ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PARCIAL	CONDUTA	LIMPEZA

FID 12/13

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Os resíduos de rejuntas, **dano** presente em **extensão** parcial no pavimento, apresenta como principal **sintoma** regiões com excesso de massa para ajuntamento na superfície e entre as juntas, o que **causa** acúmulo de sujeira, ocorrido pelo emprego de mão-de-obra não especializada para execução do serviço. O **fenômeno** é antrópico, que acarreta um fenômeno químico, ou seja, pelo acúmulo de material depositado. Como **conduta**, é possível que uma limpeza resolva a patologia (Figura 91).

Figura 92 - Segunda parte da Ficha de Identificação de Danos 13/13



COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	DEFEITO DE FABRICAÇÃO	CAUSA	PROBLEMA NA EXECUÇÃO DA MATRIZ
SINTOMA	ERRO NA FORMA, PARTES DO DESENHO NÃO ENCAIXAM	FENÔMENO	ANTRÓPICO
EXTENSÃO	TOTAL	CONDUTA	SUBSTITUIÇÃO

FID 13/13

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O defeito de fabricação, como principal **dano** acometido ao **componente**, apresenta o **sintoma** visível de erro de construção do desenho, acarretando descontinuidade das formas de maneira total em toda a **extensão** do piso. O erro traz como **causa** os possíveis problemas na execução da matriz, pois o defeito aparece repetidas vezes em todos os módulos, **fenômeno** este, estritamente antrópico. A única **conduta** possível, neste caso, é a confecção de uma nova matriz para fabricação e substituição por novos ladrilhos (Figura 92).

Após examinar as manifestações patológicas do tapete de ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço dos Açorianos por meio das Fichas de Identificação de Danos, seguimos para a etapa final da metodologia proposta, que consiste na elaboração das condutas de intervenção. A partir de uma compreensão mais aprofundada do contexto dos danos observados durante a visita técnica, a ficha resumo tem como objetivo quantificar, em termos percentuais, as dimensões afetadas na estrutura e identificar a natureza do fenômeno que deu origem à patologia.



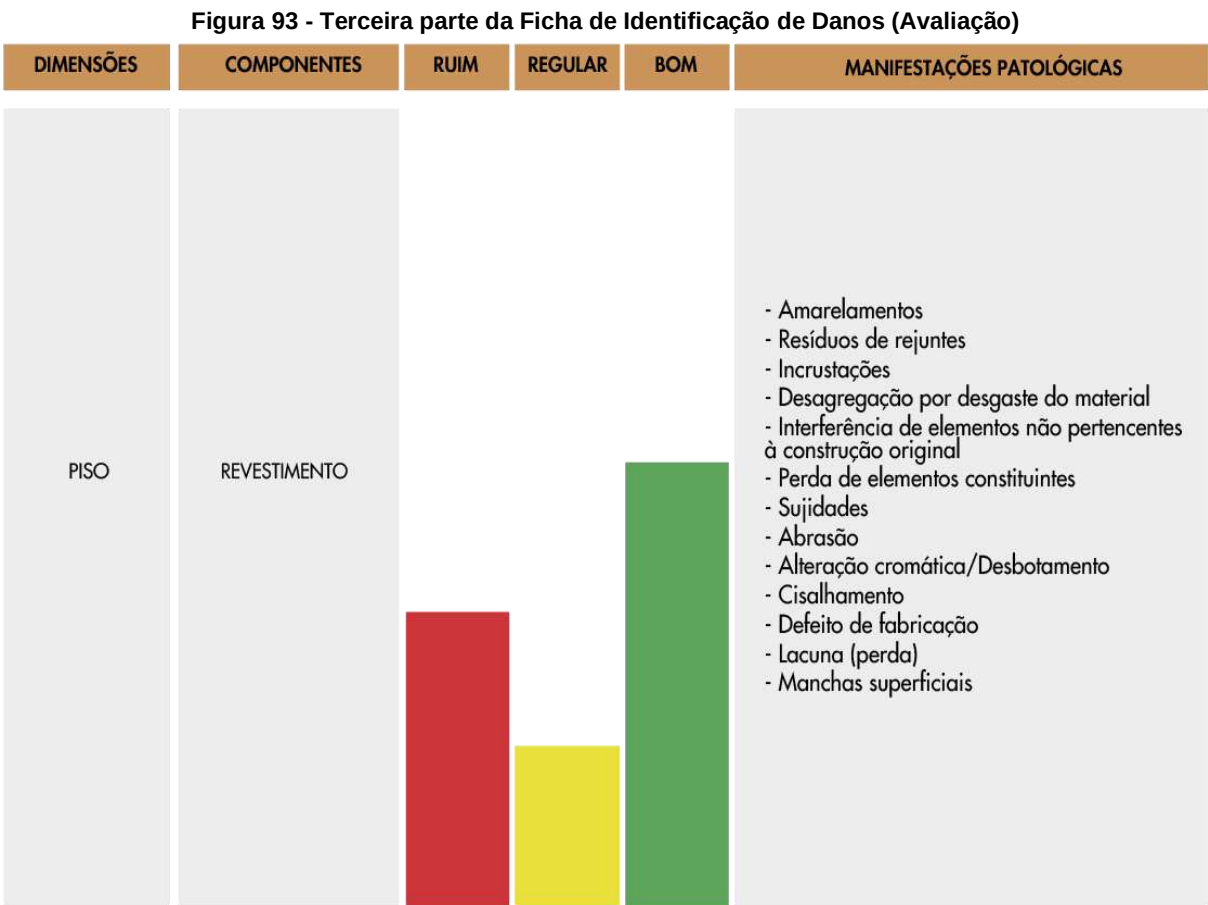
CAPÍTULO 6

CONDUTA DE INTERVENÇÃO



6.1 Danos observados

Finalizadas as Fichas de Identificação de Danos, foi elaborada uma tabela resumo no qual, primeiramente, se considera o estado de conservação da dimensão construtiva, alinhando o resultado das fichas a uma análise mais perceptiva. Assim, temos um gráfico visual classificatório utilizado para gerar o mapa de danos (Figura 93).

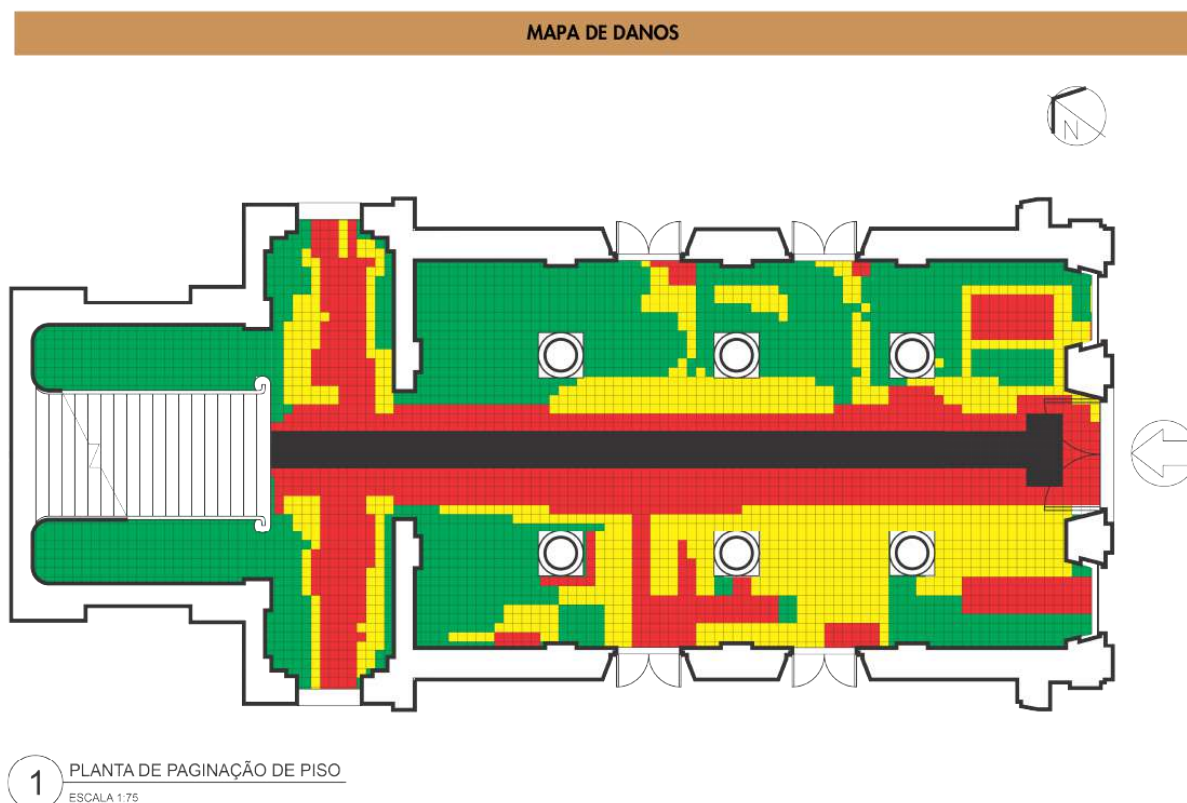


Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Com a digitalização feita pelo *scanner* Z+F, pode-se realizar um panorama sobre o desgaste do piso do cômodo. Por meio das imagens geradas em alta resolução e em conjunto com a observação de campo, pode-se realizar um mapeamento dos danos e perceber as áreas onde há um desgaste mais intenso, moderado e leve, gerando assim, um mapa de danos (Figura 94).

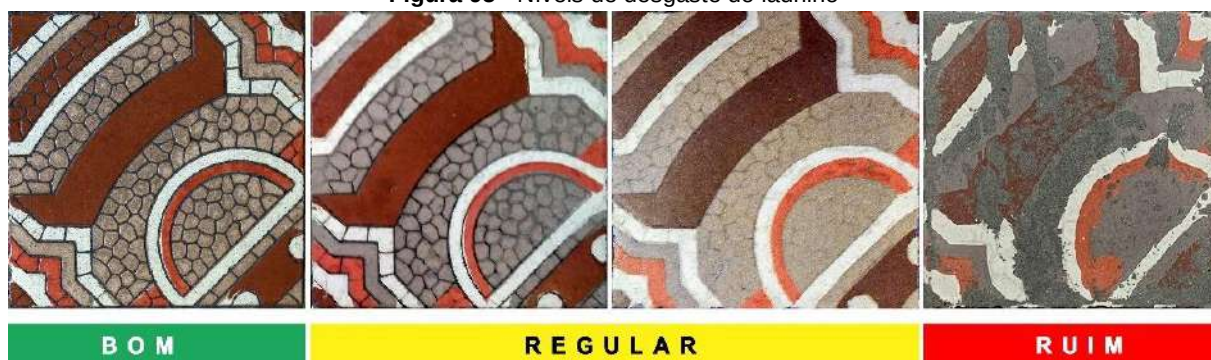
Após identificar e registrar por meio de fotografias os tipos de ladrilhos existentes no salão de entrada, foram digitalizados parte dos ladrilhos que compõem o centro do pavimento, para ser possível visualizar os níveis de desgaste da superfície. Para isso, classificou-se em três níveis de desgaste: bom, regular e ruim (Figura 95).

Figura 94 - Planta de paginação do pavimento principal com o Mapa de Danos especificando as áreas de desgaste do piso



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Figura 95 - Níveis de desgaste do ladrilho

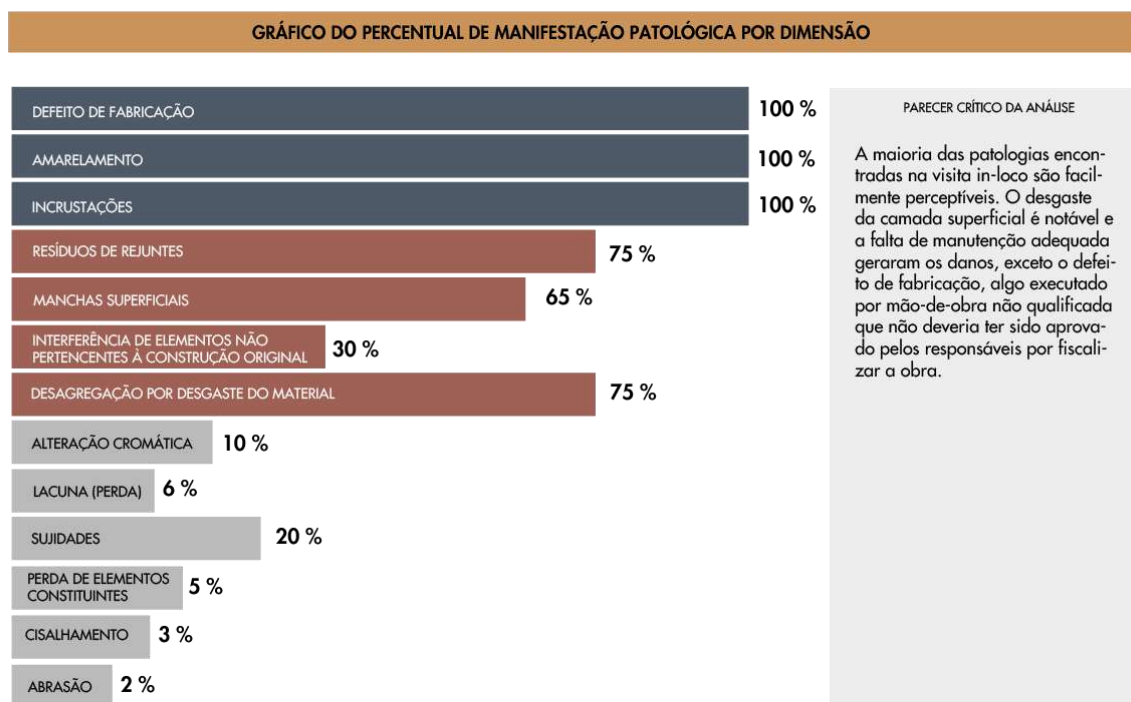


Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Dessa maneira, percebeu-se que as áreas de desgaste aconteceram de uma maneira orgânica e não-linear e, previsivelmente, nos perímetros de grande fluxo de pessoas transitando, bem como nas áreas dos corredores e de abertura e fechamento de portas o desgaste se tornou mais intenso. Nas áreas em preto do mapa, estão inseridos o tapete que se estende até a escadaria principal que acessa o primeiro andar. Como esta área está coberta pelo tapete, não foi possível avaliar os danos.

Ao final, foi obtido um gráfico percentual feito a partir do número total de vezes que os danos afetaram o componente da edificação, para contribuir e auxiliar sobre os reais vetores patológicos existentes e a amplitude dos danos (Figura 96).

Figura 96 - Terceira parte da Ficha de Identificação de Danos (Gráfico)



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Sobre os vetores dos danos que levam à desagregação por desgaste dos ladrilhos e demais elementos construtivos do Paço dos Açorianos, Licht e Custódio (2012, p. 27-43) citam que modificações no entorno da construção, prédios altos construídos próximos que alteram a circulação do vento, insolação direta e indireta, umidade do ar, intempéries (chuvas, umidade e grandes variações de temperatura) provocam fadiga no material e a partir das alterações físicas e químicas, causam desgaste nas texturas e cores.

Assim, os autores sugerem que deve ser tomada como conduta para os danos de sujeidade, resíduos de rejunte, amarelamento, incrustações e manchas superficiais, rotinas de inspeção, analisando todos os elementos da edificação, com periodicidade diária, semanal, mensal e semestral. Especificamente nas rotinas de limpeza para os ladrilhos hidráulicos, eles sugerem que diariamente deve-se varrer e passar um pano úmido, recomendando que jamais se deve utilizar alvejante ou produtos clorados, pois corroem e danificam a superfície.

Por fim, para os danos de defeito de fabricação, interferência de elementos não pertencentes à construção original, desagregação por desgaste, alteração cromática, lacuna, perda de elementos constituintes, cisalhamento e abrasão, a conduta de intervenção possível de ser aplicada é a substituição do material. Neste caso, fez-se importante investigar o processo de fabricação do ladrilho por meio da Fábrica de Mosaicos de Pelotas e utilizar a tecnologia da usinagem CNC para confecção de matrizes para a conservação de ladrilhos para o Paço dos Açorianos.

Em síntese, com base nas normas analisadas, elaborar um manual para auxiliar na condução dos procedimentos necessários para haver uma instalação, cuidados e manutenção adequada para os novos ladrilhos produzidos, visando uma futura obra de restauro.

6.2 Diretrizes e condutas de intervenção

Após adquirir uma compreensão mais profunda dos danos observados, avançamos para a elaboração de condutas e diretrizes que possam orientar futuras intervenções no objeto de estudo. Inicialmente, essas diretrizes serão delineadas considerando o **aspecto gerencial**.

Referente à aplicação dessas diretrizes é relevante listar os direcionamentos, tanto no **âmbito público** quanto no **âmbito privado**.

No contexto das diretrizes voltadas para o **âmbito público**, podemos sugerir uma melhoria na aplicação da regulamentação atual referente ao patrimônio histórico municipal, abrangendo não apenas o entorno, mas também o Paço dos Açorianos. Nesse sentido, podemos estabelecer as seguintes orientações:

- I. Divulgação dos estudos de anamnese e de análise dos danos sobre os ladrilhos do salão de entrada do Paço, de modo a reconhecê-lo como um bem integrado ao objeto arquitetônico;
- II. Educação Patrimonial: Promover programas de conscientização e educação patrimonial para a comunidade local, escolas e visitantes, destacando a importância histórica e cultural do Paço dos Açorianos;
- III. Zoneamento Específico: Estabelecer um zoneamento específico para a área histórica que limite o desenvolvimento de novas construções que possam afetar a integridade do patrimônio histórico e incentive a preservação;
- IV. Parcerias Público-Privadas: Facilitar parcerias público-privadas para a restauração e manutenção do Paço dos Açorianos, atraindo investimentos externos e expertise na conservação patrimonial;
- V. Incentivos à Pesquisa: Promover a pesquisa e a documentação contínua da história e arquitetura do Paço dos Açorianos, possibilitando a criação de estratégias de preservação mais informadas;
- VI. Fiscalização Eficaz: Reforçar a fiscalização e aplicação das normas de preservação do patrimônio histórico, garantindo que intervenções inadequadas não ocorram.

Quando se trata de questões relacionadas ao **âmbito privado**, é possível sugerir diretrizes mais voltadas para as regulamentações e normas de gestão da edificação, aplicáveis tanto aos seus administradores quanto aos proprietários. Nesse contexto, podem ser consideradas as seguintes ações:

- I. Formatação de um novo código de administração predial, de modo a incluir as informações levantadas sobre os ladrilhos hidráulicos, complementando com as informações já levantadas por Licht e Custódio (2012), visando a integridade física e gestora do bem integrado;
- II. Criação de um manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos, baseado nas normas regulamentadoras vigentes relacionadas a cada especificidade (NBR 9457; NBR 9575; NBR 15575-1; NBR 15575-3; NBR 14037 e NR 06), assim como as informações provenientes de fábricas de ladrilhos no Brasil (ANTÔNIO, 2023; LADRILAR, 2023; MOSAICOS,

2023; PIAGGE, 2023), bem como de um fabricante de produtos para impermeabilização de revestimentos cimentícios do Rio Grande do Sul (PISOCLEAN, 2023), de forma a manter um contínuo fluxo de manutenção do bem integrado;

- III. Manutenção Preventiva: Estabelecer um programa de manutenção preventiva regular, que inclua inspeções periódicas em todo o piso de ladrilhos hidráulicos;
- IV. Treinamento e Capacitação: Fornecer treinamento e orientação aos administradores e proprietários sobre as melhores práticas de conservação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos;
- V. Colaboração com Entidades de Preservação: Cooperar com organizações e entidades de preservação do patrimônio histórico para obter orientação e recursos adicionais quando necessário.

Em resumo, as condutas delineadas têm como finalidade sugerir um conjunto de intervenções adaptadas aos atuais danos observados nos ladrilhos hidráulicos. Além disso, visam propor medidas para atenuar as patologias específicas que afetam este bem integrado.



CAPÍTULO 7

MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

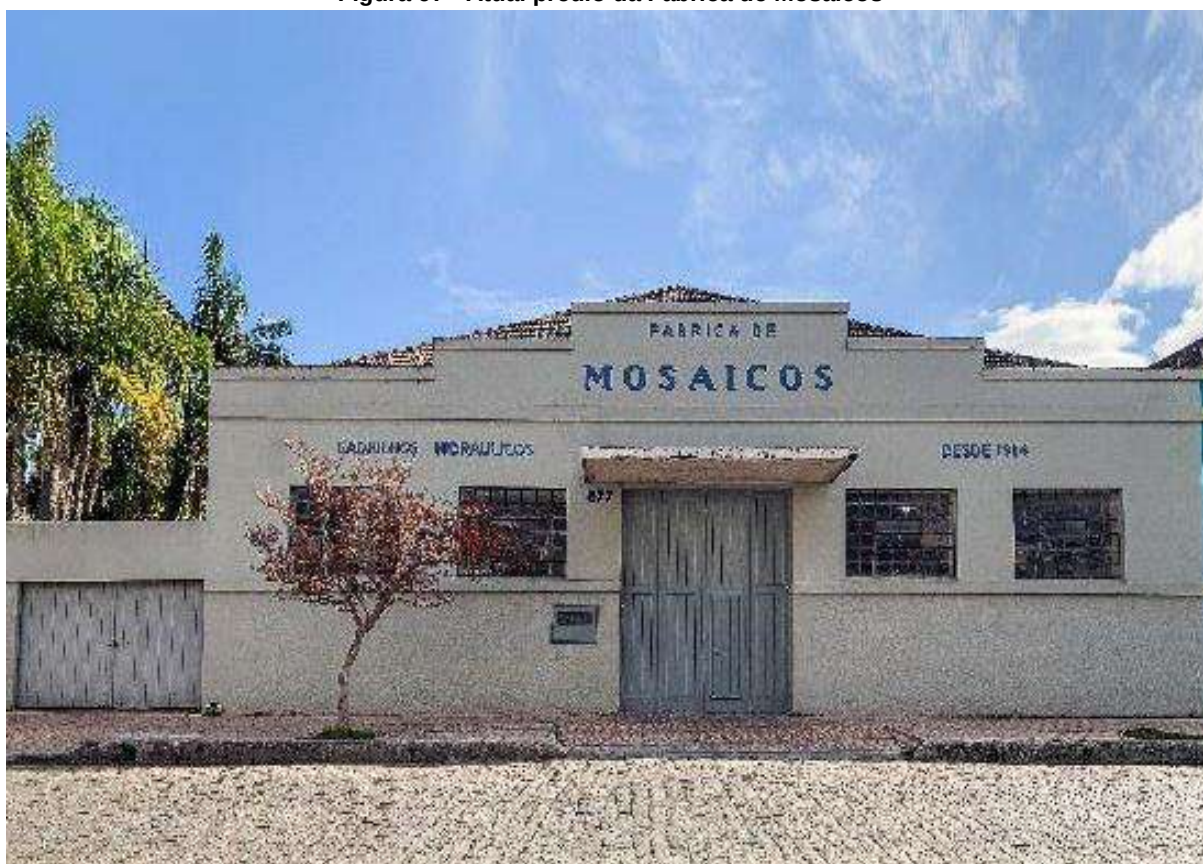


Na etapa de materiais e processos de fabricação para a conservação dos ladrilhos hidráulicos que compõem o tapete do salão de entrada do Paço dos Açorianos, são apresentados os resultados para o saneamento e resolução dos danos, a partir de uma base técnica e da tecnologia utilizada na execução dos serviços. Para isso, se fez necessário reconhecer o processo produtivo da Fábrica de Mosaicos de Pelotas para compreender como as tecnologias de digitalização tridimensional e usinagem CNC poderiam auxiliar na fabricação de insumos.

7.1 Mapeamento do processo produtivo da Fábrica de Mosaicos de Pelotas: ferramentas auxiliares e etapas de fabricação

Nesta etapa, foi feito o mapeamento do processo produtivo da Fábrica de Mosaicos de Pelotas, a fim de registrar o processo de fabricação do ladrilho hidráulico e reconhecer os equipamentos, matérias-primas e as técnicas produtivas deste revestimento.

Figura 97 - Atual prédio da Fábrica de Mosaicos



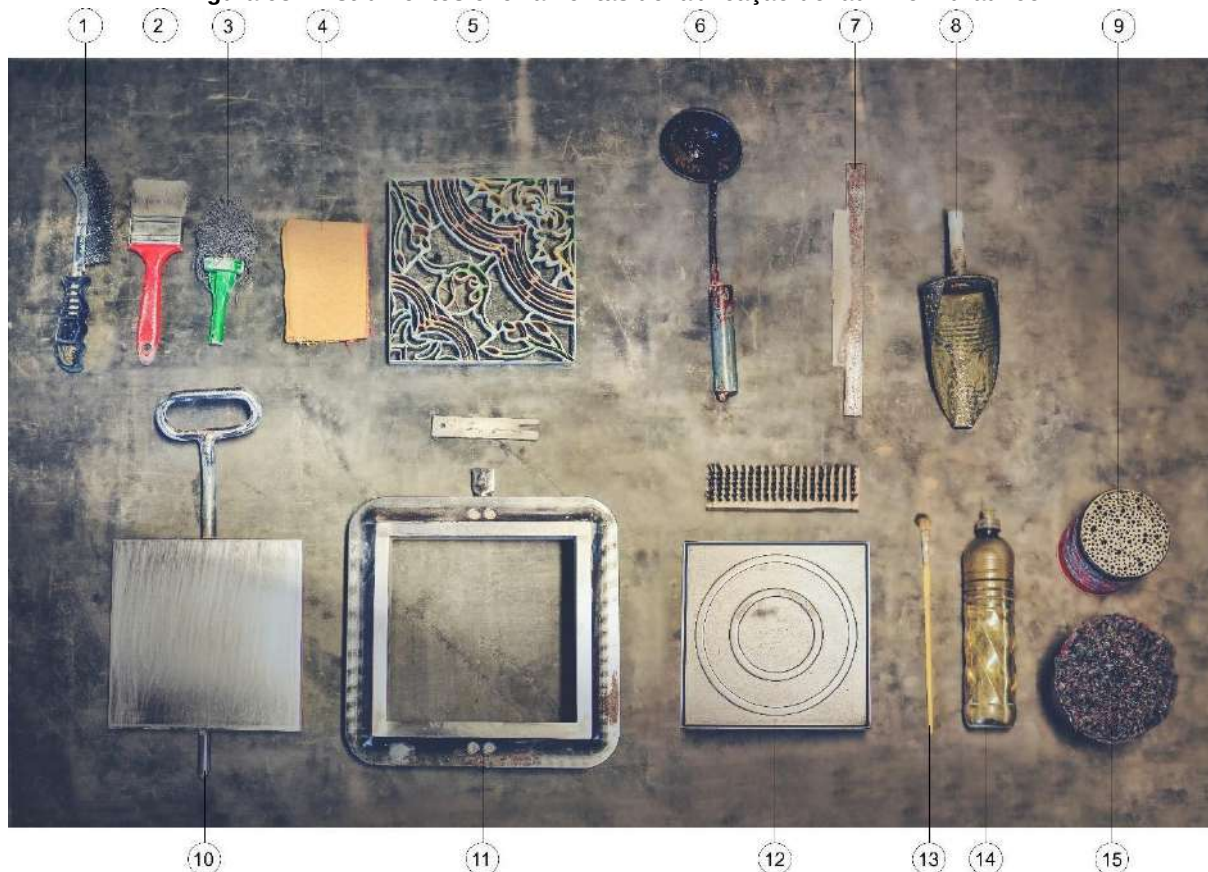
Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Para isso, fez-se necessário uma visita ao local (Figura 97) para reconhecer a cadeia produtiva da empresa, as etapas seguidas pelos ladrilheiros, os instrumentos empregados e os materiais utilizados na produção. Foi produzido um vídeo

apresentando os equipamentos, materialidade e o processo de fabricação do ladrilho hidráulico, que pode ser visualizado, [clcando aqui](https://youtu.be/XE2WvnSdYHs)²⁷.

O ladrilho hidráulico, originalmente de natureza manufaturada, é produzido por etapas que necessitam de uma série de ações para à execução de cada peça. Para compreender o processo de fabricação, foi necessário acompanhar junto a Fábrica de Mosaicos os estágios da produção e também verificar a função dos equipamentos e ferramentas utilizadas para seus devidos usos (Figura 98).

Figura 98 - Instrumentos e ferramentas de fabricação do ladrilho hidráulico



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Parte destas ferramentas são confeccionadas de maneira rudimentar pelos próprios ladrilheiros a partir do reaproveitamento de outros objetos (Tabela 3). Dentre as características manufatureiras, a produção diária e unitária da Fábrica de Mosaicos é pequena e o ciclo de produção do produto é em torno de vinte a vinte e oito dias, gerando uma baixa otimização do tempo de produtividade. Para a produção diária do ladrilho interno decorado, são estabelecidas metas: para ladrilhos com 1 cor 200 unidades por dia, 2 cores 137 unidades por dia, 3 cores 110 unidades por dia e 4 cores 99 unidades por dia. Há a possibilidade da personalização das peças com interferência direta do consumidor no processo de produção, pois, como os ladrilhos são feitos sob encomenda, é possível escolher os modelos, as cores e até mesmo o desenho.

²⁷ <https://youtu.be/XE2WvnSdYHs>

Tabela 3 - Nomenclatura dada a cada instrumento e ferramenta de fabricação do ladrilho hidráulico

1-	Instrumento metálico (escova) utilizado para limpeza do quadro;
2-	Pincel utilizado para remover as rebarbas/excessos dos ladrilhos;
3-	Escova com cerdas plásticas para limpeza do “ Quadro ”;
4-	Flanela para polir a “ Placa ” para receber o óleo;
5-	“ Molde ” utilizado para separar cada massa pigmentada no momento da modelagem. O material para confecção pode ser de bronze ou latão e suas partes são fixadas por soldas;
6-	Concha utilizada para espalhar a massa pigmentada na “ Placa ” para a confecção de ladrilhos lisos e também para colocar a tinta no “ Palhinho ” para distribuição no molde;
7-	O “ Medidor ” é utilizado na distribuição e nivelamento do cimento;
8-	“ Palhinho ”, ferramenta utilizada para despejar a massa pigmentada no “molde”;
9-	A “ Saranda ” é uma lata que contém pequenos furos na parte inferior, servindo para despejar o secante (areia seca e cimento) após a adição da massa pigmentada;
10-	Peça de aço chamada de “ Placa ”;
11-	Peça metálica chamada de “ Quadro ” tem a função de um esquadro e também de nivelador do ladrilho;
12-	“ Tampa ” de material metálico com peso elevado utilizada na prensagem;
13-	Caso haja necessidade, pode-se usar um pequeno pincel para pequenos ajustes da gravura ou retirar resíduos;
14-	Garrafa com óleo desmoldante (querosene e óleo de linhaça);
15-	Lata com feltro chamada “ Boneca ” usada para aplicar na base de ferro o óleo desmoldante.

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Após reconhecer todas as ferramentas e matérias-primas que compõem o arranjo produtivo, foram identificados os atores da cadeia produtiva do ladrilho hidráulico na Fábrica de Mosaicos (Figura 99).

Figura 99 - Cadeia produtiva da Fábrica de Mosaicos



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

No **primeiro nível**, a principal matéria-prima utilizada na fabricação – o cimento – é adquirido por meio de fornecedores locais no próprio Estado, em embalagens de 50 kg. O cimento branco possui o centro de distribuição mais próximo em Santa Catarina.

Os pigmentos (Figura 100) utilizados são da linha Bayferrox do Fabricante alemão LANXESS, adquiridos via importação. O Pó de Mármore vem de Taubaté – SP. A água utilizada é encanada e a areia (matéria-prima de menor custo para a empresa) é extraída na própria cidade. Também são utilizados carrinhos de mão, pás e baldes, facilmente adquiridas no comércio local.

Figura 100 - Pigmentos orgânicos e inorgânicos e suas possibilidades cromáticas.



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na execução do processo de secagem da areia, todo o carregamento é colocado no depósito e em seguida é espalhado pelo chão da fábrica (Figura 101). Este processo é variável e depende das condições climáticas e das estações do ano. Como em determinadas épocas do ano a umidade relativa do ar é alta, o tempo de secagem pode variar entre 3 a 5 dias.

Figura 101 - Areia armazenada e colocada para secar



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

No **segundo nível**, há uma relação interdisciplinar e interdimensional que envolve os designers de superfície²⁸ que desenvolvem os padrões²⁹ (bidimensionais)

²⁸ Sendo os ladrilhos hidráulicos uma tipologia de revestimento, enquanto ornamento constitutivo, expressa em seus grafismos padrões figurativos e abstratos. O segmento do design que se destina a estudar e projetar as propriedades visíveis do objeto é o Design de Superfície.

²⁹ Medeiros e Melo (2018, pág. 35, grifo nosso) classificou os padrões de ladrilhos hidráulicos em: categoria dos **figurativos** subdividido em **naturais** (com elementos que visualmente remetem à natureza, advindos da flora); a segunda categoria são os **abstratos** divididos em **geométricos** (a partir

e o torneiro-mecânico que transfere o desenho para o Molde ou Placa (tridimensional). As Placas são fabricadas por empresas especializadas no Estado e os Moldes são confeccionados em aço inoxidável por profissionais da cidade de Pelotas.

No **terceiro nível**, acontece a manutenção dos equipamentos necessários para a fabricação do ladrilho hidráulico. As prensas hidráulicas (Figura 102) comportam até quatro trabalhadores (porém, o comum é que só trabalhem dois ao mesmo tempo), que dispostos em um quadrângulo impõem movimentos constantes em uma espécie de trilha deslizante em forma de cruz, por onde é empunhado o conjunto da Placa, Molde, Quadro e Tampa no processo de confecção do ladrilho.

As prensas foram fabricadas por torneiros mecânicos da cidade de Pelotas e os mesmos executam as manutenções quando necessário. As estações de trabalho possuem iluminação artificial direta por meio de pendentes. As manutenções diárias das ferramentas são feitas pelos próprios ladrilheiros.

Figura 102 - Estação de trabalho com prensa hidráulica



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A Fábrica aposentou as prensas manuais (chamadas de balancinha) que funcionavam girando a alavanca da parte superior para haver a prensagem do material. Enquanto o contrapeso era girado em sentido anti-horário, o peso distribuído era de aproximadamente 1,2 toneladas (Figura 103).

Figura 103 - Antiga prensa manual utilizada pela Fábrica de Mosaicos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

de uma precisa composição de formas geométricas) e **orgânicos** (criados livremente a partir de unidades específicas).

No **quarto nível**, os resíduos gerados pela fabricação dos ladrilhos hidráulicos são recolhidos e tratados por cooperativas de gerenciamento de resíduos sólidos da própria cidade.

No **quinto nível**, relacionado à distribuição dos ladrilhos produzidos pela Fábrica de Mosaicos, há uma limitação logística e geográfica de envio, pois o produto é comumente destinado aos Estados da Região Sul e Sudeste³⁰.

No **sexto nível**, o público-alvo consumidor dos ladrilhos fabricados pela Fábrica de Mosaicos são, em sua maioria, arquitetos, designers, restauradores ou pessoas com apreço por esse revestimento, seja por memória afetiva ou pelas características do produto: visual, originalidade e durabilidade. Para obras de restauro de bens imóveis patrimoniais, a empresa não concorre em licitações, mas atua como terceirizadora de serviços para outras que fazem esse tipo de intervenção. A unidade de compra das peças é o metro quadrado (m²).

Conduzindo-se para as etapas que constituem o processo de fabricação dos ladrilhos hidráulicos da Fábrica de Mosaicos, foi verificado que há um conhecimento técnico particular de cada ladrilheiro, mas que todos seguem as mesmas etapas, pois os mais velhos vão treinando os mais novos. Todos os funcionários fazem uso dos EPI's nas instalações da fábrica. Foi utilizada como ferramenta de registro a câmera fotográfica para as fotos e vídeos.

a) 1ª etapa - Seleção do Molde, Placa e preparação dos materiais: secante, argamassa e pigmentos;

O processo de fabricação de um ladrilho hidráulico inicia com a escolha do molde de gravação que determina o padrão de estampa e a seleção das cores desejadas. A Placa também define a gravura, podendo ser de superfície lisa para ladrilhos de piso interno ou com relevo para ladrilhos externos (Figura 104).

Figura 104 - Moldes e Placas para fabricação dos ladrilhos hidráulicos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Sobre os materiais: o secante é uma mistura de areia grossa e cimento, a argamassa contém pó de pedra, cimento e areia fina misturados e peneirados. Os pigmentos são preparados pelos próprios ladrilheiros e dispostos em grandes recipientes em porções preparadas para um dia de trabalho conforme a demanda.

³⁰ Em conversa informal, o proprietário da Fábrica de Mosaicos Rudelger Leitzke informou que uma única vez houve uma encomenda para Salvador – BA e pela primeira vez, a fábrica está produzindo uma encomenda para exportação para um cliente do Uruguai (ver Apêndice A).

O modo de preparo da massa pigmentada, a fórmula padrão para cada tonalidade está documentada e disponível na fábrica para consulta. A medição é feita com uma caneca. Normalmente, para cada duas medidas de cimento é utilizada uma de pó de mármore. A adição da água é feita enquanto o ladrilheiro vai preparando a massa, feita na base do empirismo.

A preparação da massa pigmentada é feita conforme a cor escolhida pelo cliente, baseadas no catálogo da empresa. O tipo de cimento influencia na obtenção da cor: o cimento branco é utilizado para cores mais saturadas (azul, vermelho, verde, amarelo) e o cimento cinza para cores menos saturadas (cinza, preto e marrom). Para a obtenção de determinadas tonalidades, pode-se misturar mais de um pigmento.

b) 2ª etapa – Montagem do Quadro com a Placa e inserção do Molde para despejo da massa pigmentada;

Após a etapa de seleção, o ladrilheiro inicia com a limpeza do Molde, Placa e Quadro com os instrumentos (1) e (3). Ambos também são limpos ao final de cada uso para remover os resquícios de areia ou cimento. Em seguida, é passada a Boneca com óleo desmoldante (14) para besuntar a Placa e facilitar a etapa de desenformar. A mistura é obtida com 2% de óleo de linhaça e 98% de querosene.

Nesta etapa é feita a camada superior, composta por cimento Portland branco ou cinza, pigmentos, pó de mármore e água. Após o preparo do conjunto, inicia-se a inserção da massa pigmentada nas áreas delimitadoras do Molde, em ações repetitivas, seguindo a definição de cada desenho (Figura 105). Os pigmentos são inseridos nos espaços correspondentes por meio do Palhinho (8). Para inserir a massa pigmentada no Palhinho é utilizada a concha (6).

Figura 105 - Imagens da segunda etapa do processo de fabricação



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Quando não há gravuras no ladrilho, não é necessário a utilização do Molde. Cada Molde possui um grau de dificuldade para execução do processo. Quanto maior a quantidade de cores, mais elevado será o custo final do produto.

c) 3ª etapa - Retirada do Molde e inserção do secante;

Após a adição da(s) massa(s) pigmentada(s), retira-se o Molde com rapidez e cuidado, para que a gravação fique com boa definição. Prontamente, o ladrilheiro mergulha o Molde em água para limpeza de resíduos do(s) pigmento(s). Em seguida,

utiliza-se a Saranda para adicionar o secante a fim de absorver toda a umidade da massa pigmentada (Figura 106). A quantidade é colocada de maneira empírica.

Figura 106 - Inserção do cimento seco na terceira etapa



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

d) 4ª etapa - Colocação da camada de argamassa;

Então, é colocada uma camada de argamassa para formar a face inferior do ladrilho. É feita com uma mistura homogênea do cimento Portland, areia e água. As medidas da matéria-prima desta etapa é uma medida de cimento para três de areia úmida. A argamassa é colocada com as mãos e distribuída por meio do Medidor que nivela a camada. A quantidade é colocada empiricamente (Figura 107). Feito esse processo, o conjunto da Placa e Quadro é selado com a Tampa para receber a prensagem na etapa seguinte. Esse conjunto pesa em torno de 25 kg.

Figura 107 - Camada de argamassa para prensagem



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

e) 5ª etapa - Prensagem do conjunto;

Na prensagem do conjunto, a máquina utilizada para compressão do material é uma prensa hidráulica. A ação consiste em executar um movimento para deslocar rapidamente o bloco até o compartimento do eixo da prensa. Em seguida, o ladrilheiro aciona o botão e o peso distribuído sobre o conjunto (45 toneladas) em uma operação que dura cerca de 5 segundos (Figura 108).

Figura 108 - Etapa de prensagem do ladrilho



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

f) 6ª etapa - Desenformagem da peça;

Na etapa de extração do ladrilho prensado e compactado, retira-se a Tampa e o ladrilheiro folga um parafuso localizado no quadro para retirar o ladrilho da Placa. Para isso, é utilizada outra peça de ladrilho curado como base que, geralmente, foi rejeitado na inspeção final para controle de qualidade (Figura 109).

Figura 109 - Desenformagem da peça após a etapa de prensagem



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

g) 7ª etapa - Repouso do material por 24 horas;

Os ladrilhos feitos ficam dispostos horizontalmente em estantes por 24 horas. Assim, eles ficam repousando em cima do ladrilho base para evitar deformações na peça recém-fabricada (Figura 110).

Figura 110 - Etapa de repouso dos ladrilhos recém-fabricados



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

h) 8ª etapa - Imersão dos ladrilhos em água por cerca de 12 horas;

Após retirar os ladrilhos das estantes, um funcionário ajudante os coloca empilhados na vertical, face superior com face superior e face inferior com face inferior, em um tanque submerso em água para que o ladrilho absorva e aconteça o processo de cura (Figura 111).

Figura 111 - Ladrilhos na etapa de hidratação das peças



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

i) 9ª etapa - Secagem das peças;

Na penúltima etapa acontece a finalização do processo de cura. Os ladrilhos são colocados em bancadas e empilhados na vertical, escorados em conjunto de quatro peças por cerca de 25 a 30 dias, em local coberto e sem incidência de luz solar, recebendo ampla ventilação, para que a secagem ocorra de forma natural, evitando a evaporação prematura da água, a fim de causar solidez e resistência no produto (Figura 112).

Figura 112 - Etapa de secagem das peças fabricadas



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

j) 10ª etapa – Acondicionamento

Para proteger a integridade física do produto, os ladrilhos hidráulicos são acondicionados em embalagens até a chegada no local de aplicação (Figura 113). As caixas feitas de papelão têm dimensões 30 x 22 x 22 cm e comportam 13 unidades. No exterior impresso nas faces há avisos de precauções, “Frágil”, informações de ordem classificatória da área correspondente (canto, barra e miolo), total de unidades por embalagem e dados gerais como endereço físico e virtual, e telefones para contato.

Figura 113 - Última etapa do processo de fabricação



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Nesta etapa, as peças constituintes do lote³¹ devem ser inspecionadas visualmente para a identificação de unidades com defeitos que possam prejudicar o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento. As peças devem

³¹ A NBR 9457 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 1) orienta que o lote deve ser formado por um conjunto de peças com as mesmas características, produzidas sob as mesmas condições de fabricação e com os mesmos materiais, cabendo ao fabricante a indicação dos conjuntos que atendam a estes requisitos. A formação do lote de fabricação deve ser limitada à produção diária ou semanal (considerar a forma de produção, manual ou mecanizada), utilizando-se o mesmo equipamento e matérias-primas

apresentar aspecto homogêneo, arestas vivas, ângulos retos, livre de rebarbas, defeitos, delaminação e descamação.

Em acordo prévio entre o fornecedor e o cliente, as peças defeituosas podem ser substituídas para reconstituir o lote adquirido. São admitidas pequenas variações de coloração nas peças do lote em virtude do processo de fabricação artesanal e da variação das matérias-primas. Após a inspeção, os ladrilhos são acondicionados na vertical, face superior com face superior (protegidos por um plástico bolha de 30 micras) e face inferior com face inferior.

7.2 Usinagem CNC e fabricação dos ladrilhos hidráulicos

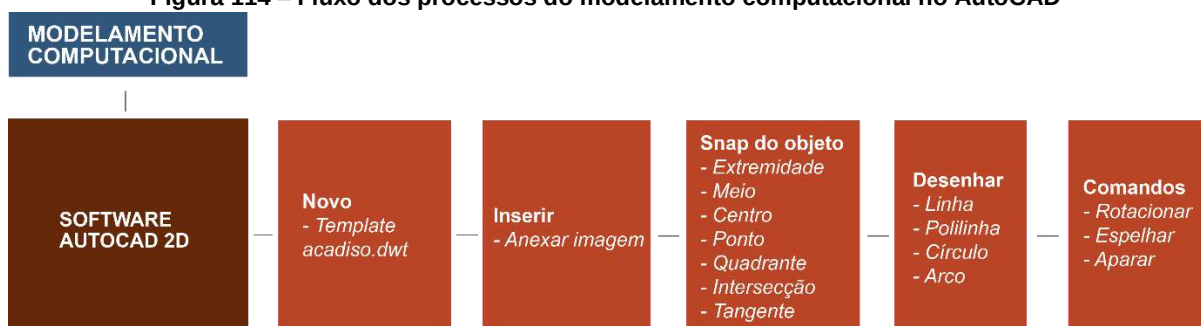
Uma vez que a viabilidade do procedimento foi confirmada, os ensaios de usinabilidade foram organizados de maneira sistemática. Desta forma, a identificação da viabilidade do procedimento e a sistematização dos testes de usinagem são fases cruciais no desenvolvimento e aprimoramento do processo de fabricação.

A etapa de usinagem do protótipo foi realizada no equipamento Scriba 2013. Já a usinagem das matrizes finais foi realizada na ROBODRILL α -T14iFLa. Para a realização das etapas de usinagem, foi necessária a realização do modelamento computacional, utilizando softwares os AutoCAD e Fusion da Autodesk.

7.2.1 Primeira etapa do modelamento computacional

A etapa de modelagem computacional no contexto descrito envolveu o uso do software utilizado na elaboração de desenhos assistidos por computador, o AutoCAD 2D da Autodesk, juntamente com as fotografias capturadas durante a vistoria da edificação e a digitalização tridimensional dos ladrilhos hidráulicos, conforme o processo descrito (Figura 114).

Figura 114 – Fluxo dos processos do modelamento computacional no AutoCAD



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O processo começou com a captura de imagens detalhadas por meio de fotografias, fornecendo informações visuais precisas. A partir da digitalização tridimensional dos ladrilhos executada anteriormente com o scanner de luz estruturada de curto alcance Artec EVA, foi possível executar algumas medições que serviram para parametrizar o desenho. Os arquivos exportados e tratados no software Geomagic Studio, possibilitaram uma visualização detalhada dos ladrilhos hidráulicos.

Com isso, foi realizado um traçado minucioso e detalhado por cima da fotografia dos ladrilhos. Essa abordagem permitiu que cada linha e contorno dos ladrilhos fossem cuidadosamente capturados, resultando em uma representação fiel aos padrões originais dos ladrilhos. O processo de desenhar por cima da foto dos ladrilhos exigiu habilidade técnica e uma compreensão profunda da composição, a fim de reproduzir com precisão os elementos visuais presentes nos ladrilhos hidráulicos.

A partir destas informações, foi definida a largura de 1,5 mm dos relevos. Para iniciar a elaboração do desenho técnico, assim, ficou estabelecido que o desenho iniciaria com as coordenadas absolutas em relação à origem no sistema cartesiano de coordenadas, ou seja, com o desenho no plano 2D, onde temos os eixos X e Y.

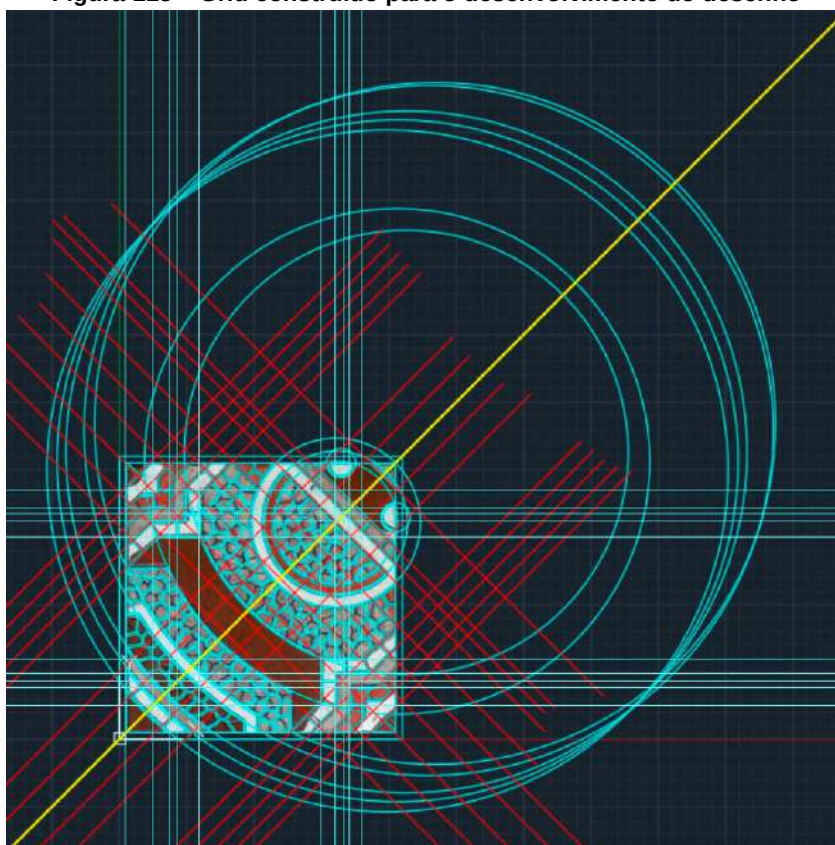
Para facilitar a execução do desenho, se fez importante habilitar algumas funcionalidades do “Snap do Objeto”, servindo para prender objetos mutualmente: pela extremidade, pelo ponto central, de forma perpendicular, tangência, pelo quadrante ou pela interseção.

A opção *Extremidade* serviu para localizar a extremidade mais próxima das formas criadas. A opção *Meio* foi útil para localizar o ponto médio dos objetos. A opção *Centro* serviu para localizar o centro dos arcos e círculos criados. A opção *Ponto* serviu para localizar um ponto exatamente sobre o objeto. A opção *Quadrante* auxiliou para localizar os quadrantes das circunferências e dos arcos, a partir dos pontos relativos aos ângulos de 0°, 90°, 180°, 270° e 360°. A opção *Intersecção* facilitou quando era necessário a localização dos pontos de intersecção entre dois objetos. Por último, a opção *Tangente* favoreceu quando era necessário localizar um ponto sobre círculos, arcos e elipses de forma que novo desenho ficasse tangenciando estes objetos.

Para o desenvolvimento dos objetos (formas), foram utilizadas as ferramentas de desenho: *Linha*, *Polilinha*, *Círculo* e *Arco*. A ferramenta *Linha* criou linhas em sequência segmentadas e independentes. Quando era necessário criar linhas com segmentos dependentes, foi utilizada a ferramenta *Polilinha*. Para criar formas circulares a partir do centro do círculo e seu raio, foi utilizada a ferramenta *Círculo* e, quando necessário, para gerar segmentos de círculo a partir do ponto inicial, centro e ponto final, foi utilizada a ferramenta *Arco*.

Para solucionar o dano do defeito de fabricação, visto durante a etapa de análise dos danos e registrado nas Fichas de Identificação de Danos, o ponto de partida foi desenvolver uma malha (*grid*) como guia para mapear com rigor e detalhamento os espaçamentos entre os elementos, mantendo o equilíbrio visual, organização e posicionamento dos elementos. Para a construção do grid, foi necessário expandi-lo para posicionar as circunferências que auxiliaram na confecção das formas circulares do desenho (Figura 115).

Figura 115 – Grid construído para o desenvolvimento do desenho



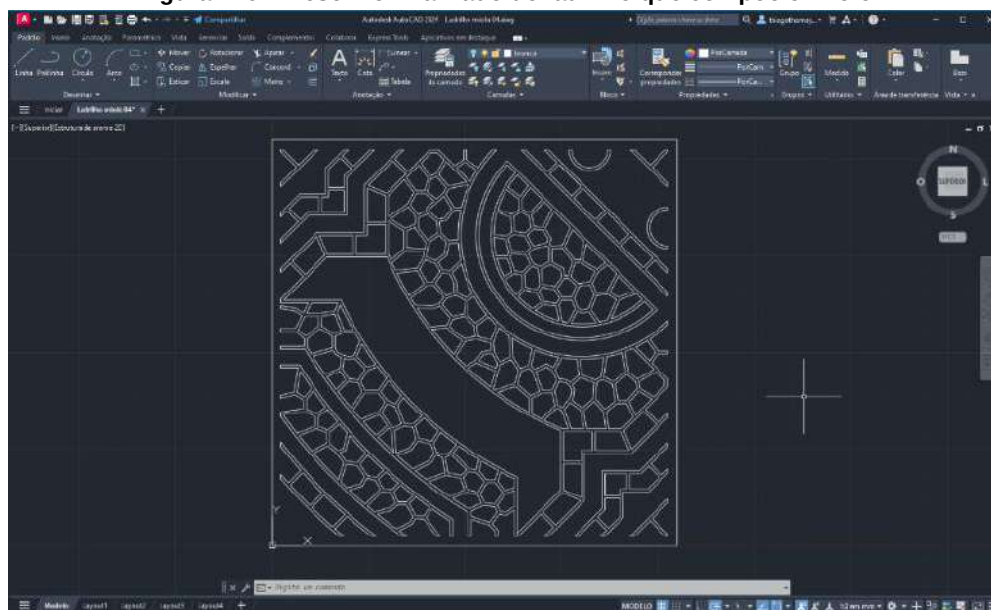
Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A construção do desenho iniciou-se com o traçado de um eixo diagonal em amarelo, o qual define a posição de espelhamento do módulo. A partir dele, foram traçadas linhas paralelas e perpendiculares com ângulo de referência de 90° em um sistema de subdivisão proporcional. Para isso, foi utilizado o comando *Rotacionar* que permite rodar um objeto em torno de um ponto dado no eixo diagonal, num determinado ângulo. No caso de formas que se repetem no módulo, como os polígonos que formam as estrelas, o comando *Espelhar* foi utilizado para criar imagens simétricas e não precisar desenhar várias vezes as mesmas figuras. O comando *Aparar* foi utilizado para eliminar as linhas desnecessárias do desenho, que porventura foram criadas. Para criar as linhas duplicadas que definiriam a espessura de 1,5 mm, foi utilizado o comando *Deslocamento*, que serviu para criar uma cópia e posicioná-la de forma paralela ao objeto original. Para criar essas paralelas, o deslocamento dessa paralela do objeto original e o lado que ela ficaria foi definido com 1,5 mm.

As formas complexas geometrizadas que compõem o preenchimento dos módulos, foram traçadas seguindo a fotografia. Para a fabricação dos ladrilhos, foi necessário criar o desenho da matriz espelhado. Isso significa que a fotografia do ladrilho precisou ser invertida horizontalmente, de modo que o padrão fosse refletido de forma simétrica. Essa inversão é fundamental para garantir que os ladrilhos produzidos apresentem o resultado fidedigno aos ladrilhos do Paço dos Açorianos. Ao

criar o desenho espelhado da matriz, foram considerados os detalhes e as características do padrão a ser reproduzido nos ladrilhos (Figura 116).

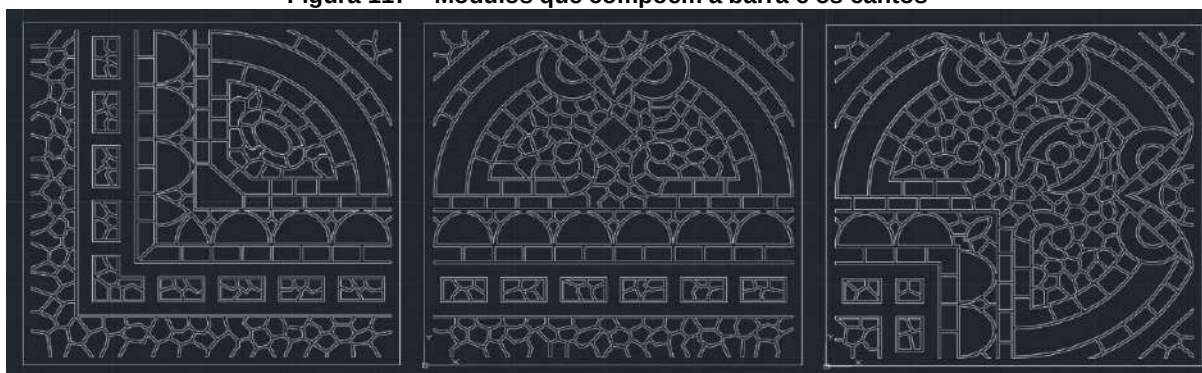
Figura 116 – Desenho finalizado do ladrilho que compõe o miolo



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A mesma sequência foi empregada no desenvolvimento dos demais módulos que compõem a barra e os cantos do conjunto de ladrilhos hidráulicos (Figura 117). A todo momento, foram sendo realizados testes para assegurar o encaixe das gravuras, para que a junção dos pontos de contato estivesse totalmente alinhada. Essa abordagem consistente garante a harmonia visual e a boa continuidade dos padrões e elementos presentes nos ladrilhos.

Figura 117 – Módulos que compõem a barra e os cantos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Ao desenhar por cima das fotos de cada módulo, foi possível manter a coerência visual e preservar a autenticidade do desenho original. Essa técnica minuciosa e cuidadosa permitiu que os detalhes de cada módulo fossem fielmente reproduzidos, mantendo a qualidade e o visual distintivo dos ladrilhos hidráulicos. Ao final do processo, obteve-se um conjunto coeso e integrado, onde cada módulo se encaixa perfeitamente em conjunto por multimódulos.

Os desenhos produzidos com as ferramentas disponíveis nos softwares CAD permitem criar desenhos altamente precisos. Em comparação com métodos tradicionais, como o uso de compasso, esquadro e outros instrumentos manuais, as tecnologias de precisão, como a usinagem, tornam quase impossível cometer erros no desenho e fabricação de uma matriz.

Anteriormente, ao criar um desenho manualmente, havia uma margem maior para erros humanos, seja na medição, na transferência das dimensões para o papel ou na execução do desenho em si. Esses erros poderiam resultar em imprecisões e distorções no padrão final dos ladrilhos.

No entanto, com o uso de softwares CAD e técnicas de usinagem de alta precisão, é possível obter desenhos perfeitos e reproduzir fielmente o padrão desejado na matriz. As ferramentas de desenho disponíveis nesses softwares permitem criar geometrias complexas, curvas suaves e detalhes precisos, garantindo a consistência e a qualidade do desenho da matriz.

Além disso, a usinagem oferece a capacidade de transformar esses desenhos digitais em realidade física com extrema precisão. As máquinas CNC utilizadas na usinagem são capazes de seguir as especificações do desenho com alta fidelidade, minimizando erros e garantindo uma matriz bem executada.

Para finalizar, os desenhos espelhados das matrizes dos quatro ladrilhos foram concluídos com sucesso. Esses desenhos foram exportados para o formato DXF e serviram como referência precisa durante o processo de fabricação dos protótipos por meio das técnicas de usinagem. Os desenhos normatizados se encontram no Apêndice B.

7.2.2 Usinagem do protótipo da Placa

Após a etapa de modelamento computacional, foi realizada uma análise de viabilidade para determinar se o processo de usinagem do protótipo é adequado para a fabricação. Ainda nessa etapa, foram considerados vários fatores, como a geometria do componente, as tolerâncias dimensionais requeridas, as propriedades do material, as capacidades da máquina CNC disponível e os recursos existentes no LIFEELAB³² da UFRGS, laboratório que deu suporte nesta fase da pesquisa.

A fim de validar os parâmetros preliminares de projeto do molde, optou-se pela prototipagem deste em uma placa de Necuron® 651 da fabricante alemã NECUMER GmbH. A escolha do material se baseia na sua fácil usinagem e a conformidade com a necessidade de resistência à compressão dos modelos, sendo a Necuron 651 indicada para tais cenários. Em razão da necessária resistência à compressão dos modelos, o fabricante recomenda a utilização da Necuron 651, por oferecer maior resistência à compressão (Figura 118).

³² O Laboratório de Inovação e Fabricação Digital da Escola de Engenharia agrega diferentes pesquisadores da UFRGS, equipado com recursos qualificados de fabricação digital para dar suporte à pesquisa básica e ao desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços. O foco do Laboratório concentra-se no uso da prototipagem nas fases iniciais de projetos.

Figura 118 - Especificações do fabricante com dados técnicos do Necuron 651

NECURON®

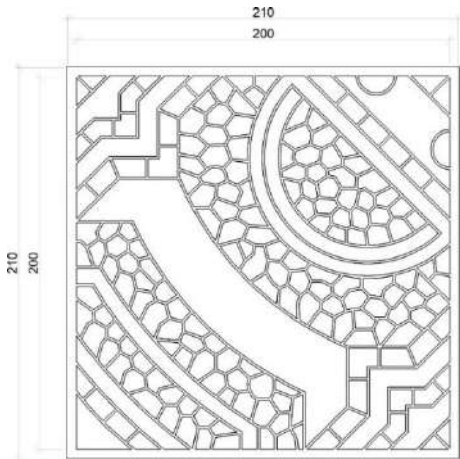
ÁREAS DE APLICAÇÃO E DADOS TÉCNICOS

NECURON®	Modelação	Controlo	Fundição	Matrizes e cópias	Produção de ferramentas	Dimensões Standard (mm)		
651	•	•	•	•	•	1500x500x50/60/75/100/130/150 1500x600x50/60/75/100/150		
Coefficiente de expansão térmica (10 ⁻⁶ K ⁻¹)	Resistência a temperatura (°C)	Shore D	Força de pressão (N/mm²)	Força de flexão (N/mm²)	Módulos de elasticidade (MPa)	Densidade (g/cm³)	Resistência a abrasão (mm³)	Necuron® Adesivo (K) Revestimento (V)
40	65	70	25	27	-	0,70	-	K6/K8N

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Nessa etapa, foi escolhido o ladrilho com o padrão de miolo para a fabricação da matriz, devido à sua predominância e maior quantidade no salão de entrada do Paço dos Açorianos. O molde foi projetado como um paralelepípedo de 210 x 210 x 50 mm, com o perfil negativo do ladrilho de 200 x 200 mm na face principal. As folgas laterais de 10 mm servem para alocar o quadro assentado no molde durante a fabricação da peça final (Figura 119).

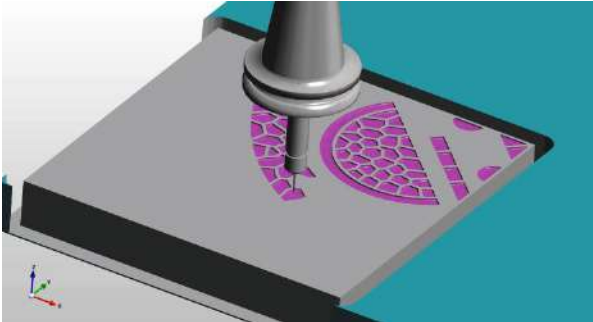
Figura 119 - Desenho da matriz com cotas de medição



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O protótipo foi fabricado através do desenho 2D feito no AutoCAD que foi exportado para formato DXF, apropriado para diversos processos de fabricação. A máquina utilizada para a usinagem foi uma router CNC Scriba 2013.

Figura 120 – Simulação da usinagem CNC da peça ensaiada



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Confirmada a viabilidade do processo, foi feita a sistematização dos ensaios de usinabilidade. Isso envolveu a definição de uma estratégia de usinagem, que inclui parâmetros de corte, como velocidade de corte, avanço e profundidade de corte, além da seleção das ferramentas de corte adequadas. Os parâmetros de usinagem foram preparados e simulados no software ArtCAM Express, que calcula os caminhos a serem percorridos pela ferramenta na fresadora CNC conforme o projeto do modelo, o material utilizado e o equipamento em questão (Figura 120).

O material foi fixado sobre a mesa da fresadora, por meio de fitas dupla face de alto desempenho, 3M® VHB. As ferramentas utilizadas para o processo de usinagem foram de 1 mm com ponta esférica e 10 mm com ponta reta (Figura 121). Para o uso de cada ferramenta, é feito a troca manual. O técnico responsável retira o cabeçote para fazer a substituição das fresas. Todo o processo foi feito em três etapas: desbaste, corte e acabamento.

Figura 121 - Ferramentas utilizadas



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Para a execução da etapa de desbaste foi utilizada a fresa de topo reto de 10mm. Nesta etapa, a ferramenta se desloca seguindo uma trajetória retilínea, perpendicular ao eixo de rotação da máquina, planificando e promovendo o faceamento da superfície.

Tabela 4 - Parâmetros de usinagem da etapa de desbaste

Ferramenta	Reta - 10 mm diâmetro
Velocidade de Avanço	30 mm/s
Velocidade de Mergulho	5 mm/s
Velocidade de Rotação	15.000 rpm
Passo Lateral	5 mm
Tolerância	0,01 mm
Profundidade Total	48 mm
Tempo de Usinagem	7 min

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O tipo de perfil utilizado foi "Ao longo", o que significa que a ferramenta se desloca rotacionando no sentido horário para facear a superfície. Assim, foi determinada a profundidade final 0,1 mm, com tolerância de 0,01 mm. A direção do corte foi estabelecida como concordante (Tabela 4).

Em seguida, foi feito o corte nas laterais da chapa de Necuron para formar o bloco de 210 x 210 mm, utilizando a mesma ferramenta de topo reto de 10 mm reta.

Tabela 5 - Parâmetros de usinagem da etapa de corte externo do bloco

Ferramenta	Reta - 10 mm diâmetro
Avanço	30 mm/s
Velocidade de Mergulho	5 mm/s
Velocidade de Rotação	15.000 rpm
Tolerância	0,01 mm
Profundidade Total	48 mm
Tempo de Usinagem	22 min

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O tipo de perfil utilizado para esta fase de corte do bloco foi "fora", o que significa que a ferramenta se deslocou para cortar por fora da dimensão determinada (210 x 210 mm). Assim, foi determinada a profundidade final 49,9 mm, com tolerância de 0,01 mm. A direção do corte foi estabelecida como concordante (Tabela 5).

Na etapa de acabamento, sendo a etapa de usinagem do topo que formou o desenho do ladrilho, foi utilizada a fresa de topo esférico com 1 mm de diâmetro e ângulo de 0,5°.

Tabela 6 - Parâmetros de usinagem da etapa de acabamento

Ferramenta	Esférica - 1 mm diâmetro
Avanço	40 mm/s
Velocidade de Mergulho	5 mm/s
Velocidade de Rotação	18.000 rpm
Passo Lateral	0,10 mm
Tolerância	0,01 mm
Profundidade Total	48 mm
Tempo de Usinagem	2h 28min

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O tipo de perfil utilizado para esta fase de acabamento superior foi "Ao longo", o que significa que a ferramenta se desloca estrategicamente rotacionando no sentido horário, com o ponto inicial estabelecido e direcionado de dentro para fora. Assim, foi determinada a profundidade final 1 mm, com tolerância de 0,01 mm. A parametrização da medida da profundidade foi obtida por meio da digitalização tridimensional. A direção do corte foi definida como concordante (Tabela 6).

Figura 122 - Protótipo da matriz em processo de confecção



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O tempo de usinagem total foi de 2 horas e 57 minutos (Figura 122). Não foi contabilizado o tempo utilizado para a troca manual de ferramentas, ficando essa a cargo da disponibilidade do técnico operador da máquina.

Figura 123 - Protótipo finalizado da matriz



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Conclui-se que a usinagem do protótipo permitiu criar uma matriz funcional que serviu como referência para a produção em escala dos ladrilhos, assegurando a reprodução precisa dos padrões e detalhes necessários (Figura 123). Para verificação se o protótipo está em conformidade, foram feitos testes na Fábrica de Mosaicos de Pelotas.

7.2.3 Colorimetria

Para realizar uma análise comparativa das cores dos ladrilhos hidráulicos do hall do Paço dos Açorianos com o mostruário da Fábrica de Mosaicos, objetivando a seleção das cores para a etapa de fabricação, fez-se uso de um equipamento de medição de cor, o colorímetro da Delta Color (Figura 124). O Colorímetro Colorium funciona em conjunto com o Software Lab7. Segundo o fabricante, as medições são indiferentes ao local e condições de luz (DELTA COLOR, 2023).

Figura 124 - Colorímetro Colorium



Fonte: Delta Color, 2023.

A fim de aprimorar a compreensão do procedimento utilizando equipamentos de medição, é essencial investigar o papel crucial do colorímetro nesse contexto. Para alcançar esse objetivo, é fundamental compreender o conceito de mapeamento de cor e o processo de detecção a ele relacionado.

A Comissão Internacional de Iluminação - CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage* - organização internacional cujo trabalho baseia-se no uso de luz e cor) conduziu estudos para determinar a intensidade de cada cor presente no espectro visível, utilizando três cores primárias: verde, azul e vermelho. Por meio desses estudos, foi possível mapear todas as cores e representá-las graficamente em três curvas (XYZ). Esse avanço permitiu o desenvolvimento de dispositivos de medição de cor, capazes de capturar e calcular os valores triestímulos correspondentes (DELTA COLOR, 2022).

O colorímetro é um dispositivo composto por uma fonte de luz interna e três sensores que filtram as cores azul, verde e vermelha. Utilizando matrizes matemáticas, esse sistema é capaz de medir a quantidade de luz refletida pela amostra e converter os dados para o espaço de cores XYZ, buscando assim uma representação semelhante à percepção visual humana (DELTA COLOR, 2022).

Para validar o procedimento adotado, o fabricante do colorímetro sugere que seja realizada a medição da amostra e armazená-la como “padrão”. Em seguida realizar a medição novamente como “amostra”. O ideal é que a diferença de cor (ΔE) entre essas medições seja de no máximo 20% do valor adotado para a tolerância. Caso a variação entre a medição de uma mesma amostra seja maior do que este percentual sobre a tolerância, então é provável que o procedimento não seja preciso ou consistente (DELTA COLOR, 2023).

Para efetuar a análise comparativa entre a coloração dos ladrilhos do Paço dos Açorianos (Figura 125) e as tonalidades presentes no catálogo de cores da Fábrica de Mosaicos (Figura 126), o colorímetro mediu um padrão pré-determinado (o mostruário de cor da Fábrica de Mosaicos), juntamente com a amostra em questão (um ladrilho da prefeitura), permitindo assim avaliar a variação de medição (delta) entre ambas. Desse modo, foi possível verificar se a cor da amostra se encontra dentro da tolerância pré-estabelecida de 1,5.

Figura 125 – Uso do colorímetro nos ladrilhos do Paço



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Figura 126 – Colorímetro utilizado no mostruário da Fábrica de Mosaicos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Ao realizar as medições, o colorímetro forneceu os Deltas da medição no sistema de cores CIE $L^*a^*b^*$. A CIE desenvolveu métodos para representar as cores numericamente e um desses métodos é o sistema de medição cromática Lab (Figura 127).

Figura 127 – Dados do padrão mensurado com o colorímetro

Dados do padrão

Nome da Cor*: Marrom 2

Cliente:

Código:

Fornecedor:

Cor do Padrão

Medir Importar Apagar

Tolerância: 1,5 Válido até: 03/05/2024

D65/10°	
L*	57,08
a*	17,23
b*	21,89
C	27,86
h	51,79

Comparações

Pesquisa:

Lote	OP	Data/Hora

Fórmula do padrão

Item	Quantidade (mg)

Item: Quant.: Retornar Adicionar Remover

Calcular Quant. total: Calcular

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O software de edição gráfica Photoshop possui recursos automatizados que permitem a conversão do sistema de cores Lab para outros sistemas (Figura 128), como o sistema de cores RGB (baseado na luz e formado pelas cores Vermelho - *Red*, Verde - *Green* e Azul - *Blue*) e o sistema de cores CMYK (baseado em pigmentos e composto pelas cores Ciano, Magenta, Amarelo - *Yellow* e Preto - *Black*).

Figura 128 - Conversão dos sistemas de cores pelo Photoshop

Seletor de Cores (Cor do Primeiro Plano)

OK Cancelar

Adicionar a amostras

Bibliotecas de Cores

novos atual

H: 17° S: 23% B: 44%

R: 112 G: 93 B: 86

L: 42 a: 10 b: 9

C: 59% M: 68% Y: 65% K: 11%

705d56

☐ Somente Cores da Web

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Fez-se importante realizar esta conversão, para obter os códigos da cor de cada sistema e garantir a visualização correta das mesmas, tanto em dispositivos eletrônicos que utilizam o sistema RGB, assim como também para suportes impressos que se utilizam do sistema CMYK (Tabela 7).

Tabela 7 – Cores mensuradas com o colorímetro dos ladrilhos do Paço e seus sistemas de cores

NOME DA COR	MATIZ	SISTEMAS DE CORES									
		Lab			RGB			CMYK			
Laranja		66	40	35	212	128	101	7	66	61	0
Chocolate		57	17	21	160	124	102	39	58	63	0
Cinza Escuro		68	3	16	174	162	137	36	35	49	0
Azul Escuro		50	-7	-9	114	119	132	66	53	42	0
Bronze		70	15	37	198	159	107	22	43	66	0
Branco Sujo		99	-3	5	250	254	242	5	0	9	0
Caramelo		90	0	50	243	224	133	7	15	60	0

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

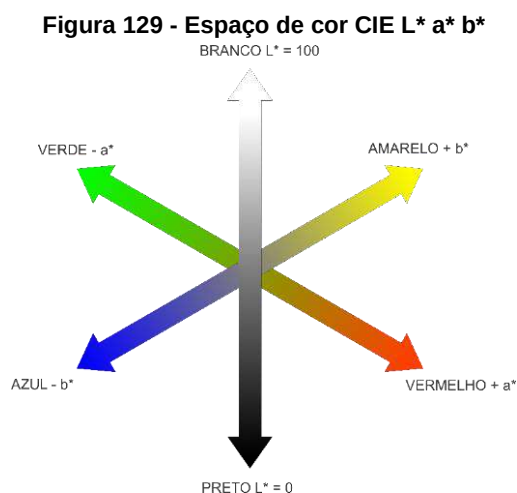
O mesmo procedimento foi realizado no mostruário de cores da Fábrica de Mosaicos. Foram mensuradas as 30 cores disponíveis no catálogo e convertidas para os sistemas RGB e CMYK. Após a medição, foi realizada a análise comparativa entre os padrões e as amostras, feitas no software do colorímetro, o Lab7 (Tabela 8).

Tabela 8 - Cores mensuradas com o colorímetro do mostruário de cores da Fábrica de Mosaicos e seus sistemas de cores

NOME DA COR	MATIZ	SISTEMAS DE CORES									
		Lab			RGB			CMYK			
01 Branco		99	-5	3	247	255	246	7	0	8	0
02 Creme		99	-3	2	249	254	248	5	0	5	0
03 Cinza		94	-3	4	236	239	229	11	5	14	0
04 Amarelo		89	-3	67	239	222	98	11	13	77	0
05 Laranja		65	35	28	202	131	110	14	63	56	0
06 Salmão		60	37	26	192	119	104	18	68	58	0
07 Vermelho Claro		58	44	25	190	104	98	18	76	58	0
08 Vermelho Escuro		56	27	15	166	115	109	34	66	54	0
09 Chocolate		59	13	15	160	132	116	42	52	55	0
10 Cinza Escuro		64	3	7	160	152	142	42	38	43	0
11 Verde Médio		70	-4	19	172	171	138	39	28	51	0
12 Verde Água		94	-21	14	216	249	210	27	0	29	0
13 Verde Escuro		59	-5	6	137	143	131	55	38	51	0
14 Azul Escuro		64	-7	-22	133	159	191	61	31	18	0
15 Azul Claro		62	2	-58	107	151	250	72	43	0	0
16 Rosa		79	27	16	232	175	166	0	43	29	0
17 Terracota		60	25	26	178	126	101	29	61	63	0
18 Bronze		76	3	30	200	183	133	25	28	56	0
19 Preto		20	-2	0	50	53	52	83	77	70	44
20 Uva		63	19	3	174	139	146	33	51	34	0
21 Branco Sujo		99	-5	10	250	255	233	6	0	14	0
22 Caramelo		86	3	55	235	210	114	10	21	69	0
23 Amarelo Esverdeado		99	-10	34	253	255	187	8	0	37	0
24 Azul Pastel		95	-18	-5	215	252	250	27	0	10	0
25 Azul Cobalto		73	-49	-43	51	204	255	87	0	12	0
26 Verde Claro Forte		80	-27	17	170	211	166	48	0	48	0
27 Chumbo		69	-1	0	166	167	167	41	30	31	0
28 Rosa Forte		73	50	21	240	138	142	0	64	32	0
29 Rosa Pastel		96	5	-2	248	238	245	0	11	0	0
30 Azul Esverdeado		66	-8	-3	148	163	164	52	28	34	0

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Para compreender os resultados obtidos com a análise comparativa, é importante entender sobre as siglas $L^*a^*b^*$ C^* h^* e seus significados – L^* eixo principal (preto = 0 ao branco = 100); a^* (verde [-] ao vermelho [+]) e b^* (azul [-] ao amarelo [+]). C^* representa a saturação e h^* a tonalidade. Quanto maior os valores de L^* significam que cores mais claras, consequentemente, valores menores indicam cores mais escuras. Os valores de L^* vão de 0 a 100 e os valores de a^* e b^* vão de -128 a 127 (Figura 129).

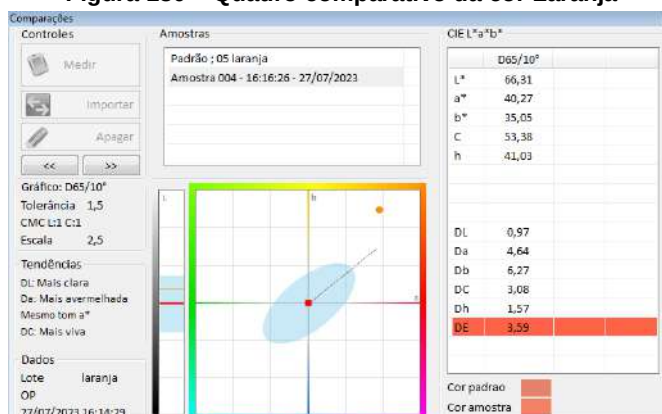


Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Em posse dos valores de diferença de cor é possível que se estabeleça valores de limite de aceitação, a chamada tolerância colorimétrica. Essa tolerância varia para cada indústria, conforme a aceitação do cliente que ela atende (DELTA COLOR, 2023).

Para a presente análise, foi estabelecida uma tolerância de 1,5. Como o fabricante indica que a tolerância não deve ultrapassar 20%, o valor máximo de tolerância pode chegar a 1,8. A partir do valor estipulado, foi realizada a comparação do padrão (mostruário da fábrica) anteriormente mensurado com a amostra (ladrilhos do Paço), conforme a indicação do fabricante do colorímetro. As cores dos ladrilhos do Paço dos Açorianos que obtiveram maior semelhança com o mostruário foram: 05 Laranja, 09 Chocolate, 10 Cinza Escuro, 14 Azul Escuro, 18 Bronze, 21 Branco Sujo e 22 Caramelo.

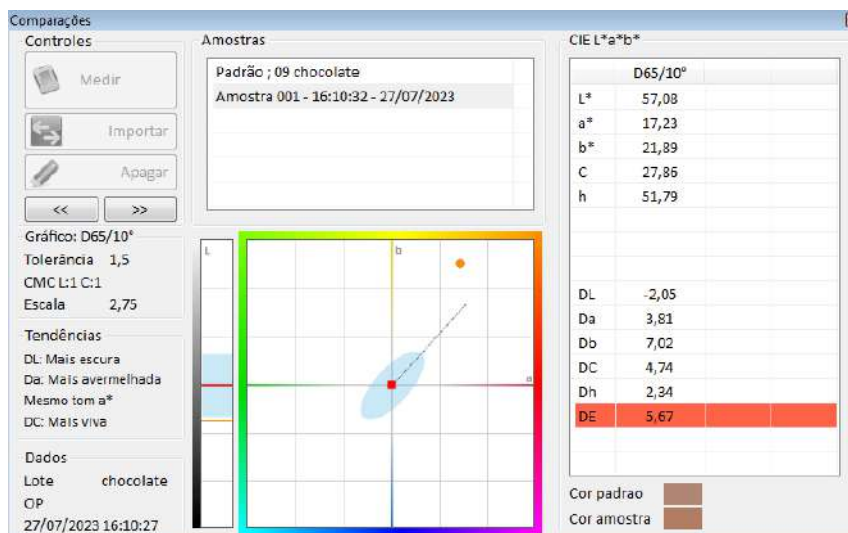
Figura 130 – Quadro comparativo da cor Laranja



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na comparação da cor 05 Laranja, a escala de tolerância foi 2,5, estando 1 ponto acima da porcentagem estabelecida. Fazendo a leitura dos dados, constatou-se que a amostra se apresentou o valor L^* mais claro e o a^* mais avermelhado. Já o b^* possui o mesmo tom. O C^* apresentou-se com uma cor mais viva, ou seja, mais saturada (Figura 130).

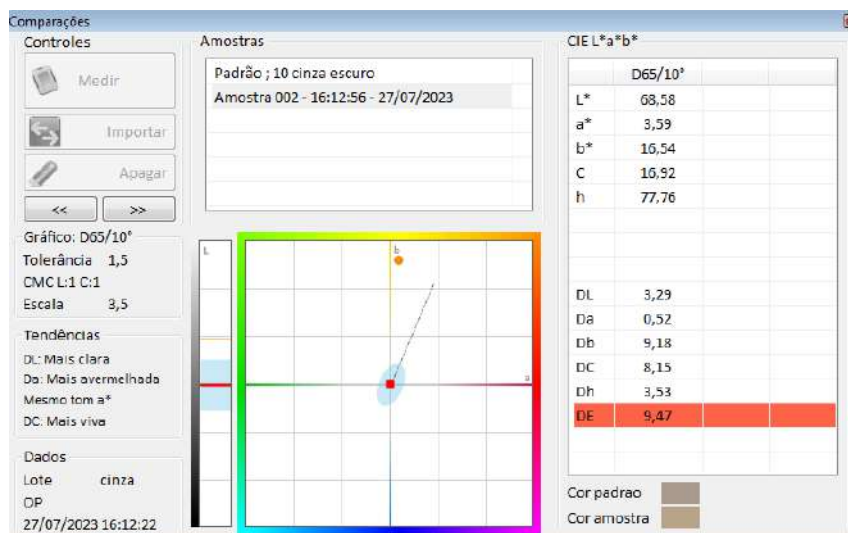
Figura 131 - Quadro comparativo da cor Chocolate



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na comparação da cor 09 Chocolate, o valor obtido ultrapassou a escala de tolerância, marcando 5,25. Porém, diante das cores do mostruário da Fábrica, esta é a que mais se assemelha a cor dos ladrilhos do Paço dos Açorianos, por isso, a mesma foi selecionada. Fazendo a leitura dos dados, constatou-se que a amostra apresentou o valor L^* mais claro em comparação ao padrão e o a^* mais avermelhado. Já o b^* se apresentou com o mesmo tom. O C^* que representa a saturação mostrou que a amostra possui a cor mais viva (Figura 131).

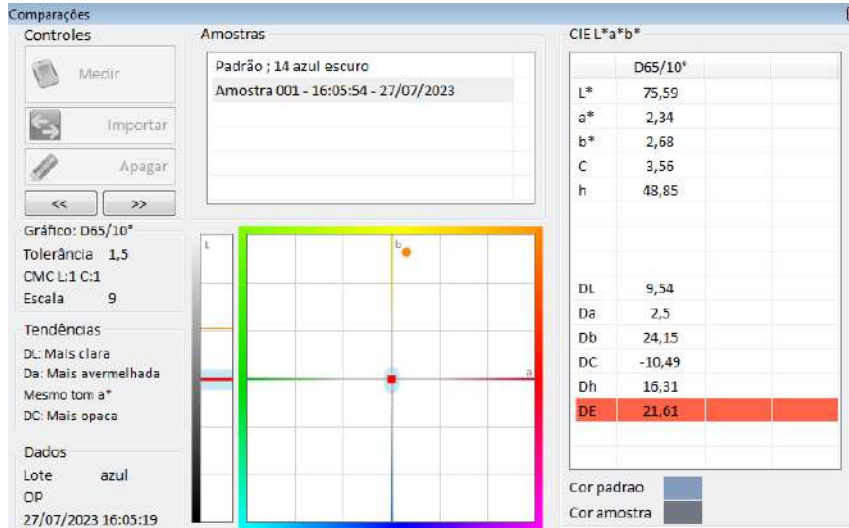
Figura 132 - Quadro comparativo da cor Cinza Escuro



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na comparação da cor 10 Cinza Escuro, a escala de tolerância foi 3,5, estando 2 pontos acima da porcentagem estabelecida. Fazendo a leitura dos dados, constatou-se que a amostra apresentou o valor L^* mais claro, a^* mais avermelhada, b^* mesmo tom e C^* mais vivo (Figura 132).

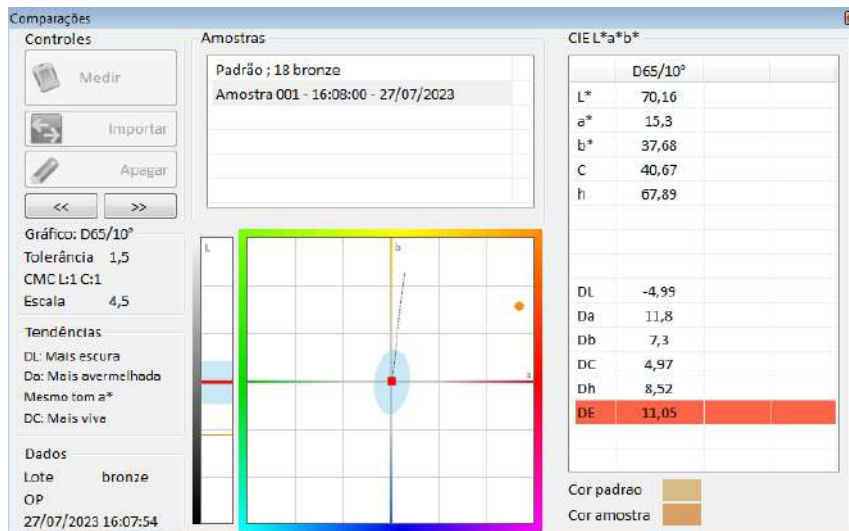
Figura 133 - Quadro comparativo da cor Azul Escuro



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na comparação da cor 14 Azul Escuro, a escala de tolerância foi 9. Dentre as cores selecionadas, esta foi a tonalidade na qual o valor obtido ultrapassou demasiadamente a escala de tolerância, porém, diante das cores do mostruário da Fábrica é a que mais se assemelha a cor dos ladrilhos do Paço dos Açorianos, por isso, a mesma foi selecionada. Fazendo a leitura dos dados, constatou-se que a amostra apresentou o valor L^* mais claro, a^* mais avermelhada, b^* com o mesmo tom de a^* e C^* mais opaca (Figura 133).

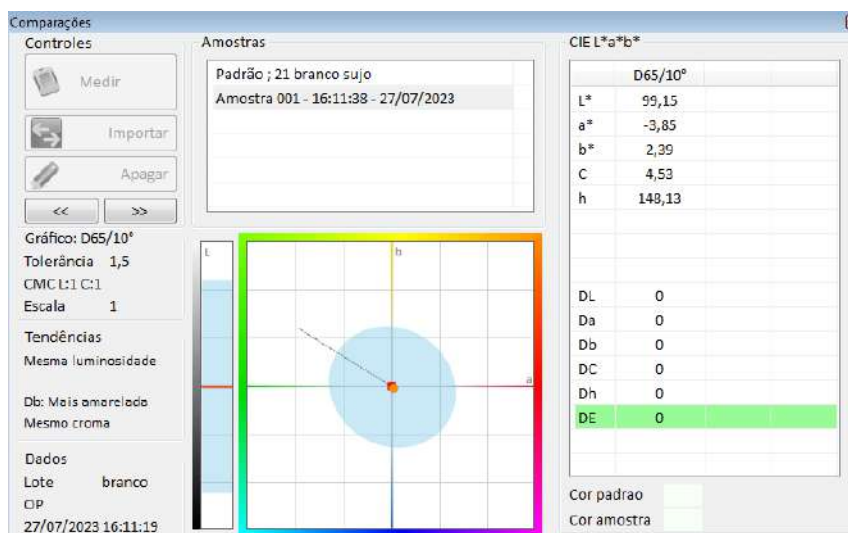
Figura 134 - Quadro comparativo da cor Bronze



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na comparação da cor 18 Bronze, a escala de tolerância foi 4,5 estando 3 pontos acima da porcentagem estabelecida. Fazendo a leitura dos dados, constatou-se que a amostra apresentou o valor L^* mais escuro, a^* mais avermelhada, b^* mesmo tom de a^* e C^* mais vivo (Figura 134).

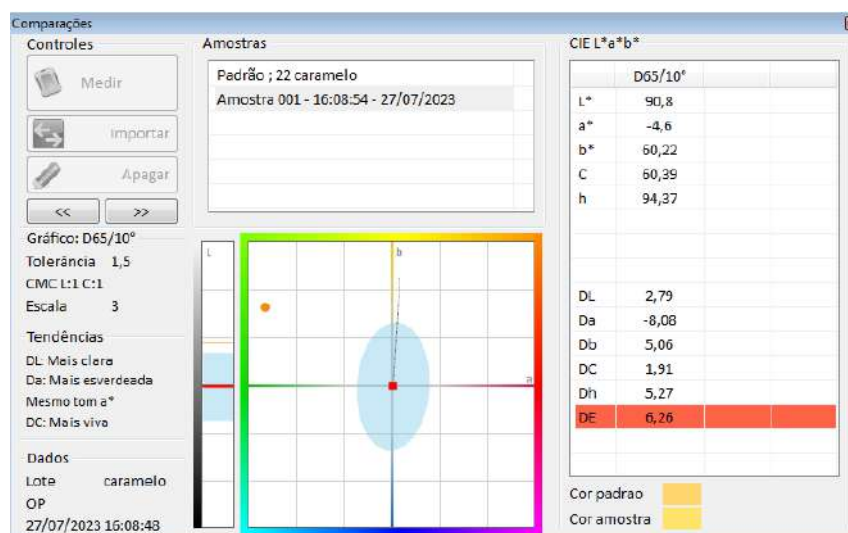
Figura 135 - Quadro comparativo da cor Branco Sujo



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na comparação da cor 21 Branco Sujo, a escala de tolerância foi 1, estando dentro da porcentagem estabelecida e sendo a única tonalidade com alta compatibilidade. Fazendo a leitura dos dados, constatou-se que a amostra apresentou o valor L^* e a^* com mesma luminosidade, b^* mais amarelado e C^* com mesmo croma (Figura 135).

Figura 136 - Quadro comparativo da cor Caramelo



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Por último, na comparação da cor 22 Caramelo, a escala de tolerância foi 3 estando 1,5 acima da porcentagem estabelecida. Fazendo a leitura dos dados,

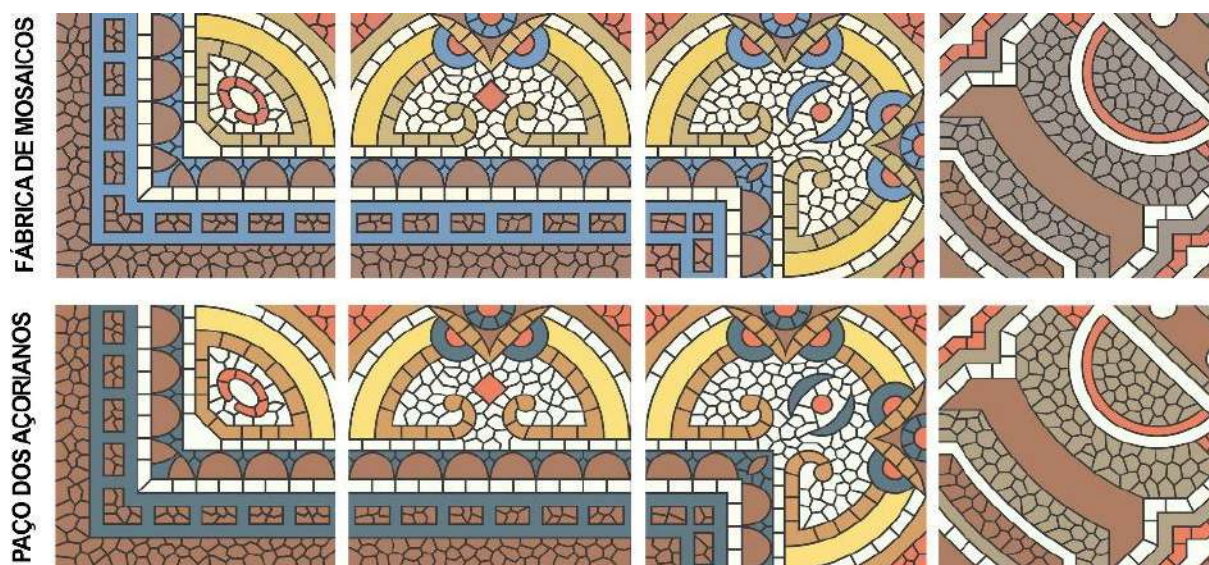
constatou-se que a amostra apresentou o valor L^* mais claro, a^* mais esverdeado, b^* mesmo tom de a^* e C^* mais vivo (Figura 136).

Segundo a norma ASTM (2017), o brilho pode influenciar a percepção das cores e resultar em erros muito dispendiosos. Da mesma forma, os efeitos do metamerismo geométrico, se não forem levados em consideração nas observações de avaliação, resultarão em incompatibilidades de cores.

Dessa forma, entende-se que mensurar e avaliar as cores dos ladrilhos da prefeitura se mostrou uma tarefa complexa, visto que o dano do amarelamento, as sujidades e o excesso de brilho das ceras aplicadas ao longo dos anos para dar polimento a superfície, pode dar imprecisão na cor, podendo deixar os matizes mais saturados e com menos luminosidade (Figura 137).

Para obter a cor exata, seria necessário executar um processo de lixamento para chegar a uma camada mais aprofundada e livre de danos. Sendo assim, seria possível realizar um estudo com a elaboração de variados corpos de prova a partir das misturas dos pigmentos da Fábrica de Mosaicos, para então, alcançar a tonalidade mais compatível, porém, por estarmos tratando de um bem integrado a um imóvel patrimonial tombado, tal ação não é viável. A decisão em utilizar um colorímetro, reforça a escolha de utilizar métodos indiretos de captura de dados que não acarretem mais danos ao patrimônio.

Figura 137 - Cores aplicadas nos ladrilhos feitos pela Fábrica de Mosaicos e os do Paço dos Açorianos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

7.2.4 Testagem do protótipo

Após usinado o protótipo em Necuron®, foram realizados testes na Fábrica de Mosaicos, para verificar o comportamento do material em relação à compressão e se a desenformagem, ou seja, a extração do ladrilho da matriz se dará de maneira eficiente. Os testes foram realizados no dia 12 de abril de 2023, no período da tarde, por um ladrilheiro indicado pelo proprietário da Fábrica, sendo um funcionário com elevado tempo de experiência na empresa.

Primeiramente, foi aplicado o desmoldante (mistura de óleo de linhaça com querosene) com o auxílio de um pincel em toda a superfície do protótipo da matriz. Após besuntar toda a região, é inserido o Quadro que fica repousado por cima da matriz, para então, serem despejados os pigmentos (Figura 138).

Figura 138 – Aplicação do desmoldante



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na fabricação de ladrilhos do tipo externo com relevos, não é necessário uso de um molde (gabarito utilizado para delimitar os espaços dos pigmentos), comumente utilizado na fabricação de ladrilhos lisos para áreas internas. Para isso, o ladrilheiro vai despejando os pigmentos e vai ajustando com um pincel pequeno (Figura 139).

Figura 139 – Inserção dos pigmentos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Após a inserção dos pigmentos, são despejadas as misturas de areia e cimento seco para preparação das camadas de assentamento. Em seguida, é finalizada a montagem do bloco para prensagem (Figura 140).

Figura 140 – Despejo das camadas de cimento e areia para preparação da prensagem



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Inicialmente, o ladrilheiro foi dosando de maneira empírica a quantidade de toneladas, pois a prensa não tem um medidor, por isso, ele foi apertando o botão em pequenos intervalos, para verificar se o material resistiria à compressão.

Em seguida, vem a etapa de desenformagem. A maneira como as peças são extraídas do molde é por gravidade, ou seja, o ladrilheiro inclina a matriz para que a peça venha se desprender (Figura 141).

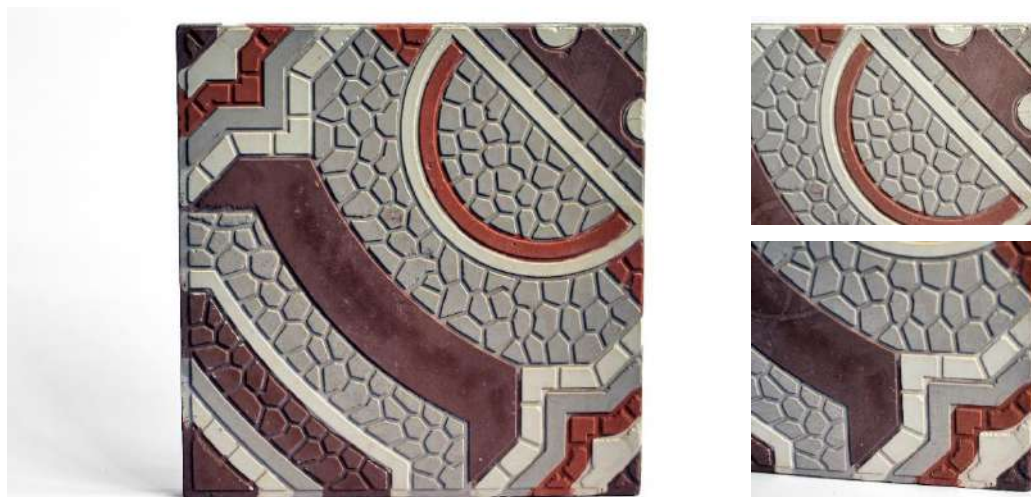
Figura 141 – Extração do ladrilho da matriz



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Apesar do protótipo demonstrar uma grande estabilidade dimensional e resistência à compressão de 45 toneladas da prensa, houve a absorção de quantidades residuais de umidade dos pigmentos, o que dificultou a etapa de desenformagem. Com isso, pequenas partes ficaram ligadas a matriz, mesmo utilizando o óleo desmoldante (Figura 142).

Figura 142 – Ladrilho prototipado



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Outra característica que dificultou a desmoldagem das peças, foi a ausência de um ângulo de saída, visto que, apenas o arredondamento de 0,5 mm das arestas não foi o suficiente.

O ângulo de saída³³ é um recurso dado às paredes laterais de moldes para que a peça fabricada possa ser extraída com mais facilidade. Além dos ângulos de saída, fatores como área de contato, polimento e uso de desmoldantes influenciam na extração da peça fabricada do molde.

Conforme sugerido por Harada (2008), uma prática recomendada para facilitar a remoção do produto do molde é a inclusão de conicidade adequada em todas as superfícies perpendiculares à linha de separação do molde. De acordo com essa recomendação, é aconselhável projetar as paredes com um ângulo de conicidade que varie de 0,5° a 1° em cada lado. Além disso, de acordo com Manrich (2005), a escolha do ângulo de conicidade também pode depender das propriedades do material utilizado. Para polímeros cristalinos, recomenda-se uma conicidade mínima de 0,5°, enquanto para polímeros amorfos, uma conicidade mínima de 1,5° é preferível.

Essas diretrizes são fundamentais no processo de projeto e fabricação de moldes, uma vez que a inclusão adequada de conicidade nas superfícies perpendiculares pode influenciar significativamente na facilidade de ejeção do produto final, bem como na qualidade e eficiência do processo de moldagem por injeção.

Para a elaboração da matriz definitiva, foi decidido empregar um ângulo de 2 graus. Essa parametrização foi alcançada em conjunto com uma empresa de usinagem local, que sugeriu essa angulação mais elevada em contraste com o padrão convencional para polímeros injetados em moldes que utilizam métodos de extração por ar comprimido, placa impulsora ou placa extratora.

³³ Harada (2008) se refere a esse ângulo como "conicidade", enquanto Manrich (2005) o denomina como "ângulo de saída" ou "ângulo de extração". Esses termos são utilizados de maneira intercambiável para descrever a inclinação das superfícies perpendiculares às linhas de separação do molde, os quais desempenham um papel crucial na facilitação da remoção do produto final do molde.

Para assegurar uma continuidade mais efetiva do desenho, foi feita uma análise em conjunto com a Fábrica, avaliando a possibilidade de retirar a borda do ladrilho e implementar essa melhoria na matriz. Essa decisão visou eliminar qualquer interrupção ou descontinuidade no padrão durante a produção, permitindo que o desenho se estendesse de forma mais suave e homogênea ao longo da superfície do ladrilho. Com a retirada da borda, conseguimos alcançar uma estética mais integrada e aprimorada no resultado dos ladrilhos produzidos. Essa parceria com a Fábrica foi fundamental para garantir que a matriz fosse adaptada de maneira a otimizar o processo de fabricação e alcançar uma maior fidelidade ao desenho original do ladrilho do salão de entrada do Paço dos Açorianos.

Outro aspecto visto, foi a dificuldade do ladrilheiro em manter a definição do desenho. É evidente que, por se tratar de um produto com características artesanais, cada peça tem marcas indiciais do processo de fabricação manual, porém, visando a melhoria do processo, foi verificada a possibilidade da confecção de um molde para servir como gabarito, auxiliando na inserção dos pigmentos e acelerando a fabricação.

Com base nos resultados da usinagem do protótipo e após a sua testagem junto à Fábrica de Mosaicos, foram feitas as avaliações necessárias para determinar a eficiência do processo de usinagem, identificar possíveis problemas e definir melhorias necessárias do modelo usado para a fabricação final da matriz.

7.2.5 Avaliação da geometria do protótipo

Após a usinagem do protótipo da matriz e dos testes realizados na Fábrica de Mosaicos de Pelotas, foram escaneados em conjunto um dos ladrilhos fabricados e a própria matriz. Os dados gerados pela digitalização tridimensional a laser com o Artec EVA possibilitaram a análise dos resultados obtidos durante a fabricação das peças, comparando os ladrilhos ensaiados com os instalados na prefeitura, além de comparar também com a matriz, realizando a análise de desvio geométrico.

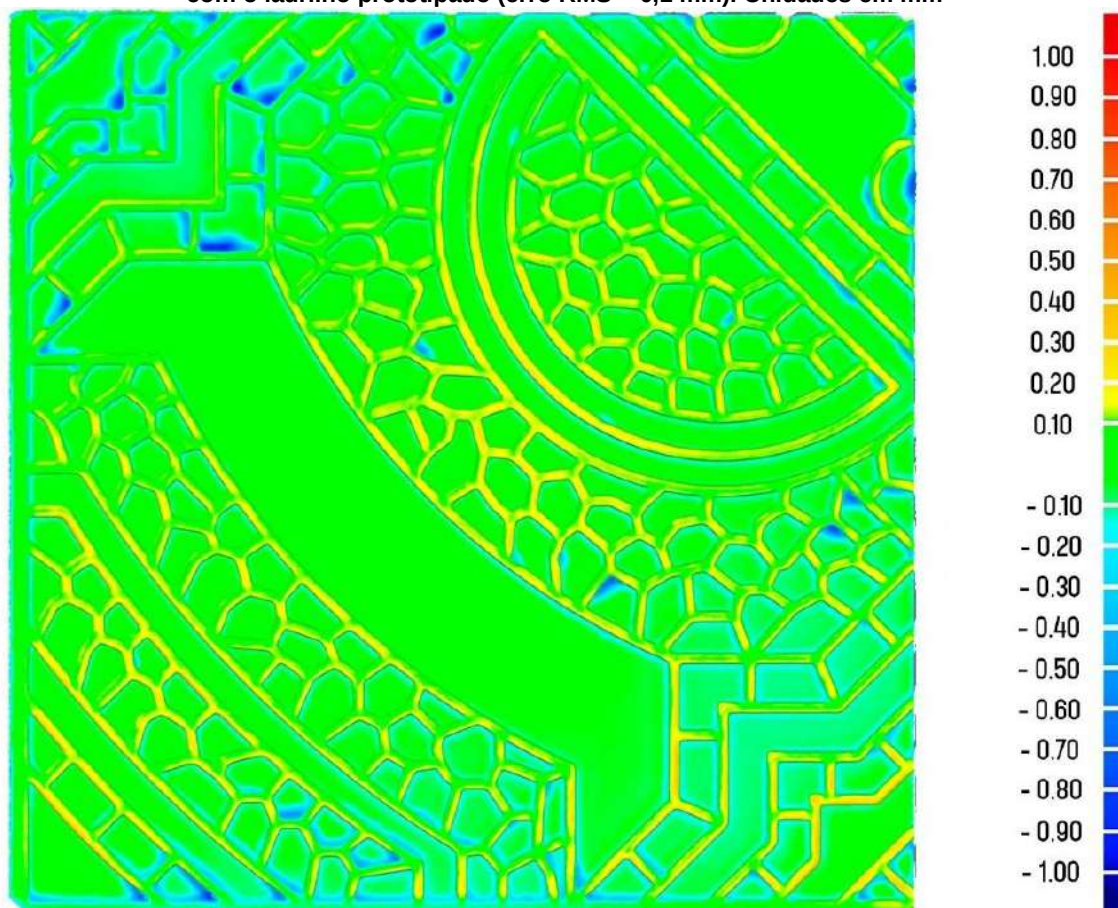
Para realizar o ajuste das superfícies, empregou-se o software Geomagic Studio. A avaliação da geometria das peças escaneadas foi feita com a utilização do software Geomagic Qualify. No processo, foi computada uma superfície média, a qual se estabeleceu entre as digitalizações postas em análise. Desse modo, as áreas em tons de azul denotam os pontos situados abaixo, enquanto as regiões em tons avermelhados indicam os pontos acima dessa superfície. Além disso, a coloração verde assinala as zonas onde não foram identificadas discrepâncias dimensionais significativas, nesse contexto, aquelas inferiores ou superiores a 0,10 mm.

A primeira imagem (Figura 143) apresenta a análise de desvio geométrico do ladrilho prototipado em relação à matriz usinada. Observa-se que a imagem gerada é predominantemente verde, com o erro RMS³⁴ de 0,10 mm, porém, em algumas regiões houve erros dimensionais em azul e amarelo. As áreas em azul tratam-se das quebras ocorridas durante o processo de fabricação do ladrilho, ou até mesmo durante o transporte das peças. Os desvios positivos máximos (0,20 mm), em pequena

³⁴ O erro RMS (do inglês, *Root Means Square*) é a raiz do erro quadrático médio, que é uma estimativa estatística da precisão.

quantidade (amarelo) ocorreram nos relevos, o que indica que pode ter havido contração no material após a cura.

Figura 143 - Análise dimensional da matriz usada em comparação com o ladrilho prototipado (erro RMS = 0,1 mm). Unidades em mm

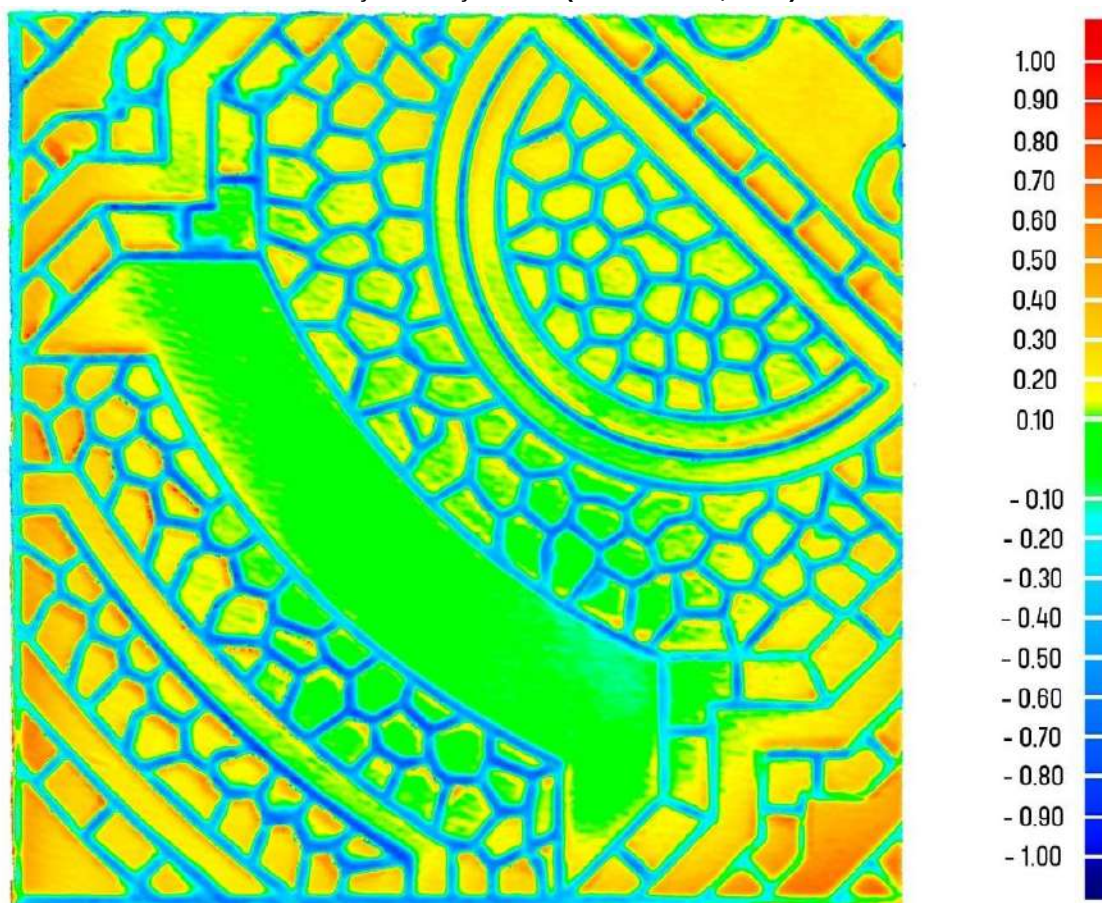


Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A segunda análise (Figura 144), comparando o ladrilho prototipado com um módulo de um ladrilho do Paço dos Açorianos apresentou variações dimensionais mais relevantes, com erro RMS de 0,30 mm. A análise evidenciou as modificações realizadas no desenho que visou o melhoramento da continuidade dos grafismos e da precisão das formas. As zonas em azul evidenciam a padronização da profundidade dos relevos (1 mm), enquanto as áreas em vermelho representam os ajustes realizados no desenho.

Em relação aos desvios dimensionais da segunda análise, para mais (vermelho) e para menos (azul), esses eram esperados em relação às ajustagens realizadas no desenho. Além disso, o processo de fabricação artesanal dos ladrilhos confere a cada peça características indiciais que propicia singularidade ao produto. Assim, a partir das informações obtidas, partiu-se para as etapas de modelamento computacional tridimensional para fabricação das matrizes finais.

Figura 144 - Análise dimensional do ladrilho prototipado em comparação com um ladrilho do Paço dos Açorianos (erro RMS = 0,3 mm). Unidades em mm



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

7.2.6 Segunda etapa do modelamento computacional

Nesta etapa, foram projetados os modelos tridimensionais das matrizes tendo como referência a sua concepção final, ou seja, uma base quadrada com um conjunto de perfis protuberantes a uma mesma altura e possuindo ângulo de saída nesses perfis, além de arredondamento em todas as arestas. Os padrões bidimensionais de cada ladrilho, criados no AutoCAD, foram utilizados como base para a produção dos modelos tridimensionais que possibilitarão a fabricação das matrizes via usinagem CNC.

O software utilizado para tal tarefa foi o Fusion 360 e a escolha deste se baseou no fato dele ser um software gratuito para o uso educacional, além de oferecer uma interface simples e dinâmica. Os projetos foram parametrizados dentro do software, desta forma, todas as dimensões envolvendo características técnicas da matriz final, como ângulo de saída, raio de arredondamento e dimensões finais foram salvas como variáveis dentro do projeto, facilitando alterações e melhorias futuras.

Figura 145 - Fluxo dos processos do modelamento computacional no Fusion 360



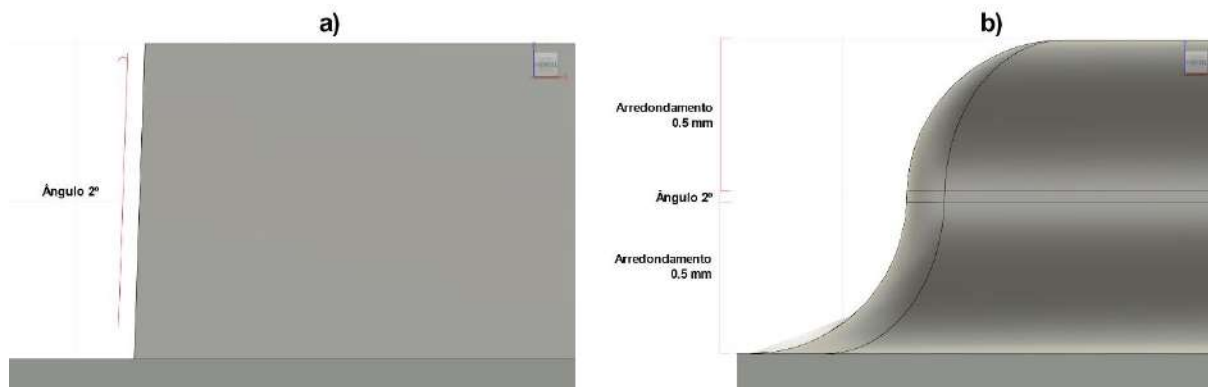
Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O processo de desenvolvimento dos modelos tridimensionais das matrizes seguiu fases análogas (Figura 145). Os perfis de cada ladrilho foram exportados no formato DXF e importados dentro do Fusion 360, e embora seja possível a importação via DWG (formato específico para AutoCAD) o arquivo DXF foi escolhido por ser um tipo de arquivo de intercâmbio que pode ser lido por diversas plataformas além de ocupar menos espaço de armazenamento. Com os desenhos abertos, foi realizada uma revisão para confirmar a não existência de possíveis falhas geométricas como perfis abertos oriundos de arestas não coincidentes, além de falta de tangência entre linhas e curvas de uma mesma aresta, a fim de evitar incongruências geométricas no momento da extrusão do ângulo de saída. É importante notar a necessidade de realizar essa revisão dentro da plataforma de desenho tridimensional, pois é ela quem possui as ferramentas mais adequadas para validar essas propriedades, além de ser possível a realização de testes simultâneos à revisão. Com os desenhos revisados podemos passar para a extrusão da base e dos perfis protuberantes da matriz.

A extrusão consiste em duas etapas: primeiramente a extrusão da base da matriz e posteriormente dos perfis protuberantes. A base é um quadrado formado pela borda do perfil, e a altura da extrusão foi definida por dois fatores, a altura final desejada da matriz e a altura das protuberâncias. Como a altura final já está definida em 30 mm, a altura da base fica parametrizada à altura da protuberância. Como a matriz é, na prática, um negativo do ladrilho, cada perfil protuberante quando impresso no cimento resultou em um canal da peça final, por isso, a altura de extrusão é na prática a profundidade dos canais do ladrilho que neste caso é igual a 1 mm. A altura das protuberâncias já define por sua vez a altura da base, sendo $30 - h = 30 - 1 = 29$ mm. As correlações criadas entre as dimensões permitem uma fácil alteração do modelo final em caso de melhorias futuras ou alterações do projeto.

Dito isto, é importante explicar que o ângulo de saída foi introduzido no momento da extrusão das protuberâncias (Figura 146), e este também é um parâmetro do desenho definido em -2° em relação ao eixo normal à base da matriz. Uma característica importante nessa etapa é a tangência entre todas as linhas curvas que formam uma mesma aresta, pois como já citado anteriormente, é no momento da angulação da face formada por esta aresta que podem surgir incongruências geométricas. Com as extrusões executadas, foi possível partir para a finalização do projeto.

Figura 146 - Etapas realizadas após a extrusão. (a) inserção do ângulo de 2°; (b) arredondamento de 0.5 mm

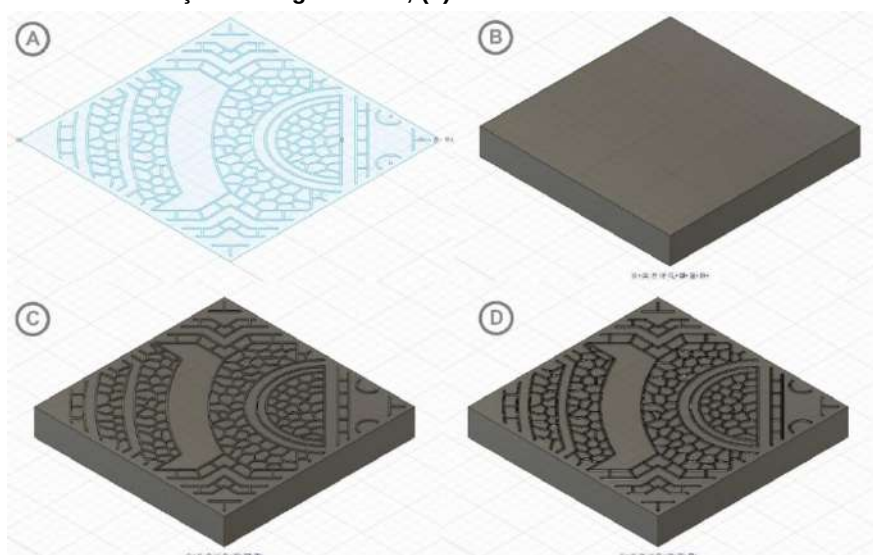


Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na etapa final foram introduzidos os arredondamentos nas arestas da matriz, que possuem tanto uma função estética final do ladrilho como também função primordial no momento da fabricação deste, que é evitar o acúmulo de matéria-prima na superfície da matriz. Com base no raio padrão definido 0,5 mm, por ser o menor raio das ferramentas disponíveis para usinagem, o procedimento adotado foi de aplicar este em todas as arestas da peça, além de ser usada o tipo de arredondamento de canto por junção esférica, a fim de garantir a fluidez e a tangência entre todas as arestas.

O procedimento de execução se baseou em selecionar todas as faces a serem unidas pelo método escolhido e executar essa tarefa de uma única vez, garantindo a agilidade e rapidez no desenho, além de novamente garantir a parametrização, mantendo todo o procedimento de arredondamento uniformemente guiado pela variável raio, que neste caso é igual a 0,5 mm. Com os arredondamentos finalizados, o desenho da matriz está pronto para ser exportado ao software CAM para a execução da usinagem (Figura 147).

Figura 147 – Sequência das tarefas realizadas: (a) Importação do desenho; (b) extrusão do bloco; (c) inserção do ângulo de 2°; (d) arredondamento das arestas



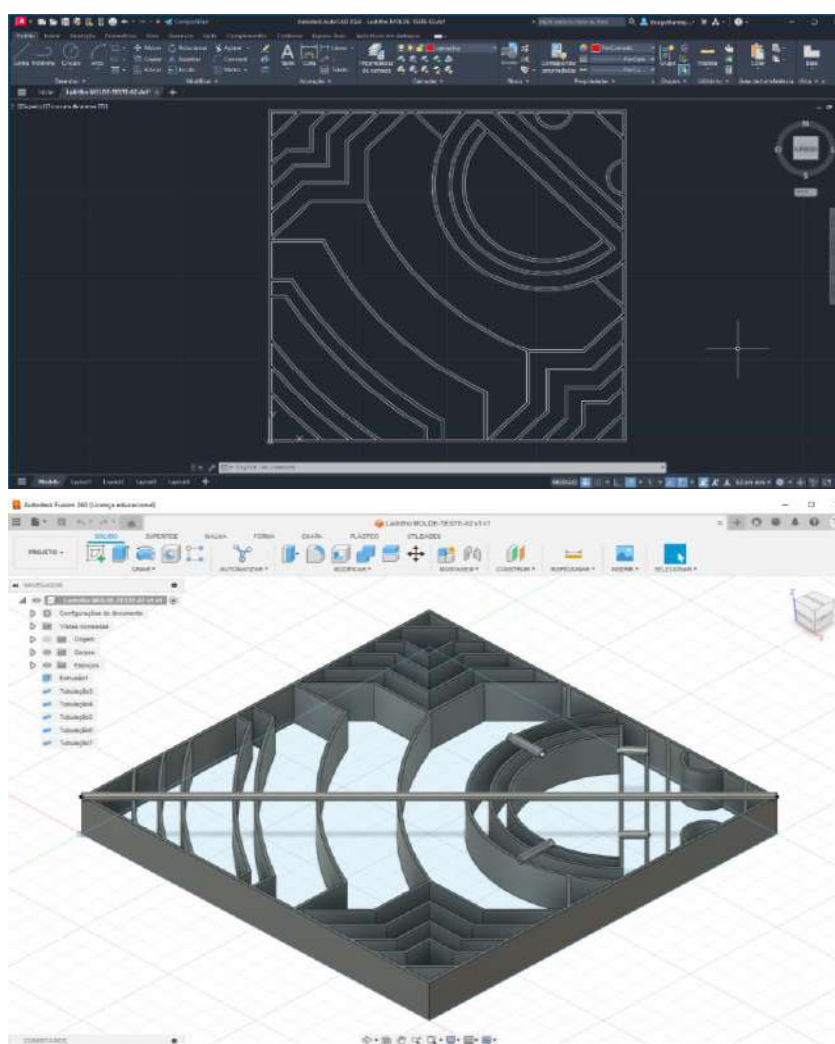
Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

7.2.7 Impressão 3D do Molde

A fim de garantir uma uniformidade no processo de pigmentação dos ladrilhos, além de acelerar esta fase da fabricação, a partir das observações realizadas na etapa de testagem do protótipo, foi projetado um molde delimitador de cores por região, cuja função é ser um gabarito.

O projeto deste molde foi orientado a um design simples e de fácil fabricação via impressão 3D, desta forma facilitando sua prototipagem. O molde consiste na extrusão em paredes finas das linhas de contorno que separam diferentes cores do ladrilho (Figura 148 a) e com estas paredes unidas por uma haste em comum (Figura 148 b).

Figura 148 – Modelagem 2D no AutoCAD (a); Modelagem 3D no Fusion 360 (b)



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Seguindo o mesmo procedimento, foram realizadas as modelações dos demais moldes. Cada molde consiste na extrusão em paredes finas que delimitam as linhas de contorno e todas essas paredes são unidas por uma haste em comum. Essa abordagem permitiu uma produção eficiente dos moldes, assegurando a precisão e

consistência necessárias para a pigmentação dos ladrilhos de forma uniforme e padronizada.

A peça final foi prototipada em PLA, utilizando a tecnologia por fabricação de filamento fundido (FFF), no equipamento CR-200B da Creality, do LDSM da UFRGS (Figura 149). O PLA foi selecionado, tendo em vista a facilidade da impressão 3D com este material em razão da baixa ocorrência de defeitos finais como delaminação ou descolamento da peça da mesa de impressão. O filamento utilizado foi o PLA de 1,75 mm de espessura, na cor branca.

Figura 149 – Impressora 3D CR-200B da Creality do LDSM da UFRGS



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A área para impressão do equipamento é de 200x200x200 mm, porém, devido a margem de segurança, o fabricante desenvolveu a mesa aquecida com 10 mm a mais para cada extremidade. Por esse motivo, foi necessário planejar alterações na configuração para encaixar nas dimensões do equipamento, usando o software UltiMaker Cura que é um aplicativo de fatiamento de código aberto para impressoras 3D. Nele foi criada uma “nova” versão da impressora CR-200B onde suas dimensões da área de impressão foram alteradas para 205x205x200 mm (Figura 150).

Figura 150 - Imagem das medidas e especificações da impressora(a); Imagem das medidas e especificações da impressora alteradas (b)

Machine Settings

Thiago Ladrilho

Printer

Printer Settings

X (Width) 205.0 mm

Y (Depth) 205.0 mm

Z (Height) 200.0 mm

Build plate shape Rectangular

Origin at center ☐

Heated bed ☒

Heated build volume ☐

G-code flavor Marlin

Start G-code

```
; Thiago Custom Start G-code
G92 E0 ; Reset Extruder
G28 ; Home all axes
G1 Z2.0 F3000 ; Move Z Axis up little to prevent
G1 X0.1 Y20.0 Z0.3 F5000.0 ; Move to start position
G1 X0.1 Y200.0 Z0.3 F1500.0 E15 ; Draw the first
G1 X0.4 Y200.0 Z0.3 F5000.0 ; Move to side a little
G1 X0.4 Y20.0 Z0.3 F1500.0 E30 ; Draw the second line
G92 E0 ; Reset Extruder
G1 Z2.0 F3000 ; Move Z Axis up little to prevent
```

Extruder 1

Printhead Settings

X min -26 mm

Y min -32 mm

X max 32 mm

Y max 34 mm

Gantry Height 25.0 mm

Number of Extruders 1

Apply Extruder offsets to GCode ☒

End G-code

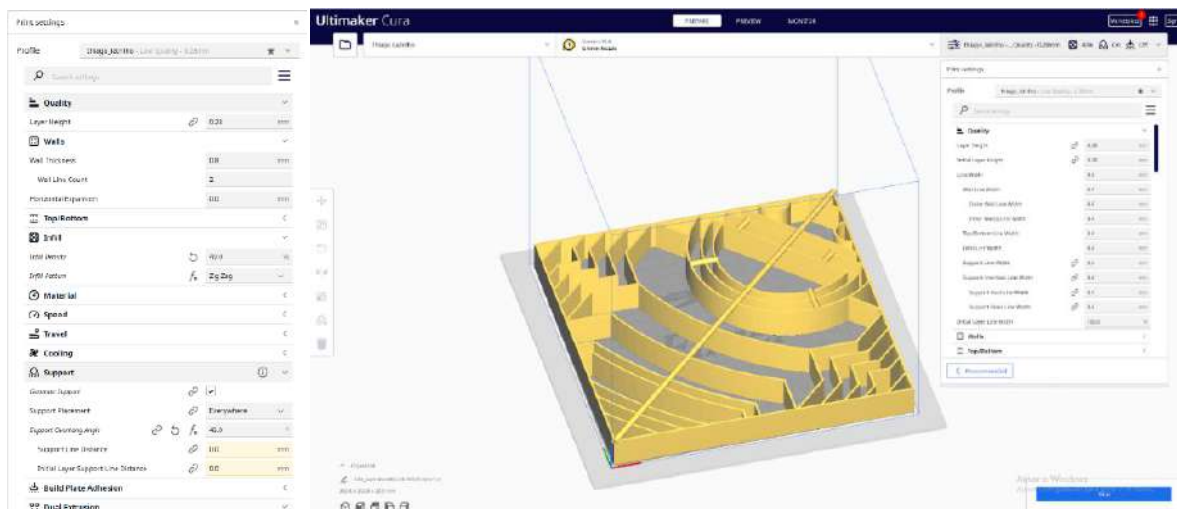
```
G91 ;Relative positioning
G1 E-2 F2700 ;Retract a bit
G1 E-2 Z0.2 F2400 ;Retract and raise Z
G1 X5 Y5 F3000 ;Wipe out
G1 Z10 ;Raise Z more
G90 ;Absolute positioning

G1 X0 Y(machine_depth) ;Present print
M106 S0 ;Turn-off fan
M104 S0 ;Turn-off hotend
```

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Com essas alterações, notou-se que a impressão agora não se encontraria no centro da mesa de impressão, estando com seu ponto de fabricação mais à esquerda. Com isso, tornou-se possível fabricar a peça usando os parâmetros previamente testadas para gerar o molde com precisão e resistência necessárias, sendo os parâmetros de camadas de 0,28 mm de espessura, com 2 camadas de piso, 3 camadas de parede e 3 camadas de topo, com preenchimento do tipo zigue-zague de 40% à temperatura de 200 °C (Figura 151).

Figura 151 - Especificações para impressão no Ultimaker Cura 5.4



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Uma tomada de decisão importante foi a definição de qual seria a orientação da impressão, mantendo suas hastes de apoio sempre viradas para cima, facilitando com que os suportes assim fossem projetados sem preenchimento, auxiliando na remoção do insumo da mesa aquecida (Figura 152).

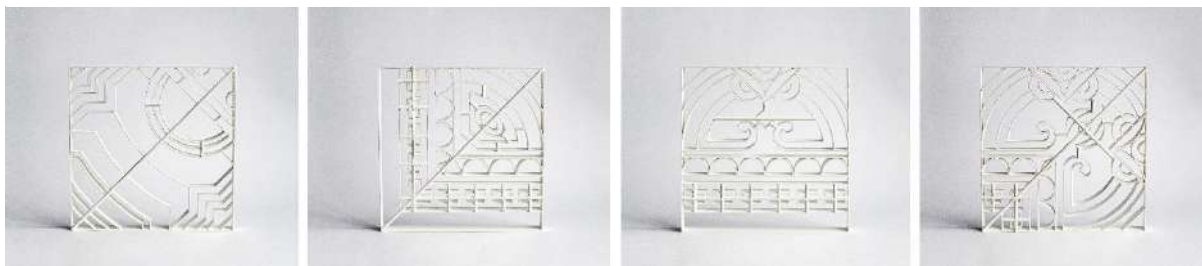
Figura 152 – Molde em processo de impressão



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Por fim, os moldes impressos foram submetidos a um acabamento superficial, passando por um processo de limpeza e lixamento para remover quaisquer suportes e imperfeições. Esse procedimento visa garantir que os moldes estejam em condições ideais para a produção das peças desejadas, assegurando a qualidade do processo (Figura 153).

Figura 153 – Moldes impressos finalizados



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

7.2.8 Usinagem da Matriz (Placa) em aço

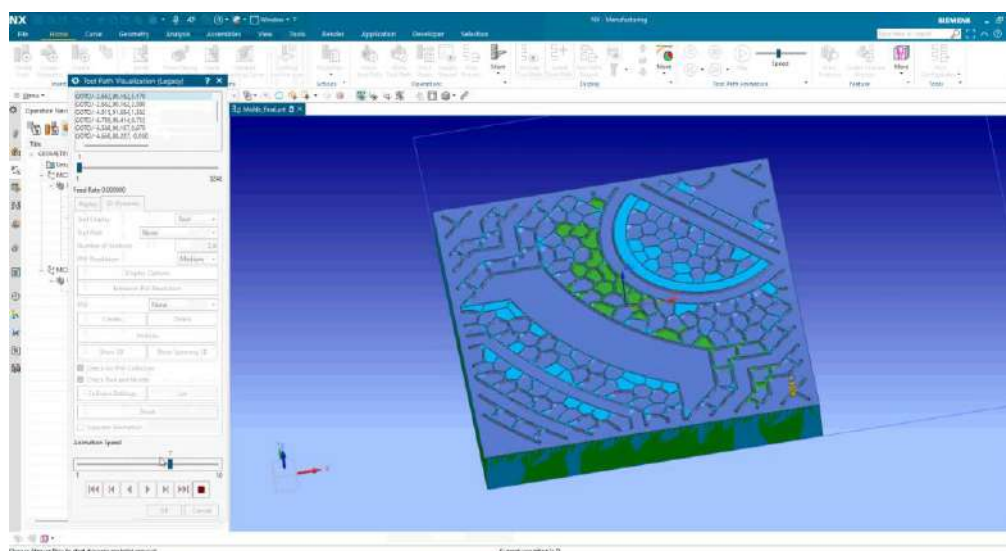
A etapa de usinagem da matriz em aço foi executada pela iMER. Situada em Porto Alegre, a empresa trabalha na fabricação de insumos para a indústria, em diversos materiais.

Com o desenho final de matriz já validado e aprimorado após a fabricação do protótipo, foi executada a fabricação de uma peça final com base na segunda etapa do modelamento computacional. A peça foi fabricada em Aço SAE 1045, e a escolha deste material se baseou essencialmente em dois pontos, o fato de já ser o material das matrizes utilizadas na Fábrica de Mosaicos, ser um material de fácil acesso no mercado, além da sua boa usinabilidade.

Na etapa de fabricação das matrizes, empregamos o modelo 3D criado no software Fusion 360. Esse modelo tridimensional foi minuciosamente desenvolvido e, posteriormente, exportado para o formato IGES, que é amplamente utilizado para a transferência de dados geométricos entre diferentes sistemas de CAD/CAM.

A programação foi realizada no software NX Manufacturing da Siemens, possibilitando simular a usinagem, observando os percursos das ferramentas e o acompanhamento da forma da peça (Figura 154), bem como estimar o tempo necessário para o processo.

Figura 154 - Simulação da usinagem CNC da peça ensaiada



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Figura 155 - Centro de usinagem ROBODRILL α-T14iFLa FANUC



As fichas de processos para a fabricação das quatro matrizes estão disponíveis no Apêndice C, onde foram minuciosamente documentadas todas as etapas do processo de usinagem. Cada ficha contém informações detalhadas, como o tempo de usinagem, a data em que o processo foi realizado, as ferramentas utilizadas, o material empregado e outras informações pertinentes ao setor de produção da iMER (Figura 156).

Figura 156 - Ficha de processos para a fabricação da matriz

[illegible]

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

As etapas utilizadas no processo de usinagem consistiram em desbaste do topo e acabamento. O bloco de aço foi inserido no centro de usinagem com suas dimensões cortadas previamente, sendo 210 x 210 x 30 mm

Sendo assim, a ferramenta utilizada para o processo de desbaste do topo foi a de 10 mm reta. Já para a etapa de acabamento, foram utilizadas as ferramentas de topo esférico de 1 mm, 2 mm e 4 mm (Figura 157). Para o uso de cada ferramenta, a troca foi feita de maneira automática.



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Após a usinagem da primeira matriz, que compõe o miolo do tapete de ladrilhos hidráulicos (Figura 158), foi constatado que, embora o aço 1045 seja comumente utilizado nas placas da fábrica de mosaicos, a iMER identificou a possibilidade de utilizar um aço mais adequado para a fabricação das demais matrizes. Nesse contexto, foi decidido que as outras matrizes seriam fabricadas com aço P20 (Figura 159).

Figura 158 – Primeira matriz usinada com o aço 1045, referente ao miolo



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Figura 159 – Matrizes referentes aos cantos e a barra, usinadas em aço P20



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O aço P20 é um aço para trabalho a quente com boa usinabilidade. Sua composição e propriedades o tornaram o material selecionado para a fabricação das matrizes para os ladrilhos.

Ao optar pelo aço P20 para as outras matrizes, a iMER relatou a busca por maximizar a durabilidade, precisão e eficiência do processo de usinagem. Esse aço possui maior resistência ao desgaste e maior estabilidade dimensional em altas temperaturas, o que pode resultar em matrizes de maior qualidade e desempenho, proporcionando ladrilhos com acabamentos mais precisos.

7.2.9 Validação das matrizes

Com as melhorias realizadas na etapa de modelação tridimensional e implementadas na usinagem final das matrizes em aço, fez-se necessário a testagem para validação, tanto das Placas usinadas, quanto do Molde impresso em 3D.

Para isso, os procedimentos adotados seguem a mesma sequência da etapa de testagem do protótipo, sequência esta comum ao processo de fabricação do ladrilho hidráulico.

O processo foi iniciado com a preparação dos pigmentos selecionados, referentes as cores do mostruário, sendo elas: 05 Laranja, 09 Chocolate, 10 Cinza Escuro, 14 Azul Escuro, 18 Bronze, 21 Branco Sujo e 22 Caramelo. Os pigmentos foram elaborados pelo ladrilheiro responsável também pelos testes realizados com o protótipo e armazenados em recipientes adequados, em quantidades necessárias para a realização dos experimentos (Figura 160).

Figura 160 – Preparação dos pigmentos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O procedimento de preparação da massa pigmentada segue uma fórmula padrão para cada tonalidade, que está documentada e disponível na fábrica para consulta. A medição dos ingredientes foi realizada com o uso de uma caneca. Normalmente, são utilizadas duas medidas de cimento para cada medida de pó de mármore. A adição de água foi sendo feita gradualmente seguindo uma abordagem empírica. Para a obtenção das tonalidades desejadas, foi utilizado o cimento branco na mistura da cor 05 Laranja, 18 Bronze, 21 Branco Sujo e 22 Caramelo, enquanto nas cores 09 Chocolate, 10 Cinza Escuro e 14 Azul Escuro foi utilizado o cimento cinza.

Em seguida, é feita a montagem do bloco para inserção dos pigmentos. Este bloco é composto pela Placa (matriz) usinada, o Quadro e o Molde (gabarito) impresso em 3D (Figura 161).

Figura 161 – Preparação das ferramentas



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Primeiramente, foi feita a limpeza do Molde, Placa e Quadro com o auxílio de um pincel largo e macio. Em seguida, foi aplicado óleo desmoldante na Placa para facilitar o processo de extração do ladrilho, usando outro pincel largo e macio. A mistura utilizada para o óleo desmoldante é composta por 2% de óleo de linhaça e 98% de querosene.

Nesta fase, é criada a camada superior, composta por cimento Portland branco ou cinza, pigmentos, pó de mármore e água. Com os pigmentos preparados anteriormente, após realizado o encaixe de todas as partes, se inicia a inserção dos pigmentos nas partes definidas pelo Molde, seguindo o desenho definido.

Após inseridas as quatro cores, rapidamente, é retirado o Molde para que a definição dos contornos se mantenha uniforme. Conforme relato do ladrilheiro responsável pela confecção dos ladrilhos, o Molde facilitou e otimizou o tempo do processo de colocação da massa pigmentada (Figura 162).

Figura 162 – Inserção dos pigmentos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023

Retirado o Molde, se inicia a inserção do secante (combinação de areia grossa e cimento) para absorção da umidade da massa pigmentada, depois é introduzida uma camada de argamassa (pó de pedra, cimento e areia fina, previamente misturados e peneirados) para formar a camada de assentamento que fica em contato com o contrapiso. A quantidade de secante e de argamassa a ser utilizada é determinada de forma empírica, baseada na experiência do ladrilheiro (Figura 163).

Figura 163 – Inserção da argamassa



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Após a conclusão desse processo, o conjunto formado pela Placa e pelo Quadro é selado com a Tampa, preparando-o para a etapa subsequente de prensagem. É importante ressaltar que esse conjunto tem um peso aproximado de 25 kg. Durante a etapa de prensagem do conjunto, é utilizada uma prensa hidráulica para comprimir o material. O processo envolve o movimento rápido do bloco até o compartimento do eixo da prensa. Em seguida, foi acionado o botão para iniciar a operação. Durante essa etapa, aproximadamente 45 toneladas de peso são distribuídas sobre o conjunto. A operação de prensagem é curta, durando cerca de 5 segundos (Figura 164).

Figura 164 – Prensagem do conjunto



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Durante a etapa de extração do ladrilho recém-prensado e compactado, foram removidas a Tampa e o Quadro para liberação do ladrilho da Placa. Para facilitar esse processo, é utilizada outra peça de ladrilho curado como base (Figura 165).

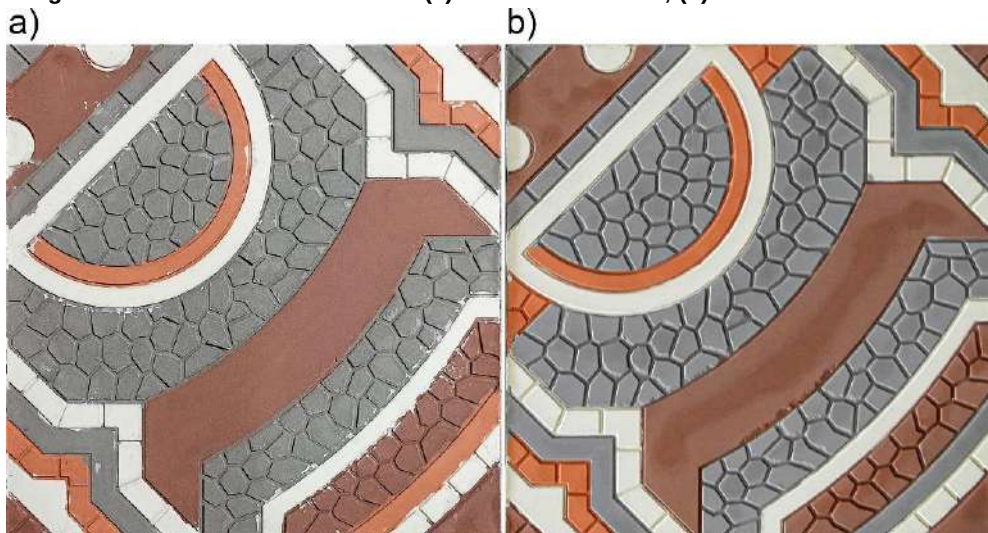
Figura 165 – Extração do ladrilho



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Foram contabilizados os minutos em que o ladrilheiro necessitou para fabricar cada ladrilho. Em média, 6 minutos e 15 segundos utilizando o Molde como gabarito e 10 minutos e 40 segundos sem o uso do molde. Além de otimizar o tempo de produção, melhorou a definição das cores e dos contornos das gravuras (Figura 166).

Figura 166 – Ladrilhos fabricados: (a) feito sem o molde; (b) fabricado com o molde



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Após a extração do ladrilho da Placa, as peças recém-fabricadas foram colocadas horizontalmente em prateleiras apropriadas, onde permaneceram por um período de 24 horas (Figura 167). Durante esse tempo, eles repousaram sobre o ladrilho base para evitar qualquer deformação nas peças recém-fabricadas. Essa etapa de descanso se faz importante para garantir que os ladrilhos mantenham sua forma e resistência antes de prosseguir para as próximas etapas do processo.

Figura 167 – Repouso por 24 horas



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Passadas as 24 horas de repouso, os ladrilhos foram submersos em um tanque com água nas próprias prateleiras, permitindo que absorvam a água e passem pelo processo de cura (Figura 168).

Figura 168 – Processo de cura por imersão em água



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na fase final do processo de cura, os ladrilhos foram retirados do tanque de água e colocados em prateleiras, onde ficaram empilhados e permaneceram por aproximadamente 25 a 30 dias. Nessa etapa, os ladrilhos foram mantidos em um ambiente coberto, protegidos da luz solar direta, porém com boa ventilação, para permitir a secagem natural sem evaporação prematura da água. Essa fase de cura foi essencial para garantir a resistência e durabilidade dos ladrilhos (Figura 169).

Figura 169 – Repouso dos ladrilhos por cerca de 25 a 30 dias



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Conforme o esperado, em razão da matriz ter sido confeccionada em aço, material adequado para a fabricação de Placas para a linha de produção do ladrilho hidráulico, o processo aconteceu de maneira eficiente. O arredondamento das arestas e o ângulo de saída de 2º se mostraram eficazes para auxiliar na extração das peças da Placa, assim como o Molde impresso otimizou o tempo e melhorou a qualidade do produto fabricado.

Observou-se, por meio de uma inspeção visual, que as melhorias realizadas na geometria do desenho para aperfeiçoar os encaixes das gravuras, proporcionaram a boa continuidade da forma. Por causa da junção dos pontos de contato estarem totalmente alinhadas, isso fez com que o módulo se propagasse sobre o padrão, ou seja, visualizando em conjunto por multimódulo, as gravuras se tornam ininterruptas (Figura 170 e 171).

Figura 170 - Fotografias dos ladrilhos do Paço dos Açorianos e dos ladrilhos feitos pela Fábrica de Mosaicos

LADRILHOS DO PAÇO DOS AÇORIANOS



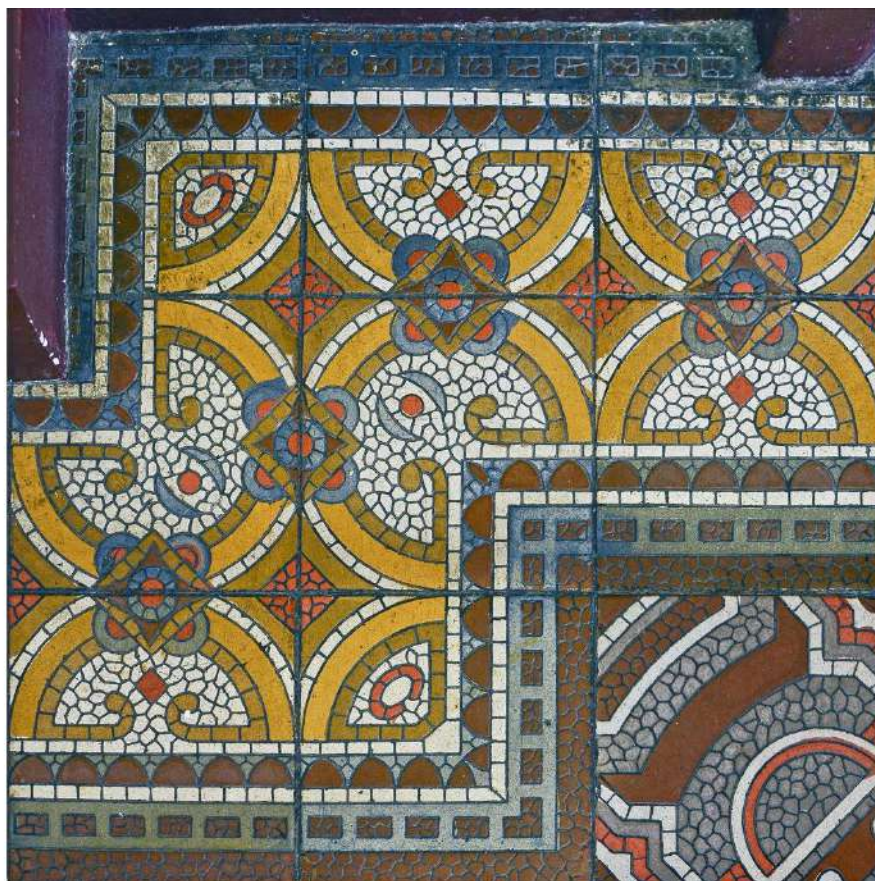
LADRILHOS DA FÁBRICA DE MOSAICOS



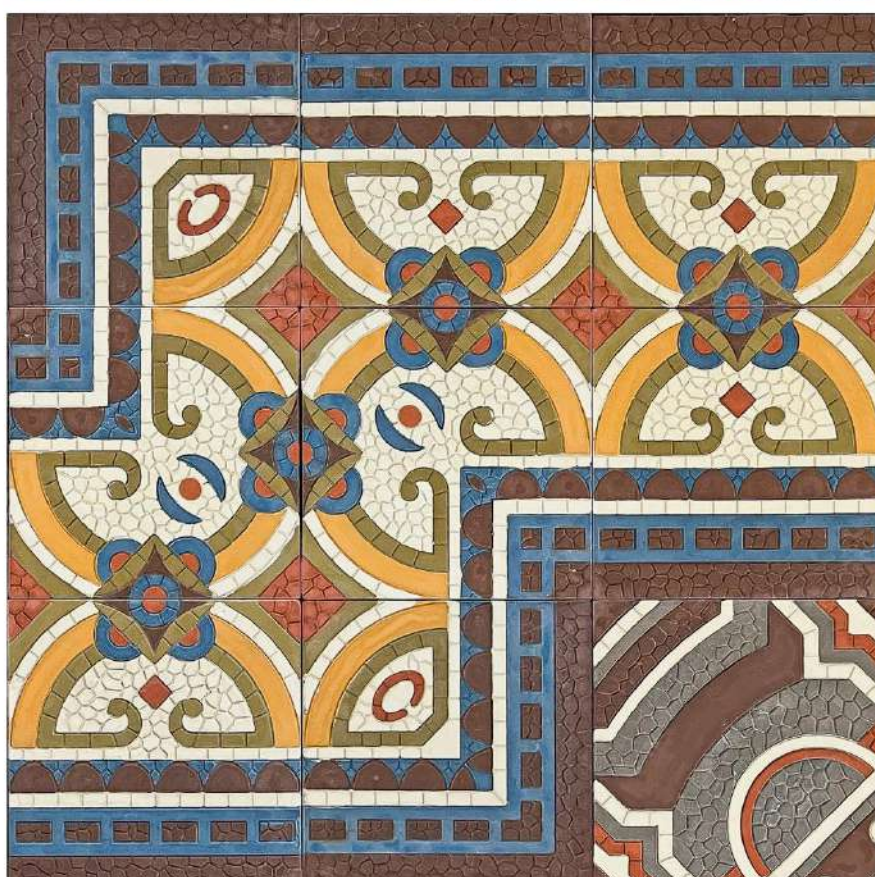
Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Figura 171 - Fotografias dos ladrilhos do Paço dos Açorianos e dos ladrilhos feitos pela Fábrica de Mosaicos

LADRILHOS DO PAÇO DOS AÇORIANOS



LADRILHOS DA FÁBRICA DE MOSAICOS



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Durante os primeiros usos, foi percebido que a matriz acumulou resíduos de cimento e pigmentos durante o processo, dificultando o processo de extração, mesmo com o uso do desmoldante. Essa aderência afetou a qualidade e a precisão dos ladrilhos produzidos (Figura 172).

Figura 172 – Quebras ocorridas durante o processo de fabricação



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Com o tempo prolongado de uso, as matrizes utilizadas na fabricação de ladrilhos sofrem desgaste devido à interação contínua com os grãos do cimento. Esse contato promove um processo de abrasão, no qual as partículas de cimento atuam como agentes abrasivos, desgastando gradualmente a superfície da matriz. Essa abrasão contínua faz com que a superfície da matriz seja polida ao longo do tempo. Esse efeito de polimento facilita o processo de desmoldagem dos ladrilhos.

Para lidar com esse problema, foi adotado um processo de polimento utilizando uma escova circular com cerdas de aço carbono polido, de tipo ondulado e com um diâmetro externo de 6.0/0 polegadas. Essa escova é especialmente indicada para limpeza de peças em geral e é comumente utilizada em motoesmeril, uma ferramenta que pode fornecer a força e a rotação necessárias para a realização do polimento (Figura 173).

Figura 173 – Processo de polimento com motoesmeril



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O processo de polimento com o motoesmeril se mostrou uma medida eficaz a ser utilizada no processo de fabricação de ladrilhos. Esse procedimento resultou em diversas melhorias significativas:

- Diminuição da aderência do cimento nos sulcos da matriz: O polimento proporcionou uma superfície mais lisa e uniforme, o que reduziu a tendência do cimento em aderir aos sulcos e detalhes da matriz. Isso evita o acúmulo

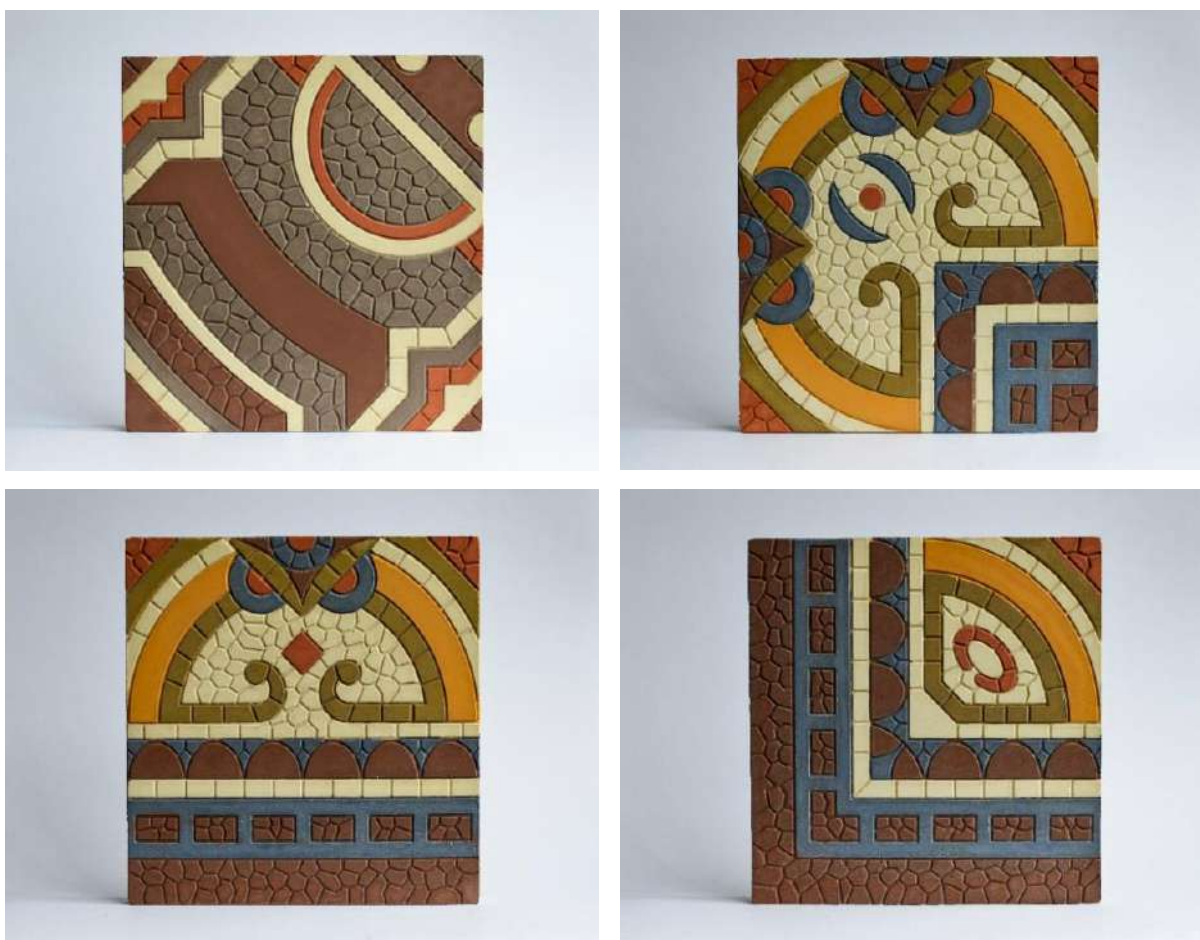
excessivo de resíduos, facilitando o processo de extração dos ladrilhos e mantendo a integridade do padrão.

- Melhoria na qualidade dos ladrilhos: Com a superfície da matriz mais polida e uniforme, a produção dos ladrilhos passou a contar com uma matriz em melhores condições. Isso resulta em uma maior precisão e consistência na fabricação dos ladrilhos, garantindo uma qualidade final mais elevada.

Aumento da eficiência do processo de fabricação: A diminuição da aderência do cimento nos sulcos da matriz permite que o processo de extração dos ladrilhos seja mais fluido e eficiente. Menos resíduos e obstáculos na matriz significam que os ladrilhos podem ser produzidos de forma mais rápida e com menos interrupções.

No desfecho do processo, os quatro ladrilhos que formam tanto os cantos quanto o miolo e a barra do salão de entrada do Paço dos Açorianos foram confeccionados. Essa fabricação seguiu os procedimentos previamente mencionados e incorporou as cores escolhidas durante as fases de colorimetria (Figura 174). O processo completo de fabricação foi capturado em vídeo, no qual são apresentados os moldes, matrizes e pigmentos utilizados na produção dos ladrilhos hidráulicos. O vídeo pode ser acessado, [clikando aqui](https://youtu.be/eeOJwSILy-o)³⁵.

Figura 174 – Ladrilhos finais fabricados



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

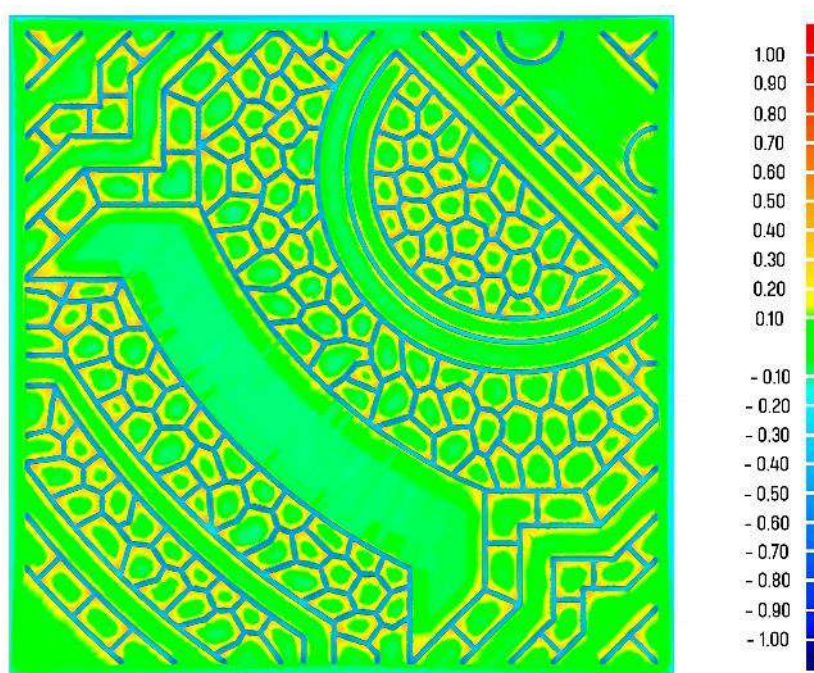
³⁵ <https://youtu.be/eeOJwSILy-o>

7.2.10 Avaliação final da geometria

Para avaliar a matriz usinada e os ladrilhos fabricados, fez-se importante digitalizá-los para a realização da análise do desvio geométrico. Para a presente análise, optou-se pela seleção de um módulo que compõe o miolo do tapete de ladrilhos, sendo este, o módulo predominante no salão de entrada da edificação.

Analisando a Figura 175, que representa o comparativo da matriz usinada em aço com o modelo tridimensional em CAD, é possível notar que estes apresentaram desvios para mais e para menos. Desvios positivos significam regiões em que deveria ser retirado material e desvios negativos significam material que não foi retirado.

Figura 175 - Análise dimensional da matriz usinada em aço comparada ao modelo CAD (erro RMS = 0,19 mm). Unidades em mm



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

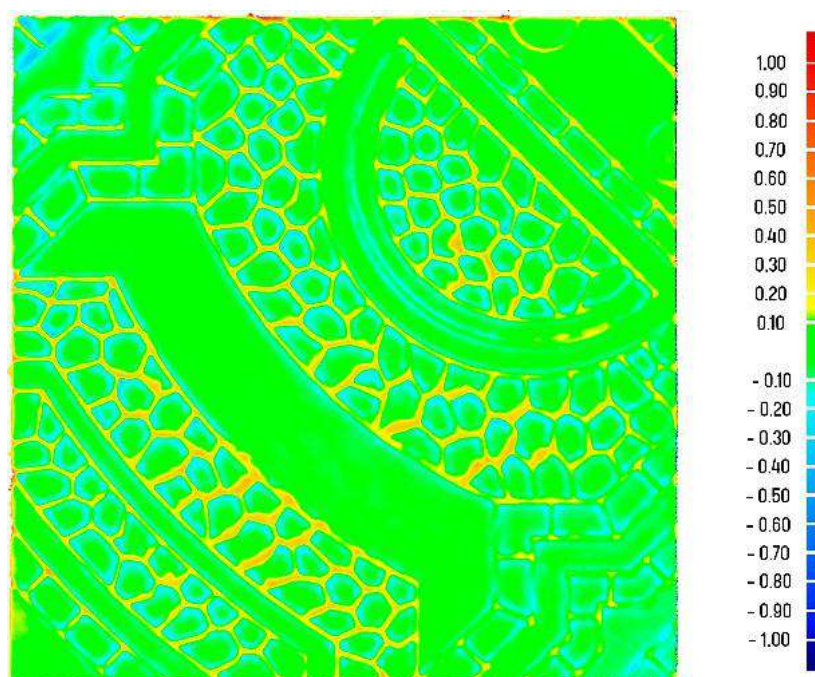
Foram observados desvios positivos máximos de aproximadamente 0,60 mm em áreas de menor extensão (amarelo e laranja), os quais, em sua maioria, estiveram associados no entorno dos relevos. Essa tendência indica que a ferramenta não alcançou o raio do fillet no fundo das gravuras, conforme especificado pelo modelo CAD. Por outro lado, os desvios negativos, representados pela cor azul e também presentes em quantidades reduzidas, apresentaram um valor máximo de - 0,60 mm. Esses desvios ocorreram predominantemente nas bordas da matriz e sobre os relevos. Além de um erro inerente à usinagem, esses desvios negativos também podem ser atribuídos ao processo de polimento executado com o motoesmeril, o qual, nesse relevo em destaque, provavelmente ocasionou desgaste adicional e arredondamento de bordas.

Os erros apresentados são inerentes ao processo de usinagem, porém, se concentram nas bordas das gravuras, região que é angulada e arredondada para facilitar a posterior desmoldagem. As áreas planas da geometria ficam todas dentro

da região verde, nas quais não houve disparidade dimensional significativa, neste caso abaixo de -0.10 ou acima de 0,10 mm. O erro RMS dessa análise foi de 0,19 mm.

A Figura 176 representa a análise de desvio geométrico da comparação entre o ladrilho feito pela Fábrica de Mosaicos com a matriz usinada em aço. Observa-se uma maior predominância da cor verde na superfície, especialmente nas áreas planas, apresentando as zonas onde não foram identificadas discrepâncias dimensionais significativas, nesse contexto, aquelas inferiores ou superiores a 0,10 mm. O erro RMS dessa análise foi de 0,11 mm.

Figura 176 - Análise dimensional do ladrilho feito pela Fabrica de Mosaicos comparado com a matriz usinada em aço (erro RMS = 0,11 mm). Unidades em mm

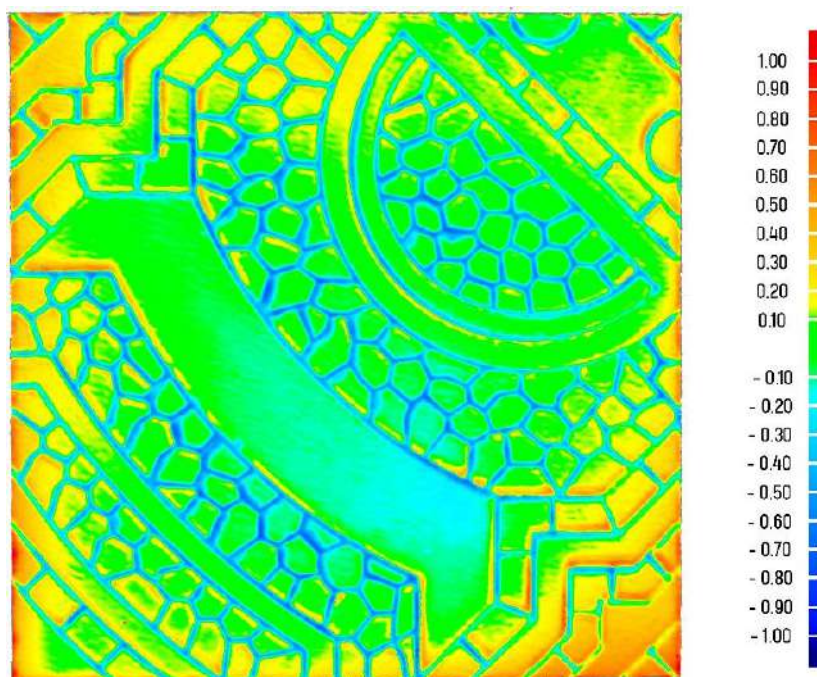


Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Ao longo da superfície apareceram partes amareladas sobre os relevos mostrando desvios positivos em torno de 0,3 mm, o que é uma característica do processo de moldagem por compressão (limitação em copiar a forma exata da matriz) somada a uma provável contração no ladrilho fabricado após o processo de cura. Isso também é evidenciado pelo tom azul claro (- 0,3 mm) nas bordas das gravuras. Esse comportamento do erro é análogo ao observado na análise anterior (Figura 176), indicando um relevo um pouco mais raso e com bordas mais arredondadas do que o projetado.

Por fim, na comparação representada pela Figura 177, entre o ladrilho feito pela Fábrica de Mosaicos com um módulo de um ladrilho instalado no Paço dos Açorianos, observa-se que a imagem gerada é predominantemente verde, com erro RMS de 0,23 mm, porém, em algumas regiões houve diferenças dimensionais principalmente em azul e amarelo, havendo ainda pequenas partes em vermelho.

Figura 177 - Análise dimensional do ladrilho feito pela Fabrica de Mosaicos em comparação com o ladrilho do Paço dos Açorianos (erro RMS = 0,23 mm). Unidades em mm



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

As áreas em azul representam principalmente as regiões onde os relevos ficaram mais profundos, mas também se tratam das quebras ocorridas durante o processo de fabricação e transporte do ladrilho. A predominância do azul nos relevos representa a padronização da profundidade de 1 mm estabelecida anteriormente na etapa de modelamento 3D. Nota-se que, apesar da perda de profundidade evidenciada nas análises de desvio geométrico envolvendo a matriz, (Figura 175 e Figura 176), o ladrilho fabricado ainda ficou mais profundo do que o ladrilho existente no Paço dos Açorianos.

Em relação aos desvios positivos, as áreas onde o vermelho predomina representam os ajustes realizados no desenho durante o modelamento computacional, visando a boa continuidade do padrão, a fim de solucionar o dano do processo de fabricação, identificado durante a etapa de Análise dos Danos. As cores avermelhadas são coerentes com os ajustes realizados, localizando-se próximos às extremidades do ladrilho, especialmente para corrigir a simetria e os encaixes dos desenhos.

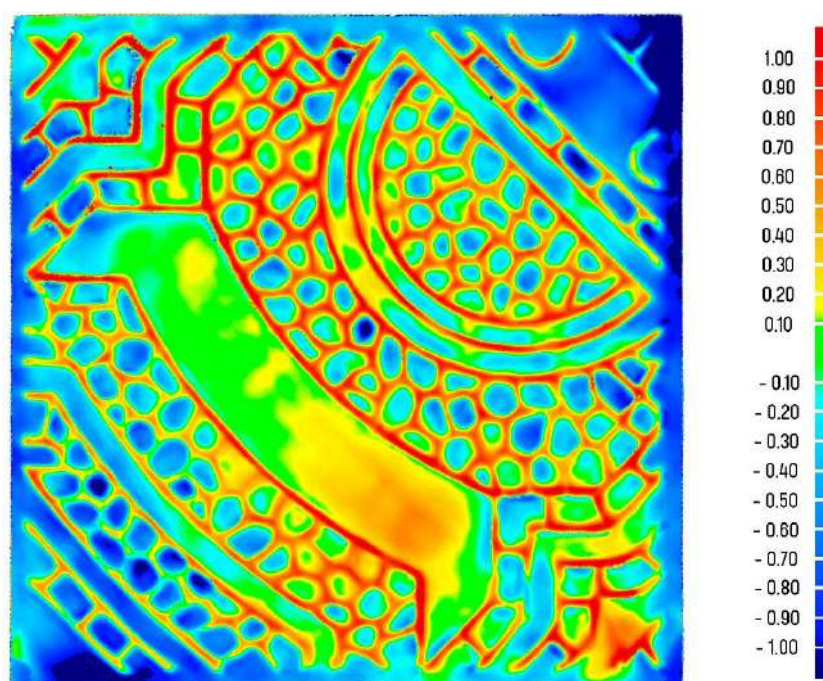
Já os desvios positivos predominantemente em tons de amarelo a laranja (entre 0,10 a 0,60 mm) indicam o possível desgaste na superfície do ladrilho do Paço, principalmente em direção às extremidades. Esse degradê de cores, iniciando no tom azul claro (- 0,20 mm) na grande área plana do ladrilho (mais central), passando pelo verde e se estendendo para o amarelo e o laranja (até 0,60 mm), representa um desgaste que deixa a superfície de forma abaulada (maior no centro e menor nas extremidades). O desgaste da superfície pode ter ocorrido devido ao mau assentamento, quando não é inserida argamassa colante o suficiente por toda a camada inferior das peças e/ou concentrando-se na região central,

o que pode acelerar os danos relacionados à perda da camada superior, desagregação e cisalhamento.

Em virtude do estudo empreendido que visa a análise metódica do desvio geométrico, comparando o ladrilho feito pela Fábrica de Mosaicos com um ladrilho do Paço dos Açorianos, é imperativo destacar que o erro RMS aferido de 0,23 mm é coerente com o somatório de todos os processos realizados. Considerando desde a digitalização 3D, o modelamento CAD com ajustes na geometria, a usinagem da matriz, o polimento e o processo artesanal da Fábrica de Mosaicos, esse valor pode ser considerado relativamente baixo. Esse valor está de acordo com outros trabalhos que realizaram análise de desvio geométrico utilizando digitalização 3D e usinagem CNC na área do patrimônio cultural (POHLMANN *et al.*, 2016; BONFADA, KAUFFMAN e SILVA, 2020; PEREIRA, KINDLEIN JUNIOR E SILVA, 2015).

Após as análises realizadas para a validação do método, foi vista a possibilidade de escanear a matriz fabricada em gesso na década de 2000 (Figura 70) para comparar com a matriz usinada em aço (Figura 159), visando avaliar a geometria obtida na época. Dessa forma, com a análise do desvio geométrico da matriz confeccionada artesanalmente, foram identificadas as maiores discrepâncias dimensionais representadas pelo erro RMS de 0,75 mm (Figura 178).

Figura 178 - Análise dimensional da matriz de gesso fabricada artesanalmente em 2000 comparada com a matriz usinada em aço (erro RMS = 0,75 mm). Unidades em mm



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Observam-se poucas áreas em verde, ou seja, com desvio dimensional abaixo de 0,1 mm. Há regiões com desvios positivos máximos de 1,00 mm nos contornos dos relevos (vermelho), indicando que a matriz em gesso possui profundidade maior. No interior das gravuras há predominância de tons azuis (até -1,00 mm), porém, com elevada irregularidade. Esse resultado indica que houve uma tentativa de esculpir

manualmente a matriz em gesso, provavelmente, na busca por aumentar a profundidade do relevo. Essa intervenção manual, além de deixar as gravuras não-planas, fez com que houvesse diferenças de altura de até 2 mm, um dos motivos que tornou inviável a continuidade do processo.

Além disso, o desgaste do ladrilho, em forma de abaulamento, também está copiado na matriz em gesso. Isso fica evidente pelo degradê de cores formado pelos tons laranja e amarelo na grande área plana do ladrilho (mais central), passando pelo verde e se estendendo para tons de azul em direção às extremidades. Esse comportamento é o mesmo observado na análise comparativa da matriz de aço (que teve a geometria corrigida) com o ladrilho do Paço dos Açorianos (Figura 177).

Os desvios dimensionais, em concordância com o alto erro RMS calculado de 0,75 mm, denotam uma imprecisão substancial nos processos de fabricação da matriz de gesso, que conduziriam, caso ela fosse posta em linha de produção, a uma reprodução deficiente do modelo de referência. Isso resultaria na perpetuação das não conformidades dimensionais, prejudicando a continuidade dos módulos e, por conseguinte, comprometendo o processo de fabricação. Este fato reforça a importância do trabalho conduzido, no sentido de utilizar as tecnologias 3D para obter um ladrilho com maior precisão geométrica.

7.3 Proposta de Manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos

Para uniformização dos procedimentos para assentamento e manutenção dos ladrilhos em canteiros de obras, foi desenvolvido o Manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos (Figura 179), cujo objetivo é oferecer diretrizes para auxiliar os profissionais responsáveis pelo gerenciamento da etapa de revestimentos de uma obra, visando uma futura restauração do Paço dos Açorianos.

Porém, as recomendações dadas sobre colocação, impermeabilização e limpeza se aplicam a todos os tipos de ladrilhos hidráulicos, apresentando-se como um manual universal de instruções a ser utilizadas por designers, arquitetos, engenheiros, restauradores, empreiteiras e o consumidor final. O documento traz informações importantes quanto aos métodos que devem ser seguidos para que a máxima vida útil dos ladrilhos hidráulicos possa ser atingida de maneira eficiente, incluindo o processo de impermeabilização e os produtos necessários.

As informações foram obtidas através da compilação de dados provenientes de fábricas de ladrilhos no Brasil (ANTÔNIO, 2023; LADRILAR, 2023; MOSAICOS, 2023; PIAGGE, 2023), bem como de um fabricante de produtos para impermeabilização de revestimentos cimentícios do Rio Grande do Sul (PISOCLEAN, 2023). Além disso, foram consideradas as normas regulamentadoras vigentes relacionadas a cada especificidade (NBR 9457; NBR 9575; NBR 15575-1; NBR 15575-3; NBR 14037 e NR

06). O documento se encontra no Apêndice D, assim como também pode ser visto em formato digital, [clikando aqui](#)³⁶.

Figura 179 - Mockup do manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Para verificar o uso do impermeabilizante hidro/oleofugante indicado no manual (PEK Proteção+Cor), o mesmo foi aplicado nos ladrilhos fabricados, constatando sua indicação contra manchas e facilitação da limpeza

Espera-se que os resultados obtidos possam viabilizar uma futura intervenção oferecendo também o manual de uso, operação e manutenção com as diretrizes para impermeabilização, a fim de alcançar a máxima vida útil dos ladrilhos hidráulicos de maneira eficiente.

³⁶ <https://online.fliphtml5.com/deots/xrey/>



CAPÍTULO 8

CONCLUSÃO



No contexto da presente tese, conclui-se que a integração das tecnologias 3D (digitalização 3D, impressão 3D e usinagem CNC) ao processo de produção do ladrilho hidráulico permitiu a fabricação dos ladrilhos com relevos de forma mais precisa e eficiente, fomentando a preservação do patrimônio cultural. Além disso, a utilização da digitalização 3D para a documentação dos ladrilhos do pavimento térreo do Paço dos Açorianos possibilitou mapear danos existentes e diagnosticar patologias que causaram e ainda causam o desgaste da superfície. Ao unir o design à pesquisa acadêmica e à Fábrica de Mosaicos de Pelotas, foram desenvolvidas estratégias inovadoras para a fabricação, valorizando as características técnicas e artesanais desse bem integrado.

Além dos usos descritos, a implementação da digitalização tridimensional viabilizou a condução de análises comparativas de natureza geométrica, por meio da avaliação da geometria obtida após o escaneamento das matrizes, dos ladrilhos confeccionados e dos ladrilhos já instalados nas dependências do Paço dos Açorianos. Este procedimento analítico permitiu concluir, por meio da comparação entre o ladrilho produzido pela Fábrica de Mosaicos e um ladrilho posicionado no salão de entrada da edificação, a viabilidade de obter uma peça com erro RMS de 0,23 mm, levando em conta o somatório de todos os processos envolvidos. Considerando, de maneira abrangente, o ciclo operacional desde a digitalização 3D inicial, passando pelo modelamento computacional (CAD) com ajustes geométricos previstos, subsequente usinagem da matriz, etapa de polimento e, por fim, o processo de manufatura artesanal executado pela Fábrica de Mosaicos, a magnitude do erro RMS aferido pode ser categorizado como relativamente reduzido. Tal constatação atesta a coerência e consistência dos procedimentos e técnicas empregados ao longo do processo de produção.

Devido os seus resultados, essa pesquisa interdisciplinar, aliando design, arquitetura, tecnologias 3D e patrimônio cultural, tem o potencial de promover a conservação e documentação dos ladrilhos hidráulicos, contribuindo para o avanço do conhecimento científico nessas áreas. Além disso, é apresentada uma proposta de um guia de gerenciamento do produto em canteiros de obra, por meio do manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos.

Na busca por compreender de que maneira a presente pesquisa impacta os segmentos abordados, as conclusões da tese foram sistematizadas, abordando e dispondo sobre diversos aspectos do estudo, dentre eles: objetivos da pesquisa, metodologia, discussões sobre a parceria universidade (ciência) e indústria, reflexões sobre a conduta de intervenção e por último, sobre o processo de fabricação e o uso das tecnologias 3D.

Tratando sobre o objetivo geral da pesquisa de “introduzir as tecnologias 3D no processo de fabricação de ladrilhos hidráulicos com maior precisão para a conservação das pavimentações de bens imóveis patrimoniais”, foi atendido com êxito ao utilizar a digitalização tridimensional, usinagem CNC e impressão 3D na produção de insumos para a fabricação do ladrilho hidráulico, visando uma intervenção na edificação, integrando o design e a tecnologia no processo de produção.

Seguindo para os objetivos específicos, o primeiro **(a) “Obter a geometria e registrar os danos dos ladrilhos do pavimento de entrada do Paço dos Açorianos de Porto Alegre – RS”** foi tratado no Capítulo 5, referente à Análise dos Danos. Nesse caso, a digitalização 3D e o registro fotográfico foram empregados para documentar os ladrilhos existentes e mapear os danos no piso, identificando as causas e mecanismos que levaram ao desgaste da superfície do piso e registrando as informações sobre o problema patológico desse componente construtivo por meio das FIDs.

O segundo objetivo específico **(b) “Mapear o processo produtivo da Fábrica de Mosaicos de Pelotas”**, foi tratado no Capítulo 7, referente aos Materiais e Processos de Fabricação, servindo para compreender como as tecnologias de digitalização tridimensional e usinagem poderiam ser inseridas e utilizadas na fabricação de matrizes. Além de estabelecer a conexão entre a tecnologia envolvida e o ofício artesanal de sua produção, a presente pesquisa reconhece o ladrilho hidráulico como um suporte para obras decorativas estampadas em sua superfície. Assim sendo, é importante contextualizar o processo de produção da Fábrica de Mosaicos como uma herança do design de produto, exigindo a preservação, conservação e estabelecimento de meios para a permanência do que se tornou um patrimônio industrial. Além de ser um local de trabalho, a Fábrica de Mosaicos também é um espaço de memória, pois é a fábrica de ladrilhos mais antiga do Brasil em funcionamento.

O terceiro objetivo específico **(c) “Desenvolver uma matriz a partir da geometria obtida”** foi abordado também no Capítulo 7, pertencente à etapa de Materiais e Processos de Fabricação, quando foram utilizados os dados obtidos com a digitalização 3D, além do auxílio de fotografias, para o modelamento computacional das matrizes. Essa solução visou sanar as patologias identificadas, ao viabilizar a fabricação de novos ladrilhos para a substituição dos que estão com danos irreparáveis, visto que, os mesmos relacionados à alteração cromática, perda de elementos constituintes, desagregação por desgaste do material, abrasão, cisalhamento, lacunas e o defeito de fabricação, até o momento, não há outra maneira de restauro a não ser a substituição, por se tratar de ladrilhos com relevos. A utilização da tecnologia de usinagem CNC na confecção de matrizes para a fabricação dos ladrilhos hidráulicos mostrou-se uma solução viável.

O quarto objetivo específico **(d) “Validar o processo proposto por meio da fabricação dos ladrilhos”** foi atingido com êxito, comprovando a eficácia das matrizes. Abordado no capítulo 7, foram realizados testes por meio de um protótipo usinado para que fossem constatadas possíveis melhorias e, posteriormente, fabricar os ladrilhos hidráulicos com as matrizes usinadas em aço. No processo de validação, foram realizadas as análises de desvio geométrico, apresentando as modificações realizadas no desenho para a boa continuidade do desenho dos módulos e evidenciando também o uso dos dados gerados pela digitalização tridimensional para a avaliação dos resultados obtidos durante a fabricação das peças.

Por fim, o objetivo específico **(e) “Desenvolver um manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos”** foi alcançado com a elaboração do

documento que visa oferecer diretrizes para profissionais envolvidos no assentamento e manutenção dos ladrilhos fabricados, assim como também pode ser aplicado a todos os tipos de ladrilhos hidráulicos e pode ser utilizado por designers, arquitetos, engenheiros, restauradores, empreiteiras e consumidores finais. Nele, contém informações importantes sobre métodos para maximizar a vida útil dos ladrilhos e foi compilado a partir de dados de fábricas de ladrilhos e empresas especializadas.

Partindo para uma reflexão sobre a conduta de intervenção, destaca-se que o presente trabalho apresenta através de seus resultados um importante documento sobre o estado atual dos ladrilhos hidráulicos do Paço dos Açorianos e oferece uma solução viável para intervenção neste bem imóvel patrimonial. Os ladrilhos presentes na edificação têm um valor muito além de sua função como revestimento de superfície. Eles contam a história do local, mostram as relações de hierarquia entre diferentes espaços dentro da mesma arquitetura, refletem o uso de técnicas e materiais da época e, acima de tudo, mantêm a sensação de familiaridade e identificação da comunidade com o espaço. Por mais de um século, essa edificação tem sido um símbolo de poder e gestão do município, e os ladrilhos do Paço ajudam a preservar essa memória.

Nesse sentido, buscou-se com a pesquisa a compreensão e o reconhecimento dos ladrilhos hidráulicos do pavimento térreo como um bem integrado ao Paço dos Açorianos. Não houve a intenção de extinguir a passagem do tempo nestes artefatos, mas sim, de reconhecê-los como documento e admitir que há deteriorações irreparáveis, fornecendo uma solução para os danos identificados. No estado em que se encontram algumas peças, somente a substituição por novas peças resolveria o problema. Tal problema revigora a necessidade de ações para conservação com o caráter corretivo para resguardar o piso dos danos e da decadência, servindo de alerta para a manutenção incorreta. Devido ao fator temporal, parte do desgaste pode ser inevitável, por isso, ações de conservação com a finalidade corretiva podem resguardar os elementos construtivos de uma edificação, neste caso, a tecnologia 3D pode auxiliar a detectar o momento de uma intervenção.

Nesse sentido, defendemos que em caso de substituição dos ladrilhos acometidos por danos, sejam seguidas as premissas para corresponder de maneira eficiente aos princípios de intervenção em bens culturais móveis e integrados à arquitetura, partindo do respeito a compatibilidade dos materiais e do uso das tecnologias 3D, aos valores simbólicos, estéticos, históricos e culturais do ladrilho hidráulico, obedecendo ao princípio da mínima intervenção e autenticidade no processo produtivo, preservando o uso das técnicas centenárias. Recomendamos que para atender ao princípio da distinguibilidade e reversibilidade, no momento em que uma futura intervenção seja realizada, para não ser extinta a marca do seu tempo, que os novos ladrilhos fabricados podem ser diferenciados por meio de uma marcação nas peças, utilizando uma cor distinta em alguma parte. Outra maneira, é assentar os novos ladrilhos sobre os já existentes, deixando visível por meio de um recorte para distinguir o elemento novo do antigo, evitando cometer falso histórico.

Após a seleção de materiais e processos de fabricação adequados, foi possível responder à questão da pesquisa: “De que forma as tecnologias 3D podem auxiliar no processo de fabricação dos ladrilhos hidráulicos produzidos especificamente para o

restauro de bens imóveis patrimoniais, fomentando a produção de conhecimento acerca de uma técnica de fabrico centenária?”. Referindo-se sobre o processo de fabricação e o uso das tecnologias 3D, constatou-se que o processo de fabricação do ladrilho hidráulico na Fábrica de Mosaicos preserva o *modus operandi* tradicional. A fabricação envolve técnicas transmitidas ao longo de gerações de artesãos. Essas técnicas manuais conferem singularidade ao produto, no entanto, é importante ressaltar que, apesar de ser um processo tradicional e empírico, a inserção da ciência e da tecnologia tem contribuído para aprimorar a fabricação do ladrilho hidráulico. Dessa forma, o processo de fabricação dos ladrilhos da presente pesquisa combinou o conhecimento empírico dos artesãos com o suporte das tecnologias 3D, resultando em peças de alta semelhança às existentes no Paço dos Açorianos. Essa combinação permitiu preservar as características tradicionais do ladrilho hidráulico, concomitantemente, otimizou a eficiência produtiva e auxiliou na conservação dos bens imóveis patrimoniais.

A inovação no processo de fabricação do ladrilho hidráulico com a utilização da impressão 3D para produzir os moldes trouxe benefícios significativos para a Fábrica de Mosaicos de Pelotas, que validou essa abordagem por meio de testes realizados pelos artesãos da empresa, resultando em melhorias na qualidade e eficiência da produção. A intenção de garantir a uniformidade na pigmentação dos ladrilhos e acelerar o processo de fabricação por meio dos moldes delimitadores de cores por região, além de propiciar uma melhor definição do desenho, otimizou o tempo do processo de produção dos ladrilhos hidráulicos. A impressão 3D permitiu a criação de moldes personalizados de forma rápida e eficiente, garantindo a padronização das cores e agilizando a produção em larga escala.

Os testes realizados pelos artesãos da fábrica validaram a eficácia desse processo, destacando a melhoria na qualidade dos ladrilhos fabricados. Essa inserção da impressão 3D na fabricação de moldes para a Fábrica de Mosaicos, demonstra como a aplicação de novas tecnologias pode trazer vantagens para uma fábrica que utiliza tradicionais métodos de fabricação, por serem obtidos com baixo custo e possibilitando a replicação dos moldes.

Cabe destacar que a digitalização tridimensional foi útil no processo de compreensão para a estruturação de uma proposta para a solução do dano no ladrilho hidráulico, ao permitir a obtenção de dados precisos e detalhados para avaliação e parametrizações necessárias. Essa etapa de digitalização não se limitou apenas à obtenção dos dados físicos do objeto, mas também desempenhou um papel importante como ferramenta de registro e documentação. Ao criar um modelo digital tridimensional do ladrilho hidráulico, foi possível preservar informações valiosas sobre o desenho e a geometria do objeto, facilitando sua análise e manipulação posterior.

Ao utilizar a digitalização e o modelamento computacional como ferramentas, a pesquisa pôde explorar detalhes complexos do desenho do ladrilho hidráulico, identificar as características que influenciam seu desempenho e encontrar soluções específicas para os danos observados. Essa abordagem não se limitou à engenharia reversa, mas sim à compreensão profunda do desenho como base para a resolução do dano do defeito de fabricação.

Por fim, trazendo uma reflexão sobre a repercussão da colaboração entre as instituições envolvidas, a presente pesquisa, realizada em uma universidade pública em parceria com a Fábrica de Mosaicos de Pelotas, propiciou benefícios significativos para a comunidade ao promover a conservação de um bem imóvel patrimonial de grande importância para Porto Alegre e para o Estado do Rio Grande do Sul. Essa parceria entre a ciência e a indústria resultou em uma pesquisa aplicada, estabelecendo uma inter-relação dinâmica entre as instituições envolvidas. A cooperação entre a Universidade e a Fábrica permitiu a incorporação sustentável e replicável dos resultados da pesquisa pela Fábrica de Mosaicos, sugerindo novos direcionamentos para futuros projetos de restauro e conservação.

Em suma, conclui-se que a pesquisa enfatiza a importância da interdisciplinaridade, da cooperação entre diferentes instituições e da aplicação prática do conhecimento científico. Por meio dessa abordagem, foi possível otimizar a fabricação e solucionar os danos identificados nos ladrilhos hidráulicos, promovendo a conservação do patrimônio arquitetônico e reforçando o papel da ciência como um agente de transformação social e tecnológica.

8.1 Sugestões para trabalhos futuros

Com relação aos desdobramentos dessa pesquisa, sugere-se:

- Estudar o desenvolvimento de tonalidades específicas de pigmentos para ladrilhos hidráulicos para bens imóveis patrimoniais;
- Avaliar materiais e métodos para impermeabilização de revestimentos cimentícios;
- Estudar a mensuração do desgaste da superfície de ladrilhos hidráulicos;
- Utilizar os ladrilhos hidráulicos com relevos do Paço dos Açorianos em exposições museológicas para Pessoas com Deficiência visual, visando uma educação patrimonial inclusiva;
- Propor a gamificação com foco nos ladrilhos hidráulicos do Paço dos Açorianos para o desenvolvimento de um jogo voltado para o ensino do design de superfície em escolas do ensino fundamental e médio.

REFERÊNCIAS

- ACAYABA, M. M. **Residências em São Paulo 1947 - 1975**. RG Facsimile, volume 1. São Paulo, Romano Guerra, 2011.
- AFONSO, A. Notas sobre métodos para a pesquisa arquitetônica patrimonial. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 4, p. 54-70, 2019
- AFONSO, A; CARVALHO, J. **Patrimônio industrial e território**: Campina Grande e seu entorno. Seminário Ibero-americano Arquitetura e Documentação, 4. Anais. Belo Horizonte: UFMG, 2015.
- ALEGRE, P. **P. Paço dos Açorianos**. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/secretarias/smap/DLC/07_10_22%20Memorial%20descritivo%202%20TP%2041_22.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2023.
- ANTÔNIO, L. S. **Dicas e Informações**. Disponível em: <https://ladrilhossantoantonio.com.br/dicas-e-informacoes/>. Acesso em: 23 jul 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9457: Ladrilhos hidráulicos para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.
- _____. NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. NBR 15575-3: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2014.
- ASTM. **D1729-16**: Practice for Visual Appraisal of Colors and Color Differences of Diffusely-Illuminated Opaque Materials, 17 maio 2017. ASTM International. <http://dx.doi.org/10.1520/d1729-96>.
- BATTAGIN, A. F. **Uma breve história do cimento Portland**. 2022. Disponível em: <https://abcp.org.br/cimento/historia/>. Acesso em: 13 maio 2022.
- BONFADA, C. F.; KAUFFMANN, A. R.; SILVA, F. P. Desenvolvimento e avaliação de réplicas em resinas de bens do patrimônio cultural com uso de digitalização 3D e fabricação digital. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v.15, n.1, p.42-53, jan. 2020. <http://dx.doi.org/10.116/gtp.v14i1.15267242-53>
- BRAGA, V. de F. **Ladrilho hidráulico**: manual para assentamento e manutenção. pisos em áreas secas e molháveis. 2021. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

BRANDI, C. **Teoria da Restauração**. Cotia - Ateliê Editorial, 2008.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidente da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 02 fev. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 06 – Equipamento de Proteção Individual – EPI**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022. Disponível em: <https://x.gd/52I8A>. Acesso em: 11 mai. 2023.

CARBONARA, G. **Brandi e a restauração arquitetônica hoje**. Desígnio, São Paulo, n. 6, p. 35- 47, 2006.

CARVALHO, L. **Ladrilhos hidráulicos de Corumbá**. Rio de Janeiro: Iphan; CNFCP, 2008.

CATOIA, T.; LIBORIO, J. B. L. Subsídios para produção de ladrilhos e revestimentos hidráulicos de alto desempenho. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 11, n. 53, p.129-133, 2009.

CECI. Oficina de Mosaico e Ladrilhos hidráulicos. Disponível em: <http://www.ceci-br.org/ceci/br/pesquisa-ceci/lcp-m/of-mosaicos.html>. Acesso em: 23 jul 2023.

CHEVALIER, J.; GHEERBRANT, A. **Dicionário de símbolos**. José Olympio, 2020.

COMISSÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO INDUSTRIAL. **Memorando de entendimento ICOMOS/TICCIH**. Wales, Reino Unido, 2014.

COSTA, D. R. M. **Aspectos críticos em obras de restauração no Estado: a experiência do arquiteto Edegar Bittencourt da Luz**. 2005. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

COSTA, L. M. **A defesa do patrimônio cultural móvel**. Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, nº 22, 1987, P. 145-157. Disponível em: <http://docvirt.com/docreader.net/DocReader.aspx?bib=reviphan&pagfis=7912&pesq=>. Acesso em: 29 mai 2023.

COSTA, L. G. G; BAISCH, L. F. CRONIDAS: proposta de padronização de representação em mapas de danos. In: ZANCHETI, Silvio Mendes; AZEVÊDO, Gabriela Magalhães; NEVES, Carolina Moura. **A Conservação do Patrimônio no Brasil: teoria e prática**. Olinda: Centro de Estudos da Conservação Integrada, 2015. p. 223.

DELTA COLOR, Brasil. **Artigos**, 2023. Disponível em: <https://www.deltacolorbrasil.com/artigos>. Acesso em: 6 abr. 2023.

DINIZ, A. E; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 7. ed. São Paulo: Artliber, 2010.

DOBERSTEIN, A. **Estatuária e Ideologia**. 2a Edição. Porto Alegre: Editora da Cidade, 2011.

DOMINGUEZ, A. J. do A. **Ladrilhos hidráulicos: bens integrados aos prédios tombados de Pelotas-RS**. 2016. 254f. Dissertação (Mestrado em Memória Social e Patrimônio Cultural) – Programa de Pós-Graduação em Memória Social e Patrimônio Cultural, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

DONDIS, D. A. **Sintaxe da linguagem visual**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

EVANGELISTA, E. *et al.* POSITIVISMO E DESIGN: percepções sobre a influência positivista nas leis da Gestalt. **Anais do 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**, [S.L.], v. 1, n. 4, p. 1-10, dez. 2014. Editora Edgard Blücher. <http://dx.doi.org/10.5151/designpro-ped-00018>.

FANUC. **FANUC ROBODRILL PLUS**. 2023. Disponível em: <https://www.fanucamerica.com/products/robo-drill>. Acesso em: 28 jun. 2023.

FERRADAS, L. G. **Las baldosas hidráulicas, un elemento de gran interés arquitectónico**. 2020. Disponível em: <https://condecorate.com/2020/01/15/baldosas-hidraulicas/>. Acesso em: 12 maio 2022.

FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1986.

FLEURY, M. T. L.; WERLANG, S. Pesquisa aplicada: reflexões sobre conceitos e abordagens metodológicas. **Anuário de pesquisa**, v. 2017, 2016.

FONTOURA, I. **Decomposição da forma: Manipulação da forma como instrumento para a criação**. Curitiba: Itaipu, 1982.

FRAMPTON, K. **Studies in tectonics culture**. Cambridge. Massachusetts. The MIT Press. 1995.

FREITAS, R. O. T. **Design de Superfície. As ações comunicacionais táteis nos processos de criação**. 1 ed. Blücher, 2011.

FRUTIGER, A. **Sinais e símbolos: desenho, projeto e significado**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

CHEVALIER, J; GHEERBRANT, A. **Dicionário de Símbolos**. 34. ed. São Paulo: José Olympio, 2020.

GASTÓN, C; ROVIRA, T. **El proyecto Moderno: Pautas de Investigación**. Barcelona: Ediciones UPC, 2007.

HARADA, J. **Moldes para injeção de termoplásticos**. São Paulo: Artliber, 2004.

HICKEL, H.T.; ALBANO, M.T.F.; PAVLICK, I.M.B.; BETIOL, D. 1998. **A organização urbana** in MENEGAT, R. (org) Atlas Ambiental de Porto Alegre. 237 pp. Porto Alegre: UFRGS. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/atlas/>. Acesso em 26 abr 2023.

IBGE. **Área Territorial: Área territorial brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022

ICOMOS BRASIL. **Estatuto do Comitê Brasileiro do Conselho Internacional de Monumentos e Sítios**. Salvador: UFBA, 2013.

ICOMOS, Austrália. **The Burra Charter, 1999**. Disponível em <http://migre.me/vF9Zt>. Acesso em 2 de agosto de 2016. Tradução para português de ARAUJO, Antônio de Borja. Disponível em <http://migre.me/vFa1i>. Acesso em 2 de agosto de 2016.

IEPHA/MG. **A Restauração de Cerâmicas e Materiais Pétreos: a experiência do IEPHA/MG, Palazzo Spinelli e Ministério do Trabalho da Itália**. Belo Horizonte. Firenze: Palazzo Spinelli, 2001. 55 p.

IPHAN, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Patrimônio Cultural**. 2022. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/218>. Acesso em: 10 abr. 2022.

IPHAN, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Intervenções em bens culturais móveis e integrados à arquitetura: manual para elaboração de projetos**. Coordenação, Ana Claudia Magalhães. – Brasília-DF, 2019.

IPHAN. **Bens Móveis e Integrados**. 2023. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1299>. Acesso em: 29 abr. 2023.

JALES, L. de S. No alto do alto da Borborema: anamnese e análise de danos do Edifício Lucas. Campina Grande, 2022. 310 f. **Monografia** (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2022.

JONES, O. **A gramática do ornamento**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

KATINSKY, J. R. **Pesquisa Acadêmica na FAUUSP**. São Paulo: FAUUSP, 2005.

KÜHL, B. M. Cesare Brandi e a teoria da restauração. **PosFAUUSP**, [S. l.], n. 21, p. 197-211, 2007. DOI: 10.11606/issn.2317-2762.v0i21p197-211. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/43516>. Acesso em: 30 abr. 2023.

LADRILAR. **Floral Paulo Mendes da Rocha**. Disponível em: <https://www.ladrilar.com.br/catalogo/floral-paulo-mendes-da-rocha/>. Acesso em: 14 jul. 2022.

LADRILAR. **Cuide bem dos seus ladrilhos. Dicas da ladrilhar**. Disponível em: <https://www.ladrilar.com.br/dicas/>. Acesso em: 23 jul. 2023.

LADRILHARIA. **Manual de Instalação**. Disponível em: https://www.ladrilharia.com/_files/ugd/58320f_38ee170a1cd945f6aa33a9865f1a9f1b.pdf. Acesso em: 23 jul 2023.

LAMAS, M. L.; LONGO, O. C.; SOUZA, V. C. **A produção de ladrilho e o ofício de ladrilhar: método de produção de ladrilhos do século XVIII aos nossos dias**. An. mus. paul. São Paulo, v. 26, e 09, 2018. Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01017142018000100403&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 17 dez. 2018.

LICHT, F. B.; CUSTÓDIO, L. A. B. **Paço dos Açorianos: orientações para conservação**. Porto Alegre: Secretaria Municipal da Cultura - Letra&Vida, 2012.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções**. São Paulo: Epusp. . Acesso em: 21 maio 2023. , 1986

MACEDO, F. **A geometria do ladrilho hidráulico**. Goiânia: Instituto Casa Brasil de Cultura, 2013.

MAHFUZ, E. Reflexões sobre a construção da forma pertinente. *Arquitextos*, São Paulo, ano 04, n. 045.02, **Vitruvius**, fev. 2004. Disponível em <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.045/606>. Acesso em 20/out/2018.

MANRICH, S. **Processamento de termoplásticos**. São Paulo: Artliber, 2005.

MARCONATTO, R. F. **O edifício da prefeitura de Porto Alegre e a materialização dos ideais positivistas**. In: XII Semana de Extensão, Pesquisa e Pós-Graduação, Porto Alegre: SEPesq, 2016.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed., São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, L. **Revitalização externa do Paço Municipal começa nesta terça-feira**. 2022. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2022/12/revitalizacao-externa-do-paco-municipal-comeca-nesta-terca-feira-clbcd0ags003q014ua849hg1f.html>. Acesso em: 17 jun. 2023.

MEDEIROS, A. T. T.; MELO, A. A. de A. O design de superfície nos ladrilhos hidráulicos: um estudo do patrimônio industrial em Campina Grande - Paraíba. **Educação Gráfica**, Bauru, v. 22, n. 02, p.26-46, ago, 2018.

MEDEIROS, A. T. T.; SILVA, F. P. da. (2020). Registro e documentação dos ladrilhos hidráulicos do Paço Municipal – RS. **Revista Mnemosine: Arquitetura, Cidade e Documentação**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 124-134.

MEDEIROS, A. T. T.; SILVA, F. P. da. (2019). O uso da digitalização tridimensional no mapeamento de danos dos ladrilhos hidráulicos do Paço dos Açorianos de Porto Alegre [RS]. **Labor e Engenho**, Campinas, SP, v. 13.

MONTANER, J. **As formas do século XX**. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

MOSAICOS, Fábrica de. **Fábrica de Mosaicos: nossa história**. Nossa história. Disponível em: <https://fabricademosaicos.com.br/a-fabrica>. Acesso em: 14 jul. 2023.

MUNIZ, G., SILVA, F., & KINDLEIN JÚNIOR, W. **Design, tecnologia e patrimônio: digitalização tridimensional como ferramenta de preservação de elementos de prédios históricos**. *Gestão & Tecnologia De Projetos*, 13(2), 53-66, 2018.

- NAVARRO, M. A. H. **Barcelona tile designs**. Amsterdam: The Pepin Press, 2006.
- NAVARRO, M. A. H; MORÁN, H. S. B. **Puerto Rico tile designs**. Amsterdam: The Pepin Press, 2010.
- NICOLAU, M. R. i. **La Casa Escofet mosaics per als interiors: 1886-1900-1916**. Barcelona: Escofet, 2009.
- OBSERVAPOA. **Territorialidades da Cidade**. 2023. Disponível em: http://observapoa.com.br/default.php?reg=260&p_secao=46. Acesso em: 22 maio 2023.
- OLENDER, M. **Ornamento, ponto e nó Da urdidura pantaleônica às tramas arquitetônicas de Raphael Arcuri**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2011 apud Andréa Jorge do Amaral Dominguez (2016).
- PATRIMÔNIO. In: **DICIO, Dicionário Online de Português**. Porto: 7Graus, 2022. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/patrimonio/>>. Acesso em: 09/03/2022.
- PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO. **Ministério do Turismo**. Disponível em: <<https://www.gov.br/iphan/pt-br/patrimonio-cultural/patrimonio-arqueologico>>. Acesso em 10 abr. 2022.
- PEREIRA, C. C. **Positivismo, Arquitetura de Porto Alegre no Período Positivista**. Porto Alegre: Memorial do Rio Grande do Sul, 2007
- PEREIRA, J. R. M.; KINDLEIN JUNIOR, W.; SILVA, F. P. Usinagem de arenito e tecnologias 3D. In: Donato, Maciel; Duarte, Lauren da Cunha; Hartmann, Léo Afraneo. (Org.). **Inovação, design e pesquisas aplicadas em gemas, joias e mineração**. 1ed. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2015, v. p. 50-57.
- PIAGGE, D. **Linha exclusiva: os cinco sentidos (1930)**. Os Cinco Sentidos (1930). Disponível em: <https://www.dallepiagge.com.br/linha-exclusiva.php>. Acesso em: 14 jul. 2022.
- PINA, G. L. (2013). **Patologia nas habitações populares**. Monografia. Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- PISOCLEAN. **Catálogo Virtual 2022 - 6ª Edição**. Disponível em: <https://x.gd/C1mc2>. Acesso em: 08 maio 2023.
- PMPA. **Paço Municipal: Porto Alegre, a história restaurada**. Porto Alegre: Ideograf, 2003.
- POHLMANN, M. *et al.* Use of three-dimensional laser scanning for the mapping of dimensional errors generated during the manufacturing process of investment casting. **Int. Journal Of Engineering Research And Application**, Índia, v. 6, n. 9, p. 35-40, set. 2016.

PORTLAND, A. B. de C. **Manual de Ladrilho Hidráulico: Passeio Público**. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010. 28p.

PORTO ALEGRE. **Lei nº 4317, de 16 de setembro de 1977**. Disponível em: <http://leismunicipa.is/hundi>. Acesso em 08 jun 2023.

PORTO ALEGRE. **Lei nº 3820, de 29 de novembro de 1973**. Disponível em: <http://leismunicipa.is/udnjg>. Acesso em 08 jun 2023.

PREFEITURA, Porto Alegre. **Conheça Porto Alegre: saiba sobre a cidade**. 2023. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/gp/projetos/conheca-porto-alegre>. Acesso em: 24 maio 2023.

PRINCÍPIOS DE DUBLIN. **Princípios comuns ICOMOS – TICCIH para a Conservação de Sítios, Estruturas, Áreas e Paisagens do Patrimônio Industrial**. Dublin, 2011.

PROCEMPA, T. **/ Viva o Centro**. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/vivaocentro/default.php?p_secao=68. Acesso em: 8 jun. 2023.

QUEIROZ, M. T. Automação de Mesa Coordenada Destinada à Máquina Fresadora CNC. 2007. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2007.

RODRÍGUEZ, P. **El amante de las baldosas hidráulicas que ha rescatado 1.600 de los escombros**. 2021. Disponível em: https://www.eldiario.es/catalunya/amante-baldosas-hidraulicas-rescatado-1-600-escombros_1_8493625.html. Acesso em: 12 maio 2022.

ROSSETTI, C. P. **Flávio de Carvalho: questões de arquitetura e urbanismo**. 2007. 390 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Usp, São Paulo, 2007.

RUBIM, R. **Desenhando a superfície**. São Paulo: Rosari, 2010.

RÜTHSCHILLING, E. A. **Design de Superfície**. Editora da UFRGS. Porto Alegre, 2008.

SECOIN. **Secoin encaustic cement tile with the tradition from 1910**. 2022. Disponível em: <https://vietnamtile.com/thong-tin/History-since-1910.html>. Acesso em: 12 maio 2022.

SILVA, F. P. da. **Usinagem de Espumas de Poliuretano e Digitalização Tridimensional para Fabricação de Assentos Personalizados para Pessoas com Deficiência**. 2011. 192 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SIMÕES, J. M. dos S. **Azulejaria portuguesa no Brasil (1500-1822)**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1965. 469 p.

SPALDING, W. **Pequena História de Porto Alegre**. 2a Edição. Porto Alegre: Editora da Cidade, 2011.

SUVINIL. **Cor, Arquitetura & Memória. Paços dos Açorianos 1901 - 1992**. Porto Alegre: Glasurit - Grupo Basf, 1992.

SUVINIL. **Cor, Arquitetura & Memória. Paços dos Açorianos 1901 - 1992**. Porto Alegre: Glasurit - Grupo Basf, 1992 *apud* Arnaldo Boberstein, 1992.

TICCIH. The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage. **Carta de Nizhny Tagil sobre o Patrimônio Industrial**. Julho, 2003.

TINOCO, J. E. L. Mapa de Danos: Recomendações Básicas. **Textos Para Discussão**, Olinda, v. 43, n. 2, p.4-23, 2009.

TINOCO, J. E. L. **Restauração de azulejos, mosaicos e ladrilhos: Cases de gestão e restauro**. Olinda: Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada, v. 56. 2013.

TRINI. **Fábricas que ya no existen ,en la barcelona d' abans,,,9-12-2014...!!!** 2022. Disponível em: <https://es.paperblog.com/fabricas-que-ya-no-existen-en-la-barcelona-d-abans9-12-2014-2953507/>. Acesso em: 12 maio 2022.

UNESCO. **Convenção para a salvaguarda do patrimônio cultural imaterial**. Paris: UNESCO, 2003.

UNESCO. **Convenção para o patrimônio mundial, cultural e natural**. Paris: UNESCO, 1972.

URBANI, G. **Intorno al restauro**. Milão: Skira, 2000.

WEIMER, G. **O positivismo gaúcho e sua arquitetura**. Porto Alegre: Faculdade de Arquitetura - UFRGS, 1983.

WONG, W. **Princípios de Forma e Desenho**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010.

XAVIER, M. **A história da vila de casas dos Jardins - e seu futuro incerto**. Disponível em: <https://vejasp.abril.com.br/coluna/memoria/casas-modernistas-jardins-flavio-de-carvalho/>. Acesso em: 14 jul. 2022.



APÊNDICES

Apêndice A: Fichas de Identificação de Danos (FID's)

PAÇO DOS AÇORIANOS
Ladrilhos hidráulicos do salão de entrada

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS

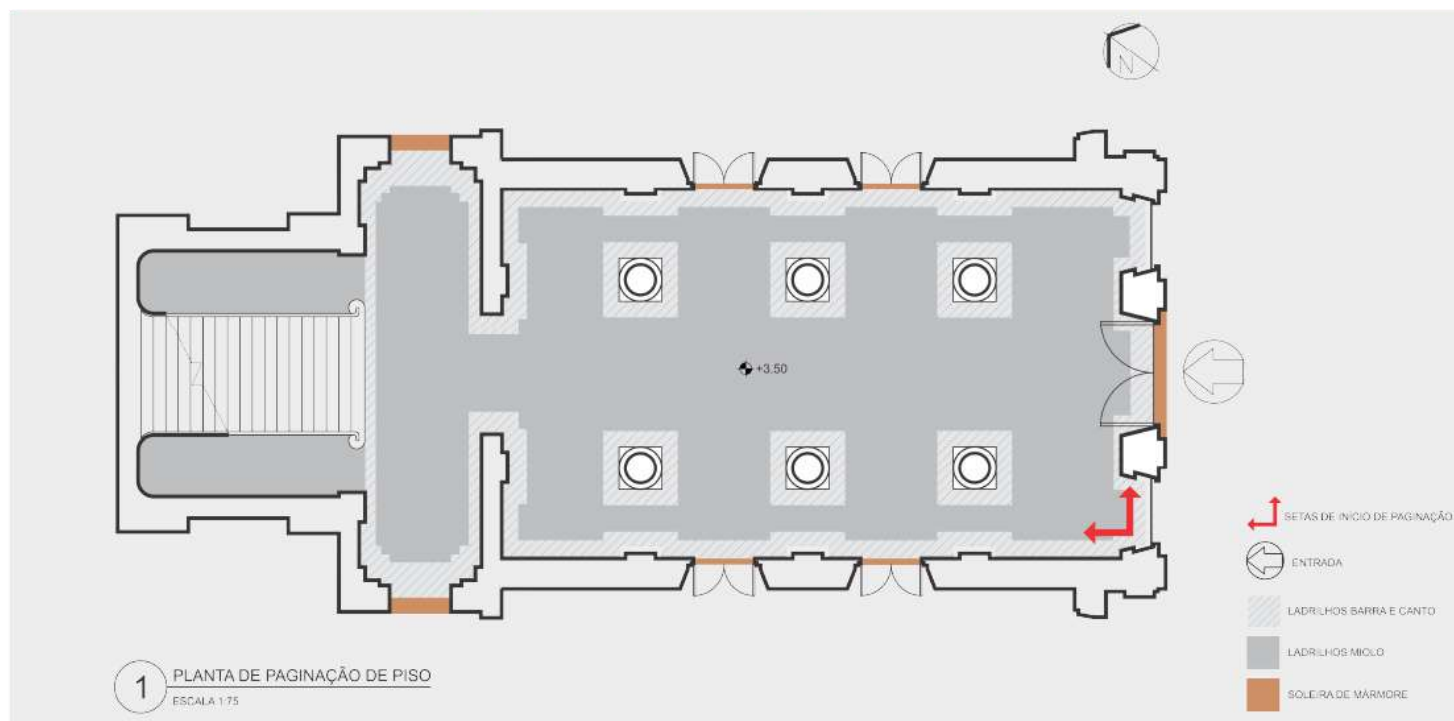
Projeto: João Antônio Luiz Carrara Colfosco Linguagem: Neoclássico/ecléctico Ano de inauguração: 1901
Endereço: Praça Montevideo, 10 - Centro histórico. Porto Alegre - RS Estado de conservação da edificação: regular

MAPA DE DANOS

DANOS: DIVERSOS

LOCALIZAÇÃO: INTERNA

DIMENSÃO: PISO



1 PLANTA DE PAGINAÇÃO DE PISO
ESCALA 1:75

DATA: 21/05/2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIO GRANDE DO SUL

UFCG. PGDESIGN. LDSM

Orientador: Fabio Pinto da Silva

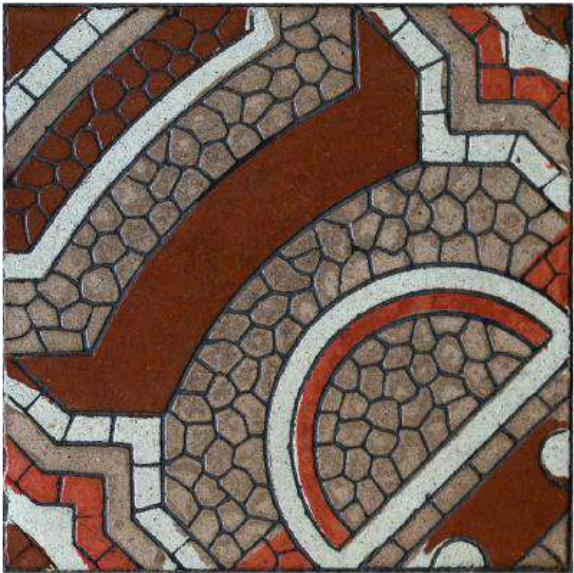
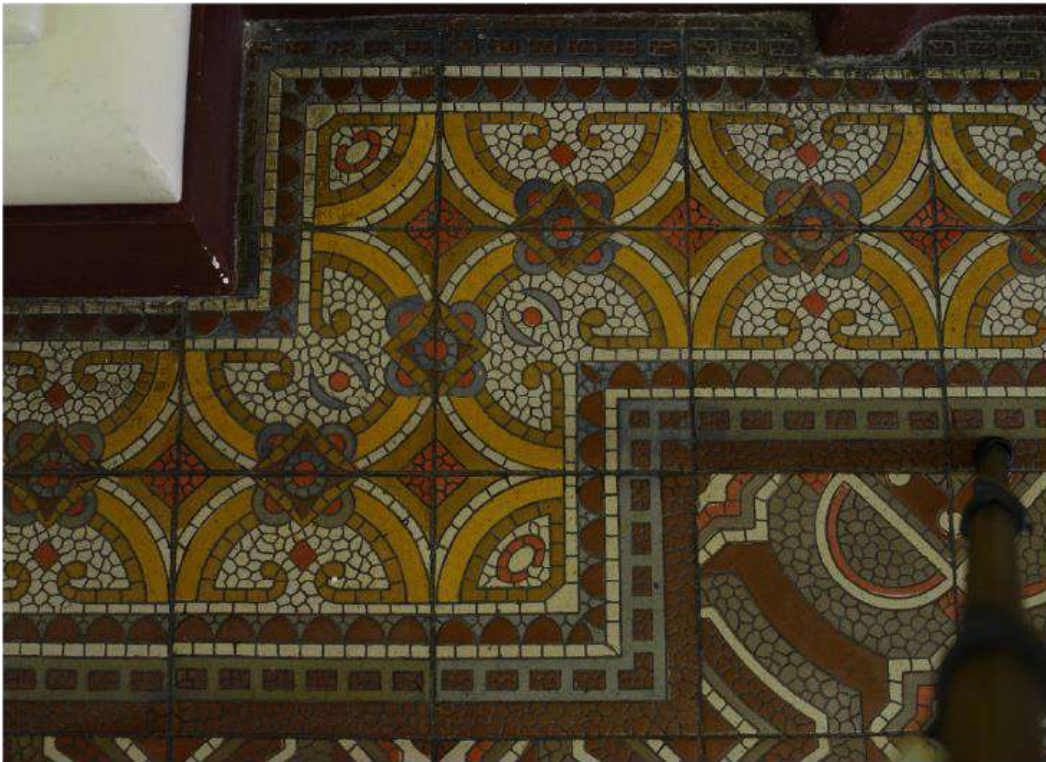
Pesquisador responsável: Arthur Thiago Thamay Medeiros





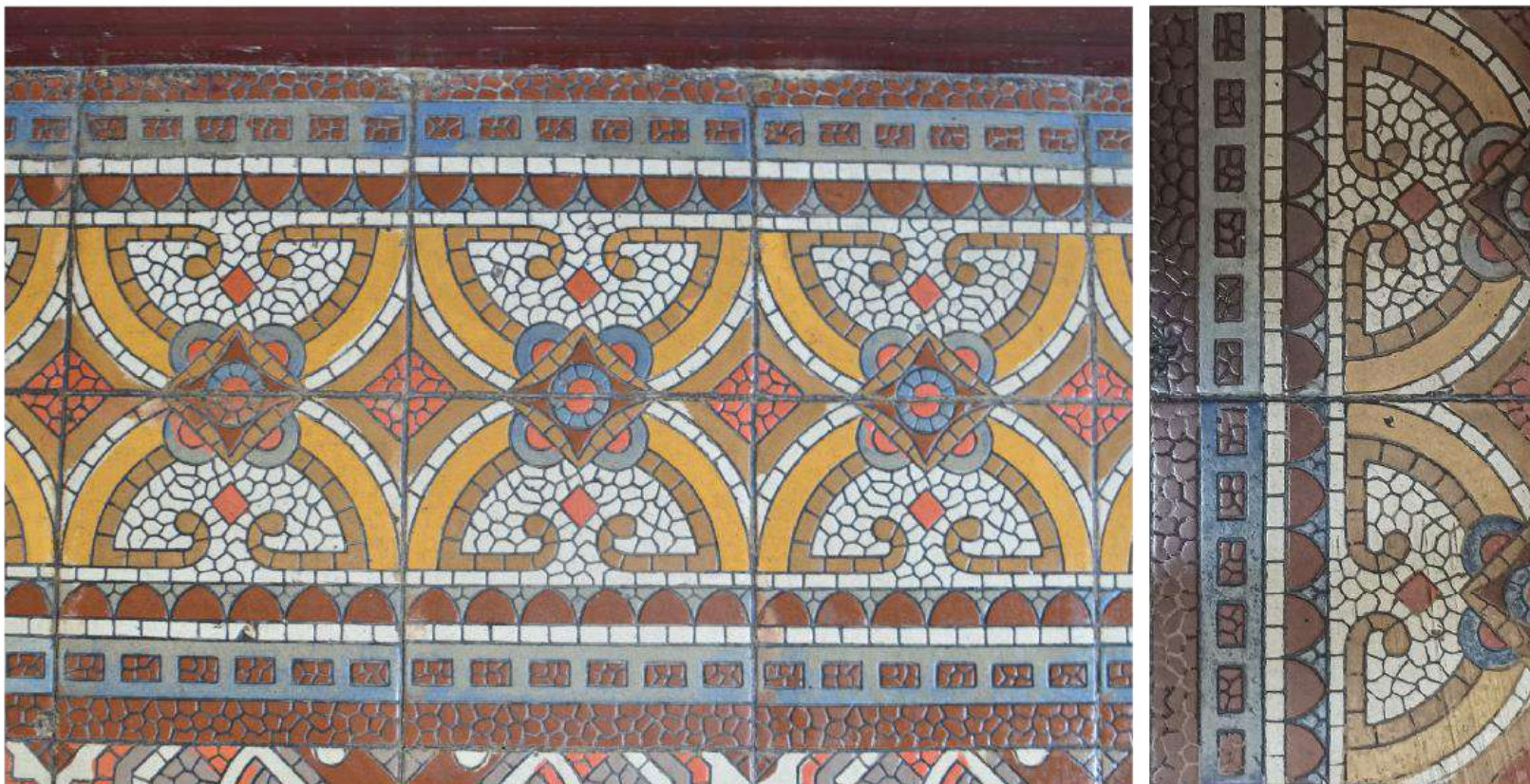
COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	AMARELAMENTO	CAUSA	ACÚMULO DE CERAS NATURAIS PARA POLIMENTO
SINTOMA	ÁREAS AMARELADAS NA SUPERFÍCIE	FENÔMENO	QUÍMICO
EXTENSÃO	TOTAL	CONDUTA	LIMPEZA

FID 01/13



COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	INCRUSTAÇÕES	CAUSA	ACÚMULO DE SUJEIRAS EXTERNAS E MANCHAS PROVOCADAS POR IMPACTO
SINTOMA	SUJIDADES EM TODOS OS SULCOS DA SUPERFÍCIE	FENÔMENO	QUÍMICO
EXTENSÃO	TOTAL	CONDUTA	LIMPEZA

FID 02/13



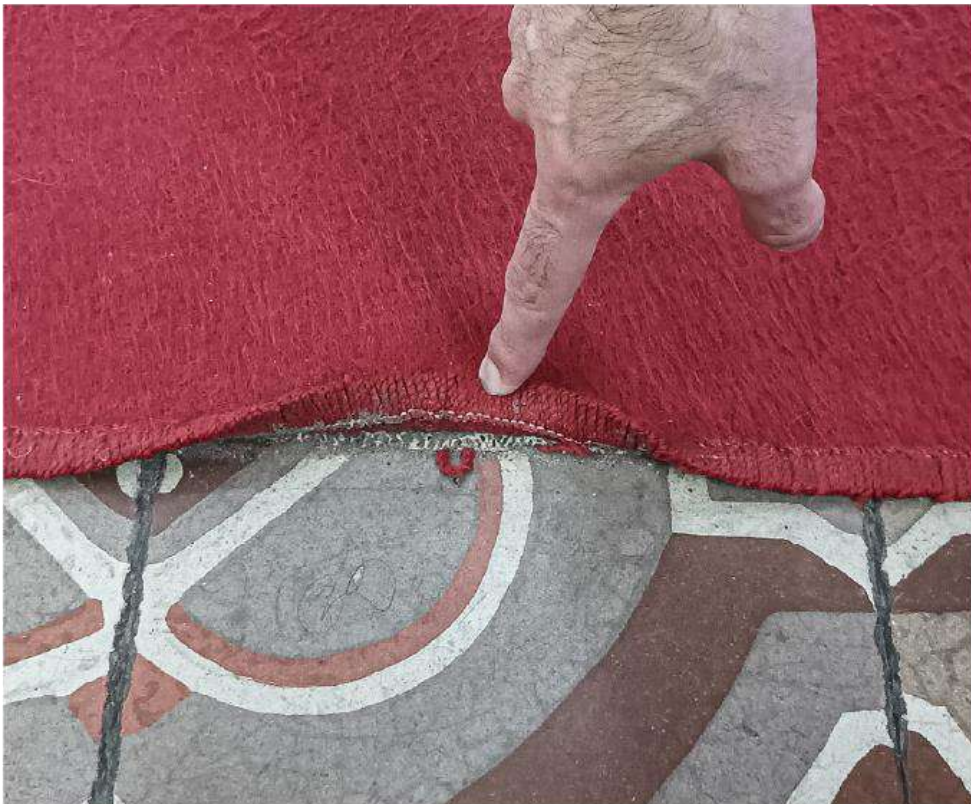
COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	ALTERAÇÃO CROMÁTICA/DESBOTAMENTO	CAUSA	USO DE PRODUTOS CLORADOS
SINTOMA	FOTODETERIORAÇÃO DA COR AZUL	FENÔMENO	QUÍMICO E ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	RETIRADA E SUBSTITUIÇÃO

FID 03/13



COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	SUJIDADES	CAUSA	ACÚMULO E ADERÊNCIA DE PARTÍCULAS POLUIDORAS
SINTOMA	ESCURECIMENTO PROGRESSIVO DA SUPERFÍCIE	FENÔMENO	ATMOSFÉRICO, BIOLÓGICO E/OU ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	LIMPEZA

FID 04/13



COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	INTERFERÊNCIA DE ELEMENTOS NÃO PERTENCENTES À CONSTRUÇÃO ORIGINAL	CAUSA	TENTATIVA DE ADAPTAÇÃO POR MÃO-DE-OBRA NÃO QUALIFICADA
SINTOMA	ADIÇÃO DE CARPETES	FENÔMENO	ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PARCIAL	CONDUTA	RETIRADA E LIMPEZA PARA REMOÇÃO DA COLA

FID 05/13

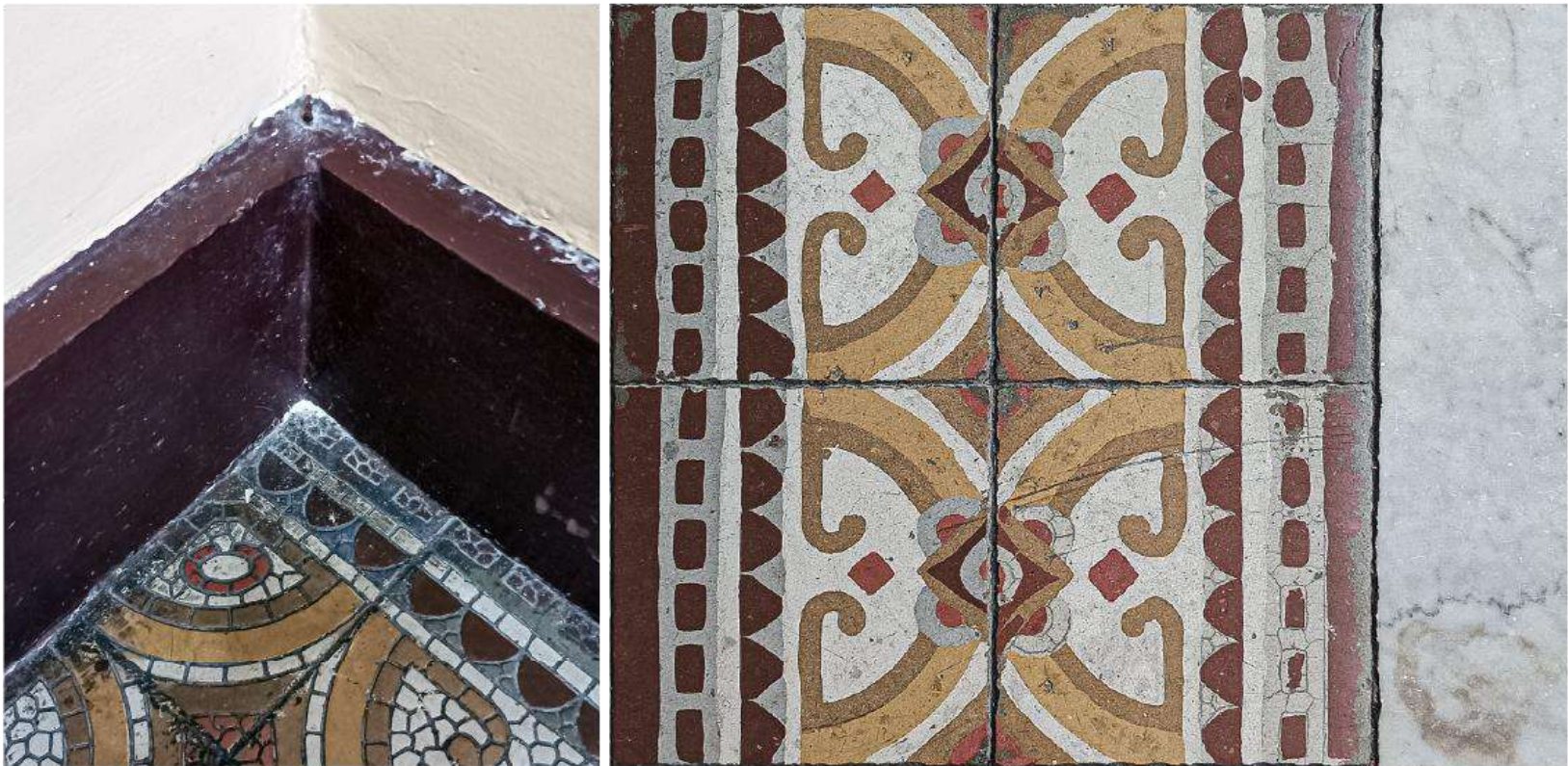


COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	PERDA DE ELEMENTOS CONSTITUINTES	CAUSA	DESAGREGAÇÃO DE PEÇAS POR AÇÃO HUMANA
SINTOMA	RETIRADA DE PARTE DOS LADRILHOS PARA INSERÇÃO DE CARPETE	FENÔMENO	ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	SUBSTITUIÇÃO E RECOLOCAÇÃO



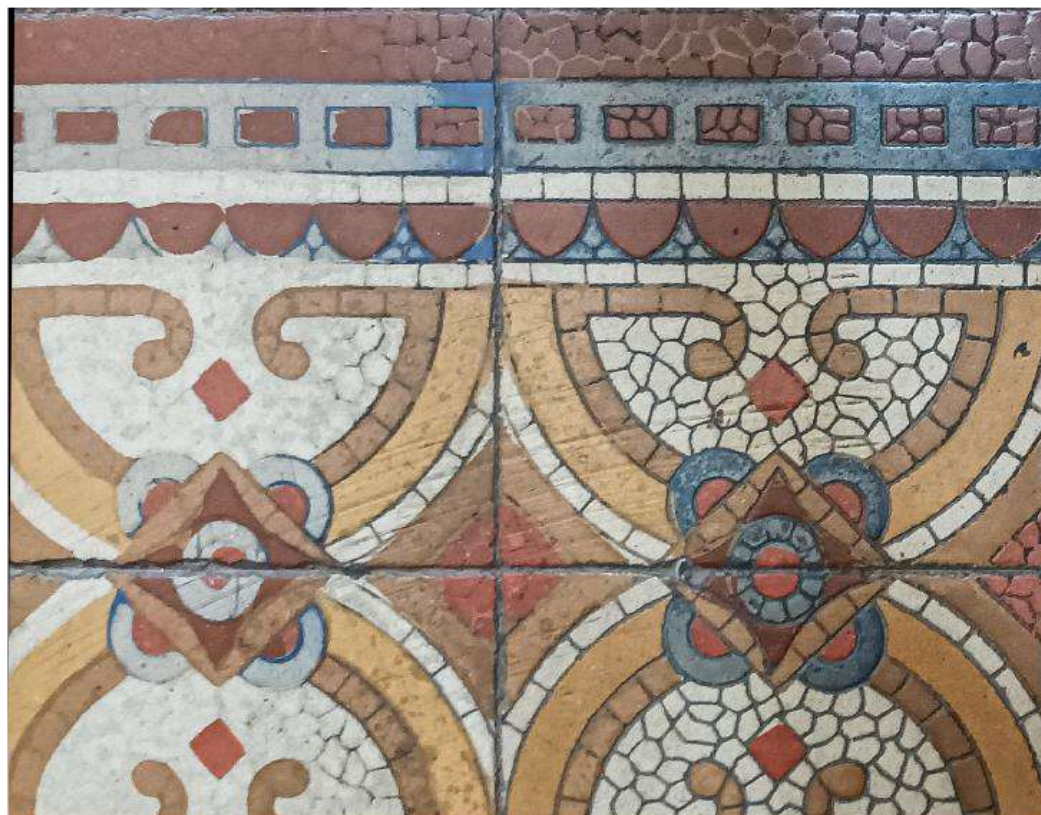
COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	DESAGREGAÇÃO POR DESGASTE DO MATERIAL	CAUSA	FALTA DE MANUTENÇÃO EM PISO DE GRANDE CIRCULAÇÃO DIÁRIA
SINTOMA	DESGASTE DA CAMADA SUPERFICIAL	FENÔMENO	FÍSICO, ATMOSFÉRICO E ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PARCIAL	CONDUTA	QUANDO POSSÍVEL RECONSTITUIÇÃO DO MATERIAL OU TROCA DO PISO

FID 07/13



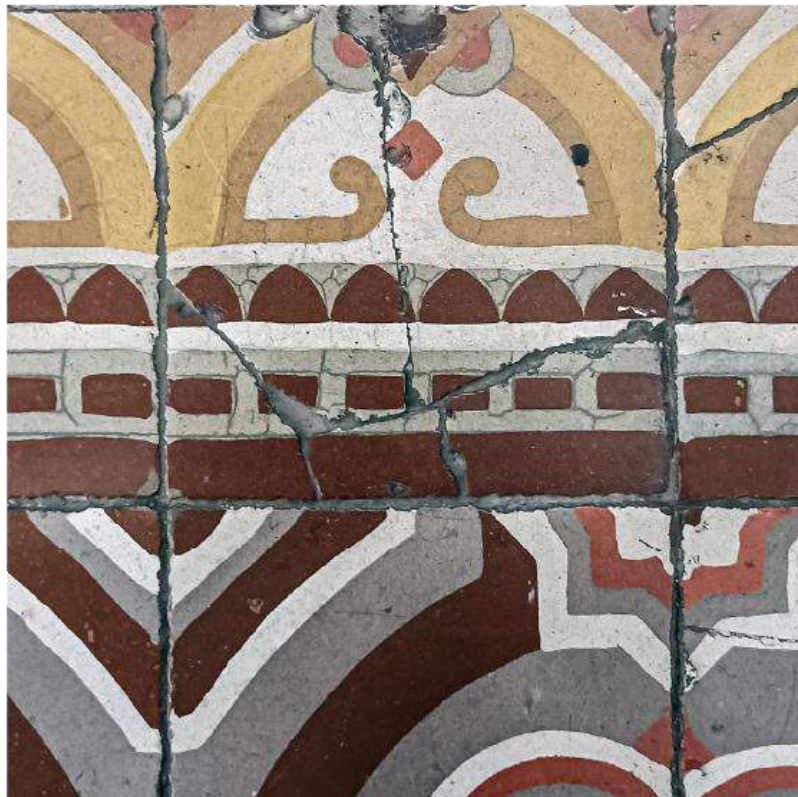
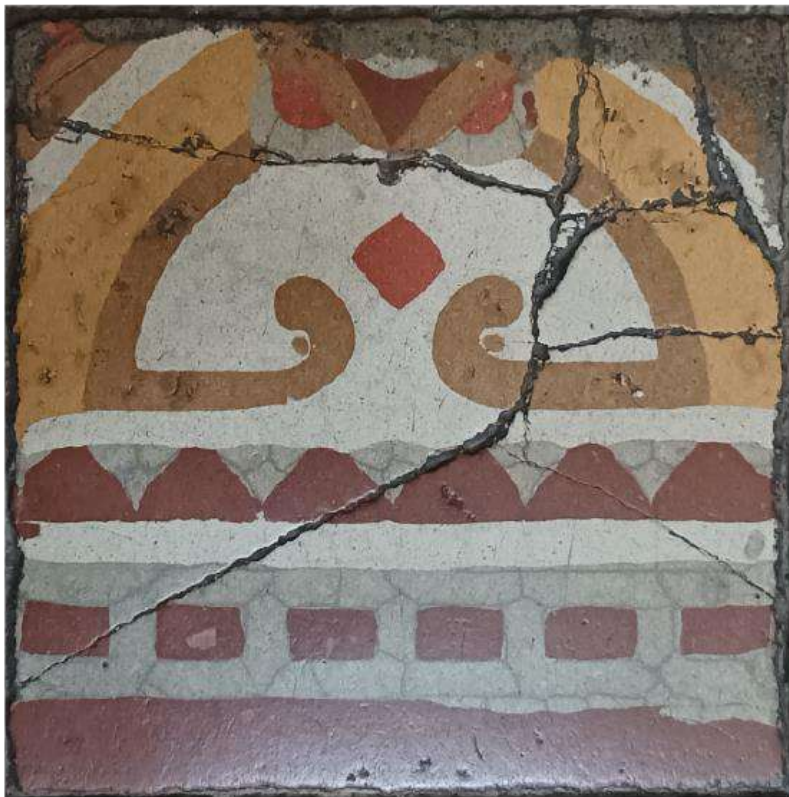
COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	MANCHAS SUPERFICIAIS	CAUSA	ACÚMULO DE SUJIDADES E RESTOS DE PINTURA DAS PAREDES (TINTAS E MASSAS)
SINTOMA	ÁREAS ESCURECIDAS NA SUPERFÍCIE	FENÔMENO	ANTRÓPICO E ATMOSFÉRICO
EXTENSÃO	PARCIAL	CONDUTA	LIMPEZA

FID 08/13



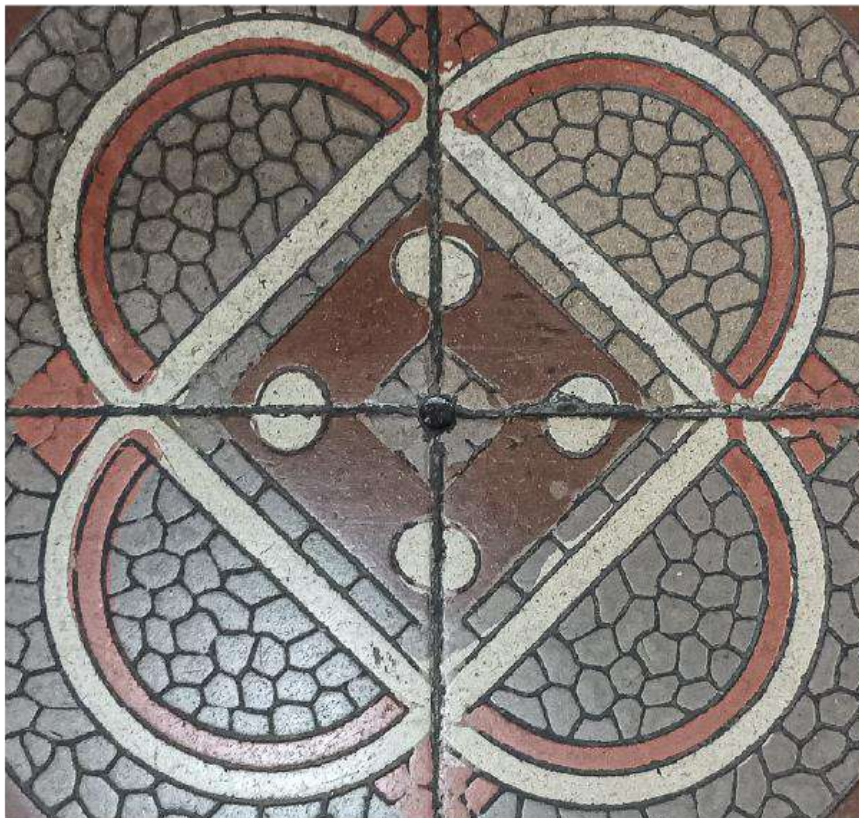
COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	ABRASÃO	CAUSA	DESGASTE POR ATRIÇÃO DA PORTA
SINTOMA	ÁREAS COM RASPAGEM NA SUPERFÍCIE	FENÔMENO	ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	RETIRADA E SUBSTITUIÇÃO

FID 09/13

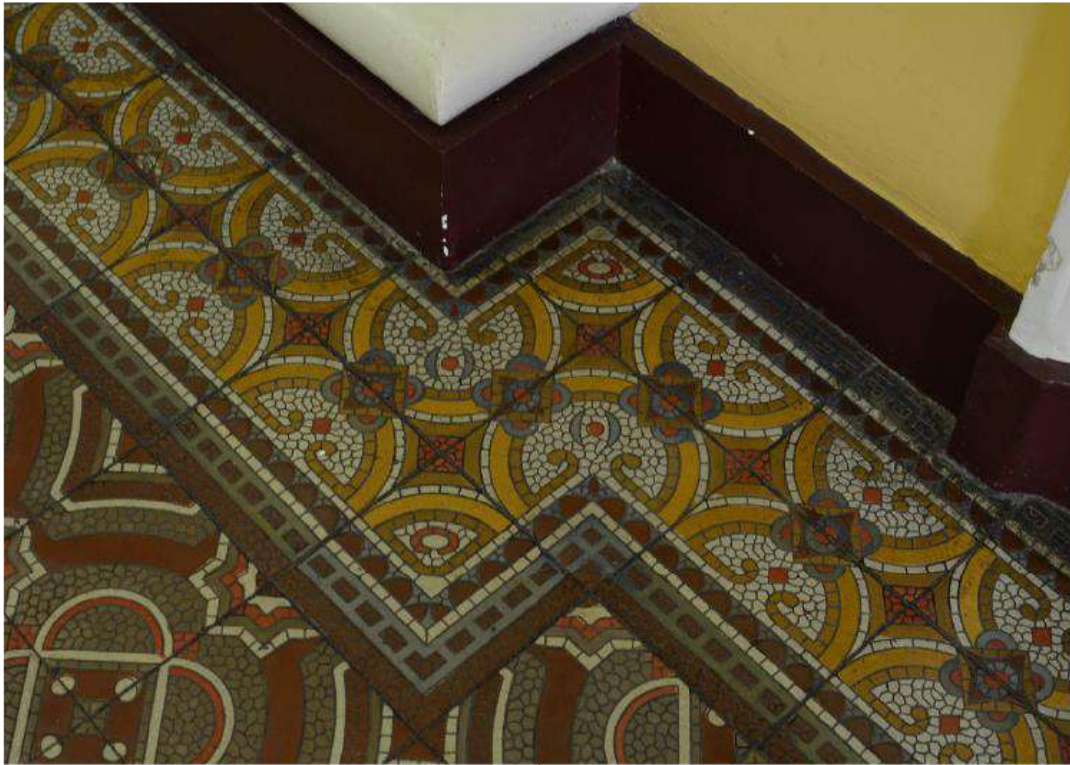


COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	CISALHAMENTO	CAUSA	GRAVIDADE, CAMADA DO CONTRAPISO NÃO ADERENTE OU QUANTIDADE INSUFICIENTE DE ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO
SINTOMA	QUEBRAS	FENÔMENO	FÍSICO, ANTRÓPICO E/OU ATMOSFÉRICO
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	RETIRADA E SUBSTITUIÇÃO

FID 10/13

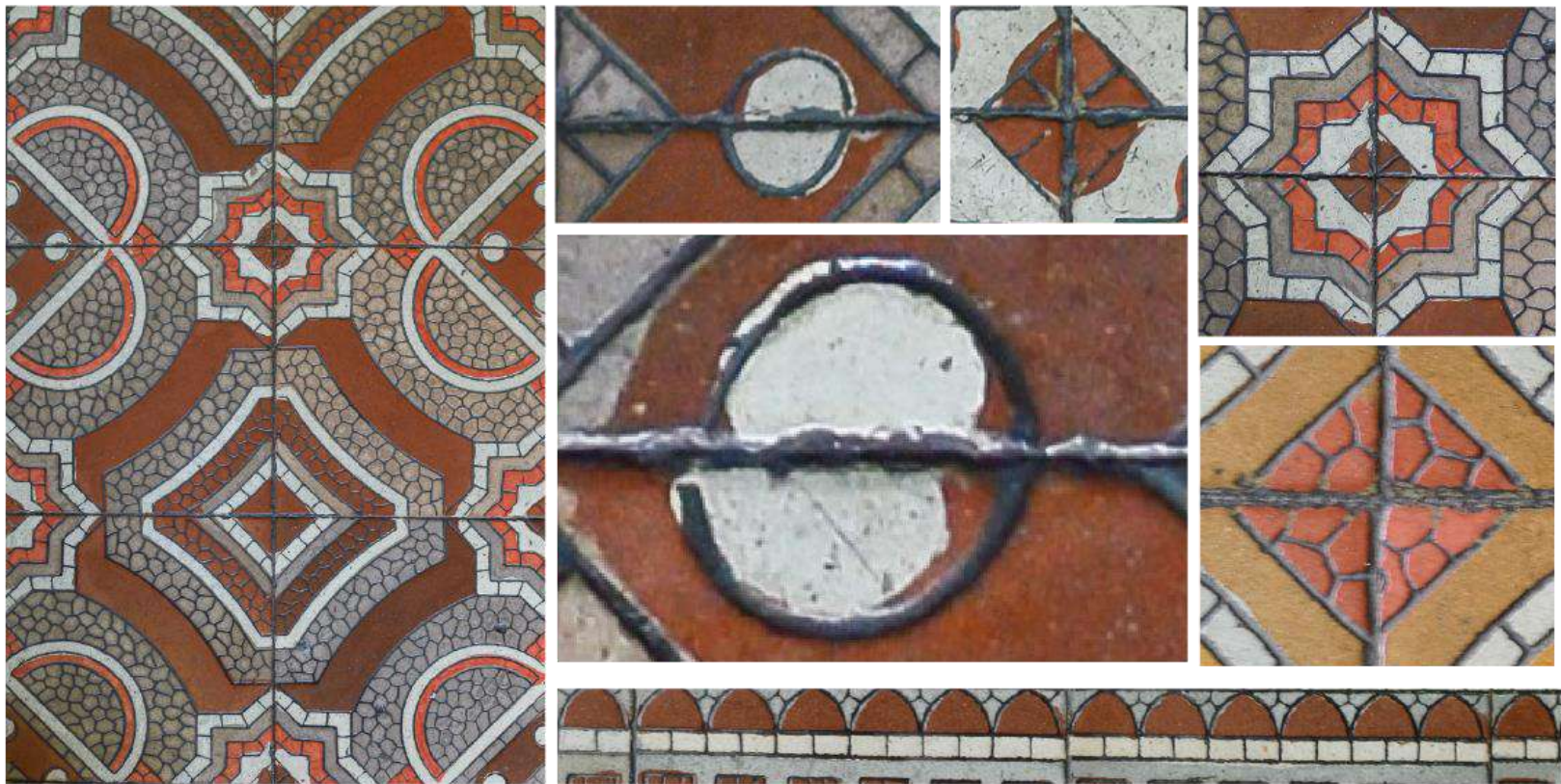


COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	LACUNA (PERDA)	CAUSA	CAUSADO POR PERFURAÇÃO COM BROCA
SINTOMA	ORÍFICIO	FENÔMENO	ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PONTUAL	CONDUTA	RETIRADA E SUBSTITUIÇÃO



COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	RESÍDUOS DE REJUNTES	CAUSA	FALTA DE LIMPEZA E AUSÊNCIA DE MÃO-DE-OBRA ESPECIALIZADA
SINTOMA	ÁREAS COM EXCESSO DE REJUNTE NA CAMADA SUPERFICIAL E ENTRE JUNTAS	FENÔMENO	QUÍMICO E ANTRÓPICO
EXTENSÃO	PARCIAL	CONDUTA	LIMPEZA

FID 12/13

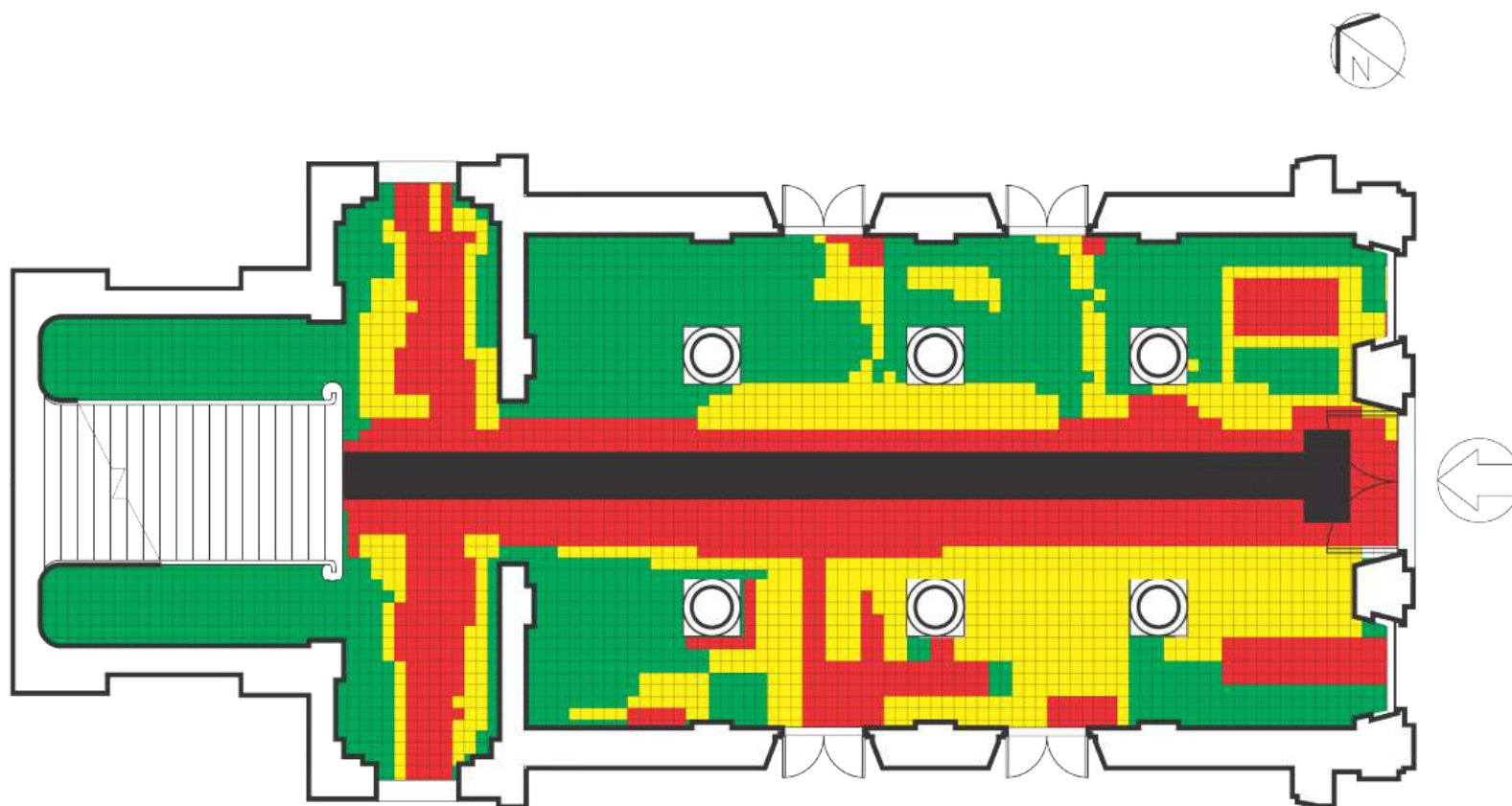


COMPONENTE	REVESTIMENTO	MANIFESTAÇÃO	PISO DO SALÃO DE ENTRADA
DANO	DEFEITO DE FABRICAÇÃO	CAUSA	PROBLEMA NA EXECUÇÃO DA MATRIZ
SINTOMA	ERRO NA FORMA, PARTES DO DESENHO NÃO ENCAIXAM	FENÔMENO	ANTRÓPICO
EXTENSÃO	TOTAL	CONDUTA	SUBSTITUIÇÃO

FID 13/13

DIMENSÕES	COMPONENTES	RUIM	REGULAR	BOM	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
PISO	REVESTIMENTO				- Amarelamentos - Resíduos de rejuntas - Incrustações - Desagregação por desgaste do material - Interferência de elementos não pertencentes à construção original - Perda de elementos constituintes - Sujidades - Abrasão - Alteração cromática/Desbotamento - Cisalhamento - Defeito de fabricação - Lacuna (perda) - Manchas superficiais

MAPA DE DANOS

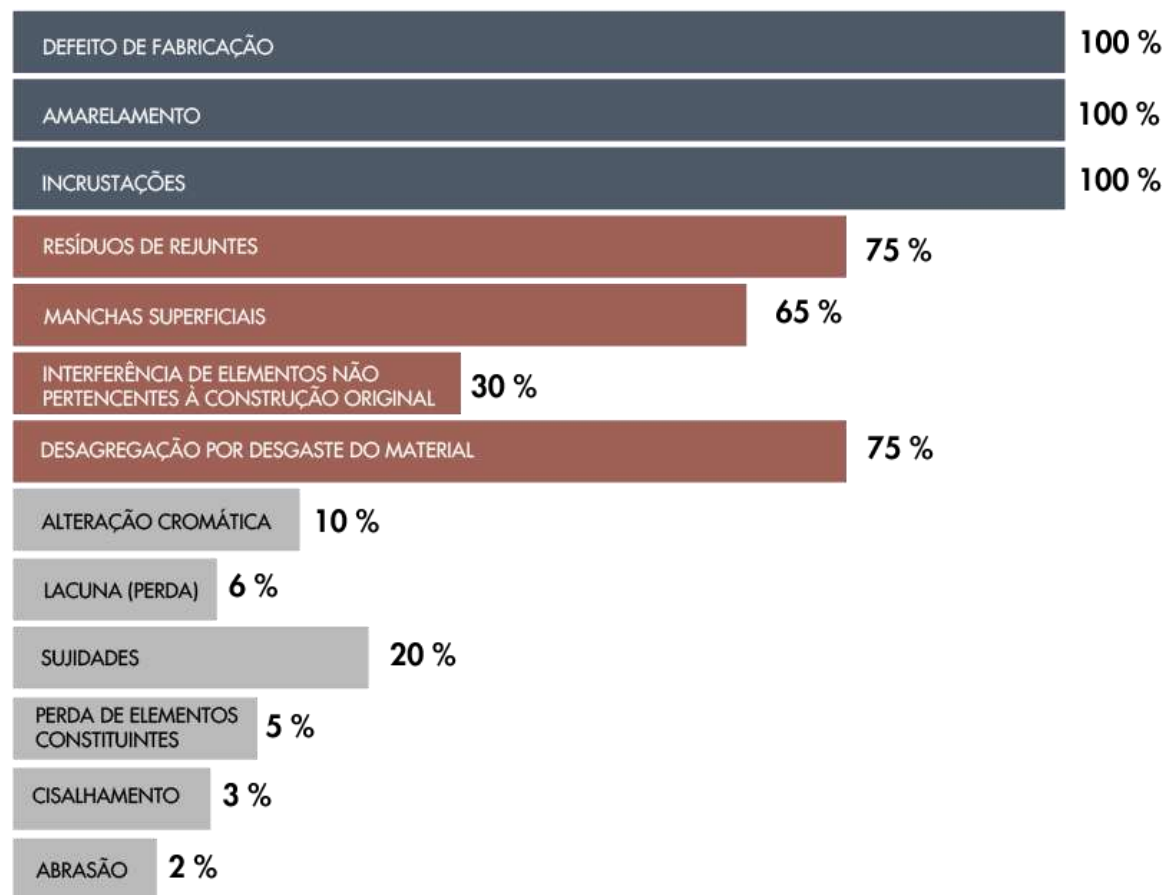


1

PLANTA DE PAGINAÇÃO DE PISO

ESCALA 1:75

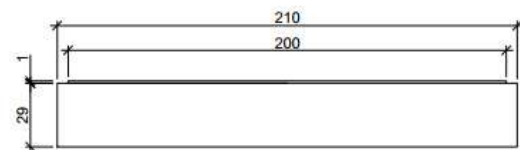
GRÁFICO DO PERCENTUAL DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA POR DIMENSÃO



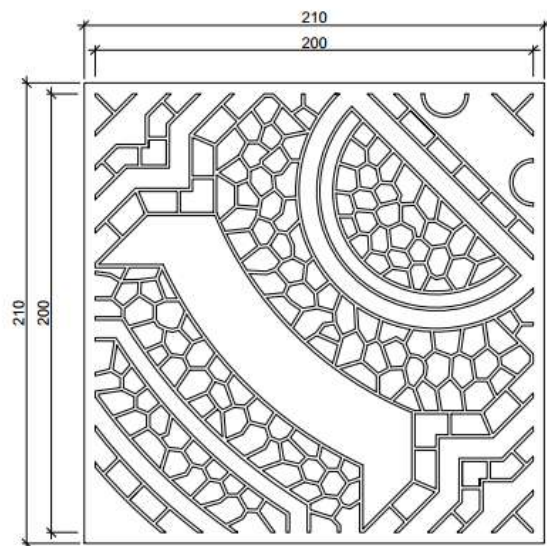
PARECER CRÍTICO DA ANÁLISE

A maioria das patologias encontradas na visita in-loco são facilmente perceptíveis. O desgaste da camada superficial é notável e a falta de manutenção adequada geraram os danos, exceto o defeito de fabricação, algo executado por mão-de-obra não qualificada que não deveria ter sido aprovado pelos responsáveis por fiscalizar a obra.

Apêndice B: Pranchas com o desenho técnico das matrizes.



① VISTA FRONTAL MATRIZ
ESC 1:2

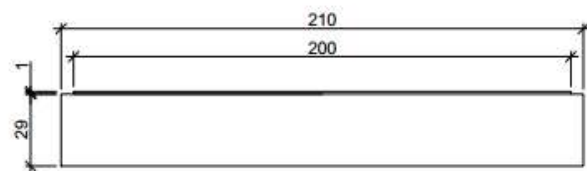


② VISTA SUPERIOR MATRIZ
ESC 1:2

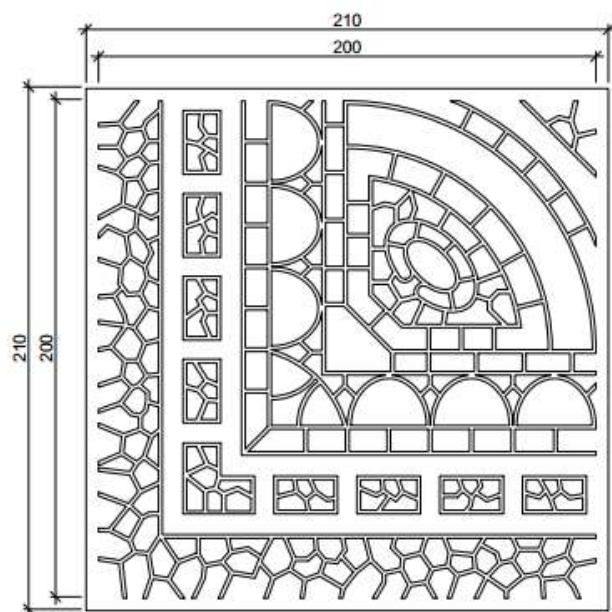


③ PERSPECTIVA ISOMÉTRICA MATRIZ

 LDSM Laboratório de Design e Seleção de Materiais	UFRGS - PGDESIGN - LDSM			
	DOUTORANDO:	ARTHUR THIAGO THAMAY MEDEIROS		
	ORIENTADOR:	FABIO PINTO DA SILVA		
TÍTULO DA TESE: O USO DAS TECNOLOGIAS 3D NA CONSERVAÇÃO DE LADRILHOS ...				
DATA: 20/05/2023	UNIDADE: mm	ESCALA: 1:2	PRANCHA: 1/4	



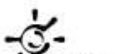
① VISTA FRONTAL MATRIZ
ESCALA 1:2

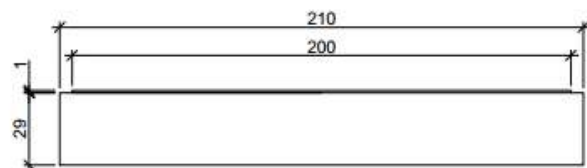


② VISTA SUPERIOR MATRIZ
ESCALA 1:2

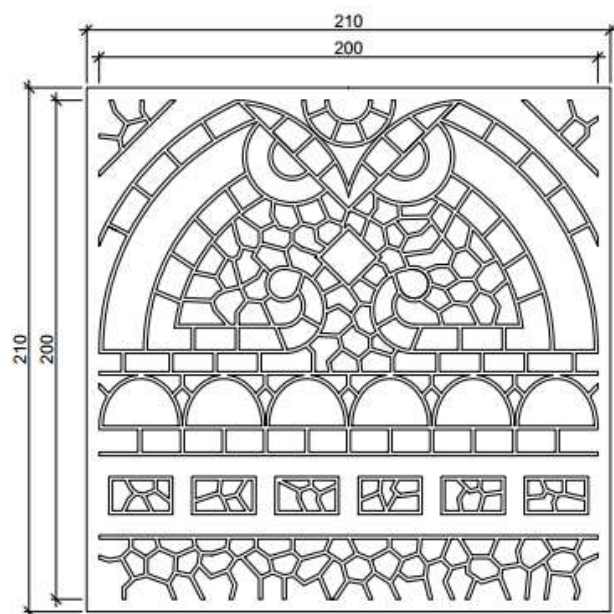


③ PERSPECTIVA ISOMÉTRICA MATRIZ

 LDSM Laboratório de Design e Seleção de Materiais	UFRGS - PGDESIGN - LDSM						
	DOUTORANDO:	ARTHUR THIAGO THAMAY MEDEIROS					
	ORIENTADOR:	FABIO PINTO DA SILVA					
TÍTULO DA TESE: O USO DAS TECNOLOGIAS 3D NA CONSERVAÇÃO DE LADRILHOS ...							
DATA:	20/05/2023	UNIDADE:	mm	ESCALA:	1:2	PRANCHA:	2/4



① VISTA FRONTAL MATRIZ
ESCALA 1:2

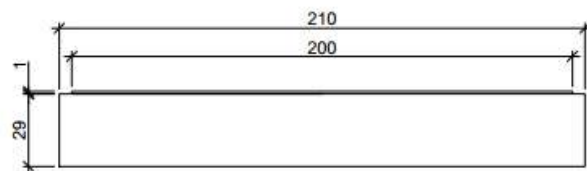


② VISTA SUPERIOR MATRIZ
ESCALA 1:2

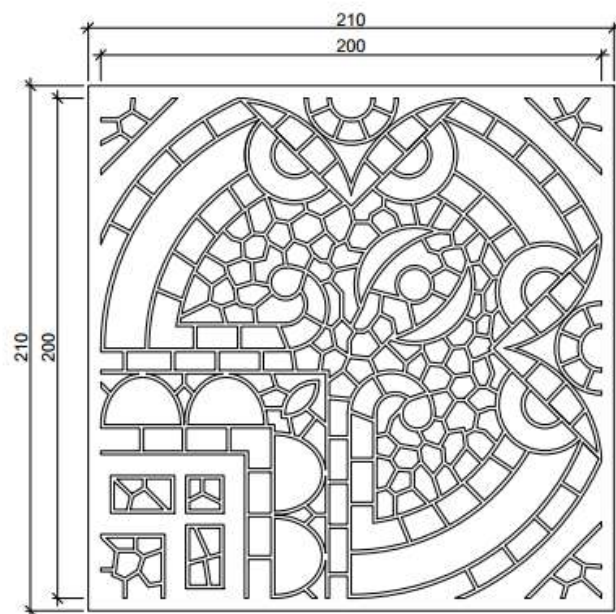


③ PERSPECTIVA ISOMÉTRICA MATRIZ

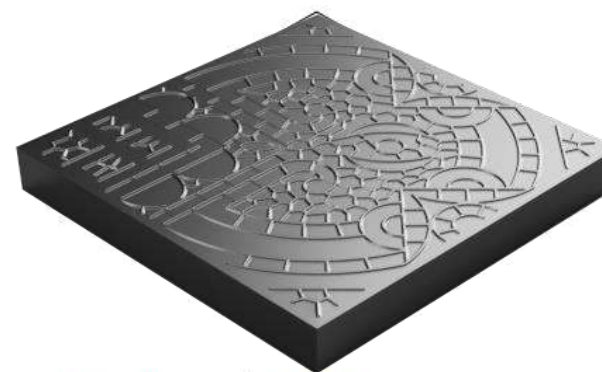
 LDSM Laboratório de Design e Seleção de Materiais	UFRGS - PGDESIGN - LDSM			
	DOUTORANDO:	ARTHUR THIAGO THAMAY MEDEIROS		
	ORIENTADOR:	FABIO PINTO DA SILVA		
TÍTULO DA TESE:				
O USO DAS TECNOLOGIAS 3D NA CONSERVAÇÃO DE LADRILHOS ...				
DATA:	UNIDADE:	ESCALA:	PRANCHA:	
20/05/2023	mm	1:2	3/4	



① VISTA FRONTAL MATRIZ
ESCALA 1:2



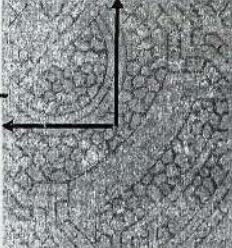
② VISTA SUPERIOR MATRIZ
ESCALA 1:2



③ PERSPECTIVA ISOMÉTRICA MATRIZ

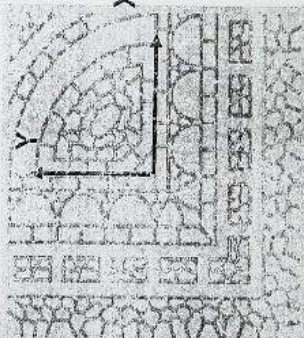
 Laboratório de Design e Seleção de Materiais	UFRGS - PGDESIGN - LDSM		
	DOUTORANDO:	ARTHUR THIAGO THAMAY MEDEIROS	
	ORIENTADOR:	FABIO PINTO DA SILVA	
TÍTULO DA TESE:			
O USO DAS TECNOLOGIAS 3D NA CONSERVAÇÃO DE LADRILHOS ...			
DATA:	20/05/2023	UNIDADE:	mm
		ESCALA:	1:2
		PRANCHA:	4/4

Apêndice C: Fichas de processo de usinagem

CLIENTE: Fabrica Mosaicos		ARQ: Z:\Fabrica de mosaicos\2023\Orc-011-0623-Molde\CAM\Molde_final.prt									
MODELO: Modelo_final		PROG: Fabrica Mosaicos\2023\Orc-011-0623-Molde\Molde_final\fixa-1									
PROGRAMADOR: FILIPE		DATA: 26/06/2023		MÁQ: 04		OPERADOR: ALIAN		OS: 20305		QTD: 01	
PROGRAMA: FERRAMENTA:											
NOME		Tempo	Tipo	MGZ	Altura	OBSERVAÇÃO	Usada	REAFIADA/USADA BOA	Nova		
A_TOPO_FTR40_R25 ✓		00:06	FTR40 R2.5	80	40						
B_FTR25_R08 ✓		02:00	FTR25 R0.8	67	30	27 ALÍVIO RETO		X			
C_FTR8_R1 ✓			FTR8 R1		10	3mm ALÍVIO RETO		X			
D_FTR4_R05 ✓			FTR4 R0.5		10	3mm ALÍVIO RETO	X				
E_FTR4_R05 ✓			FTR4 R0.5		10	3mm ALÍVIO RETO			X		
F_FTE_2 ✓		02:40	FTE Ø2		10	3mm ALÍVIO RETO			X		
G_FTR2_R05 ✓		01:05	FTR2 R0.5		10	3mm ALÍVIO RETO			X		
H_FTE_1 ✓			FTE Ø1		10	3mm ALÍVIO RETO			X		
Material: SAE 1045											
Dimensões: 210 X 210 X 30											
Ponto Zero X: CENTRO ✓											
Ponto Zero Y: CENTRO ✓											
Ponto Zero Z: TOPO + 0.5 ✓											
Observação: DESGASTES DA FERRAMENTA PRINCIPALMENTE PELA 2005, QUE É DAS FERR. Nota											
											
PONTOS DE INSPEÇÃO:											
1 X= Y= ✖ VISUAL LAUDO: ✖ = 1 OK											
2 X= Y= ✖ LAUDO: ✖ = 2											
3 X= Y= ✖ LAUDO: ✖ = 3											
FINAL											
RESPONSÁVEL: ALIAN											
TEMPO MÁXIMO: 15:10											
LAUDO: OK											
DATA: 28/06/2023											
SQ006 Rev. 4 03/19											

CONTROLE DE PRODUÇÃO				PARADAS DE MÁQUINA			
INÍCIO:	10:00	FIM:	17:00	INÍCIO	FIM	MOTIVO	
TOTAL:	07:00	TOTAL:	07:05	10:00	10:50	LIMPEZA + PREPARAÇÃO + ZERAMENTO	
INÍCIO:	21:30	FIM:	06:00	10:50	11:40	PREPARAÇÃO DE FERRAMENTA	
TOTAL:	8:30	TOTAL:	9:00	11:40	12:40	ALMOÇO	
INÍCIO:	07:30	FIM:	16:30	12:40	13:00	AGUARDANDO PROG.	
TOTAL:	9:00	TOTAL:	9:00	13:00	15:00	PREPARANDO FER + AGUARDANDO PROG.	
INÍCIO:	14:00	FIM:	15:00	14:00	15:10	INTERVALO	
TOTAL:	32:00	TOTAL:	32:00	15:00	15:10		

[illegible]

CLIENTE: Fabrica Mosaicos	ARQ: Z:\Fabrica de mosaicos\2023\Orc-013-0723\CAMI\adriho_canto_01.prt																																																															
MODELO: Ladrilho_canto_01	PROG: Fabrica Mosaicos\2023\Orc-013-0723\ladrilho_canto_01\FIXA-2.ACAB																																																															
PROGRAMADOR: BRUNO	DATA: 12.07.23	MÁQ: 01	OPERADOR: <i>BRUNO</i>	OS: 20320	QTD: 01																																																											
PROGRAMA: FERRAMENTA:																																																																
NOME	Tempo	Tipo	MGZ.	Altura	Observação																																																											
A_FTR3_R1 ✓		FTR3 R1		10	3mm ALIVIO RETO																																																											
B_FTR4_R05 ✓		FTR4 R0.5		10	3mm ALIVIO RETO																																																											
C_FTR3_R05 ✓		FTR3 R0.5		10	3mm ALIVIO RETO																																																											
D_FTR2_R05 ✓		FTR2 R0.5		10	3mm ALIVIO RETO																																																											
E_FTE2 ✓		FTE2		10	3mm ALIVIO RETO																																																											
F_FTE1_1 -		FTE Ø1		10	3mm ALIVIO RETO																																																											
																																																																
CROQUI:																																																																
Material: VR300																																																																
Dimensões: 210 X 210 X 30																																																																
Ponto Zero X: CENTRO																																																																
Ponto Zero Y: CENTRO																																																																
Ponto Zero Z: TOPO																																																																
Observação: PRENDER NA MORÇA POR 20MM MAX																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONTROLE DE PRODUÇÃO</th> <th colspan="2">PARADAS DE MÁQUINA</th> <th colspan="2">FINAL</th> </tr> <tr> <th>INÍCIO</th> <th>FIM</th> <th>INÍCIO</th> <th>FIM</th> <th>MOTIVO</th> <th>RESPONSÁVEL:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16:30</td> <td>17:30</td> <td>16:30</td> <td>17:30</td> <td>SETUP L. CAL. PRAB.</td> <td rowspan="2"><i>BRUNO</i></td> </tr> <tr> <td>08:05</td> <td>09:05</td> <td>08:50</td> <td>12:40</td> <td>FOLHA DE ENERGIA ELÉTRICA</td> </tr> <tr> <td>01:30</td> <td>16:00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>01:30</td> <td>17:00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>INÍCIO</td> <td>FIM</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">TEMPO TOTAL: 27.5</td> <td colspan="2"></td> <td>TEMPO MÁXIMO: 5h</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td>LAUDO: <i>OK</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td>DATA: 12.07.23</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						CONTROLE DE PRODUÇÃO		PARADAS DE MÁQUINA		FINAL		INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	MOTIVO	RESPONSÁVEL:	16:30	17:30	16:30	17:30	SETUP L. CAL. PRAB.	<i>BRUNO</i>	08:05	09:05	08:50	12:40	FOLHA DE ENERGIA ELÉTRICA	01:30	16:00					01:30	17:00					INÍCIO	FIM					TEMPO TOTAL: 27.5				TEMPO MÁXIMO: 5h						LAUDO: <i>OK</i>						DATA: 12.07.23	
CONTROLE DE PRODUÇÃO		PARADAS DE MÁQUINA		FINAL																																																												
INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	MOTIVO	RESPONSÁVEL:																																																											
16:30	17:30	16:30	17:30	SETUP L. CAL. PRAB.	<i>BRUNO</i>																																																											
08:05	09:05	08:50	12:40	FOLHA DE ENERGIA ELÉTRICA																																																												
01:30	16:00																																																															
01:30	17:00																																																															
INÍCIO	FIM																																																															
TEMPO TOTAL: 27.5				TEMPO MÁXIMO: 5h																																																												
				LAUDO: <i>OK</i>																																																												
				DATA: 12.07.23																																																												
SQ003 Rev. 4 03/19																																																																

CLIENTE: Fabrica Mosaicos	ARQ: Z:\Fabrica de mosaicos\2023\Orc-013-0723\CAMILA Ladrilho_canto_02.prt				
MODELO: Ladrilho canto 02	PROG: Fabrica Mosaicos\2023\Orc-013-0723\Ladrilho_canto_02\FIXA-2-ACAB				
PROGRAMADOR: FILIPE	DATA: 13/7/23	MÁQ: 06	OPERADOR: PAULO	OS: 20320	QTD: 01
PROGRAMA: FERRAMENTA:					
NOME	Tempo	Tipo	MGZ.	Altura	Usada
A2_FTR8_R1		FTR8 R1	10	10	
B2_FTR4_R05		FTR4 R0.5	11	10	
C2_FTR4_R05		FTR4 R0.5	11	10	
D2_FTE_2		FTE Ø2	12	10	
E2_FTR2_R05		FTR2 R0.5	13	10	
F2_FTE_1		FTE Ø1	14	10	
OBSERVAÇÃO					
3mm ALÍVIO RETO					
3mm ALÍVIO RETO					
3mm ALÍVIO RETO					
2mm ALÍVIO RETO					
2mm ALÍVIO RETO					
2mm ALÍVIO RETO					
REAFIADA/USADA BOA					
Nova					

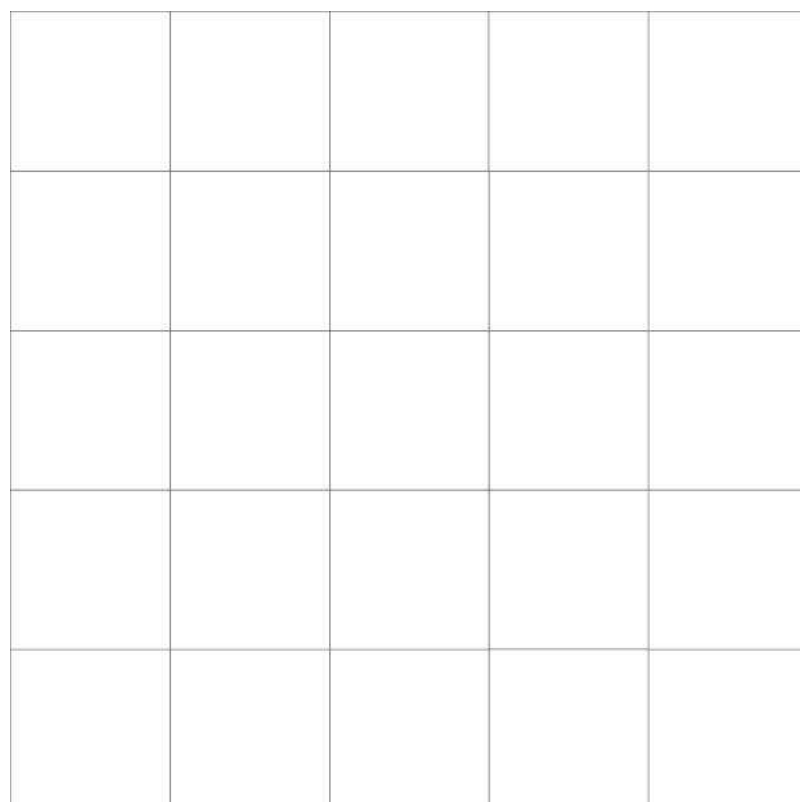
Material: P 20	Croqui:	PONTOS DE INSPEÇÃO:		INSPEÇÃO
Dimensões 210 X 210 X 30		1	VISUAL	1
Ponto Zero X: CENTRO				LAUDO: $\neq$
Ponto Zero Y: CENTRO				LAUDO: $\neq$
Ponto Zero Z: TOPO				LAUDO: $\neq$
Observação:				
FRENTE P/ FRENTE				

CONTROLE DE PRODUÇÃO			PARADAS DE MÁQUINA		
INÍCIO: 07:30	FIM: 15:30	TOTAL: 8.0	MOTIVO: Setup		
INÍCIO: 07:30	FIM: 17:30	TOTAL: 16.0	FALTA ENERGIA		
INÍCIO: 07:30	FIM: 10:30	TOTAL: 3.0	Setup		
INÍCIO: 07:30	FIM: 08:45	TOTAL: 1.15	Ajuste Programa		
INÍCIO: 15:50	FIM: 17:30	TOTAL: 1.40			
TEMPO TOTAL: 12.00					

RESPONSÁVEL: Paulo	
TEMPO MÁXIMO: 7h	
LAUDO: OK	DATA: 19-07-23

Apêndice D: Manual de uso, operação e manutenção dos ladrilhos hidráulicos

CAPA E CONTRACAPA







Sobre o ofício de ladrilheiro:

[...] Talvez artesãos com força de Sansão e a sensibilidade de um artista, na colocação dos pigmentos.

Fábrica de Mosaicos

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

A retomada do ladrilho hidráulico como um revestimento das superfícies arquitetônicas, coloca em evidência o seu processo de fabricação artesanal e de baixo impacto ambiental. Sua produção artesanal possui características peculiares que merecem destaque, no entanto, a literatura sobre o assunto é limitada e a metodologia de produção ainda é baseada em procedimentos empíricos transmitidos ao longo das gerações. As técnicas de instalação, armazenamento e manutenção adequada dos ladrilhos também estão se perdendo gradualmente, pois exigem conhecimentos e técnicas específicas para serem executadas corretamente, que diferem das aplicadas em revestimentos

cerâmicos, por exemplo.

Nessa perspectiva, foi desenvolvido este Manual cujo objetivo é oferecer diretrizes e uniformizar procedimentos para assentamento e manutenção dos ladrilhos em canteiros de obras. Esse documento traz informações importantes quanto aos métodos que devem ser seguidos para que a máxima vida útil dos ladrilhos hidráulicos possa ser atingida de maneira eficiente.

As recomendações dadas no presente manual se aplicam a todos os tipos de ladrilhos hidráulicos, apresentando-se como um manual universal de instruções a ser utilizado por designers, arquitetos, engenheiros, restauradores, empreiteiros e o consumidor final.

O ladrilho hidráulico para pavimentação é uma placa cimentícia paralelepípedica de dupla camada, executada por prensagem, com a superfície exposta ao tráfego lisa ou em baixo-relevo.

ABNT NBR 9457/2013

INTRODUÇÃO

As informações foram obtidas através da compilação de dados provenientes de fábricas de ladrilhos no Brasil, bem como de empresas especializadas no beneficiamento de revestimentos cimentícios. Além disso, foram consideradas as normas regulamentadoras vigentes relacionadas a cada especificidade.

Para a realização de limpezas periódicas, manutenção e impermeabilização, é recomendado, conforme indicado pela Fábrica de Mosaicos, o uso dos produtos da marca Piscolean, fabricados pela Pek Indústria Química EIRELI – ME, localizada na Rua Tenente Ary Tarragô, 2890, Jardim Planalto - Porto Alegre/RS. Esses produtos podem ser adquiridos e aplicados por mão-de-obra particular,

desde que sejam seguidas as recomendações do fabricante e as instruções fornecidas neste manual.

Os links para sites da web fornecidos neste manual foram verificados e funcionaram corretamente no momento da publicação do material. No entanto, como a Internet é um ambiente em constante mudança, as páginas podem ser alteradas ou removidas ao longo do tempo. Portanto, não podemos garantir a qualidade, precisão ou integridade das informações contidas nesses links, e não nos responsabilizamos por quaisquer problemas decorrentes do uso desses recursos externos.



LADRILHO HIDRAULICO

O ladrilho hidráulico é um revestimento feito à base de cimento, agregados e pigmentos, utilizado em pisos e paredes. Sua fabricação envolve o uso de cimento Portland, agregados, água e pigmentos. A cura do ladrilho ocorre por imersão em água, e seu processo de produção é manufaturado, conferindo uma característica artesanal a cada peça.

Atualmente, existem ladrilhos internos (usados em pisos e paredes),

externos (para calçadas e rampas de acesso) e táteis (para orientação de pessoas cegas ou com baixa visão).

Historicamente, o ladrilho hidráulico teve origem no século XIX e atingiu seu auge no século XX. Sua estética foi influenciada pelos mosaicos bizantinos, com a união de peças para formar um desenho único. Os ladrilhos encausticos, predecessores do ladrilho hidráulico, começaram a ser fabricados no século XIII. No Bra-

sil, a produção de ladrilhos hidráulicos iniciou com imigrantes italianos e se popularizou durante o período moderno, com influências do Art Nouveau e Art Déco. Porém, a partir dos anos 1970, seu uso diminuiu devido à fabricação mecanizada dos revestimentos cerâmicos.

Atualmente, o ladrilho hidráulico é apreciado por sua variedade de padrões e cores, que permitem uma infinidade de possibilidades criativas na decoração de espaços. Além disso, sua produção artesanal continua a ser

LADRILHO HIDRAULICO

O ladrilho hidráulico é considerado não apenas um elemento decorativo, mas também um testemunho histórico e cultural. Sua presença em edifícios antigos e sua incorporação em projetos contemporâneos destacam a importância desse material na arquitetura e no design de interiores.

valorizada, com muitos fabricantes dedicados a preservar as técnicas tradicionais de fabricação, como, por exemplo, a Fábrica de Mosaicos de Pelotas, patrimônio industrial brasileiro, localizado no Estado do Rio Grande do Sul.

2.1 Normas complementares

Para cumprir as demandas técnicas, as fábricas de ladrilhos do Brasil se utilizam das regulamentações da ABNT, que incluem:

NBR 9457: 2013 - Ladrilhos hidráulicos para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio

A ABNT NBR 9457 está em sua segunda edição que foi publicada em 27.02.2013, com validade a partir de 27.03.2013. Foi desenvolvida pelo Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados (ABNT/CB-18), por meio da Comissão de Estudo de Ladrilho Hidráulico (CE-18/600.05).

Em resumo, a norma NBR 9457 estabelece os requisitos e métodos de ensaio para os ladrilhos hidráulicos utilizados na pavimentação, incluindo especificações para materiais, dimensões, resistência mecânica e inspeção visual.

Essa norma é responsável por cancelar e substituir as ABNT NBR 9458:1986 e ABNT NBR 9459:1986.

NBR 9458: 1986 – Assentamento de Ladrilho Hidráulico

NBR 9459: 1986 – Ladrilho Hidráulico – Formatos e Dimensões

Essa segunda edição da norma também cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 9457:1986), que passou por revisões técnicas:

NBR 9457: 1986 – Ladrilho Hidráulico – Especificação

NBR 9457: 1986 – Ladrilho Hidráulico – Especificação

2.2 Outras referências normativas

As seguintes referências normativas são essenciais para a aplicação e desenvolvimento deste documento. São normas que referem à matéria-prima do ladrilho hidráulico (cimento, pigmentos, agregados, aditivos e água), sobre requisitos para sistema de pisos e as diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações.

• ABNT NBR 5732: Especificação de Cimento Portland comum

• ABNT NBR 5733: Especificação de Cimento Portland de alta resistência inicial

• ABNT NBR 5735: Especificação de Cimento Portland de alto-forno

• ABNT NBR 5736: Especificação de Cimento Portland pozolânico

• ABNT NBR 7211: Especificação de Agregados para concreto

• ABNT NBR 11578: Especificação de Cimento Portland composto

• ABNT NBR 11768: Requisitos para Aditivos químicos para concreto de cimento Portland

• ABNT NBR 12989: Especificação de Cimento Portland branco

• ABNT NBR 13818:1987: Especificação e métodos de ensaio para Placas cerâmicas para revestimento

• ABNT NBR 15900-1: Parte 1 dos Requisitos para Água para amassamento do concreto

• ABNT NBR 15575-3: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos

• ASTM C979/C979M: Especificação padrão para Pigmentos para concreto colorido integralmente



3.1 DIMENSÕES

3.2 MATERIAIS

3.3 ESPESSURA E CAMADAS

3.4 CHANFRO E BAIXO-RELEVO

3.5 UNIDADE DE COMPRA
(QUANTIDADE POR M²)

3.6 CORES

3.7 RESISTÊNCIA MECÂNICA

3.8 TRÁFEGO

DADOS TÉCNICOS

1

2

3

(1) Interno, (2) Externo e (3) Tátil

É importante ressaltar que os dados técnicos apresentados podem variar dependendo do fabricante e das especificações do ladrilho hidráulico escolhido. Sempre consulte as informações fornecidas pelo fabricante para obter detalhes precisos.

Os ladrilhos hidráulicos são classificados em **interno**, **externo** e **tátil**, sendo usados em diferentes contextos. Os desenhos do ladrilho hidráulico são compostos por classes que formam o miolo, a barra e o canto, criando um padrão único.

DADOS TÉCNICOS

Eles apresentam formatos comumente quadrados, hexagonais ou retangulares, e suas dimensões podem variar.

- Dimensão mais comum é 200 x 200 mm;
- Comprimento nominal máximo de 400 mm;
- Largura nominal mínima de 100 mm;
- Espessura nominal mínima de 18 mm.

Veja as tolerâncias dimensionais conforme especificadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Tolerâncias dimensionais das peças.

ESPESSURA NOMINAL	TOLERÂNCIAS		
	Comprimento	Largura	Espessura
18 a 20	± 3	± 3	± 1
> 20	± 3	± 3	± 2

*Dimensões em milímetros.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013.

3.1 Dimensões

3.2 Materiais

A argamassa utilizada nas peças de ladrilho hidráulico deve ser composta por cimento Portland, agregados e água. Além disso, é permitido o uso de aditivos e pigmentos, desde que sejam especificados conforme as diretrizes a seguir. Esses aditivos e pigmentos podem ser empregados para melhorar características específicas da argamassa, como sua plasticidade, resistência ou coloração, conforme as necessidades e preferências do projeto em questão. É fundamental seguir as especificações indicadas para garantir a qualidade e desempenho adequados da argamassa utilizada nas peças de ladrilho hidráulico:

- a) O cimento Portland pode ser de qualquer tipo e classe, devendo atender às normas descritas no item "2.2 Outras referências normativas".
- b) Os agregados podem ser naturais, industriais ou reciclados, atendendo à ABNT NBR 7211 - Agregados para concreto - Requisitos.
- c) A água de amassamento deve atender a: ABNT NBR 15900-1 - Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos.
- d) Os aditivos devem atender a ABNT NBR 11768 - Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Requisitos.
- e) Os pigmentos devem ser de base inorgânica e atender à ASTM C979/C979 M - Especificação padrão para pigmentos para concreto integralmente colorido.

3.3 Espessura e camadas

Espessura nominal mínima de 18 mm, para garantir sua resistência. É composto por duas camadas: uma face superior exposta ao tráfego (podendo ou não ter sua camada superficial pigmentada) e uma face inferior que fica em contato com a camada de assentamento (que podem ser de argamassa ou uma de argamassa e outra de pasta cimentícia).

3.4 Chanfro e baixo-relevo

DADOS TÉCNICOS

A presença de chanfros ou baixos-relevos nas peças de ladrilho hidráulico é determinada com base em considerações construtivas e de conforto para pedestres. É possível utilizar peças tanto com chanfros ou baixos-relevos, quanto sem essas características, considerando as necessidades específicas do projeto e das condições de uso.

3.5 Unidade de compra (quantidade por m²)

DADOS TÉCNICOS

A unidade de compra padrão para as peças de ladrilho hidráulico é o metro quadrado (m²), onde é necessário especificar o número de peças por metro quadrado. Essa medida permite uma fácil estimativa da quantidade necessária para cobrir determinada área. Para ladrilhos com dimensões 200x200mm, 25 ladrilhos

compõem 1m².

No entanto, é importante destacar que outras unidades de compra podem ser utilizadas mediante acordo prévio entre o fornecedor e o comprador. Nesses casos, é essencial estabelecer claramente as unidades e quantidades acordadas para evitar qualquer ambiguidade na transação.



3.6 Cores

DADOS TÉCNICOS

Uma das características distintivas do ladrilho hidráulico é sua ampla gama de cores, padrões e desenhos. Essa versatilidade permite a criação de diferentes combinações e designs personalizados. Veja a imagem do catálogo de cores da Fábrica de Mosaicos.

Devido à natureza artesanal do produto, é possível ocorrer pequenas variações de cores em cada peça.



3.7 Resistência mecânica

DADOS TÉCNICOS

As peças cimentícias de ladrilho hidráulico, quando assentadas sobre uma camada de apoio, devem apresentar uma resistência mecânica mínima à flexão de 3,5 MPa, conforme estabelecido pela norma ABNT NBR 13818:1987. Essa norma estabelece os critérios e procedimentos para a verificação das propriedades

mecânicas das peças cimentícias, assegurando a qualidade e durabilidade adequadas. É fundamental seguir as diretrizes dessa norma para garantir que as peças de ladrilho hidráulico atendam aos requisitos de resistência exigidos.

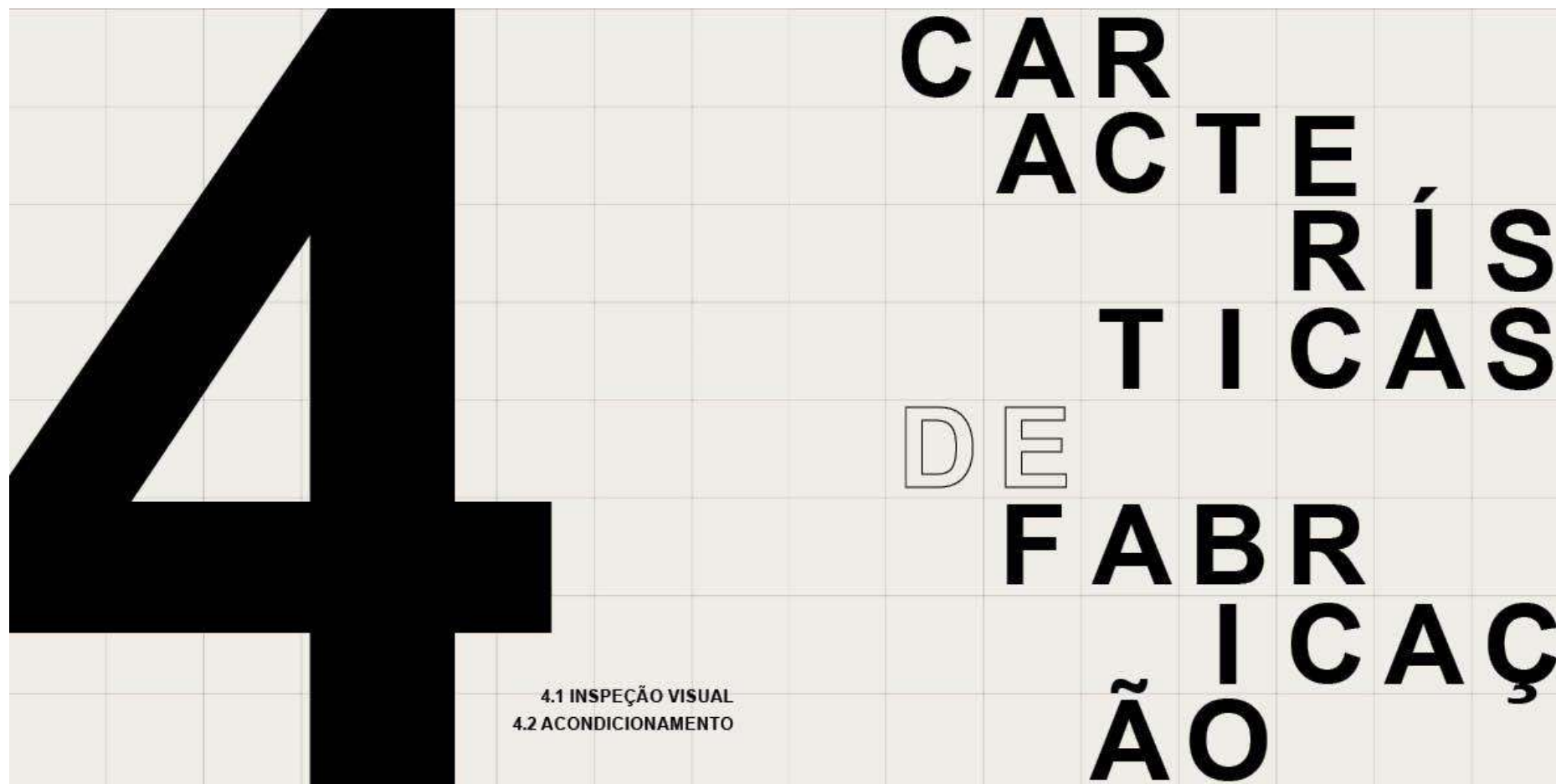
3.8 Tráfego

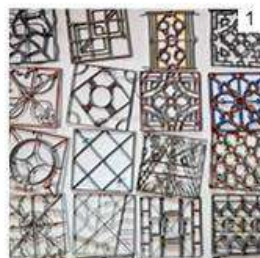
DADOS TÉCNICOS

O tráfego de pedestres em pisos de ladrilho hidráulico é adequado para instalações em passeios públicos (calçadas), praças e outras áreas onde o tráfego de veículos não é permitido. Esses pisos são projetados para suportar a circulação de pessoas, proporcionando um ambiente seguro e esteticamente agradável para pedestres.

Pavimentações de ladrilho hidráulico é adequada para

instalações sujeitas ao tráfego de veículos leves, como estacionamentos, acessos e entradas de veículos. Nesses casos, o tráfego de veículos comerciais é esporádico, geralmente variando de 1 a 20 por dia, por faixa de tráfego. Os pisos de ladrilho hidráulico são projetados para resistir a essas cargas e oferecer uma superfície durável e segura para a passagem de veículos leves.





CARACTERÍSTICAS DE FABRICAÇÃO



O processo de fabricação do ladrilho hidráulico, que originalmente é de natureza manufaturada, envolve uma série de etapas que requerem a realização de várias ações para a produção e finalização de cada peça:



1ª etapa - Seleção do Molde, Placa e preparação dos materiais: secante, argamassa e pigmentos;

2ª etapa - Montagem do Quadro com a Placa e inserção do Molde para despejo da massa pigmentada;

3ª etapa - Retirada do Molde e inserção do secante;

4ª etapa - Colocação da camada de argamassa;



5ª etapa - Prensagem do conjunto;

6ª etapa - Desenformagem da peça;

7ª etapa - Repouso do material por 24 horas;

8ª etapa - Imersão dos ladrilhos em água por cerca de 12 horas;

9ª etapa - Secagem das peças;

10ª etapa - Acondicionamento



CARACTERÍSTICAS DE FABRICAÇÃO

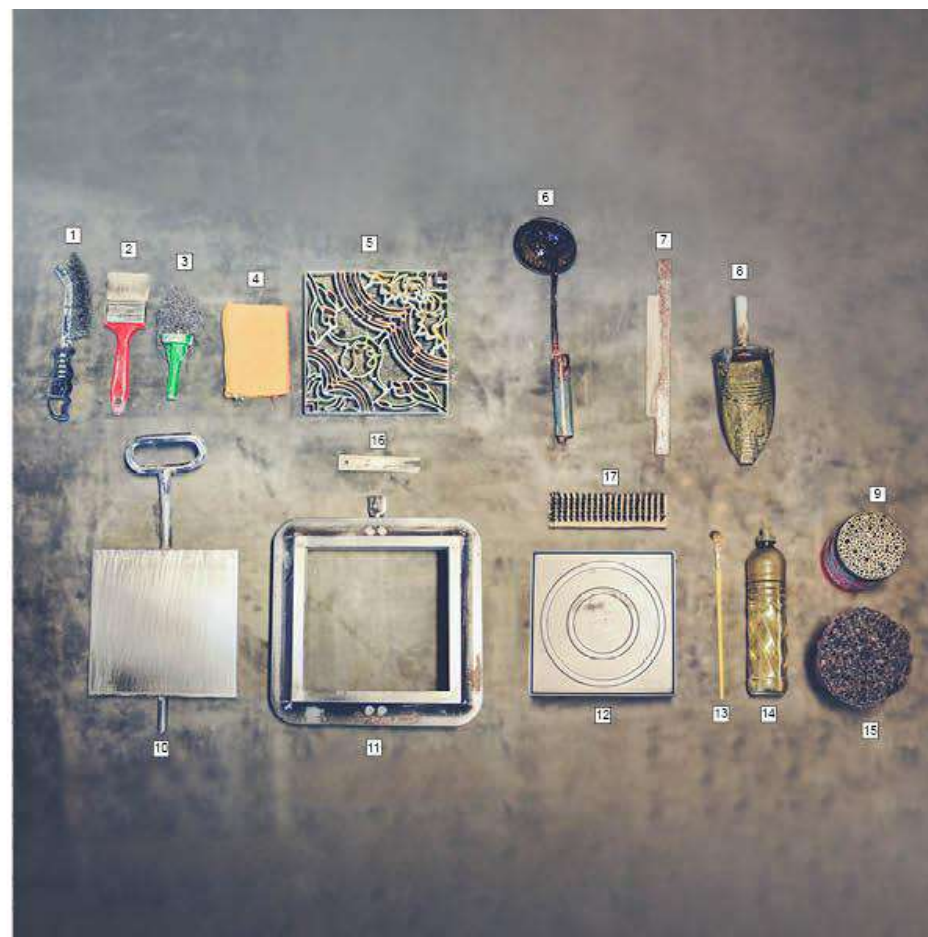


CARACTERÍSTICAS DE FABRICAÇÃO

Parte das ferramentas utilizadas são fabricadas de maneira rudimentar pelos próprios ladrilheiros. Entre as características da fabricação artesanal, destaca-se a produção diária e unitária limitada.

Existe a possibilidade de personalização das peças, com a participação direta do consumidor no processo de produção. Como os ladrilhos são feitos sob encomenda, é possível escolher os modelos, as cores e até mesmo o desenho.

1- Instrumento metálico (escova) utilizado para limpeza do quadro; 2- Pincel utilizado para remover as rebarbas/excessos dos ladrilhos; 3- Escova com cerdas plásticas para limpeza do "Quadro"; 4- Flanela para polir a "Placa" para receber o óleo; 5- "Moide" utilizado para separar cada massa pigmentada no momento da modelagem. O material para confecção pode ser de bronze ou latão e suas partes são fixadas por soldas; 6- Concha utilizada para espalhar a massa pigmentada na "Placa" para a confecção de ladrilhos lisos e também para colocar a tinta no "Painhino" para distribuição no molde; 7- O "Medidor" é utilizado na distribuição e nivelamento do cimento; 8- "Painhino", ferramenta utilizada para despejar a massa pigmentada no "moide"; 9- A "Isaranda" é uma lata que contém pequenos furos na parte inferior, servindo para despejar o secante (areia seca e cimento) após a adição da massa pigmentada; 10- Peça de ferro fundido chamada de "Placa"; 11- Peça metálica chamada de "Quadro" tem a função de um esquadro e também de nivelador do ladrilho; 12- "Tampa" de material metálico com peso elevado utilizada na prensagem; 13- Caso haja necessidade, pode-se usar um pequeno pincel para pequenos ajustes da gravura ou retirar resíduos; 14- Garrafa com óleo desmoldante (querosene e óleo de linhaça); 15- Lata com ferro chamada "Boneca" usada para aplicar na base de ferro o óleo desmoldante; 16- Instrumento usado para ajuste do "Quadro"; 17 - Escova com cerdas metálica para limpeza em geral.



4.1 Inspeção visual

CARACTERÍSTICAS DE FABRICAÇÃO

É necessário realizar uma inspeção visual nas peças que compõem o lote, a fim de identificar defeitos que possam prejudicar o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento. Essas peças devem apresentar um aspecto homogêneo, com arestas vivas, ângulos retos e estar livres de rebarbas, defeitos, delaminação e descamação. Caso haja peças com defeitos, é facultado ao comprador solicitar a substituição dessas peças para restabelecer a integridade do lote adquirido. É importante ressaltar que pequenas variações de coloração entre as peças, decorrentes do processo de fabricação e da variação das

matérias-primas, são permitidas. No entanto, é necessário estabelecer previamente um padrão de cor acordado entre o fornecedor e o comprador.

A avaliação da ortogonalidade das faces laterais em relação ao plano horizontal deve ser realizada utilizando um esquadro retificado, com a face superior da peça apoiada em uma superfície plana. Não devem ser perceptíveis desvios a olho nu, em condições normais de luminosidade.

O lote de peças de ladrilho hidráulico deve ser composto por um conjunto de unidades que possuam características idênticas, sendo produzidas sob as mesmas condições de fabricação e uti-

lizando os mesmos materiais. É responsabilidade do fabricante identificar e indicar os conjuntos que atendam a esses requisitos, garantindo assim a uniformidade e a consistência das peças dentro do lote. Essa prática assegura a qualidade e a padronização das peças.

A formação do lote de fabricação do ladrilho hidráulico deve ser baseada na produção diária ou semanal, considerando o método de produção utilizado, seja ele manual ou mecanizado. É importante que o lote seja constituído pelo uso do mesmo equipamento e das mesmas matérias-primas, garantindo assim a consistência e uniformidade das peças fabricadas. Essa abordagem auxilia

no controle de qualidade ao manter condições de produção consistentes, resultando em produtos finais com características homogêneas e desempenho adequado.

De cada lote de compra, é necessário realizar a retirada aleatória de peças inteiras para compor uma amostra representativa. Essa amostra deve ser composta por um mínimo de nove peças para lotes de até 400 m², sendo adicionada uma peça extra a cada incremento de 50 m² adicional, até alcançar o limite máximo de 32 peças por lote. Essa abordagem assegura uma seleção imparcial das peças, permitindo uma avaliação precisa e abrangente da quali-

dade e características do lote adquirido.

Para que um lote seja aceito, é necessário cumprir simultaneamente todas as condições estabelecidas.

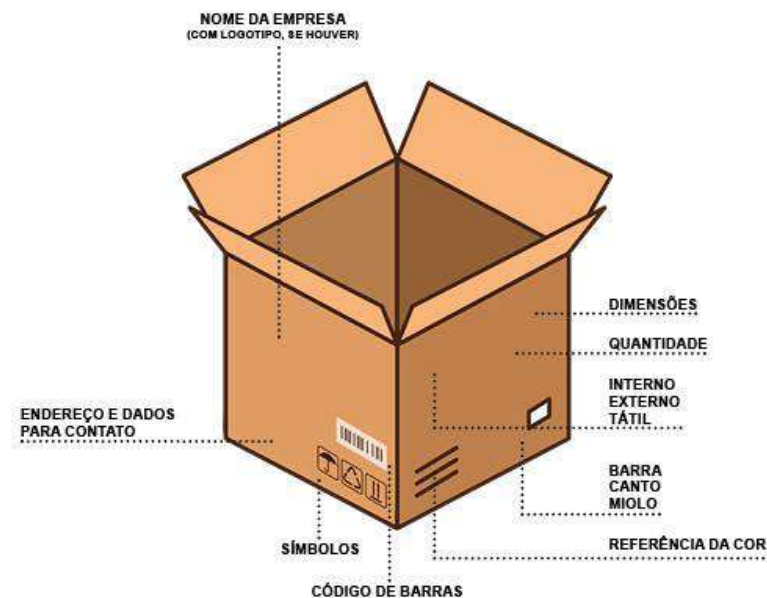
4.2 Acondicionamento

CARACTERÍSTICAS DE FABRICAÇÃO

O acondicionamento dos ladrilhos hidráulicos deve ser realizado em embalagens que garantam a proteção da sua integridade física durante o transporte até o local de uso. Cada embalagem (caixa) deve ser devidamente identificada com informações claras, tais como as dimensões nominais e de fabricação, o código ou

nome comercial, a tonalidade de referência (no caso de ladrilhos coloridos ou decorados), se é do tipo interno, externo ou tátil, símbolos padrões, além do número de peças e/ou a área correspondente. Essas informações devem ser estampadas, impressas ou escritas de forma legível.

CARACTERÍSTICAS DE FABRICAÇÃO



5

ORIENTAÇÕES PARA PAGINAÇÃO

Existem diferentes tipos de desenhos que podem compor um pavimento de ladrilhos hidráulicos, incluindo as classes de ladrilhos que formam a área central do desenho, conhecida como miolo. Além disso, há os ladrilhos de barra e canto, utilizados para criar um contorno ao redor do desenho, proporcionando um acabamento à composição do pavimento.

Uma etapa importante que antecede a instalação de qualquer revestimento é o momento de definir a paginação, ou seja, o processo de planejamento e disposição dos ladrilhos de maneira estratégica, que envolve a definição do padrão, orientação e

combinação dos elementos do revestimento para elaborar um desenho contínuo.

Para elucidar termos comuns a essa etapa, é importante entender o significado dos termos: módulo, supermódulo (ou multimódulo) e repetição.

Módulo refere-se a uma medida pequena ou à unidade básica da padronagem. Nesse caso, cada módulo corresponde a um ladrilho hidráulico, que é uma peça individual utilizada na composição do padrão.

Supermódulo, também conhecido como multimódulo, é um sistema, conjunto ou combinação de quatro, oito ou dezesseis módulos. Esses supermódulos permitem gerar

outras possibilidades combinatórias ao agrupar e repetir os módulos individuais em uma escala maior.

Repetição tem o mesmo significado de "repeat" em inglês ou "rapport" em francês. Refere-se à ação de repetir quatro vezes o mesmo módulo para analisar sua combinação. Essa prática permite explorar as diferentes formas de arranjar e combinar os módulos repetidos para criar um padrão visualmente contínuo.

No Paço dos Açorianos de Porto Alegre, os ladrilhos que compõem o miolo do salão se repetem em rotação para o encaixe do desenho em composição de multimódulos.

Paginação é o processo de planejamento e disposição dos ladrilhos de maneira estratégica, que envolve a definição do padrão, orientação e combinação dos elementos do revestimento para elaborar um desenho contínuo.

ORIENTAÇÕES PARA PAGINAÇÃO



básica da padronagem. Nesse caso, cada módulo corresponde a um ladrilho hidráulico, que é uma peça individual utilizada na composição do padrão.

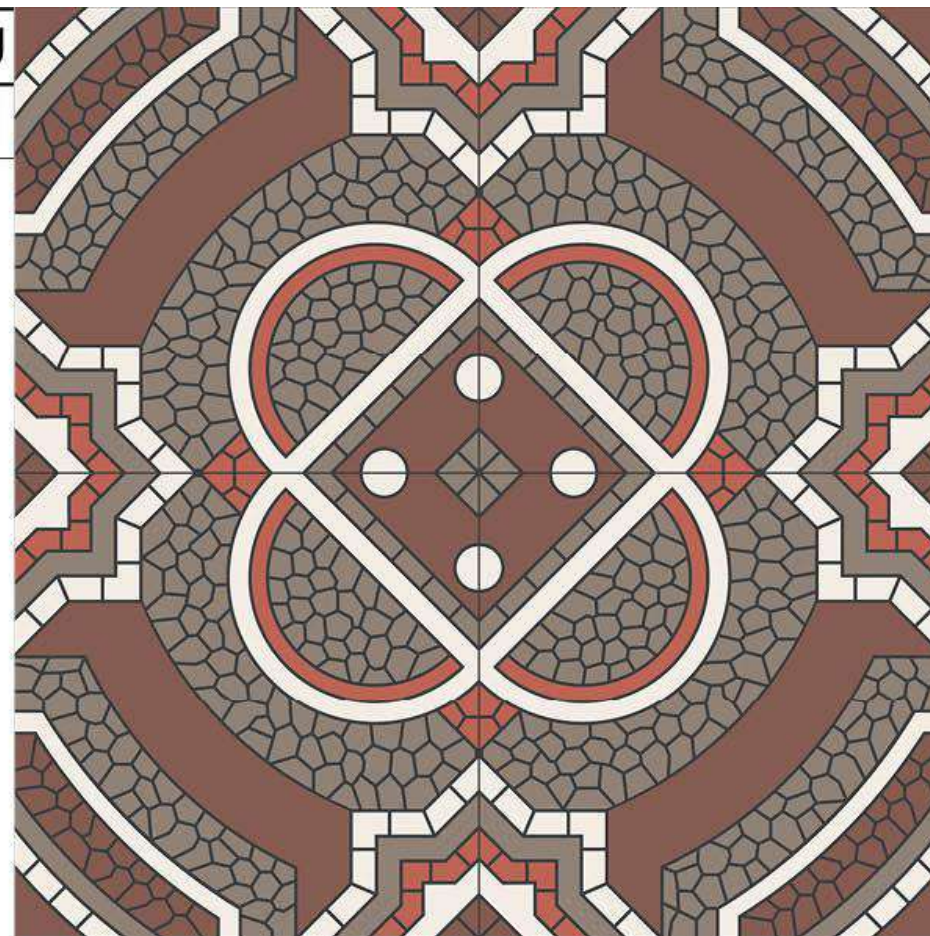
Supermódulo, também conhecido como multimódulo, é um sistema, conjunto ou combinação de quatro, oito ou dezesseis módulos. Esses supermódulos permitem gerar

outras possibilidades combinatórias ao agrupar e repetir os módulos individuais em uma escala maior.

Repetição tem o mesmo significado de "repeat" em inglês ou "rapport" em francês. Refere-se à ação de repetir quatro vezes o mesmo módulo para analisar sua combinação. Essa prática permite explorar

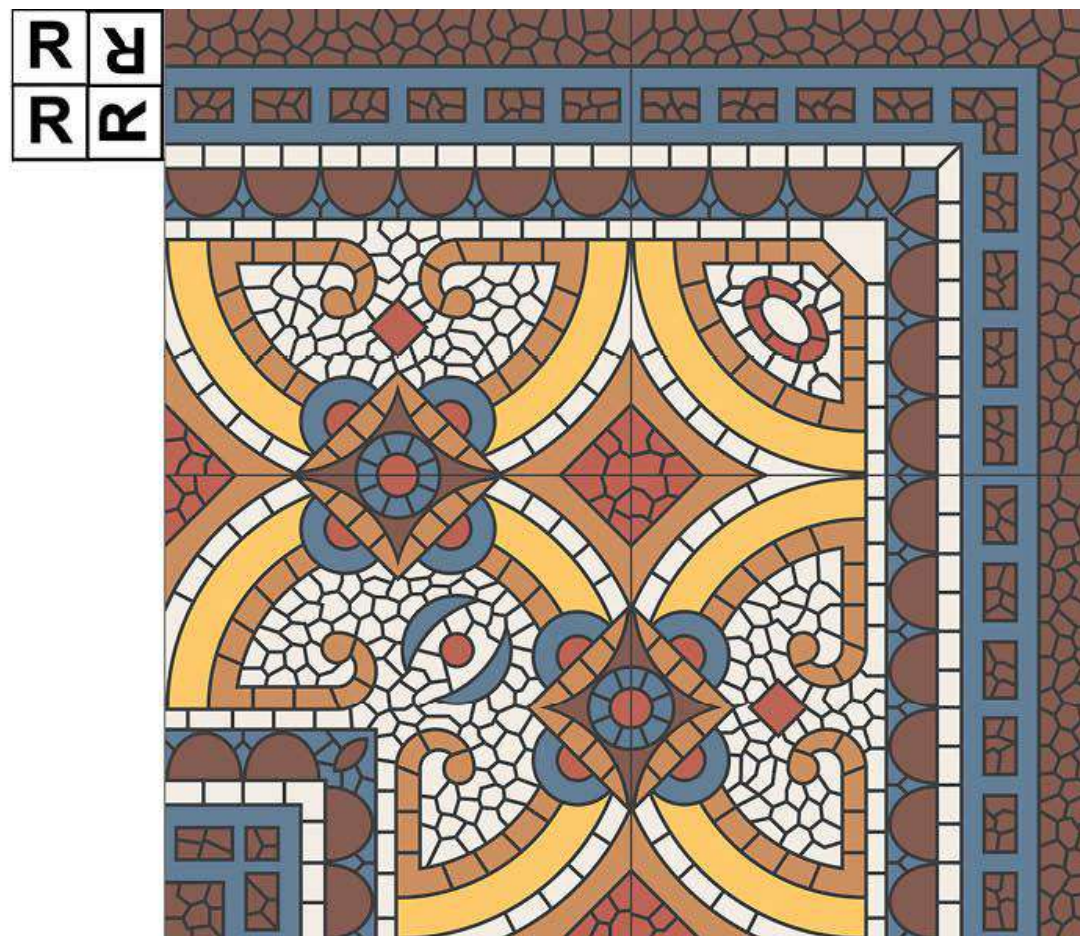
as diferentes formas de arranjar e combinar os módulos repetidos para criar um padrão visualmente contínuo.

No Paço dos Açorianos de Porto Alegre, os ladrilhos que compõem o miolo do salão se repetem em rotação para o encaixe do desenho em composição de multimódulos.



ORIENTAÇÕES PARA PAGINAÇÃO

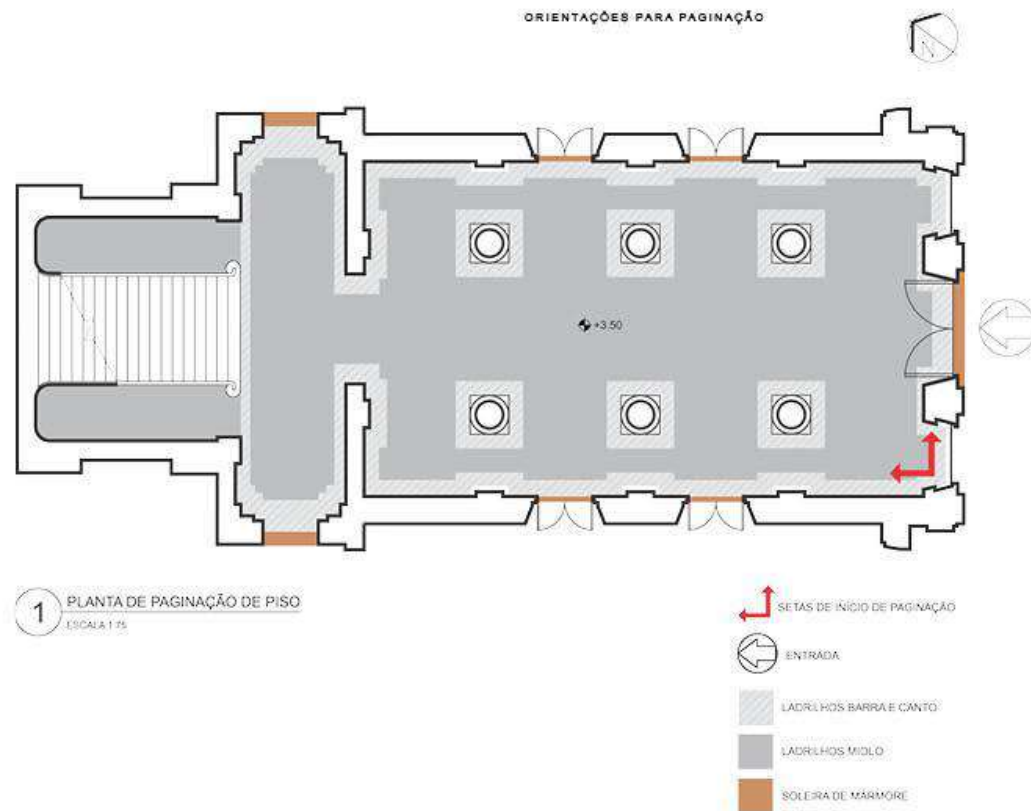
Já os ladrilhos que compõem a barra do salão são dispostos em repetição linear e somente os de canto sofrem rotação.



ORIENTAÇÕES PARA PAGINAÇÃO

Para facilitar o processo de montagem e instalação, é importante seguir o projeto de paginação para compreender como os módulos se encaixam e o início do assentamento das peças. Para facilitar o processo de montagem e assentamento, o responsável pela obra deve fornecer a planta com os detalhes do desenho, dimensões e paginação.

Com base nessa análise, é possível planejar a sequência de trabalho e determinar como a obra será conduzida. Isso inclui decidir por onde começar e estabelecer os passos a serem seguidos ao longo do processo de instalação do ladrilho, bem como as etapas subsequentes.





ARMAZENAMENTO

O armazenamento correto no canteiro de obras dos ladrilhos hidráulicos é fundamental para preservar a qualidade do produto. É importante que as caixas sejam armazenadas em um local seco e arejado, com temperatura ambiente, evitando exposição direta ao sol. Caso o espaço de armazenamento seja limitado,

é recomendado que as caixas sejam empilhadas em no máximo cinco camadas, sendo a última camada apoiada em pallets.

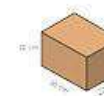
Durante o manuseio das caixas, é importante ter cuidado para não danificar as peças. As caixas devem ser manuseadas com equipamentos adequados, como carrinhos e empilhadeiras, e nunca arras-

tadas no chão. Ao transportar as caixas, é importante que elas sejam presas corretamente para evitar o movimento das peças no interior das caixas, o que pode resultar em danos.

Para garantir a qualidade da instalação dos ladrilhos hidráulicos, é fundamental seguir as orientações de manuseio e armazenamento do produto. A conservação ade-

ARMAZENAMENTO

UNIDADE

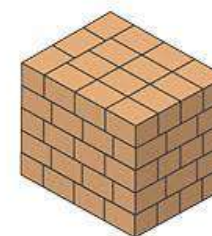


EMPILHAMENTO ADEQUADO

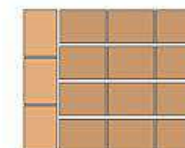


quada das peças garante a durabilidade e a estética do piso, além de minimizar o risco de defeitos e danos. Portanto, é importante que todas as pessoas envolvidas no processo de instalação e manuseio do produto estejam cientes das orientações e cuidados necessários para preservar a qualidade dos ladrilhos hidráulicos.

Após serem retirados



PERSPECTIVA



VISTA SUPERIOR

INSTALAÇÃO

- 7.1 SEGURANÇA NO LOCAL DE TRABALHO
- EQUIPAMENTOS PARA INSTALAÇÃO
- 7.3 PREPARAÇÃO DAS CAMADAS
- 7.4 PREPARAÇÃO DO CONTRAPISO
- 7.5 PREPARAÇÃO DA ARGAMASSA COLANTE
- 7.6 APLICAÇÃO DA ARGAMASSA COLANTE
- 7.7 NIVELAMENTO DAS PEÇAS
- 7.8 CONTROLE DA ADERÊNCIA
- 7.9 TEMPO DE EXPOSIÇÃO
- 7.10 CUIDADOS NA INSTALAÇÃO
- 7.11 CUIDADOS PÓS-INSTALAÇÃO
- 7.12 REJUNTAMENTO

INSTALAÇÃO

Antes da etapa de preparação do contrapiso, é importante selecionar os materiais e técnicas adequadas para o assentamento, além de observar os cuidados necessários com as embalagens dos ladrilhos hidráulicos, para evitar possíveis danos no transporte. Durante a aplicação, é fundamental ter atenção à limpeza do local e seguir as orientações do fabricante quanto à mistura da argamassa e ao espaçamento entre as peças. Após a instalação, é necessário deixar a argamassa secar por um período determinado e tomar os devidos cuidados com a limpeza do piso, a fim de preservar a qualidade e o acabamento dos ladrilhos hidráulicos.

7.1 Segurança no local de trabalho

58

INSTALAÇÃO



A segurança deve ser uma preocupação constante em uma obra. É essencial tomar precauções, prestar atenção e manter a organização. Deve-se utilizar equipamentos de segurança coletiva.

É obrigatório o uso dos equipamentos de proteção individual (EPIs), tais como botas, capacetes, luvas, protetores auriculares, óculos e máscaras. Esses equipamentos são definidos pela Norma

Regulamentadora 6 (NR 6) e visam oferecer proteção contra os riscos ocupacionais existentes no ambiente de trabalho, garantindo a segurança do trabalhador (BRASIL, 2022).

Não é necessário usar todos os equipamentos simultaneamente; eles variam conforme a tarefa realizada. Por exemplo, aqueles que estão assentando peças não precisam utilizar óculos, mas os

que estão envolvidos no corte de peças devem utilizá-los. Sempre consulte o responsável pela segurança no local de trabalho para saber quais equipamentos são necessários para cada tipo de atividade. Também é importante verificar a disponibilidade e as condições adequadas dos equipamentos e materiais necessários.



59

7.2 Equipamentos para instalação

60

INSTALAÇÃO

Os equipamentos essenciais utilizados são:



EQUIPAMENTOS BÁSICOS:

- Trena
- Nível
- Lápis
- Carrinho
- Pás e enxadas
- Vassouras
- Serra de disco para cortes de peças
- Espátula
- Colher de pedreiro

EQUIPAMENTOS PARA O ASSENTAMENTO:

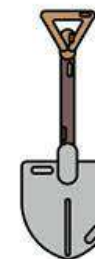
- Marreta de borracha
- Fios de nylon para marcação
- Trincha



EQUIPAMENTOS PARA O CONTRAPISO E ARGAMASSA:

- Trincha
- Desempenadeira de madeira
- Colher de pedreiro
- Régua de alumínio
- Recipiente para mistura de argamassa
- Desempenadeira dentada
- Desempenadeira de aço

INSTALAÇÃO



61

7.3 Preparação das camadas

No processo de assentamento de ladrilhos, várias camadas desempenham um papel importante:

Solo compactado: esta camada consiste em solo natural ou solo proveniente de empréstimo. É essencial ser compactada em camadas de 15 cm, considerando as condições específicas do local.

Base: composta por material granular (pedra britada) e deve possuir uma espessura mínima de 5 cm.

Contrapiso: pode variar conforme o tráfego esperado. Para tráfego de pedestres, é utilizado concreto não estrutural, enquanto nas áreas destinadas a veículos, é necessário utilizar concreto estrutural com armadura. A espessura mínima recomendada é de 10 cm.

Argamassa colante: deve-se optar pelo uso de argamassa colante, preparada no local da obra, para a fixa-

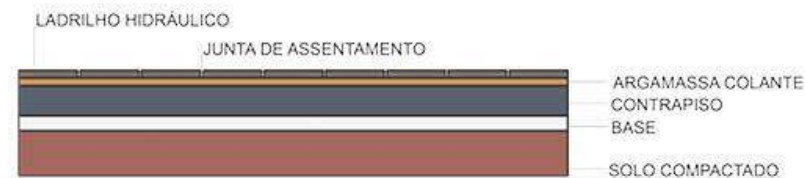
ção dos revestimentos.

Junta de assentamento: é essencial deixar uma junta entre as peças, com uma espessura mínima de 2mm e máxima de 8mm. Recomenda-se o uso de uma junta com espessura de 4 a 5mm. Pode-se utilizar junta seca.

Revestimento de ladrilho hidráulico: Essa camada final consiste no revestimento com ladrilho hidráulico, proporcionando o acabamento desejado.

Após a verificação das especificações do projeto de paginação, averiguando se a base está compactada o suficiente e garantindo a conformidade com as normas de segurança e o fornecimento adequado dos equipamentos necessários (NR 6), é possível dar início à execução do assentamento, prosseguindo com a preparação do contrapiso.

INSTALAÇÃO



7.4 Preparação do contrapiso

Além de fornecer suporte estrutural, o contrapiso desempenha um papel fundamental na regularização, nivelamento e criação de declividade do piso.

É necessário que o contrapiso passe por um período mínimo de 14 dias de cura, e a superfície deve estar limpa e nivelada, sem pó ou sujeira.

Além disso, é importante impermeabilizar o contrapiso e verificar se não há sinais de umidade e eflorescência. Caso sejam encontrados esses sinais, é necessário revisar as condições de impermeabilização utilizadas.

Antes de aplicar a argamassa, é importante umedecer o contrapiso, sem deixá-lo nem seco, nem encharcado.

INSTALAÇÃO

7.5 Preparação da argamassa colante

Prepare a argamassa à água, misturando bem até obter uma consistência firme e sem grumos. Deixar a argamassa descansar por alguns minutos antes de misturar novamente. Durante o uso, mexer ocasionalmente para manter a mistura homogênea. Para agilizar o preparo e facilitar a misturação, é recomendado utilizar um misturador elétrico.

INSTALAÇÃO

7.6 Aplicação da argamassa colante

Para garantir uma boa aderência, é recomendado aplicar uma camada fina de argamassa colante de cerca de 3 a 4 milímetros utilizando a face lisa da desempenadeira. Em seguida, utilize a face dentada da desempenadeira em um ângulo de cerca de 60 graus para formar cordões de argamassa. Dessa forma,

será possível obter um resultado mais eficiente e uniforme. Realize o mesmo processo descrito anteriormente no verso do piso, porém formando cordões perpendiculares em relação ao anterior para uma aderência mais eficiente.

INSTALAÇÃO

7.7 Nivelamento das peças

O nivelamento das peças é alcançado por meio do ajuste da quantidade de argamassa aplicada na face inferior do ladrilho. É importante manter um controle constante do nivelamento utilizando uma régua de alumínio. Além disso, verifique sempre o alinhamento das extremidades das peças para garantir que estejam na

mesma altura. Certifique-se de que as extremidades do ladrilho tenham uma quantidade suficiente de argamassa para evitar possíveis trincas após o assentamento.

INSTALAÇÃO

7.8 Controle da aderência

INSTALAÇÃO

Periodicamente, verifique o assentamento das peças recém-colocadas. O verso das peças deve ter pelo menos 90% de sua área preenchida com argamassa colante.

7.9 Tempo de exposição

INSTALAÇÃO

É importante monitorar o tempo em que a argamassa colante fica exposta antes de aplicar o revestimento. Verifique se a argamassa continua úmida ao tocar nos cordões formados com a desempenadeira. Se os dedos ficarem sujos, é um sinal de que a argamassa ainda está em boas condições para receber o revestimento. Evite aplicar o revestimento em áreas onde a argamassa já estiver seca, pois isso pode comprometer a qualidade do assentamento.

7.10 Cuidados na instalação

INSTALAÇÃO

Antes de aplicar a argamassa, é recomendado umedecer a parte de trás das peças de ladrilho hidráulico. Isso contribui para garantir uma boa aderência entre as peças e a argamassa.

Evite utilizar um martelo de borracha comum, geralmente usado na aplicação de cerâmicas, para bater nas pe-

ças de ladrilho hidráulico. Isso pode causar marcas visíveis, principalmente em cores claras, e até mesmo fissuras ou trincas nas peças. É importante destacar que essas microfissuras podem não ser visíveis durante a aplicação, mas se tornarão aparentes quando as peças forem resinadas ou expostas à umidade.

7.11 Cuidados pós-instalação

INSTALAÇÃO

É importante passar um pano ou esponja úmida para remover o excesso de massa logo após o assentamento, antes que ela seque. Caso isso ocorra, será necessário utilizar uma lixa d'água núm. 220 para fazer um leve lixamento.

Para aumentar os cuidados com a limpeza após o assentamento, é recomenda-

do protegê-lo com um plástico durante o dia e removê-lo à noite. Essa medida deve ser tomada até que a obra seja finalizada.

7.12 Rejuntamento

Fica a cargo do comprador fazer uso de rejuntamento, pois é possível utilizar o sistema de junta de assentamento seca nos ladrilhos, que consiste na ausência de juntas de assentamento, ou seja, as placas são encostadas umas às outras sem espaçamento.

Caso opte por rejuntar, é aconselhável realizar o rejun-

tamento na cor de fundo do piso, mesmo que a junta seja fina. Essa medida ajuda a evitar o acúmulo de sujeira no dia a dia.

Conforme as recomendações da Pisoclean (2023) para proteger os ladrilhos contra danos causados por líquidos derramados, manchas, pisoteio, cimento, rejuntas ou

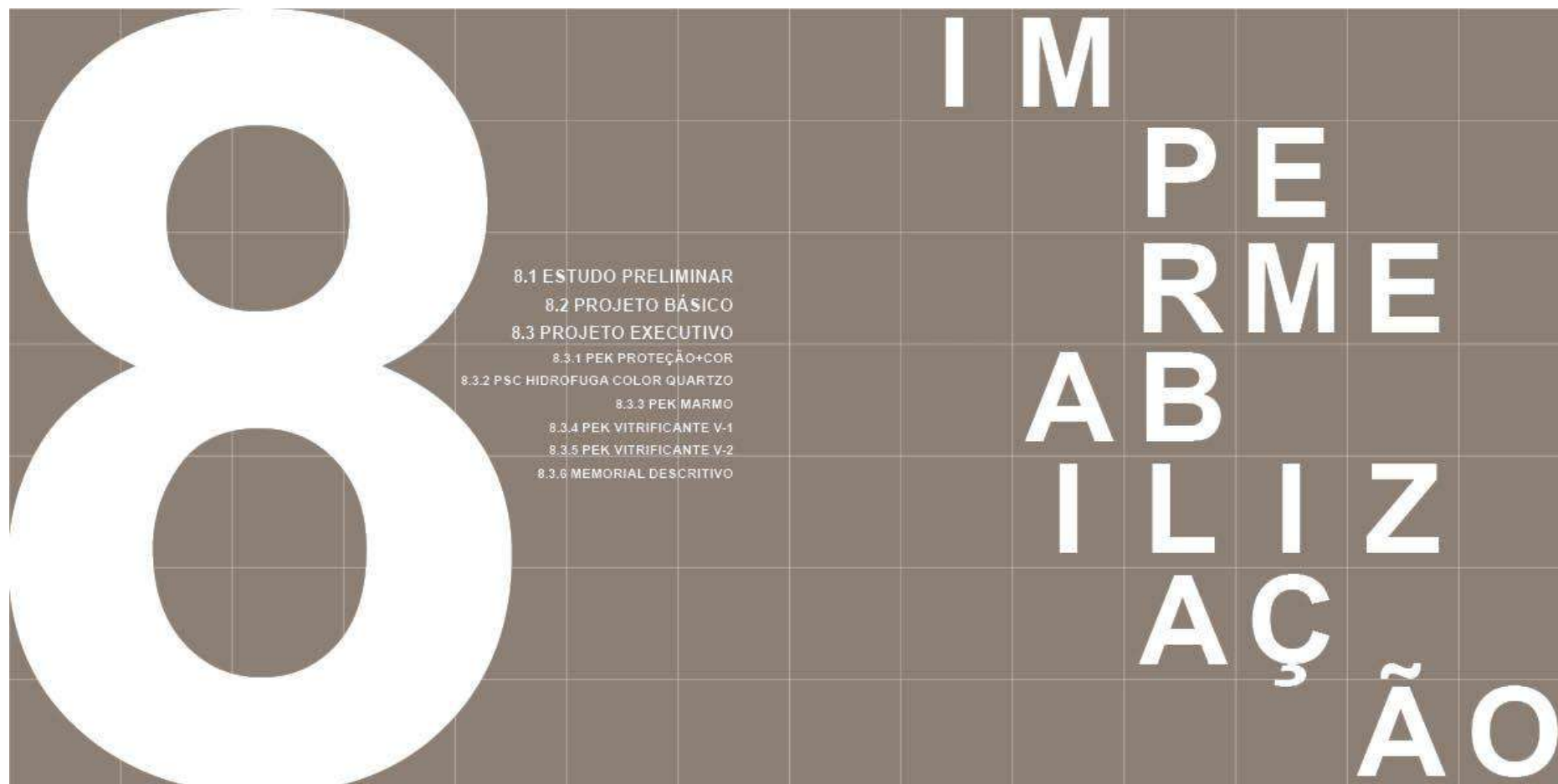
manuseio inadequado durante a obra, é necessário aguardar um período mínimo de 72 horas antes de realizar o rejuntamento. Antes do rejuntamento, umedeça as juntas com água. Para uma proteção simples durante o processo de rejuntamento e evitar que o rejunte adira às peças, aplique uma camada do Pek Protetor de

Obras\Chapas. Essa camada pode ser removida logo após a secagem dos rejuntas.

É importante que a superfície das peças e as juntas sejam limpas enquanto a argamassa de rejuntamento ainda estiver fresca. Limpezas tardias podem manchar as peças, exigindo métodos abrasivos que danificam a super-

fície. Evite o uso de produtos ácidos na limpeza das juntas.

Outra técnica que pode ser utilizada antes de aplicar o rejunte é proteger as extremidades das placas com fita crepe. É importante retirar a fita crepe logo após a aplicação do rejunte, e não a deixar por mais de 24 horas.



Seguindo as orientações da NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010) e da Pisoclean (2023), foram abordados os tipos adequados de impermeabilização a para os ladrilhos hidráulicos. Por meio de um documento de responsabilidade técnica, será elaborado o projeto básico e executivo de impermeabilização utilizado para obras de construção civil de uso público e coletivo, bem como os serviços decorrentes que devem ser executados por profissionais legalmente habilitados.

A impermeabilização deve ser projetada de modo a proteger elementos e com-

ponentes construtivos que estejam expostos ao intemperismo, contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera, visando elevar a resistência à degradação ocasionada por influências climáticas, térmicas, químicas ou biológicas, tais como desgaste e descolamento, ocasionados pela abrasão devido à ação de movimentos dinâmicos ou pela ação do intemperismo. A norma cita que nos locais onde a impermeabilização for executada sobre o contrapiso, este deve estar perfeitamente aderido ao substrato.

As etapas de formulação do projeto de impermeabilização foram divididas em: estudo preliminar, projeto básico

A impermeabilização deve ser projetada de modo a proteger elementos e componentes construtivos que estejam expostos ao intemperismo, contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera, visando elevar a resistência à degradação ocasionada [...]

de impermeabilização, projeto executivo de impermeabilização e serviços complementares ao projeto executivo de impermeabilização.

Quanto ao Estudo Preliminar, foi feito uma planilha contemplando os tipos de produtos para impermeabilização aplicáveis aos ladrilhos hidráulicos, seguindo as diretrizes da Pisoclean.

Na etapa do Projeto Básico, foi feita a definição dos materiais utilizados para impermeabilização.

O Projeto Executivo indicará a área a ser impermeabilizada e também foi feito um memorial descritivo com o quantitativo de materiais, estimativa de custos e demais

procedimentos de execução e serviços complementares, como o polimento.

Por fim, na etapa de serviços complementares será sugerida uma metodologia para controle e inspeção dos serviços, rotinas de limpeza e manutenção da área pavimentada a ser impermeabilizada, e quando necessário, orientações para uma limpeza restaurativa.

8.1 Estudo Preliminar

Para a elaboração de um projeto de impermeabilização adequado aos ladrilhos hidráulicos, é necessário seguir as normas técnicas e as orientações de especialistas na área. Nesse sentido, a NBR 9575 e a Pisoclean são referências importantes para garantir a eficiência e a durabilidade da impermeabilização. Antes de iniciar o projeto, se fez fundamental realizar um estudo preliminar, que inclui uma análise cuidadosa dos materiais a serem impermeabilizados, a definição dos produtos mais adequados para a superfície e a avaliação das condições do local onde a obra será realizada. Com base nessas informações, é possível elaborar o projeto básico e executivo de impermeabilização, além de definir os serviços complementares que devem ser rea-

lizados para garantir a efetividade da impermeabilização.

Os produtos indicados pelo fabricante Pisoclean, que pode ser aplicado para impermeabilização de ladrilhos hidráulicos são: Pek Proteção+Cor (Hidro/oleofugante intensificador de cor) e PSC Hidrofuga Color Quartzo (a versão econômica do Pek Proteção+Cor), Pek Marmo, Pek Vitrificante V-1 e Pek Vitrificante V-2.

O estudo preliminar inclui uma análise cuidadosa dos materiais a serem impermeabilizados, a definição dos produtos mais adequados para a superfície e a avaliação das condições do local onde a obra será realizada.

IMPERMEABILIZAÇÃO

IMPERMEABILIZAÇÃO

Tabela 2 – Descrição dos produtos utilizados para impermeabilização dos azulejos hidráulicos.

PRODUTO	DESCRIÇÃO	ONDE USAR?	DETALHES TÉCNICOS	RENDIMENTO POR LITRO	ONDE COMPRAR?
	Pek Proteção Cor é um selador hidrófugante de efeito molhado que oferece proteção contra diversos tipos de manchas. Este produto é ideal para materiais escuros ou coloridos, pois realça a tonalidade original, tornando as cores mais vibrantes e internas. É recomendado para todos os tipos de materiais porosos, foi especialmente desenvolvido para garantir alto desempenho em materiais mais "abertos" e com tendência ao desbotamento. Além de melhorar o brilho de peças polidas, também é capaz de repelir a umidade e evitar manchas, facilitando a limpeza. O produto é altamente resistente a ácidos e não descola. No entanto, é importante ressaltar que Pek Proteção Cor não oferece proteção contra corrosão por ácidos, arranhões ou desgastes.	Ambientes: áreas internas e externas. Revestimentos: cerâmicas rústicas, granitos, mármore, ardósias, Porcelanatos, ladrilhos hidráulicos, e cimentícios. Não é recomendável para superfícies esmaltadas e não porosas. Resolve: umidade, risco de manchamentos, presença de mofo e fungos, danos por fragmentação e eflorescências, baixa impermeabilização. Benefícios: maximização da proteção com longa durabilidade, incremento da cor do revestimento sem formação de película.	Apresentação: 1 L e 50L. Validade: 24 meses após fabricação. Pronto para usar.	Até 25m² por litro	https://x.gs/52661
	O Hidrofluga Color Quartz é um hidrófugante de base solvente que proporciona um efeito "molhado" e é recomendado para proteger ao máximo revestimentos porosos. Ele impede a infiltração de óleo e outros líquidos e protege o revestimento contra danos causados pela umidade. Trata-se de um produto impermeante que intensifica a cor original do material e permite a liberação da umidade contida dentro ou abaixo dos revestimentos. Pode ser utilizado tanto em áreas internas quanto externas e é especialmente recomendado para materiais escuros ou coloridos, realçando a tonalidade original do revestimento. Ele melhora o brilho de peças polidas, mas não promove brilho em superfícies foscas. Não protege contra corrosão por ácidos, arranhões ou desgastes.	Ambientes: áreas internas e externas. Revestimentos: cerâmicas rústicas, granitos, ardósias, mármore, porcelanatos, ladrilhos hidráulicos, rochas sintéticas, como Silestone, cimentícios em geral, e todo e qualquer revestimento poroso. Resolve: risco de manchamentos e tonalidade esmaecida. Benefícios: Efeito "molhado", com solvente ecológico, por isso, pouco cheiro.	Apresentação: 1 L, 5L e 50L. Validade: 24 meses após fabricação. Pronto para usar.	Até 30m² por litro	https://x.gs/0jNn

Observação: caso haja interesse de adicionar mais proteção aos demais ladrilhos já assentados em outras áreas adjacentes do Págo dos Aporianos, a primeira medida a ser tomada é a remoção de ceras ou resinas antigas. Após a remoção, todo o tratamento descrito no projeto executivo de impermeabilização pode ser realizado. Para isso, será necessário calcular novamente a quantidade de produtos utilizados em relação à quantidade de m² a ser aplicado.

	O Pek Marinho é um produto que utiliza ação mecânica para melhorar o brilho natural dos revestimentos e proporcionar um acabamento lustroso. Além disso, ele é ideal para recuperar arranhões leves e pode ser utilizado em qualquer tipo de revestimento polido e lustreável. É capaz de restaurar e realçar o brilho natural de mármore, sendo o único produto desse tipo fabricado no Brasil. Ele oferece uma opção mais econômica e com maior qualidade para restauradores de pisos.	Ambientes: áreas internas e externas. Revestimentos: mármore, cimentados, granito fundido/industrializado, travertinos, limestones e Marcopolo. Resolve: Arranhões superficiais, corrosões por produtos químicos, desgaste por abrasão, baixo brilho natural. Benefícios: baixa toxicidade e não provoca alteração da tonalidade em mármore e cimentos brancos.	Apresentação: 13kg. Validade: 36 meses após fabricação. Pronto para usar.	Até 70m²/kg	https://x.gs/9QNr
	Pek Vitrificante V-1 é um produto que possui a capacidade de reagir com as pedras por meio de ação termoquímica. O que confere mais resistência mecânica aos materiais, aumentando e empacotando seu brilho. De é especialmente recomendado para pisos, mesas ou bancadas que sofrem maior desgaste por risco de fricção. É excelente para áreas de grande circulação sujeitas ao desgaste. Além disso, ele promove um coeficiente de atrito de 0,40 e torna o piso antiderrapante. Ele também é capaz de reduzir o custo de manutenção em áreas de grande circulação em até 70% quando comparado aos tratamentos acrílicos convencionais.	Ambientes: Áreas internas e externas. Revestimentos: mármore polido, granitos polidos, porcelanatos polidos, cimentados, aglomerados, Marcopolo, limestones, travertinos, gnaires, serpentinos, quartitos, pedras naturais diversas e outras superfícies polidas. Resolve: baixo brilho e baixa resistência. Benefícios: alto poder de restauração e garante baixo custo de manutenção.	Apresentação: 1 L e 5L. Validade: 24 meses após fabricação. Pronto para usar.	Até 70m² por litro	https://x.gs/19N7
	O Pek Vitrificante V-2 é um abrillantador de alta qualidade composta por resinas e ceras naturais extremamente resistentes, dissolvido em um solvente de fácil evaporação. Sua aplicação em superfícies polidas proporciona um alto brilho, sendo especialmente recomendada para áreas com desgaste mais acentuado. Ele é aplicado entre as etapas do Pek Vitrificante V-1, para obter um brilho ainda mais intenso. Além de melhorar a durabilidade da vitrificação em áreas com alto tráfego, o Pek Vitrificante V-2 pode ser usado em revestimentos verticais e como simples abrillantador de pisos e chapas. Ele melhora a aderência, eliminando possíveis marcas e emendas, proporcionando um efeito antiderrapante no processo.	Ambientes: Áreas internas e externas. Revestimentos: mármore polido, granitos polidos, porcelanatos polidos, cimentados, aglomerados, Marcopolo, limestones, travertinos, gnaires, serpentinos, quartitos e pedras naturais diversas. Resolve: Baixo brilho e baixa resistência. Benefícios: Potencializa o uso de Pek Vitrificante V-1.	Apresentação: 1 L e 5L. Validade: 24 meses após fabricação. Pronto para usar.	Até 100m² por litro	https://x.gs/1WjF

Para visualizar os demais produtos do fabricante Pisoclean, acesse o catálogo virtual [clikando aqui](#).

8.2 Projeto Básico

IMPERMEABILIZAÇÃO

Durante a fase de projeto básico de impermeabilização do piso de ladrilho hidráulico, foi realizada a seleção e definição dos materiais que serão utilizados para garantir a aplicação dos produtos utilizados para proteção dessas áreas, prevenindo problemas como corrosão e deterioração da pavimentação. A escolha dos

materiais adequados é fundamental para garantir a eficácia da impermeabilização e a durabilidade do revestimento.

Os materiais que devem ser utilizados para a correta aplicação dos produtos para impermeabilização, são: rolo de lã, pincel, pulverizador, estopa e aguarrás.

IMPERMEABILIZAÇÃO

Tabela 3 - Materiais e produtos para aplicação

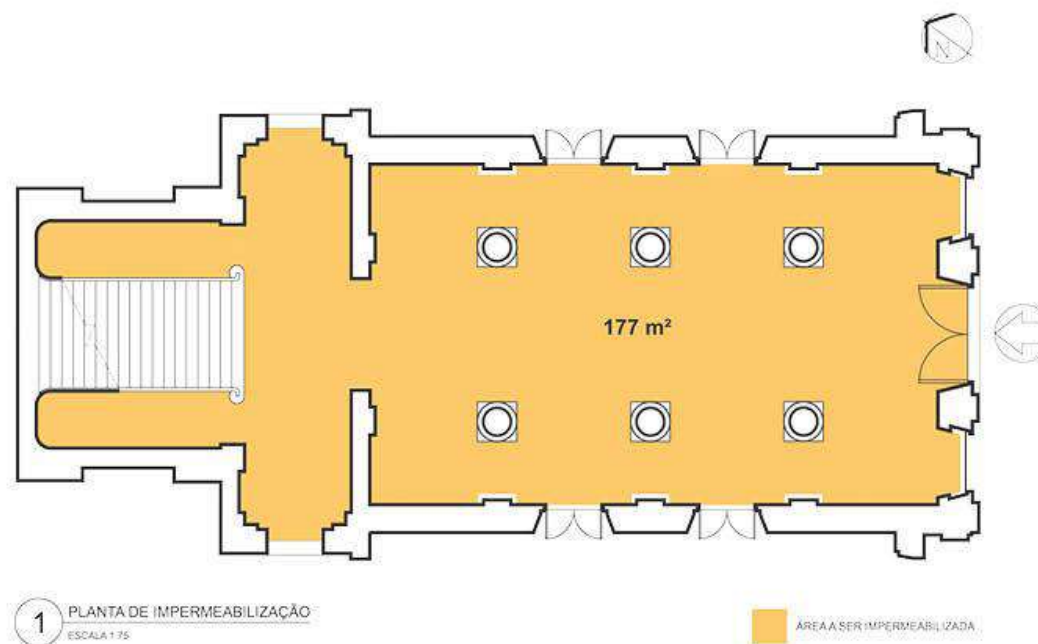
PRODUTO	ESPECIFICAÇÕES	PREÇO UNITÁRIO	ONDE COMPRAR?
	Pincéis Atlas AT921/10 Rolo de Pintura Antigota Duplo 50 cm	R\$ 47,30	https://a.co/d/gaQ7r11
	Pincéis Atlas AT315/7 Trincha para Pintura Plumatek 3"	R\$18,90	https://a.co/d/9uj68pj
	Pulverizador De Alta Pressão 2L Com Trava De Gatilho.	R\$29,90	https://a.co/d/bA2n9N0
	Estopa Branca Para Polimento, Embalagem Com 150 G.	R\$13,60	https://a.co/d/c7EuBMe
	Aguarrás Itaquá 05 Litros	R\$105,80	https://a.co/d/dHvzrta
	Politriz: Polidor Lixadeira Grande 7" Pol 1300w 6 Vel (127volts)	R\$376,99	https://a.co/d/1GGQ6OJ

8.3 Projeto Executivo

No caso específico do salão principal do Paço dos Açorianos, a área destacada representa a extensão do piso de ladrilhos hidráulicos a ser impermeabilizado, totalizando 177 m². A partir dessa informação, será possível definir os materiais adequados e a metodologia a ser utilizada para garantir a eficiência da impermeabilização.

IMPERMEABILIZAÇÃO

IMPERMEABILIZAÇÃO



Os procedimentos de execução para selar e proteger a superfície dos ladrilhos seguem uma metodologia comum à todas as superfícies cimentícias. Estes procedimentos são adotados como medidas preventivas que evitam a deterioração e manchas, além de facilitar a manutenção periódica.

Revestimentos mais ásperos, com relevos ou texturas como os ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço dos Açorianos costumam reter mais sujeira, o que dificulta a manutenção.

Esse problema é especialmente perceptível em áreas internas, que sofrem com o acúmulo de poeira e sujei-

ra provenientes do tráfego de pessoas e outros fatores. Já em áreas externas, o desafio é lidar com as intempéries, que podem manchar e danificar o revestimento.

Para combater esses problemas, é importante aplicar um tratamento impregnante de alta qualidade, que ajude a proteger a superfície do revestimento. No entanto, é preciso lembrar que os tratamentos impregnantes não são tão eficazes contra o atrito da sujeira, especialmente em áreas internas. Para esses casos, é recomendado utilizar também um tratamento que forme uma película superficial, que ajuda a evitar a aderência da sujeira à superfície do re-

O tratamento impermeabilizante tem uma duração média de cinco anos, mas sua eficácia vai diminuindo com o tempo. Por isso, é recomendável reaplicar o produto anualmente para garantir que o tratamento esteja sempre em sua máxima efetividade.

vestimento. Além disso, os tratamentos que formam película costumam criar uma textura mais fácil de limpar, o que é particularmente útil em áreas internas, onde a praticidade é essencial.

O tratamento impermeabilizante tem uma duração média de cinco anos, mas sua eficácia vai diminuindo com o tempo. Por isso, é recomendável reaplicar o produto anualmente para garantir que o tratamento esteja sempre em sua máxima efetividade. Uma forma de perceber a necessidade de reaplicação é através da mudança de cor do piso quando molhado. Se a superfície escurecer quando molhada, significa que está absor-

vendo água e é necessário realizar a nova aplicação.

Seguem sugestões de tratamento com o **Pek Proteção+Cor** ou **PSC Hidrofuga Color Quartz** para impermeabilização e **Pek Marmo**, **Pek Vitrificante V-1** e **Pek Vitrificante V-2** para polimento.

8.3.1 PEK Proteção+Cor

IMPERMEABILIZAÇÃO



O Pek Proteção+Cor é um hidro/oleofugante que realça a tonalidade dos materiais, protege contra inúmeras manchas e é ideal para materiais porosos. Desenvolvido para alto desempenho em materiais "abertos", melhora o brilho em peças polidas e repele umidade, evitando manchas e facilitando a limpeza. Além disso, é resistente a álcalis e não descasca. Observe o passo-a-passo para aplicação correta do produto:

1. Antes de aplicar o produto, faça um teste em uma pequena área e aguarde 24 horas para avaliar a facilidade de aplicação, secagem e resultados.

Observação: Certifique-se de que as superfícies estejam secas, limpas e livres de resíduos. O produto deve ser aplicado puro, sem diluição.

2. Aplique o produto generosamente na superfície usando um pulverizador manual de baixa pressão, pincel, rolo ou ferramenta similar. Certifique-se de que a superfície esteja espelhada e molhada por 3 a 5 segundos. Evite o contato com áreas vizinhas. Esfregue um pouco para aju-

dar na penetração e na uniformidade da cor.

3. Quando a superfície estiver seca ao toque ou após 10 minutos, aplique novamente o produto na superfície ainda molhada (molhado sobre molhado) como na Etapa 2. O rendimento do produto é de aproximadamente 8 a 35m² por litro, dependendo da absorção do material.

4. Quando a superfície estiver seca novamente ou após 10 minutos (para permitir a penetração do produto no revestimento), polir a superfície com um pano branco limpo e seco para remover o excesso do produto. Essa etapa é muito importante para remo-

ver oleosidades.

Dica: O produto é im-
pregnante e deve penetrar na
superfície, não ficar sobre ela.
Se você esperar muito tempo
e o produto começar a curar,
tornando-se mais difícil de re-
mover, umedeça o pano com
Pek Proteção+Cor para faci-
litar a remoção e esfregue os
resíduos.

5. Use aguarrás para lim-
par as ferramentas.

6. Após duas horas, a
área tratada pode ser liberada
para tráfego e pode ser molha-
da após 24 horas.

Importante: Recomen-
da-se reaplicar o tratamento a
cada 24 meses, aproximada-
mente.

Para mais informações, consulte o
boletim técnico, clicando aqui.

8.3.2 PSC Hidrofuga Color Quartz



O Hidrofuga Color Quartz é um hidro/oleofugante que protege revestimentos porosos contra infiltração de líquidos e umidade. Realça a cor original do material e melhora o brilho em peças polidas, sem promover brilho em superfícies foscas. É indicado para áreas internas e externas, porém não impede a corrosão por ácidos, arranhões ou desgastes. Observe o passo-a-passo para aplicação correta do produto:

1. É recomendado realizar um teste em uma área pequena e aguardar um tempo de 24 horas para avaliar a facilidade de aplicação, tempo de secagem e resultado final.

Atenção: Verifique se a superfície a ser tratada está seca, limpa e sem resíduos. O produto deve ser aplicado sem diluição.

2. Sature a superfície com o produto utilizando um pulverizador manual de baixa pressão, um pincel, rolo ou similar. Esfregue bem para ajudar na penetração e intensificação de cor. Evite o contato com áreas adjacentes.

3. Aguarde pelo menos 10 minutos e repita a Etapa 2 "molhado sobre molhado". O rendimento total de um litro

varia de 3 a 30m², dependendo da absorção do material.

4. Após 10 minutos, retire o excesso do produto com panos secos até que o revestimento não marque mais com o toque dos dedos. Observação: a remoção do excesso é fundamental em materiais mais fechados e desnecessária em materiais mais porosos. Lembre-se, o produto deve ficar dentro do material, nunca sobre ele. Materiais mais porosos absorvem todo o produto, enquanto materiais mais fechados não.

Atenção: O produto é impregnante e deve ficar dentro das superfícies e não sobre elas. Se você esperou muito tempo e o produto começou a curar, portanto, tornou-se mais

difícil de ser removido, umedeça o pano com Hidrofuga Color Quartz para facilitar a remoção e esfregue sobre os resíduos, depois faça o mesmo com panos secos.

Dica: A remoção de resíduos só é necessária em materiais polidos ou muito fechados. Não será efetuada em revestimentos porosos, pois o produto penetrará por completo em sua capilaridade.

5. Use agarrás para limpar o equipamento.

6. A área tratada pode ser liberada para trânsito após duas horas e pode ser molhada depois de 24 horas.

Importante: É recomendado repetir o tratamento a cada 24 meses.

Para mais informações, consulte o boletim técnico, clicando aqui.

8.3.3 Pek Marmo

92

IMPERMEABILIZAÇÃO



O produto Pek Marmo utiliza ação mecânica para melhorar o brilho natural dos revestimentos e é ideal para recuperação de arranhões superficiais. Além disso, é recomendado para todo tipo de revestimento polido lustrável, restaurando e aprimorando o brilho. Veja abaixo as instruções para realizar o lustro com o produto:

1. Inicie o processo aplicando uma pequena quantidade do produto diretamente na área a ser polida (uma colher de sopa por metro quadrado) e misture com água para criar uma solução cremosa.

2. É importante utilizar máquinas politrizes com discos "branco", "bege" ou natural blend (pelo de porco) para

realizar o lustro.

3. Passe a máquina lentamente sobre a solução até que ela comece a secar, porém, não permita que seque completamente antes de remover.

4. Passe de 15 a 20 vezes em cada local, adicionando água conforme necessário.

5. Após a aplicação, lave

a área com Limpeza Diária LP e deixe secar. Em seguida, utilize o disco seco na máquina para polir o piso.

Para mais informações, consulte o boletim técnico, [clicando aqui](#).

93

8.3.4 Pek Vitrificante V-1

IMPERMEABILIZAÇÃO



Pek Vitrificante V-1 é um produto termoquímico que aumenta a resistência mecânica dos materiais em até 200% e emparelha o brilho, tornando-os antiderrapantes. Ideal para áreas de grande circulação sujeitas ao desgaste, o produto restaura pisos desgastados, uniformiza problemas de polimento e aumenta a resistência de mármores. Pek Vitrificante V-1 é um produto pronto para uso e deve ser aplicado seguindo as seguintes instruções:

1. Agite o produto e borrife diretamente sobre a superfície a ser tratada. Utilize uma máquina com rotações de 2000 a 1000 rpm para polir a superfície. É recomendado usar discos brancos e, posteriormente, discos de lã de aço para atingir uma textura mais lisa.

2. Passe a máquina sobre o líquido até sentir que a mesma "trancou" no revestimento e logo depois "soltou" naturalmente.

3. Repita o processo até alcançar o resultado desejado. É importante evitar deixar o produto por tempo excessivo ou pingar sobre o material para evitar possíveis corrosões.

IMPERMEABILIZAÇÃO

Para mais informações, consulte o boletim técnico, clicando aqui.

8.3.5 Pek Vitrificante V-2

IMPERMEABILIZAÇÃO



O Pek Vitrificante V-2 é um abrillantador de alta qualidade, composto por resinas e ceras naturais resistentes, que proporciona um brilho impressionante em superfícies polidas. Sua aplicação é recomendada em áreas com desgaste mais acentuado após o Pek Vitrificante V-1 para obter um brilho ainda mais intenso. Observe as instruções recomendadas para a vitrificação:

1. Aplique o produto diretamente na superfície e utilize uma máquina com as seguintes rotações: manuais (de 4000 a 1000 rpm); de Piso (de 150 a 400 rpm). Utilize discos natural blend (pelo de porco) ou brancos (lustradores) nas primeiras aplicações.

2. Passe a máquina sobre o líquido até sentir a mesma "trancar" no revestimento e logo depois "soltar" naturalmente. Repita a operação até obter o resultado desejado de preparação para a vitrificação (duas vezes costumam ser suficientes).

3. Utilize discos de lã de aço e repita o processo até o revestimento ficar vitrificado (borrifando e espalhando até secar), parecendo um espelho.

4. Intercale as aplicações de V-1 e V-2 para melhores resultados de brilho, aderência e de resistência da vitrificação.

Dicas e informações importantes para a vitrificação:

- Utilize lã de aço, nunca palha de aço, para o processo de vitrificação;

- O número de aplicações dos dois produtos é determinado pelo resultado obtido;

- Não deixe o produto (V-1) por tempo excessivo sobre o material a ser tratado sob o risco de corrosão;

- Pek Vitrificante V-1 e V-2 podem ser aplicados posteriormente à aplicação de um dos hidro/oleofugantes;

- O produto é de uso pro-

fissional e não trará resultados sem a ação termomecânica propiciada pelas máquinas e acessórios recomendados.

Para usar o Pek Vitrificante V-2 como abrillantador, siga as seguintes instruções:

1. Espalhe uniformemente o produto sobre a superfície limpa, seca e livre de poeira.

2. Deixe secar aproximadamente entre 5 e 10 minutos.

3. Esfregue a superfície com um pano seco ou com palha de aço número 0 (manual) ou com disco branco, ou pele de porco (máquina).

Para mais informações, consulte o boletim técnico, clicando aqui.

8.3.6 Memorial descritivo

IMPERMEABILIZAÇÃO

Em formato de lista, foi elaborada uma tabela como memorial descritivo, com a quantidade de materiais e estimativa de custos. Em seguida, foram realizadas cotações de preços em diversos e-commerces de materiais para construção.

Dentre as pesquisadas, a Loja do Profissional obteve o menor preço. Até o dia 08/05/2023, data da pesquisa, o Pek Proteção+Cor de 1 litro está custando R\$ 295,45 e o PSC Hidrofuga Color Quartzo de 1 litro está custando R\$ 157,70, de 5 litros R\$ 629,85. Apesar de descrito pelo fabricante que ambos possuem

sua versão de 50 litros, não foi encontrado à venda com esta capacidade em nenhum site. O Pek Marmo comercializado em embalagem única de 1kg custa R\$ 228,00. O Pek Vitrificante V-1 e Pek Vitrificante V-2 de 1 litro, respectivamente, custam R\$ 129,20 e R\$ 133,95. Já o de 5 litros, respectivamente, custam R\$ 436,05 e R\$ 541,50.

Sabendo que toda a extensão do piso de ladrilhos tem 177 m², foi calculado o valor final em relação à quantidade necessária de produto que deverá ser utilizado por metro quadrado, considerando seu rendimento máximo (ver tabela ___):

Tabela 4 – Quantidade dos materiais para impermeabilização

PRODUTO	CAPACIDADE	PREÇO UNIDADE	RENDIMENTO	QUANTIDADE	PREÇO FINAL
Pek Proteção+Cor	1 Litro	R\$ 295,45	Até 35m² por litro	5 unidades	R\$ 1.477,25
PSC Hidrofuga Color Quartzo	1 Litro	R\$ 157,70	Até 30m² por litro	6 unidades	R\$ 946,20
	5 Litros	R\$ 629,85		2 unidades	R\$ 1.259,70
Pek Marmo	1 Kg	R\$ 228,00	Até 70m²/kg	3 unidades	R\$ 684
Pek Vitrificante V-1	1 Litro	R\$ 129,20	Até 70m² por litro	3 unidades	R\$ 387
	5 Litros	R\$ 436,05		1 unidades	R\$ 436,05
Pek Vitrificante V-2	1 Litro	R\$ 133,95	Até 100m² por litro	2 unidades	R\$ 267,90
	5 Litros	R\$ 541,50		1 unidades	R\$ 541,50

IMPERMEABILIZAÇÃO

Foi verificado que o PSC Hidrofuga Color Quartzo é o produto mais viável financeiramente, porém, é importante ressaltar que no quesito qualidade, o Pek Proteção+Cor se desempenha melhor em cimentícios coloridos, por ser um material com tendência ao desbotamento e propício à mancha. Com o PSC Hidro-

fuga Color Quartzo, a promoção de cor é mais significativa nos materiais mais fechados, como os granitos.

Visto que os produtos comercializados em recipientes de 1 litros são mais viáveis financeiramente em relação ao custo-benefício, o valor total dos produtos a serem adquiridos para a execução do

processo de impermeabilização resultou em R\$ 3.762,35.

Caso se opte por adquirir os produtos da Pisoclean, há diversas lojas de revenda na cidade de Porto Alegre, podendo negociar condições de pagamento, prazos de entrega, assim como realizar um novo orçamento:



Além das etapas de preparação e aplicação do impermeabilizante, é importante pensar na manutenção da área pavimentada. Nesse sentido, na fase de serviços complementares, é proposto um método de controle e inspeção dos serviços, bem como orientações sobre a limpeza e manutenção adequadas da superfície impermeabilizada. Dessa forma, é possível prolongar a vida útil do pavimento e garantir sua eficácia na prevenção de danos causados pela água. É fundamental seguir essas recomendações para obter os melhores resultados e evitar problemas futuros.

9.1 Manutenções periódicas

Para manter a durabilidade da impermeabilização realizada, é importante serem executadas limpezas diárias, semanais, quinzenais e mensais, utilizando os produtos indicados pela Pisoclean (2023).

Manutenção diária: Para remover o pó acumulado sobre o piso, pode ser utilizado um aspirador de pó ou vassouras de pelos macios.

Manutenção semanal: Faça a limpeza com Pek Limpeza Diária, diluindo em cinquenta partes de água. Umedeça um pano com a solução e passe sobre a superfície. Enxágue com outro pano umedecido em água pura.

Manutenção quinzenal: Utilize Pek Limpeza Diária diluído em vinte partes de água. Umedeça mais o pano com a solução e esfregue com mais intensidade. Enxágue com um pano torcido em água pura. Considere aplicar Pek Wax Lí-

quido em áreas mais desgastadas (com maior tráfego de pedestres).

Manutenção mensal: Faça a limpeza com Pek Limpeza Diária diluído em dez partes de água. Aplique uma camada de Pek Wax Líquido diluída em oito partes de água e lustre com um pano de feltro macio ou enceradeira. Aplique apenas nas áreas mais sujeitas a desgaste ou com aparência desgastada. Não é necessário aplicar em áreas sem desgaste.

Deve-se sempre remover imediatamente líquidos potencialmente manchadores, como óleo, dejetos de animais, café, vinho, maquiagem, entre outros, para evitar manchas na superfície. Também deve-se ter cuidado ao utilizar produtos abrasivos, pois eles podem danificar as superfícies polidas.

9.2 Manutenções para áreas externas

SERVIÇOS COMPLEMENTARES

Caso os ladrilhos hidráulicos sejam utilizados nos pisos ou paredes de áreas externas, a Pisoclean (2023) recomenda que a manutenção seja realizada com produtos semelhantes aos utilizados nas manutenções para áreas internas, porém com algumas diferenças:

Manutenção diária: Utilize vassouras adequadas para a textura do revestimento e varra o piso diariamente. Também pode-se utilizar aspirador de pó para sucção das sujeiras.

Manutenção semanal: Limpe com PEK Limpeza Diária ou Limpeza Diária LP diluído em cinquenta partes de água. Use um acessório adequado na diluição e enxágue com água pura usando mangueiras.

Manutenção quinzenal: Limpe com PEK Limpeza Diária ou Limpeza Diária LP diluído em vinte partes de água.

Deixe o piso mais molhado com a solução e esfregue com mais intensidade. Enxágue com água pura.

Manutenção mensal: Limpe com PEK Limpeza Diária ou Limpeza Diária LP diluído em dez partes de água. Use Pisoclean Tiralimo apenas em áreas com pouca luminosidade ou locais com iminente proliferação de fungos (se houver). Na etapa de enxágue, utilize uma máquina do tipo "wap" na opção leque.

Manutenção anual: Limpe com Pisoclean Alcalino, PEK Limpeza Pesada ou Limpeza Pesada LP diluído em dez partes de água. Use Pisoclean Tiralimo em áreas com fungos (se houver). Aplique uma nova camada do impermeabilizante conforme o produto originalmente aplicado.

Para fachadas, os procedimentos devem ser os mesmos.

9.3 Limpeza restaurativa

SERVIÇOS COMPLEMENTARES

Para minimizar os danos já existentes ao piso de ladrilho hidráulico do salão de entrada do Paço dos Açorianos, assim como também aos demais pavimentos ladrilhados, deve-se tomar algumas medidas específicas para cada tipo de patologia.

Dependendo do tipo de sujeira, é possível executar uma das seguintes opções com produtos específicos da Pisoclean:

SERVIÇOS COMPLEMENTARES

REMOÇÃO DE EFLORESCÊNCIAS, RESÍDUOS DE REJUNTES E INCRUSTAÇÕES

1. Varra o piso por completo para remover toda a sujeira solta.
2. Dilua o Pek Desincrustante em cinco partes de água (limpeza meio pesada) ou uma parte do produto em duas partes de água (limpeza super pesada) em um recipiente apropriado.
3. Lance a solução diretamente sobre o piso e espalhe por completo. Deixe agir por dez minutos mantendo a superfície molhada pela solução.
4. Esfregue com intensidade com vassouras de pelos firmes ou escovas.
5. Enxágue com água em abundância (utilize máquina do tipo WAP ou mangueiras).
6. Repita a operação no caso de remoção parcial de resíduos de rejuntas ou de névoa de cimento sobre o piso.
7. Verifique a situação do piso e, existindo alguma mancha, proceda a sua remoção com o produto recomendado:
 - Ferrugens: Pek Rustout Gel.
 - Tintas: Pek Tiragrafite (Localizadas) ou Pisoclean Removedor de Resinas (Generalizadas).
 - Óleos: Pek Tiraóleo.
 - Manchas orgânicas (plantas, madeira, dejetos de animais, etc.): Pek Tiramanchas.
8. Lave toda a área com a solução de uma parte de Pek Limpeza Pesada e vinte partes de água. Deixe agir por 15 minutos, esfregue e enxágue.
9. Com o piso em perfeito estado e completamente seco, sugere-se lixar manualmente para alisar a superfície, especialmente para pisos lisos novos e com textura antes intacta. Para pisos texturizados danificados, deve-se tratá-los com filme superficial depois de limpos, caso contrário sua manutenção pode se tornar inviável.

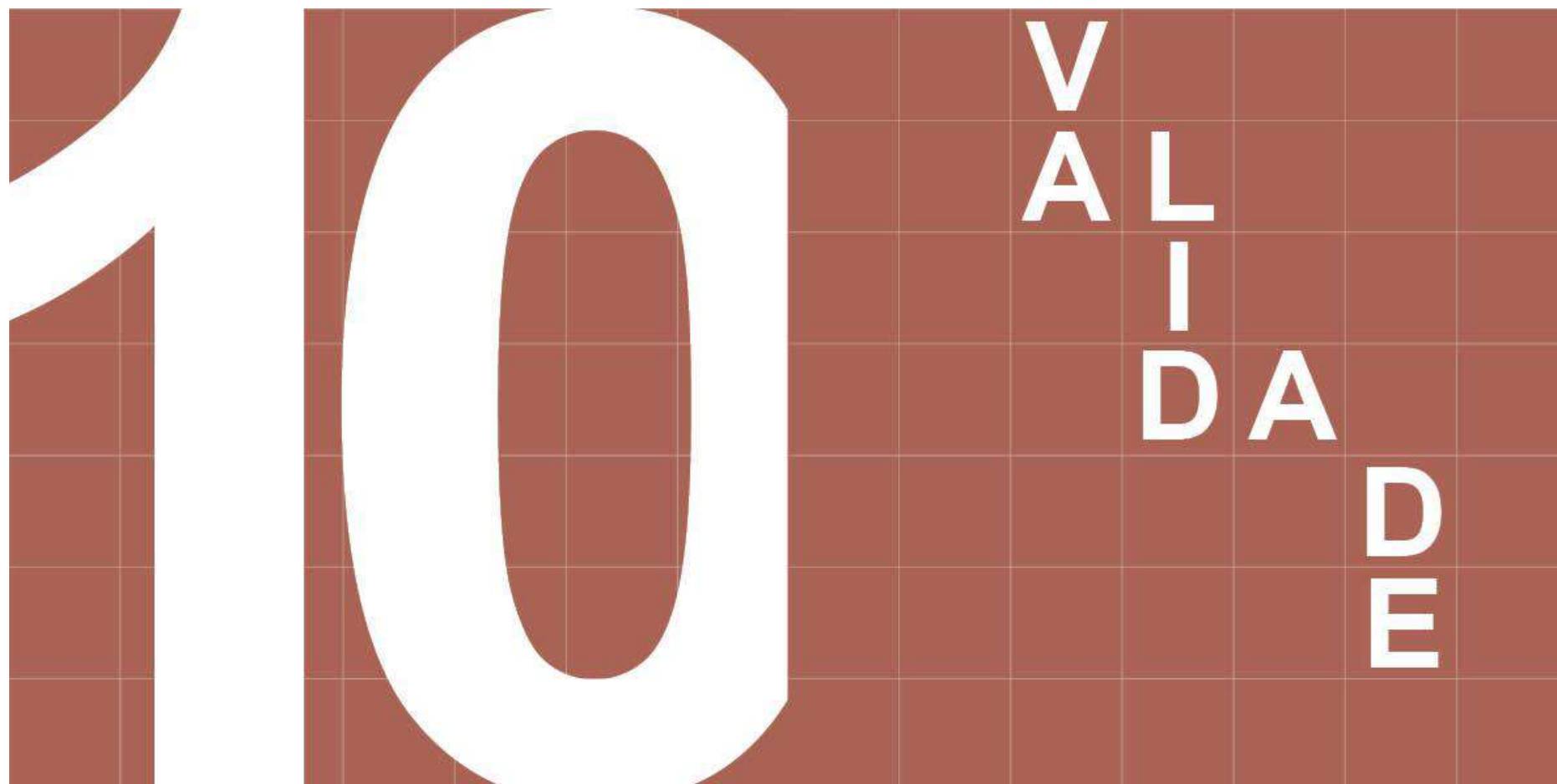
SERVIÇOS COMPLEMENTARES

REMOÇÃO DE CERAS OU ACABAMENTOS ACRÍLICOS A BASE D'ÁGUA

1. Comece removendo toda a sujeira solta do piso.
2. Dilua o Pisoclean Removedor em cinco partes de água para remoção meio pesada, ou uma parte do produto em duas partes de água para remoção super pesada. Se for remover películas finas e ceras domésticas, use Pek Limpeza Pesada diluído em cinco partes de água. As recomendações para o uso são as mesmas descritas abaixo.
3. Despeje a solução diretamente no piso e espalhe completamente, deixando-a agir por quinze minutos e mantendo a superfície molhada com a solução.
4. Esfregue com vassouras de pelos firmes, escovas, fibras de limpeza ou até mesmo espátulas, no caso de película mais grossa.
5. Enxágue com água em abundância enquanto ainda esfrega.
6. Repita a operação se houver remoção parcial da película.
7. Para remover manchas específicas, utilize o produto recomendado, como Pek Rustout Gel para ferrugens, ou Pek Tiragrafite para tintas localizadas ou Pisoclean Removedor de Resinas para tintas generalizadas, Pek Tiramanchas para manchas orgânicas, e Pisoclean Decapante para barro. As instruções para cada remoção estão nos rótulos dos respectivos produtos.
8. Lave toda a área com a solução de uma parte de Pek Limpeza Diária e 50 partes de água. Deixe agir por 5 minutos, esfregue e enxágue.
9. Quando o piso estiver completamente seco e em perfeito estado, prossiga para a proteção.

**REMOÇÃO DE
AMARELAMENTOS OU
OXIDAÇÕES**

1. Varra seu piso por completo removendo toda sujeira solta.
2. Em um recipiente apropriado, dilua Pisoclean Decapante na proporção recomendada para a quantidade de sujeira presente no piso.
3. Lance a solução diretamente sobre o piso e espalhe por completo. Deixe agir por 30 minutos mantendo a superfície molhada pela solução. Se possível, deixe o piso na sombra durante o processo.
4. Esfregue com intensidade utilizando vassouras de pelos firmes ou escovas.
5. Enxágue com água em abundância, utilizando máquina do tipo WAP ou mangueiras.
6. Repita a operação no caso de remoção parcial dos amarelamentos/oxidações.
7. Para a remoção de manchas orgânicas, lance Pek Tiramanchas diretamente sobre o piso e deixe agindo por 24 horas. Repita a operação até a remoção total das manchas.
8. Verifique a situação do piso e, existindo alguma mancha diferente, proceda a sua remoção com o produto recomendado:
 - Tintas: Pek Tiragrafitte (Localizadas) ou Pisoclean Removedor de Resinas (Generalizadas).
 - Óleos: Pek Tiraóleo.
 - Manchas orgânicas (plantas, madeira, dejetos de animais, etc.): Pek Tiramanchas.
 - Barro: Pisoclean Decapante.
9. Lave toda a área com a solução de uma parte de Pek Limpeza Pesada e vinte partes de água. Deixe agir por 15 minutos, esfregue e enxágue.
10. Com o piso em perfeito estado e completamente seco, seguimos para a proteção.



A NBR 15575/13, intitulada "Edificações habitacionais - Desempenho / Parte 1: Requisitos gerais", é parte de um conjunto de normas proposto para avaliar o desempenho dos componentes e dimensões construtivas de uma edificação. Seu principal objetivo é promover melhores condições de habitabilidade nas construções. A Parte 3 da norma trata sobre o desempenho do sistema de pisos, tanto em áreas de uso privativo quanto de uso comum, incluindo elementos e componentes.

A norma aborda sobre a Vida Útil de Projeto (VUP), que refere-se ao período estimado de tempo pelo qual um sistema é projetado com o intuito de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta Norma (ver tabela 05). Esse cálculo considera a conformidade com as normas aplicáveis, o nível de conhecimento no momento do projeto, bem como a suposição de cumprimento periódico e execução correta dos processos de manutenção especificados no manual de uso, operação e manutenção corresponden-

te (ABNT NBR 15575, 2013, p. 10).

A norma considera que os pisos podem durar, a partir de, mais ou menos, 13 anos se forem feitas as manutenções corretas. A partir de informações obtidas por meio das fábricas de ladrilho hidráulico do Brasil, um piso de ladrilhos hidráulicos tem prazo de validade indeterminado, podendo durar centenas de anos, se forem assentados, impermeabilizados e higienizados conforme às indicações dadas neste presente manual.

Tabela 6 - Vida útil de projeto (VUP)*

Sistema	VUP mínima em anos
Pisos internos	≤ 13
*Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037	

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9457: Ladrilhos hidráulicos para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto.** Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-3: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.** Rio de Janeiro, 2013.

REFERÊNCIAS

_____. **NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos.** Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 06 – Equipamento de Proteção Individual – EPI.** Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022. Disponível em: <https://x.gd/52l8A>. Acesso em: 11 mai. 2023.

PISOCLEAN. **Catálogo Virtual 2022 - 6ª Edição.** Disponível em: <https://x.gd/C1mc2>. Acesso em: 08 maio 2023.



Apêndice E: Publicações referentes à presente Tese de Doutorado

MEDEIROS, A. T. T.; SILVA, F. P. Design, digitalização tridimensional & ladrilho hidráulico: o patrimônio cultural de Porto Alegre - RS. Uma revisão sistemática para o gerenciamento da pesquisa. **Arquitetura e Lugar**, v. 1, p. 32-49, 2023.

MEDEIROS, A. T. T.; SILVA, F. P. Registro e documentação dos ladrilhos hidráulicos do paço municipal - RS. **MNEMOSINE REVISTA**, v. 11, p. 124-134, 2020.

MEDEIROS, A. T. T.; SILVA, F. P. da. O uso da digitalização tridimensional no mapeamento de danos dos ladrilhos hidráulicos do Paço dos Açorianos de Porto Alegre [RS]. **Labor e Engenho**, Campinas, SP, v. 13, p. e019017, 2019. DOI: 10.20396/labore.v13i0.8656163