

MANUFATURA ADITIVA NA CONFEÇÃO DE MOLDES PARA FABRICAÇÃO DE LADRILHOS HIDRÁULICOS

ADDITIVE MANUFACTURING FOR HYDRAULIC TILE MOLD PRODUCTION

FABRICACIÓN ADITIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE MOLDES PARA BALDOSAS HIDRÁULICAS

Arthur Thiago Thamay Medeiros¹, Fábio Pinto da Silva¹, Pedro Arthur Bueno Silva¹ Gabriel Reis Kauffmann¹.

RESUMO:

Com o advento das tecnologias 3D, o uso da manufatura aditiva tem possibilitado a fabricação de ferramental para a produção em série de artefatos. Nesse sentido, o objetivo da pesquisa é inserir a manufatura aditiva no processo produtivo do ladrilho hidráulico, especificamente na fabricação de moldes. A metodologia proposta, consistiu no modelamento CAD, seleção do material prototipado e ajustes na configuração da impressora para se adequarem às dimensões do equipamento. A etapa de validação dos moldes e confecção dos ladrilhos foi feita em colaboração com a Fábrica de Mosaicos de Pelotas, localizada no estado do Rio Grande do Sul. Como resultado do estudo, foram fabricados por meio de impressão 3D, a partir dos modelos CAD, os moldes para confecção dos ladrilhos, com referência visual no padrão de ladrilhos do salão de entrada do Paço Municipal de Porto Alegre. A conclusão da pesquisa demonstrou como a colaboração entre ciência e indústria, pode ajudar a fomentar avanços tecnológicos nos meios de produção de uma indústria que conserva seu processo de fabricação centenário.

PALAVRAS-CHAVE: Impressão 3D; Mosaicos; Gabaritos; CAD; Patrimônio Industrial.

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Fonte de Financiamento:
CAPES e CNPq.

Conflito de Interesse:
Declaramos não haver.

Ética em Pesquisa:
Declaramos não haver.

Submetido em: 15/03/2024
Aceito em: 22/08/2024

How to cite this article:

MEDEIROS, A. T. T.; SILVA, F. P.; SILVA, P. A. B.; KAUFFMANN, G. R. Manufatura aditiva na confecção de moldes para fabricação de ladrilhos hidráulicos. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. São Carlos, v19, n2, 2024. <https://doi.org/10.11606/gtp.v19i2.222951>



ABSTRACT:

With the advent of 3D technologies, the use of additive manufacturing has made it possible to manufacture tooling for the mass production of artifacts. The objective of this research is to insert additive manufacturing into the hydraulic tile production process, specifically in the manufacture of molds. The proposed methodology consisted of CAD modeling, selection of the prototyped material and adjustments to the printer configuration to adapt to the dimensions of the equipment. The stage of validating the molds and making the tiles was carried out in collaboration with Fábrica de Mosaicos de Pelotas, located in the state of Rio Grande do Sul. Tile mold were manufactured using 3D printing, based on CAD models, the molds for making the tiles, with visual reference to the tile pattern in the entrance hall of the Paço Municipal of Porto Alegre. This study demonstrated how collaboration between science and industry can help foster technological advances in means of production of an industry that preserves its centuries-old manufacturing process.

KEYWORDS: 3D printing; Mosaics; Templates; CAD; Industrial Heritage.

RESUMEN:

Con la llegada de las tecnologías 3D, el uso de la fabricación aditiva ha hecho posible fabricar herramientas para la producción masiva de artefactos. En este sentido, el objetivo de la investigación es insertar la fabricación aditiva en el proceso de producción de baldosas hidráulicas, concretamente en la fabricación de moldes. La metodología propuesta consistió en modelado CAD, selección del material prototipado y ajustes a la configuración de la impresora para adaptarse a las dimensiones del equipo. La etapa de validación de los moldes y realización de las tejas se realizó en colaboración con la Fábrica de Mosaicos de Pelotas, ubicada en el estado de Rio Grande do Sul. Como resultado del estudio, fueron fabricadas mediante impresión 3D, a partir de modelos CAD, los moldes para fabricar las baldosas, con referencia visual al patrón de las baldosas en el vestíbulo del Paço Municipal de Porto Alegre. Este estudio demostró cómo la colaboración entre ciencia e industria puede ayudar a fomentar los avances tecnológicos en medios de producción de una industria que conserva su proceso de fabricación centenario.

PALABRAS CLAVE: impresión 3D; mosaicos; Plantillas; CAD; Patrimonio Industrial.

INTRODUÇÃO

Os ladrilhos hidráulicos possuem uma rica história que remonta aos mosaicos bizantinos e foram inseridos na arquitetura mundial durante o século XIX na América Latina, Europa e África do Norte. Intimamente ligados à cultura local, esses revestimentos ornamentais são testemunhas de um passado que continua a influenciar o presente por meio de seus padrões gráficos.

Originados da manufatura, esses ladrilhos são fabricados seguindo métodos tradicionais transmitidos de uma geração para outra. A designação "hidráulico" é derivada do processo de cura do cimento, que necessita da água em seu processo de endurecimento.

Além de sua apreciação estética, esses ladrilhos possuem uma relevância cultural que abrange os saberes empíricos e as habilidades artesanais envolvidas em sua produção, mesmo com a introdução de novas tecnologias no processo de fabricação.

Devido os avanços tecnológicos, a elevada concorrência e o crescimento das empresas, envolvendo novas ferramentas de produção, a manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, vem sendo utilizada na fabricação de protótipos, produtos finais, ou até mesmo no desenvolvimento de ferramental para o desenvolvimento de novos artefatos.

O objetivo da pesquisa consiste na proposta de introduzir as tecnologias de modelagem CAD e manufatura aditiva, agregando o design e a tecnologia na fabricação de ladrilhos hidráulicos, especificamente no desenvolvimento de ferramental, criando estratégias ao utilizar uma impressora 3D na concepção de moldes para integrar a produção de novos ladrilhos, em parceria com a Fábrica de Mosaicos de Pelotas, empresa localizada no interior do Rio Grande do Sul, em atividade no Brasil desde 1914 (PELOTAS, 2024), portanto, dita como patrimônio industrial do Estado.

Sendo assim, o desenho para prototipação do molde utilizado na pesquisa possui referência visual no padrão de ladrilhos do salão de entrada do Paço Municipal de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. O ladrilho fabricado para a pesquisa será destinado ao uso interno, desconsiderando as características específicas de "uso externo" presentes no módulo de referência.

A metodologia incluiu o modelamento CAD para definir as geometrias dos moldes, a seleção do PLA (Ácido Polilático) como material de prototipagem por ser um polímero constituído por moléculas de ácido orgânico de origem biológica obtido a partir de recursos renováveis, também devido à sua facilidade de impressão e baixa ocorrência de defeitos, e ajustes na configuração da impressora para adequar-se às dimensões dos moldes. Isso envolveu a modificação do *software* de fatiamento e a definição da orientação ideal para a impressão. O resultado foi a produção de moldes precisos e de alta qualidade, apropriados para serem utilizados no processo de fabricação dos ladrilhos.

A etapa de validação dos moldes e fabricação dos ladrilhos representou uma colaboração estratégica com a Fábrica de Mosaicos de Pelotas. Essa parceria permitiu a aplicação prática dos moldes desenvolvidos, testando sua eficácia no processo de pigmentação dos ladrilhos em um ambiente real de produção.

Na etapa da pesquisa bibliográfica, foi constatada uma escassez de referências que abordem a tipologia específica de revestimento em questão, relacionando diretamente os temas centrais do estudo: ladrilho hidráulico e manufatura aditiva. Esta falta de estudos prévios ressalta a importância e a relevância da pesquisa, fornecendo uma base para futuras investigações e contribuições para o avanço desse campo específico de pesquisa e desenvolvimento.

Portanto, a pesquisa abordou detalhadamente as etapas do processo de fabricação da Fábrica de Mosaicos de Pelotas, contribuindo significativamente na disseminação dos conhecimentos acerca dos procedimentos técnicos na produção de um ladrilho hidráulico.

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) em colaboração com o 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. Além disso, contou 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.

MANUFATURA ADITIVA E A FABRICAÇÃO DE FERRAMENTAL

Na década de 1980, surgiu um novo princípio de fabricação baseado na adição de material, atualmente denominado AM (*Additive Manufacturing*) ou impressão 3D. A AM consiste em um processo de fabricação que adiciona material sucessivamente em forma de camadas, utilizando informações obtidas diretamente de uma representação geométrica computacional 3D do componente, geralmente originada de um sistema CAD (*Computer-Aided Design*). Esse método aditivo possibilita a produção de componentes físicos em diferentes materiais, formas e princípios de maneira totalmente automatizada e relativamente rápida em comparação aos métodos tradicionais de fabricação (VOLPATO et al., 2017).

O processo inicia-se com o modelo 3D da peça sendo eletronicamente "fatiado", gerando as curvas de nível 2D que definem onde o material será ou não adicionado em cada camada. Posteriormente, a peça é fisicamente construída por meio do empilhamento sequencial das camadas, iniciando-se pela base até alcançar o topo. As etapas do processo incluem a modelagem tridimensional da peça em um sistema CAD, a conversão do modelo em um formato específico para AM, o planejamento do processo, a fabricação da peça no equipamento de AM e o pós-processamento.

Segundo Volpato e Carvalho (2017), embora diversos termos tenham sido propostos para descrever esse novo princípio de fabricação, a denominação predominante até recentemente foi a de prototipagem rápida, devido à sua aplicação inicial na produção rápida de protótipos físicos. No entanto, a AM evoluiu consideravelmente desde então, podendo atualmente ser utilizada na fabricação de peças para uso final. Por conseguinte, a comunidade científica tem se empenhado em caracterizar esse princípio de adição como um importante processo de fabricação, adotando a denominação de manufatura aditiva, amplamente aceita pela academia e parte da indústria. Contudo, o termo "impressão 3D" tem sido adotado pela sociedade em geral, em virtude de sua capacidade de transmitir o conceito fundamental dos processos de forma mais acessível.

Uma aplicação de destaque das tecnologias de manufatura aditiva, devido ao seu potencial oferecido, é a fabricação de ferramental. As tecnologias de AM têm potencial para auxiliar tanto na fabricação direta quanto indireta de ferramentais. Na fabricação indireta, o componente produzido pela tecnologia de AM é usado como um modelo para transferir sua geometria para um molde em um processo subsequente. Esse molde é então empregado para criar o produto final desejado. Por outro lado, na fabricação direta, o próprio molde é criado diretamente pelo equipamento de AM.

Conforme Volpato e Ahrens (2017), os moldes obtidos diretamente ou indiretamente podem ser categorizados como ferramentais "moles" quando são capazes de produzir até cerca de 20

peças em média; "de transição" quando a produção se situa entre 20 e 1.000 peças; e "duras" para produções superiores a 1.000 peças.

Embora os processos de AM tenham se beneficiado amplamente das tecnologias de manufatura aditiva, eles têm proporcionado resultados notáveis em termos de transferência de geometria e precisão dimensional, bem como acabamento superficial. De acordo com Volpato e Ahrens (2017), vários tipos de gabaritos e dispositivos podem ser necessários durante a fabricação de um produto. Estes são ferramentais customizados para um determinado componente ou produto, utilizados para controlar a localização de um componente, posicionar e guiar uma ferramenta para a realização de uma determinada operação, e manter um componente fixo em uma determinada localização durante uma operação.

A investigação sobre a aplicação da manufatura aditiva na fabricação de moldes para ladrilhos hidráulicos revela um campo promissor de estudo e desenvolvimento (Vasconcelos e Silva, 2022). Considerando o potencial oferecido pelas tecnologias de AM na produção de ferramentais, tanto de forma direta quanto indireta, é essencial compreender como esses processos podem ser otimizados para atender às necessidades específicas da indústria de revestimentos. A incorporação de gabaritos e dispositivos personalizados durante a fabricação dos ladrilhos hidráulicos pode não apenas otimizar o processo, mas também garantir a precisão necessária para a produção em escala industrial.

LADRILHO HIDRÁULICO

O revestimento conhecido como ladrilho hidráulico, também referido como mosaico hidráulico, é um material fabricado em uma composição de cimento, areia, pó de pedra e pigmentos, comumente empregado em paredes e pisos. De acordo com a NBR 9457 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013, p. 1), esse tipo de revestimento é caracterizado como uma "placa cimentícia paralelepípedica de dupla camada, executada por prensagem, com a superfície exposta ao tráfego lisa ou em baixo-relevo". Conforme especificado pela norma, o ladrilho hidráulico possui duas partes distintas, com cerca de 2cm de espessura, nomeadamente a face superior, exposta ao tráfego, e a face inferior, parte que recebe a argamassa de assentamento (Figura 1).



Figura 1. Ladrilho e molde divisor dos pigmentos, comumente fabricado em bronze ou aço.
Fonte: dos autores.

A face superior do ladrilho é composta por “cimento Portland branco ou cinza, pó de mármore e pigmentos”, sendo estes últimos misturados com água e distribuídos em seções correspondentes do molde.

Sobre os moldes, tradicionalmente fabricados por artesãos conhecidos como “latoeiros”, podem ser confeccionados a partir de chapas de metais flexíveis, tais como latão, bronze, alumínio ou zinco (TINOCO, 2013; 2016).

A face inferior, é constituída por areia e cimento Portland cinza. Os ladrilhos hidráulicos geralmente apresentam formatos quadrados, hexagonais ou retangulares, com dimensões específicas conforme a norma, sendo os tamanhos mais comercializados em 200 x 200 mm (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

A matéria-prima fundamental na fabricação desses revestimentos é o cimento, que também define a composição da argamassa preparada para a fabricação, composta por cimento Portland, agregados e água, com possibilidade de adição de aditivos e pigmentos. Os agregados podem ser naturais, industriais ou reciclados, enquanto os pigmentos devem ser de base inorgânica. A água desempenha um papel essencial na hidratação do cimento Portland durante o processo de fabricação, visando à cura do material para evitar fissuras e trincas nos ladrilhos hidráulicos.

Os ladrilhos hidráulicos são considerados produtos manufaturados. Apesar de existirem métodos mecanizados e em série para sua produção, o mais comum é que sejam produzidos individualmente por ladrilheiros, que mantêm controle artesanal sobre o processo produtivo, inclusive confeccionando as ferramentas utilizadas. Essa abordagem confere uma singularidade a cada peça, atribuindo um caráter artesanal ao produto, mesmo diante dos pequenos avanços tecnológicos no processo (LAMAS, LONGO e SOUZA, 2018, p. 02).

Como os ladrilhos são moldados de forma artesanal, apresentam uma ampla gama de variações, tanto em suas características mecânicas quanto microestruturais e estéticas. Apesar dos usuários desse tipo de revestimento terem apreço por esses atributos, contudo, é imprescindível que, independentemente da variabilidade visual, os parâmetros de desempenho mecânico estejam em conformidade com os padrões normativos estabelecidos (ZVEIBIL; ROMANO; PILEGGI, 2019).

A estética do ladrilho hidráulico pode ter sido influenciada pela técnica de mosaico, especialmente os mosaicos bizantinos, que uniam peças para formar um desenho singular. A descoberta do cimento Portland em 1824 viabilizou a produção moderna, iniciada pela fábrica Butsems y Cía em 1857 e popularizada na Exposição Universal de Paris de 1867 pela Garret, Rivet i Cía. Empresas como Orsola, Solà y Cia e La Casa Escofet foram fundamentais na Espanha (NAVARRO, 2006), enquanto em Juiz de Fora, a família Arcuri iniciou a produção no Brasil a partir de 1905 (BERTANTE et al, 2018, p. 07). A técnica foi introduzida no Brasil por imigrantes europeus durante o período moderno, incorporando influências no movimento *Arts and Crafts*, *Art Nouveau* e *Art Déco*, com padrões geométricos e orgânicos e uma variedade de cores, conforme descrito por Castro e Imbrônio (2020, p. 413-423).

A influência dos ladrilhos hidráulicos, é amplamente vista em cidades como Pelotas, no Rio Grande do Sul, esses ladrilhos se destacam como elementos distintivos, presentes nas residências e passeios públicos. A história desses ladrilhos na região remonta à fundação da Fábrica de Mosaicos e sua presença histórica, que continua a ser uma parte vital da identidade arquitetônica da cidade.

Fábrica de Mosaicos de Pelotas – RS

A cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul, destaca-se por sua rica herança arquitetônica, evidenciada pela variedade de materiais construtivos empregados em suas edificações. Entre esses materiais, os ladrilhos hidráulicos assumem um papel proeminente, adornando não apenas as residências, mas também os passeios públicos. A história dos ladrilhos hidráulicos na região remete à fundação da primeira Fábrica de Mosaicos de Pelotas em 1914, pela iniciativa do imigrante português Arquimino Peres. Antes desse marco, esses revestimentos eram importados da Europa.

O crescimento econômico de Pelotas nessa época viu o estabelecimento de cerca de dezesseis fábricas de ladrilhos hidráulicos, testemunhando o florescimento dessa indústria na região. Embora a localização da fábrica original tenha mudado ao longo do tempo, seu legado continua vivo, com a Fábrica de Mosaicos mantendo-se como um importante patrimônio industrial da cidade (Figura 2). Sob nova administração na década de 1990, a fábrica ampliou sua produção, focando principalmente em ladrilhos internos decorados e expandindo seu alcance para outros estados brasileiros e até mesmo para o exterior



Figura 2. Fachada da Fábrica de Mosaicos em seu atual endereço.

Fonte: dos autores.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada neste estudo englobou várias etapas, começando pela seleção dos padrões a serem utilizados como referência visual. Em seguida, foram realizados os processos de modelagem CAD para definir as geometrias dos moldes e a seleção do PLA como material de prototipagem, devido à sua facilidade de impressão e baixa incidência de defeitos. Além disso, foram feitos ajustes na configuração da impressora para garantir que as dimensões dos moldes fossem compatíveis com o equipamento. Isso envolveu a modificação do *software* de fatiamento e a determinação da orientação ideal para a impressão dos moldes. Essa abordagem metodológica integrada visou garantir a eficácia e precisão do processo de fabricação dos moldes para ladrilhos hidráulicos.

REFERÊNCIA VISUAL

A concepção dos desenhos a serem utilizados para a fabricação dos moldes foram baseados em padrões já existentes. O propósito da pesquisa não foi criar um novo design de superfície para gerar novos módulos, mas sim utilizar um conjunto de padrões pré-existentes, simplificando e evitando a necessidade de criação.

Por isso, foram utilizados como referência os padrões de ladrilhos hidráulicos do salão de entrada do Paço dos Açorianos em Porto Alegre - RS, também chamado de Paço Municipal, edificação que foi sede durante o século XX da prefeitura da cidade.

Os módulos que integram o pavimento são caracterizados como ladrilhos do tipo externo, que segundo Medeiros e Melo (2018, p. 30) são utilizados em ambientes externos como calçadas e passeios públicos, mas que no contexto da presente edificação foram utilizados em um ambiente interno, devido sua característica antiderrapante. No salão de entrada da edificação, quatro exemplares desses ladrilhos estão presentes (Figura 3).

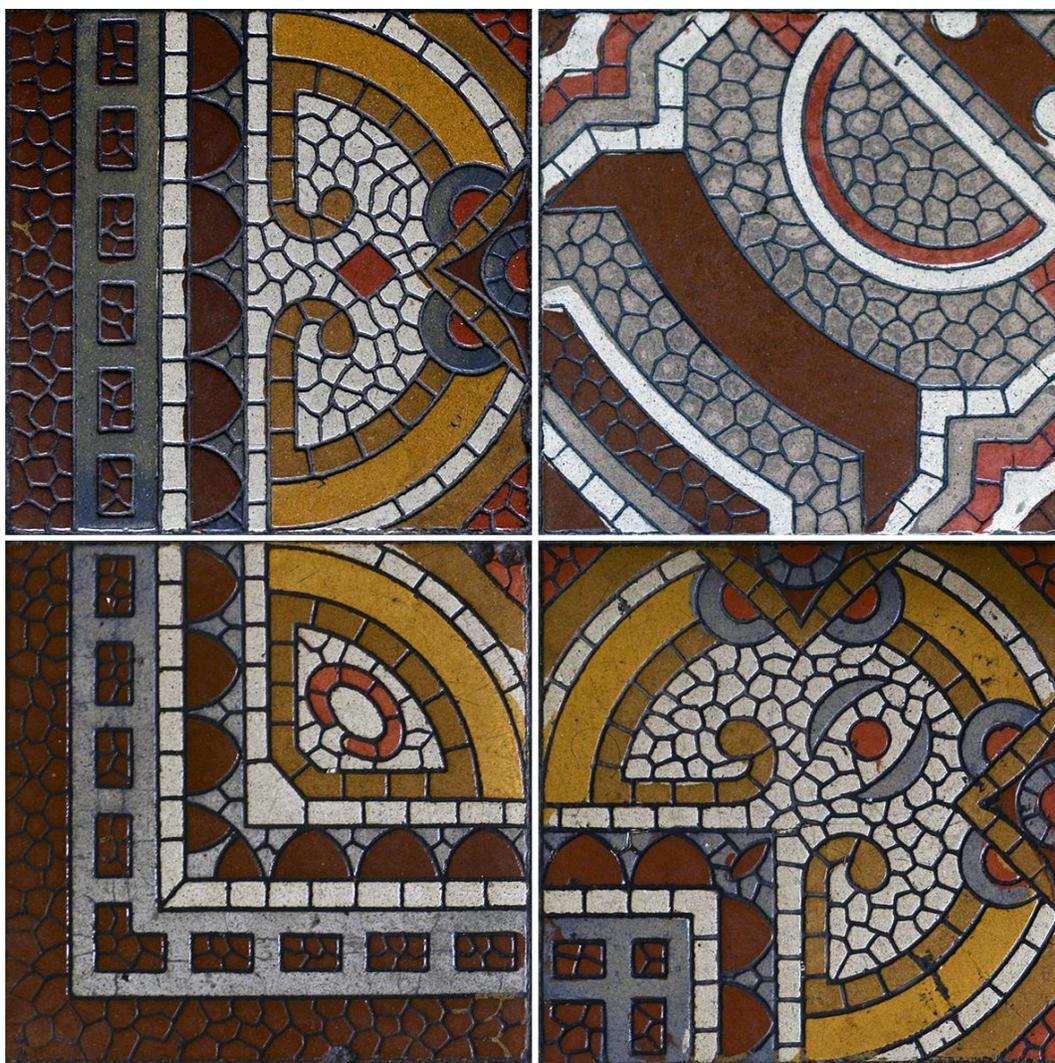


Figura 3. Tipos de ladrilhos hidráulicos localizados no salão de entrada do Paço dos Açorianos
Fonte: elaborado pelos autores.

Os desenhos elaborados para compor o padrão desses ladrilhos assemelham-se aos padrões de tapetes, consistindo em uma unidade central com um módulo com repetição de quatro

ladrilhos. Este painel central é circundado por ladrilhos com um desenho repetitivo ao longo da sua extensão, incluindo unidades de canto que se complementam, os quais contornam as colunas e o perímetro do salão. Esses padrões de ladrilhos "tapetados" eram comumente utilizados em ambientes nobres dos edifícios, como entradas, salas de estar e jantar.

Para uma eficiente comunicação com a Fábrica de Mosaicos de Pelotas, optou-se por compilar uma lista das denominações adotadas pela empresa para os tipos de módulos que classificam as composições de tapetes de ladrilhos hidráulicos:

- Barra: Também conhecida como "laterais", "faixa", "borda", "bordadura", "moldura" e "sanefa", a barra refere-se à região periférica do tapete, que delimita sua área central. Geralmente, a barra possui um padrão distinto e pode variar em largura e complexidade de desenho;
- Canto: Comumente denominado de "cantoneira" ou "canto de faixa", o canto é a parte do tapete onde as barras se encontram, formando um ângulo. Os cantos podem ser ornamentados com padrões específicos para harmonizar com o restante do desenho;
- Miolo: Algumas fábricas podem se referir ao miolo como "centrais" ou "centro". Esta é a área central do tapete, onde os padrões principais são exibidos. O miolo geralmente apresenta desenhos mais elaborados e detalhados, destacando-se como o ponto focal da composição do ladrilho hidráulico.

MODELAGEM BIDIMENSIONAL E TRIDIMENSIONAL

No contexto descrito, a etapa de modelagem computacional incluiu a utilização do *software* AutoCAD 2D da Autodesk, amplamente empregado na elaboração de desenhos assistidos por computador, em conjunto com fotografias obtidas durante a inspeção da edificação.

O processo teve início com as fotografias realizadas, as quais forneceram os detalhes necessários para o redesenho bidimensional. A partir das fotografias, foi realizado o redesenho, o qual possibilitou a captura cuidadosa das gravuras dos ladrilhos, resultando em uma representação precisa dos padrões originais. Desenhar sobre a fotografia dos ladrilhos demandou habilidade técnica e profundo entendimento da composição, visando capturar com exatidão os elementos visuais contidos nos ladrilhos hidráulicos.

Os chamados "preenchimentos irregulares" (Figura 4), termo adotado nesta pesquisa, não foram replicados, uma vez que essas texturas foram identificadas como elementos funcionais presentes nos módulos para conferir propriedades antiderrapantes. Dado que o objetivo é produzir ladrilhos lisos do tipo interno, optou-se por simplificar as formas, eliminando tais elementos.



Figura 4. Preenchimentos irregulares contidos nos ladrilhos.

Fonte: elaborado pelos autores.

A etapa de modelagem computacional iniciou-se com a configuração de funcionalidades específicas do "Snap do Objeto". O objetivo foi permitir a fixação mútua de objetos com

precisão, utilizando recursos como “Extremidade”, “Meio”, “Centro”, “Ponto”, “Quadrante”, “Intersecção” e “Tangente”, facilitando a localização e o alinhamento das formas. Para a criação dos objetos, foram empregadas as ferramentas “Linha”, “Polilinha”, “Círculo” e “Arco”. A “Linha” foi utilizada para traçar segmentos independentes, enquanto a “Polilinha” permitiu a criação de linhas com segmentos dependentes. A ferramenta “Círculo” foi empregada na construção de formas circulares a partir de um centro e raio definidos, enquanto o “Arco” foi utilizado para gerar segmentos circulares específicos.

O processo de desenho teve início com a definição de um eixo diagonal que serviu como referência para a posição de espelhamento dos módulos. A partir desse eixo, foram feitas linhas perpendiculares e paralelas com um ângulo de 90º, seguindo um sistema de divisão em proporções adequadas. O comando “Rotacionar” foi utilizado para rodar objetos ao redor de um ponto específico localizado no eixo diagonal, enquanto o comando “Espelhar” permitiu criar imagens simétricas de formas repetitivas, como polígonos estrelados. Foi empregado o comando “Aparar” para remover linhas que não eram necessárias e o “Deslocamento” foi empregado na criação de linhas duplicadas para definir a espessura desejada.

Para a fabricação dos ladrilhos, foi necessário criar de forma espelhada o desenho do molde, invertendo horizontalmente a fotografia original dos ladrilhos para garantir a simetria. Os detalhes do padrão foram cuidadosamente considerados ao desenhar cada módulo, com testes realizados para garantir um encaixe perfeito e uma harmonia visual consistente. Ao desenhar sobre as fotos, manteve-se a autenticidade do desenho original, reproduzindo fielmente os detalhes de cada módulo (Figura 5).



Figura 5. Modelagem bidimensional dos módulos do Paço dos Açorianos, realizada no AutoCAD. **Fonte:** elaborado pelos autores.

Após a finalização dos desenhos bidimensionais, procedemos à elaboração dos modelos tridimensionais dos moldes, levando em consideração sua versão final. Utilizamos os padrões bidimensionais de cada ladrilho, desenvolvidos no AutoCAD, como ponto de partida para criar os modelos tridimensionais, os quais foram fundamentais para realizar a prototipagem na impressora 3D.

Para a execução dessa tarefa, foi utilizado o *software* Fusion 360, selecionado devido à sua gratuidade para uso educacional e à sua interface intuitiva. Os projetos foram parametrizados no programa, permitindo que as dimensões relacionadas às especificações técnicas da matriz final, como o raio de arredondamento, ângulo de saída, e dimensões finais, fossem definidas como variáveis dentro do projeto. Isso facilitou a realização de modificações e aprimoramentos futuros.

A modelagem tridimensional dos modelos dos moldes seguiu um processo semelhante em várias etapas. Os desenhos bidimensionais de cada ladrilho, elaborados no AutoCAD, foram exportados no formato DXF e depois importados para o Fusion 360. Embora a importação via DWG (um formato específico para AutoCAD) seja possível, optou-se pelo arquivo DXF por ser um formato de intercâmbio amplamente compatível e ocupar menos espaço de armazenamento. Após a importação, foi realizada uma revisão para identificar possíveis falhas geométricas, como perfis abertos ou falta de tangência entre linhas e curvas, visando evitar

incongruências geométricas durante a extrusão do ângulo de saída. Essa revisão foi realizada na plataforma de desenho tridimensional, que oferece ferramentas adequadas para validar essas propriedades e possibilita a realização de testes simultâneos. Após a revisão dos desenhos, procedemos com a extrusão das formas.

O processo de extrusão foi dividido em duas etapas distintas: inicialmente, realizamos a extrusão da base da matriz, que consiste em um quadrado que delimita a borda do perfil, com uma altura determinada pelo tamanho final do molde (30 mm); em seguida, procedemos à extrusão dos perfis protuberantes. O projeto dos moldes foi concebido para facilitar a fabricação por impressão 3D. Com isso, foi possível fazer a extrusão de paredes finas a partir das linhas de contorno que delimitam as diferentes cores do ladrilho, todas conectadas por uma haste comum.

Seguindo o mesmo método, prosseguimos com as modelagens dos moldes restantes. Cada molde foi formado pela extrusão de paredes finas que delineiam as linhas de contorno, todas essas paredes unidas por uma haste central. Essa abordagem possibilitou uma produção eficaz dos moldes, assegurando a precisão e uniformidade necessárias para a pigmentação dos ladrilhos de maneira padronizada e uniforme (Figura 6).

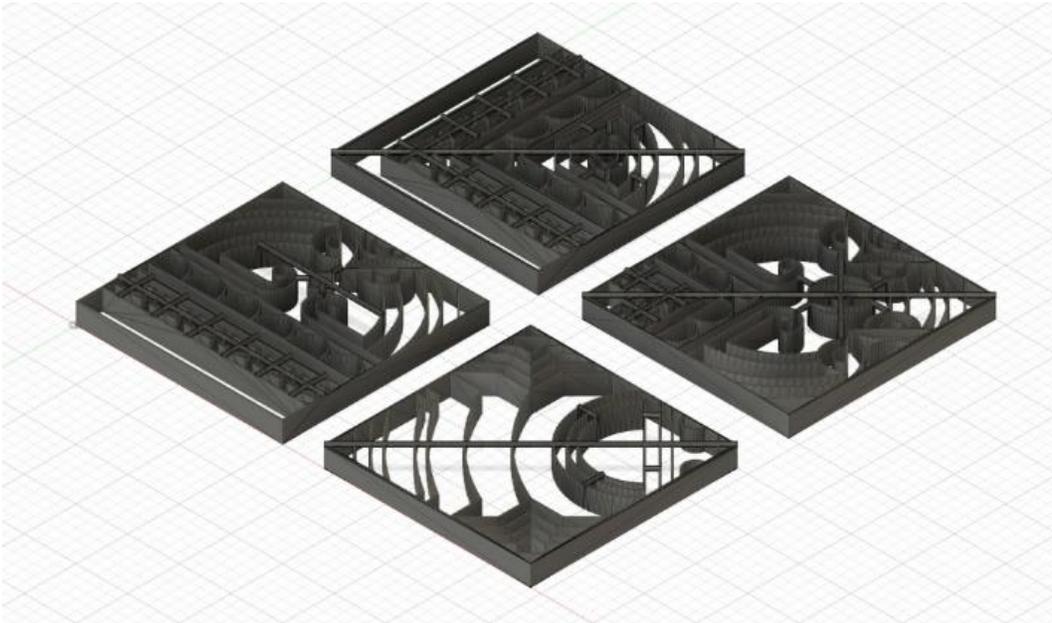


Figura 6. Modelagem 3D no Fusion 360.

Fonte: elaborado pelos autores.

MANUFATURA ADITIVA DOS MOLDES

As peças finais foram prototipadas em PLA (Ácido Polilático), utilizando o processo de Fabricação por Filamento Fundido (FFF), no equipamento CR-200B da Creality, pertencente ao Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LDSM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O PLA foi escolhido devido à facilidade de impressão 3D com este material, por causa da baixa incidência de defeitos que podem ocorrer nas peças fabricadas, como descolamento da peça da mesa de impressão e, em alguns casos, a delaminação. O filamento utilizado tinha 1,75 mm de espessura e era de cor branca.

Devido à margem de segurança na mesa aquecida do equipamento, que proporciona um espaço adicional de 10 mm em cada extremidade, a área efetiva para impressão é de 205x205x200 mm. Para acomodar essas dimensões, foi necessário ajustar a configuração do equipamento no *software* UltiMaker Cura, um aplicativo de fatiamento de código aberto para impressoras 3D. Por meio desse programa, uma nova versão da impressora CR-200B foi criada, com as dimensões da área de impressão ajustadas para 205x205x200 mm (Figura 7).

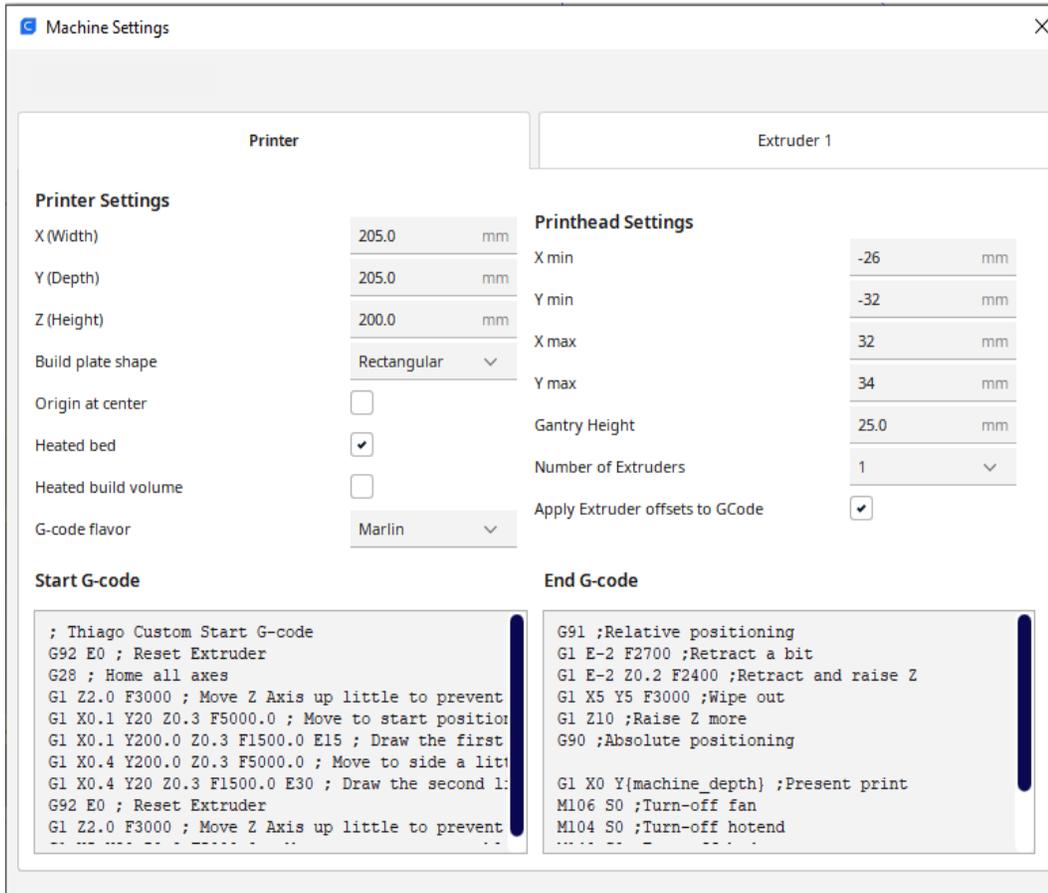


Figura 7. Captura de tela das especificações técnicas da impressora com as medidas e especificações da impressora alteradas.

Fonte: elaborado pelos autores.

Esse ajuste permitiu uma correspondência precisa entre as dimensões do modelo a ser impresso e a capacidade de impressão do equipamento, garantindo assim uma produção eficiente e sem perda de qualidade.

Essas modificações resultaram na observação de que a impressão não estava mais centralizada na mesa, mas deslocada para a esquerda. Apesar disso, foi possível fabricar a peça utilizando os parâmetros previamente testados, garantindo a precisão e resistência necessárias. Esses parâmetros incluíram camadas de 0,28 mm de espessura, com 2 camadas de base, 3 camadas de parede e 3 camadas de topo, além de um preenchimento do tipo zigue-zague de 40%, com uma temperatura de extrusão de 200 °C (Figura 8). Essas configurações permitiram a produção da peça de forma eficiente, mantendo a integridade estrutural e as características desejadas do molde.

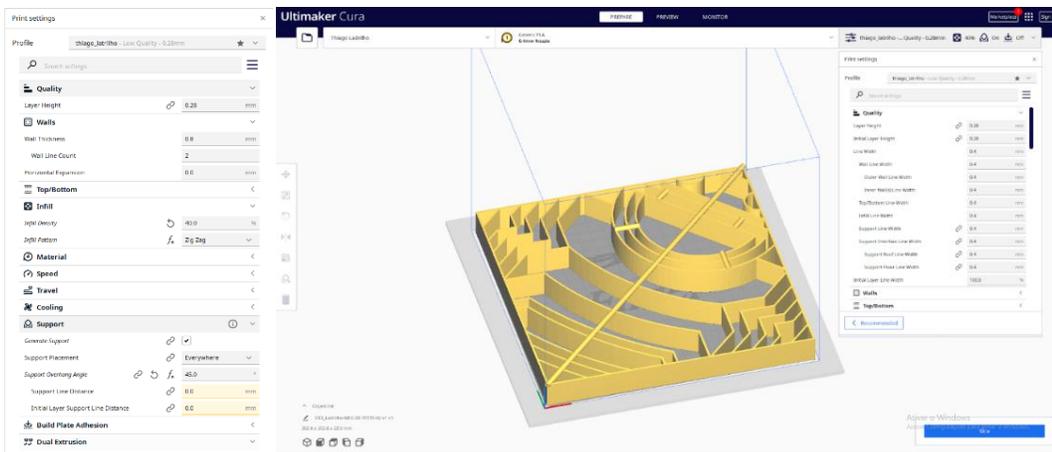


Figura 8. Captura de tela com as especificações de impressão no software Ultimaker Cura 5.4
Fonte: elaborado pelos autores.

Uma decisão crucial foi determinar a orientação da impressão, garantindo que as hastes de suporte ficassem sempre voltadas para cima. Essa escolha permitiu projetar os suportes sem preenchimento, facilitando a remoção do material da mesa aquecida após a impressão (Figura 9). Essa abordagem otimizada contribuiu para a eficiência do processo de fabricação, minimizando o tempo e os recursos necessários para a conclusão bem-sucedida da peça.

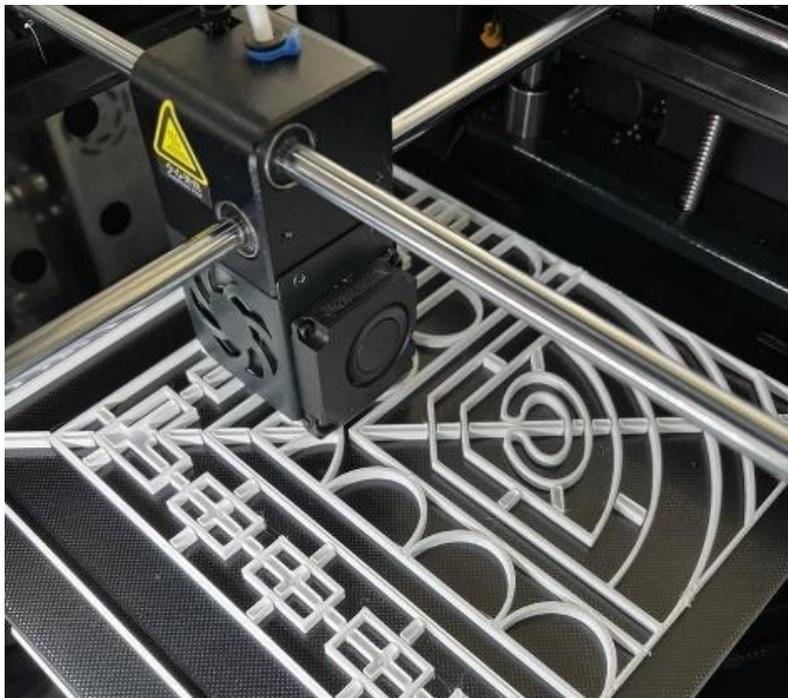


Figura 9. Molde em processo de impressão.
Fonte: dos autores.

Após a impressão, os moldes passaram por um processo meticuloso de acabamento. Isso envolveu uma cuidadosa limpeza e lixamento para remover os suportes e quaisquer imperfeições residuais. O objetivo desse procedimento foi preparar os moldes para a produção dos ladrilhos junto à Fábrica de Mosaicos, garantindo a qualidade do processo (Figura 10). Essa etapa de acabamento foi fundamental para certificar que os moldes estivessem prontos para a utilização subsequente na produção dos ladrilhos, evitando possíveis defeitos ou falhas no resultado final.



Figura 10. Moldes prototipados no pós-processamento.
Fonte: elaborado pelos autores.

Atendendo às necessidades da pesquisa, foram confeccionados quatro moldes, correspondendo a um molde para cada padrão, utilizando o método de impressão 3D descrito.

Fabricação do ladrilho para validação do molde

No cenário do ladrilho hidráulico, um elemento produzido em todas as regiões do Brasil, existe uma variedade de terminologias e expressões linguísticas utilizadas para descrever os materiais e componentes associados a esse revestimento. Para esclarecer os termos predominantes na presente pesquisa, foi essencial compilar uma lista das denominações comumente utilizadas. Em vista da colaboração estabelecida com a Fábrica de Mosaicos, visando uma comunicação mais eficaz, optou-se por adotar as nomenclaturas utilizadas pela empresa. Quanto às ferramentas mencionadas ao longo do texto para a fabricação dos ladrilhos, destacam-se: a Placa, referida nesta pesquisa como "matriz" e também conhecida como "prato" ou "base"; o Quadro, também denominado "bastidor"; e o Molde, alternativamente chamado de "gabarito", "fôrma" ou "estampa".

Após a impressão dos moldes, foi necessário realizar testes de validação por meio de sua utilização prática, inserindo-os no processo de fabricação. Nesse sentido, os procedimentos adotados seguiram a mesma sequência comumente empregada no processo de fabricação do ladrilho hidráulico.

A seleção de um dos módulos para a fabricação foi uma decisão estratégica visando otimizar o uso de matéria-prima. Essa abordagem permitiu concentrar os recursos na produção de um único tipo de módulo, simplificando o processo e reduzindo potencialmente os custos associados à fabricação, demonstrando o uso eficiente dos recursos disponíveis.

O processo teve início com o preparo dos pigmentos das cores selecionadas, os quais correspondiam às cores do mostruário da Fábrica de Mosaicos e que se aproximaram visualmente das cores dos ladrilhos presentes no Paço dos Açorianos. Estas cores incluíam: Laranja, Chocolate, Cinza Escuro, Azul Escuro, Bronze, Branco Sujo e Caramelo (Figura 11). O ladrilheiro encarregado preparou os pigmentos e também supervisionou os testes com o protótipo. Os pigmentos foram armazenados em recipientes adequados, na quantidade necessária para conduzir os experimentos.



Figura 11. Cores selecionadas do mostruário da Fábrica de Mosaicos de Pelotas.
Fonte: elaborado pelos autores.

O procedimento teve início com a preparação da massa pigmentada, seguindo uma fórmula padrão documentada e disponível na fábrica. A dosagem dos ingredientes foi meticulosamente

realizada, utilizando uma caneca como medida, sendo comum a utilização de duas partes de cimento para cada parte de pó de mármore. A água foi adicionada gradualmente, seguindo uma abordagem prática para alcançar a consistência desejada. Para criar as tonalidades desejadas, o cimento branco foi incorporado na mistura das cores Laranja, Bronze, Branco Sujo e Caramelo, enquanto nas cores Chocolate, Cinza Escuro e Azul Escuro optou-se pelo cimento cinza.



Figura 12. Etapas de fabricação do ladrilho.
Fonte: elaborado pelos autores.

Posteriormente, foi montado o conjunto de ferramentas utilizadas, composto por equipamento pré-existent na Fábrica, como a Matriz (Placa) e o Quadro, além da ferramenta impressa em 3D, o Molde (Gabarito). Após a limpeza dos componentes com um pincel e a aplicação de óleo desmoldante na Placa, a camada superior foi preparada, contendo cimento Portland branco ou cinza, pigmentos, pó de mármore e água. Com os pigmentos prontos, foram inseridos nas partes definidas pelo Molde, seguindo o desenho estabelecido (Figura 12).

Em seguida, depois da inserção dos pigmentos e a remoção rápida do Molde para manter a uniformidade dos contornos, foi iniciada a inserção do secante, seguido pela camada de argamassa para formar a camada inferior de assentamento que fica em contato com o contrapiso. A quantidade de secante e argamassa foi determinada empiricamente, levando em consideração a experiência do ladrilheiro.

Após a conclusão desse procedimento, a combinação da placa e do quadro foi vedada com a tampa para a próxima fase de prensagem. Durante esta etapa, uma prensa hidráulica foi utilizada para comprimir o material, aplicando cerca de 45 toneladas em uma operação que dura por volta de 5 segundos.

Depois da etapa de prensagem, a Tampa e o Quadro foram removidos para liberar o ladrilho da Placa, utilizando outra peça de ladrilho curado como base para facilitar o processo.

Posteriormente, após a extração do ladrilho do conjunto de ferramentas, as peças foram colocadas horizontalmente em prateleiras por um período de 24 horas, repousando sobre ladrilhos base para evitar deformações. Em seguida, foram submersos em um tanque com água e permaneceram por 25 a 30 dias empilhados em prateleiras, protegidos da luz solar direta, para passar pelo processo de cura e garantir resistência e durabilidade (Figura 13).



Figura 13. Ladrilho fabricado com o molde prototipado em PLA.

Fonte: dos autores.

No total, foram confeccionados seis ladrilhos de um único módulo com o objetivo de avaliar a continuidade do padrão geométrico, para garantir que o desenho se mantivesse consistente ao longo das junções entre os módulos. A produção e a subsequente inspeção visual desses ladrilhos foram essenciais para confirmar a viabilidade do modelo proposto em termos de coesão visual.

DISCUSSÕES

Observou-se, por meio de uma inspeção visual, que os moldes foram eficientes na reprodução dos desenhos dos ladrilhos hidráulicos, resultando em peças de alta qualidade e fidelidade aos padrões originais (Figura 14).



Figura 14. Fotomontagem com os ladrilhos fabricados.

Fonte: elaborado pelos autores.

A utilização do molde proporcionou uma produção precisa e consistente, garantindo a uniformidade das cores, dos contornos e dos detalhes das gravuras. Esses resultados

demonstram a eficácia dos moldes como ferramentas essenciais no processo de fabricação de ladrilhos hidráulicos, contribuindo para a preservação e difusão dessa técnica tradicional de revestimento arquitetônico.

Sobre a integridade estrutural do molde após o uso na produção dos ladrilhos, observou-se que não houve quaisquer modificações, deteriorações ou desgastes. Após a inserção dos pigmentos e a remoção rápida do molde para manter a uniformidade dos contornos, o molde é imediatamente submerso em um tanque de água para a limpeza dos resíduos de pigmento. Assim, com os devidos cuidados de armazenamento após o uso, e conforme conversas com os ladrilheiros e o proprietário da fábrica, estima-se que esses moldes terão uma vida útil elevada.

Uma das principais contribuições deste estudo foi a integração bem-sucedida entre a tecnologia de manufatura aditiva e as técnicas tradicionais de fabricação de ladrilhos hidráulicos. Ao combinar o conhecimento empírico dos artesãos com o potencial oferecido pela impressão 3D, foi possível modernizar o processo de produção sem perder a essência e a qualidade dos ladrilhos tradicionais. Essa abordagem híbrida foi fundamental para preservar a tradição artesanal da Fábrica de Mosaicos de Pelotas, ao mesmo tempo em que introduzia inovações tecnológicas que melhoraram a eficiência e a precisão do processo.

Em conversa com Rudelger Leitzke, atual proprietário da Fábrica de Mosaicos, foi revelado que apenas um artesão, residente na cidade de Pelotas, está atualmente envolvido na produção de moldes. Esse artesão, que se encontra em idade avançada, representa uma fonte de preocupação para Leitzke, uma vez que não há sucessores locais capacitados para dar continuidade ao ofício. A combinação do envelhecimento da população e a ausência de mecanismos adequados para a transmissão intergeracional do conhecimento têm contribuído para o progressivo desaparecimento dessa técnica artesanal tradicional.

Mesmo que o número de peças produzidas seja pequeno (seis peças), a introdução dos moldes produzidos por manufatura aditiva foi considerada pelo proprietário da fábrica como uma inovação significativa na fabricação de ferramental para o processo de produção do ladrilho hidráulico, acreditando que poderia melhorar a qualidade e a padronização dos produtos. Nesse sentido, a manufatura aditiva surge como uma alternativa promissora em contraposição às técnicas tradicionais de fabricação dos moldes. A AM proporciona uma série de vantagens distintas, tais como a capacidade de produzir geometrias complexas, economia de material, flexibilidade no design e redução dos custos associados às ferramentas de produção, conforme demonstra os estudos direcionados para a fabricação de ferramental rápido por meio de impressão 3D (CHANTZIS et al, 2020; MELLOR; HAO; ZHANG, 2014; NGO et al, 2018)

Além dos benefícios práticos para a empresa, este estudo também contribuiu para o avanço do campo de pesquisa relacionado à manufatura aditiva e ladrilhos hidráulicos. Ao preencher uma lacuna no conhecimento disponível sobre o uso da impressão 3D na produção de ladrilhos hidráulicos, este estudo forneceu uma base sólida para futuras investigações e contribuições para o desenvolvimento deste campo específico. A pesquisa também destacou a importância de integrar a ciência e a tecnologia com as práticas tradicionais de fabricação, abrindo novas perspectivas para a inovação nas indústrias de ladrilhos hidráulicos.

No contexto da inovação e ecoeficiência, a adoção de materiais biodegradáveis, como o ácido polilático (PLA), emerge como uma alternativa promissora em substituição aos materiais convencionais, tais como latão, bronze, zinco ou alumínio, na fabricação de moldes. Esta abordagem alinha-se com pesquisas anteriores que exploram novas estratégias para a produção de materiais de construção sustentáveis, como é o caso do ladrilho hidráulico.

Estudos indicam que a utilização de rejeitos de minério de ferro provenientes de barragens de rejeitos pode representar uma oportunidade estratégica para a implementação de tecnologias inovadoras na produção de ladrilhos hidráulicos. Esta prática não apenas aumenta a percepção

de valor do produto final, mas também estimula uma consciência ambiental mais robusta na sociedade, promovendo a responsabilidade ambiental (FONTES et al, 2021, p. 13).

A colaboração estabelecida com a Fábrica de Mosaicos de Pelotas foi de grande importância para o desenvolvimento deste estudo. A parceria permitiu a aplicação prática dos moldes desenvolvidos em um ambiente real de produção, garantindo a relevância e aplicabilidade dos resultados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ladrilhos hidráulicos possuem uma relevância cultural significativa, pois são produtos de uma tradição manufatureira transmitida ao longo de gerações. Essa herança inclui não apenas os padrões estéticos e formais dos ladrilhos, mas também o conhecimento prático e as habilidades envolvidas em sua produção.

Lamas, Longo e Souza (2018) destacam que, conforme o Iphan, os ladrilhos hidráulicos são patrimônios culturais que devem ser preservados, mesmo com o avanço da tecnologia nos processos. Ainda segundo os autores, relatos de ladrilheiros indicam que, no passado, pigmentos de óxido de ferro eram importados, e o óleo para as fôrmas vinha de São Paulo. Pequenas inovações tecnológicas, como o uso de prensas hidráulicas, são incorporadas por algumas fábricas, incluindo a Fábrica Dalle Piagge em São Paulo (PRADO, 2022).

Na Fábrica de Mosaicos, as técnicas de produção e os tipos de ladrilhos fabricados permanecem praticamente inalterados, apenas com alterações nos procedimentos mecânicos, como a inserção de prensas hidráulicas (eliminando o uso da prensa manual, proporcionando menor esforço físico para os trabalhadores) e mudanças focadas na qualidade das matérias-primas.

O uso da manufatura aditiva já vem sendo utilizada por outras fábricas no Brasil (EPTV, 2017), mas carece de estudos detalhados, pois através de pesquisa bibliográfica, não foram encontrados trabalhos científicos que detalhem como esse processo é realizado e de que forma pode ser aplicado por outras fábricas ou órgãos que trabalham com a conservação do patrimônio. Assim, esta pesquisa busca disseminar essa informação.

Portanto, observamos que o revestimento ladrilho hidráulico passou por pequenas modificações, seja na formulação da matéria-prima ou no uso de novas ferramentas que desempenham a mesma função. Contudo, tais alterações não comprometem o valor artesanal das peças. A tradição no processo de fabricação seguida pela Fábrica de Mosaicos de Pelotas, permanece com técnicas passadas de geração em geração por ladrilheiros que trabalharam na empresa.

A introdução da manufatura aditiva representou uma inovação disruptiva para a fábrica, marcando uma transição importante na forma como os moldes são produzidos e utilizados no processo de fabricação. Essa abordagem não apenas simplificou o processo de criação dos moldes, mas também proporcionou uma maior flexibilidade e agilidade na adaptação de novos designs e geometrias. Essa inovação não apenas modernizou os métodos tradicionais de produção, mas também abriu novas possibilidades de design na fábrica.

Nesse sentido, o processo de fabricação dos ladrilhos foi uma síntese entre o conhecimento empírico dos artesãos e o suporte proporcionado pelas tecnologias utilizadas. Essa combinação resultou em peças com desenhos de alta qualidade e precisão visual nas gravuras, demonstrando o potencial de integração entre tradição artesanal e inovação tecnológica para a produção de ladrilhos hidráulicos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9457**: Ladrilhos hidráulicos para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

BERTANTE, R. de S.; SILVA, T. M. da; PEREIRA, T. N.; OLENDER, M. Elementos da arquitetura italiana em Juiz de Fora: apontamentos sobre a contribuição da imigração italiana para a construção civil de Juiz de Fora na primeira metade do século XX. **Principia: Caminhos da Iniciação Científica**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 11, 2020. DOI: 10.34019/2179-3700.2018.v18.29843. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/principia/article/view/29843>. Acesso em: 15 abr. 2024.

CASTRO, J. B. de; IMBRONITO, M. I. A superfície decorada do ladrilho hidráulico e os movimentos *arts and crafts*, *art nouveau* e *art déco*. **Educação Gráfica**, Bauru, v. 24, n. 1, p. 412-428, abr, 2020. Disponível em: encurtador.com.br/eqK18. Acesso em: 25 maio 2021.

CHANTZIS, Dimitrios; LIU, Xiaochuan; POLITIS, Denis J.; FAKIR, Omer El; CHUA, Teun Yee; SHI, Zhusheng; WANG, Liliang. Review on additive manufacturing of tooling for hot stamping. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, [S.L.], v. 109, n. 1-2, p. 87-107, 30 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-020-05622-1>.

EPTV, Jornal da. Fábrica usa impressoras 3D para moldar ladrilhos hidráulicos em Pouso Alegre, MG: tecnologia ajuda a fazer obras complexas, como restaurações, que exigem reproduções de desenhos. **G1**. Pouso Alegre. jun. 2017. Disponível em: <https://encurtador.com.br/7WnDP>. Acesso em: 18 jul. 2024.

FONTES, W. C.; CARVALHO, J. M. Franco de; DEFAVERI, K.; BRIGOLINI, G. J.; SEGADÃES, A. M.; PEIXOTO, R. A. F. Hydraulic Tiles Produced with Fine Aggregates and Pigments Reclaimed from Iron Ore Tailings. **Journal Of Sustainable Metallurgy**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 151-165, 21 jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40831-020-00329-9>.

LAMAS, M.; LONGO, O.; SOUZA, V. A produção de ladrilho e o ofício de ladrilhar: método de produção de ladrilhos do século XVIII aos nossos dias. In: Estudos da Cultura Material, **Anais do Museu Paulista**, vol.26, São Paulo, 2018. Epub 25 Jun 2018. Disponível em <https://www.revistas.usp.br/anaismp/article/view/148057>. Acesso em 14 abr 2024.

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.

MELLOR, Stephen; HAO, Liang; ZHANG, David. Additive manufacturing: a framework for implementation. **International Journal Of Production Economics**, [S.L.], v. 149, p. 194-201, mar. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.07.008>.

NAVARRO, M. A. H. **Barcelona tile designs**. Amsterdam: The Pepin Press, 2006.

NGO, Tuan D.; KASHANI, Alireza; IMBALZANO, Gabriele; NGUYEN, Kate T.Q.; HUI, David. Additive manufacturing (3D printing): a review of materials, methods, applications and challenges. **Composites Part B: Engineering**, [S.L.], v. 143, p. 172-196, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>.

PRADO, Gabriela. **Tudo sobre ladrilhos**. 04 ago. 2022. YouTube: @gpad. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=-a2su_KYHSs&t=927s. Acesso em: 18 jul. 2024.

TINOCO, J. E. L. **Revestimentos Cerâmicos:** Ladrilhos Tradicionais. Olinda: Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada, 2016.

TINOCO, J. E. L. **Restauração de azulejos, mosaicos e ladrilhos:** Cases de gestão e restauro. Olinda: Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada, 2013.

VASCONCELOS, C. B.; SILVA, M. das G. R. da. PRODUZINDO LADRILHOS HIDRÁULICOS: CONEXÕES E EXPERIMENTAÇÕES EM PERNAMBUCO E NA BAHIA. **REVISTA FOCO**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. e478, 2022. DOI: 10.54751/revistafoco.v15 n4-014. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/478>. Acesso em: 15 apr. 2024.

VOLPATO, N.; CARVALHO, J. de. Introdução à manufatura aditiva ou impressão 3D. In: VOLPATO, Neri (org.). **Manufatura aditiva:** tecnologias e aplicações da impressão 3D. São Paulo: Blucher, 2017. p. 16-30.

VOLPATO, N.; AHRENS, C. H. Fabricação de ferramental. In: VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva:** tecnologias e aplicações da impressão 3d. São Paulo: Blucher, 2017. p. 293-323.

ZVEIBIL, F. N.; ROMANO, R. C. O.; PILEGGI, R. G. Influência do tipo e teor de pigmento no estado endurecido de ladrilhos hidráulicos. **Cerâmica**, [S.L.], v. 65, n. 376, p. 506-514, dez. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132019653762631>

Arthur Thiago Thamay Medeiros
thiagothamay@gmail.com

Fábio Pinto da Silva
fabio.silva@ufrgs.br

Pedro Arthur Bueno Silva
pedroarthur@ufrgs.br

Gabriel Reis Kauffmann
gabrielreiskauffmann@gmail.com