

EXPERIMENTO DE PROTOTIPAGEM NO ENSINO DO DESIGN DE PRODUTO EM CERÂMICA

PROTOTYPING EDUCATIONAL EXPERIMENT IN CERAMIC PRODUCT DESIGN

ALBACH, Dulce de Meira; Doutora; Universidade Federal do Paraná

dulce.albach@ufpr.br

AGNER, Ana Clara do Nascimento; Graduando; Universidade Federal do Paraná

anaagner@ufpr.br

ZANOLLA, Caio César Franco Pael; Graduando; Universidade Federal do Paraná

caiozanolla@ufpr.br

CARVALHO, André Luiz Andreatta; Graduando; Universidade Federal do Paraná

andre.andreatta@ufpr.br

Resumo

Este artigo apresenta o processo de desenvolvimento de um experimento no campo do design em cerâmica realizado no Curso de Design de Produto da UFPR (Universidade Federal do Paraná) por meio da intersecção de conteúdos de diferentes disciplinas, além de um workshop no Laboratório de Cerâmicos. A estrutura metodológica envolveu basicamente as etapas de análise formal, proposição de alternativas, refinamento, prototipação e confecção de um produto. O resultado se caracteriza pela conceituação de um vaso e sua confecção por meio da associação da prática produtiva convencional de colagem de barbotina à manufatura aditiva (impressão 3D) para a produção de taceiros de moldes. Este processo foi pioneiro entre as atividades do LabCeram Design evidenciando um avanço técnico associado aos conhecimentos teórico-práticos desenvolvidos e abrindo caminho para aperfeiçoamentos em novas investigações.

Palavras Chave: design de produto; cerâmica; impressão 3D.

Abstract

This article presents the development process of an experiment in the field of ceramic design carried out on the Product Design course at UFPR (Federal University of Paraná) through the intersection of content from different disciplines, as well as a workshop in the Ceramics Laboratory. The methodological structure basically involved the stages of formal analysis, proposing alternatives, refinement, prototyping and making a product. The result is characterized by the conceptualization of a vase and its manufacture by associating the conventional production practice of barbotine gluing with additive manufacturing (3D printing) for the production of mould blocks. This process was a pioneer among LabCeram Design activities, highlighting a technical advance associated with the theoretical and practical knowledge developed and paving the way for improvements in new investigations.

Keywords: product design; ceramics; 3D printing.

Introdução

O projeto aqui apresentado resulta de um experimento realizado no LabCeram (Laboratório de Cerâmicos do Departamento de Design da Universidade Federal do Paraná), explorando a técnica de colagem em cerâmica associada à impressão 3D para construção de moldes. Inicialmente, foi projetada uma peça específica (um vaso) na disciplina de Metodologia Visual. Posteriormente, um *workshop* foi realizado para tratar da execução tridimensional, proporcionando aos discentes participantes associar conteúdos ministrados em outras disciplinas, especialmente a de Projeto de Produto e a de Materiais e Processos.

Assim sendo, a completude do conteúdo envolveu estudos de parâmetros de percepção visual e volumetria, seguindo preceitos do estudo da forma; exploração de metodologia projetual no campo do design de produto; e estudos técnicos no campo de materiais e processos, de forma a associar a teoria à prática para viabilizar a melhor seleção destes na configuração final do objeto.

A interdisciplinaridade não apenas beneficiou os processos didático-pedagógicos, como também enriqueceu o repertório formativo dos discentes. Uma vez que experienciou um ciclo completo de desenvolvimento de um produto, desde a concepção até a execução final, compreendendo um estudo aprofundado de todas as etapas de produção. Tal experimento, ancorado na tecnologia de manufatura aditiva revelou-se, em parte, inédito para o Laboratório, oferecendo uma oportunidade valiosa e a experimentação no campo do design cerâmico contemporâneo.

Contextualização

A cerâmica é definida como uma classe de sólidos inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas (ABCERAM, 2024). As características físico-químicas desta classe de materiais são associadas a alta versatilidade, podendo apresentar elevada resistência mecânica, dureza, e boa estabilidade térmica, química, óptica e elétrica. É possível afirmar que a produção em cerâmica é uma das mais antigas na civilização humana que permanece vigorosa ainda nos dias atuais.

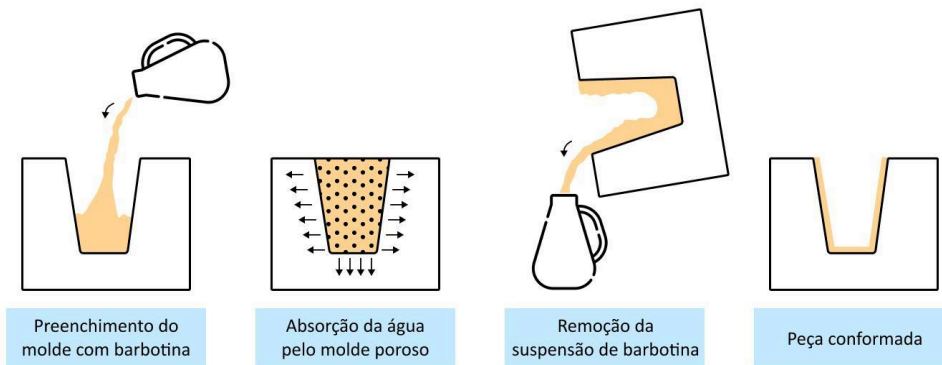
Em se tratando de processos produtivos, pode-se observar diferentes técnicas que se referem aos resultados desejados e também as diferentes composições de matérias-primas (Chen et al., 2019).

O presente trabalho utiliza a técnica de colagem de barbotina (denominação dada para massa cerâmica em estado líquido) de porcelana, a qual se caracteriza por ser um processo antigo e amplamente utilizado na produção de peças cerâmicas devido à sua simplicidade e baixo custo. Tal conformação envolve a consolidação de partículas cerâmicas de uma suspensão coloidal através da remoção do líquido por meio de um molde absorvente, permitindo a criação de formas complexas e paredes finas com uniformidade (Catafesta et al., 2007).

Em síntese, a colagem de barbotina é um processo no qual a água presente na massa é absorvida pelo molde poroso de gesso, promovendo a adesão entre as partículas presentes na cerâmica líquida à superfície do molde (Issaoui e Limousy, 2019). À medida que o líquido é absorvido pelo molde, forma-se uma camada fundida interna. Após alcançar a espessura desejada, o excesso de barbotina é vertido e obtém-se a peça crua, ou seja, ainda não sinterizada (Figura 1).

Assim que a peça assume consistência suficiente ela é retirada do molde para completa secagem e posteriormente seguir para queima – com temperaturas que variam conforme a matéria-prima utilizada e o objetivo proposto – obtendo-se um produto rígido (Rice, 1990).

Figura 1 - Processo de conformação cerâmica por colagem de barbotina

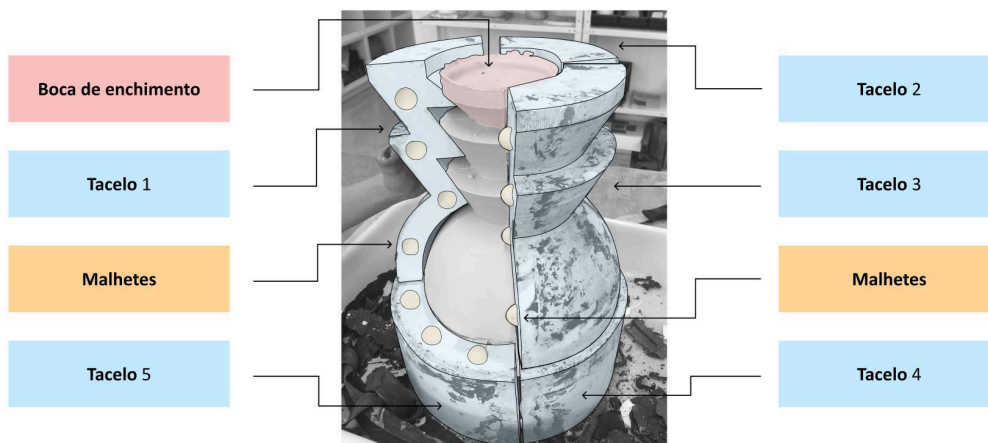


Fonte: Adaptado de Issaoui e Limousy (2019)

Neste processo de conformação, o gesso se destaca como principal matéria prima utilizada, em especial pela materialidade porosa, de baixo custo de obtenção e de fácil modelagem, sendo por isso amplamente utilizado para fabricação de moldes para colagem (Zendron et al., 2000).

Na confecção destes moldes, primeiramente é montada uma estrutura para delimitação do gesso denominada de "receptáculo", permitindo a moldagem deste material; e para a associação e identificação entre os termos abordados neste processo, as nomenclaturas específicas do molde são identificadas na Figura 2. São apresentados visualmente, em especial, termos como taceiros, que são as múltiplas partes que compõem um molde; malhetes, que são elementos construídos ao longo da própria estrutura do taceiro para favorecer o alinhamento no fechamento e abertura do molde; e a boca de enchimento, denominação dada para a abertura pela qual a barbotina é inserida no molde e posteriormente escorrida.

Figura 2 - Nomenclatura das partes do molde



Fonte: Os autores (2024)

De modo paralelo a este meio de fabricação, destaca-se na contemporaneidade a manufatura aditiva (AM), popularmente conhecida como impressão 3D, a qual pode ser definida como processo que constrói um produto por deposição de camadas baseada em um desenho assistido por computador (CAD). Desde os anos 1980, a AM, em oposição aos processos tradicionais, oferece maior liberdade ao design de produto, automatizando processos e permitindo a exploração de formas complexas sem a necessidade de moldes ou ferramentas (Karakurt e Lin, 2020; Zhu et al., 2020). Conseqüentemente, os custos com produção de modelos, testes de produção e o uso de matérias-primas tendem a diminuir, facilitando a prototipação rápida e a comparação precisa de alternativas de design.

Esta inovação de deposição de material baseia-se no princípio de extrusão de polímeros, permitindo a impressão de produtos por meio da modelagem de deposição fundida, característica esta que especifica o modo de fabricação e dá nome ao tipo de processo: FDM. Após a impressão, os produtos resultantes geralmente requerem etapas de pós-processamento, como a usinagem de estruturas de suporte presentes no ato da impressão, remoção de rebarbas e ajustes de tolerância. Dependendo do tamanho das peças, os produtos podem ser impressos em partes separadas e posteriormente conectadas. Em suma, a AM se consolidou na indústria e teve sua popularização em decorrência da redução do tempo e dos custos de fabricação, bem como a redução de etapas do processo produtivo (Rayna e Striukova, 2016).

De acordo com Acebedo et al. (2014), as impressoras 3D demonstram a capacidade de fabricar peças em materiais plásticos com alta resistência técnica em um período reduzido. Este processo resulta em componentes robustos e duráveis, muitas vezes comercializado como produto final.

Com base nestes princípios, este experimento analisou a possibilidade de aplicação desta prototipação por meio da manufatura aditiva à produção de matrizes para moldes de gesso, de modo a avaliar e se beneficiar da eficiência da impressão 3D para otimizar a conformação cerâmica. Para tal, partiu-se do projeto de um vaso desde sua concepção estético-formal, definição de materiais até o processo de fabricação, proporcionando uma exploração prática associada à manufatura cerâmica.

Metodologia

Este projeto é embasado por métodos que são delimitados pelos desenvolvimentos específicos de cada etapa do experimento conforme demonstrado na Figura 03.

A proposição de criação do vaso – que compreende a parte superior da imagem – baseia-se na "ciência da forma" (Kandinsky, 2005), sua estrutura segue um estudo investigativo e ordenado pela aplicação de conceitos práticos. O artista plástico de origem russa e professor da Bauhaus elaborou, à sua maneira, uma racionalização para a composição dimensional intrínseca ao espectador; esta construção é definida pelo estudo do ponto, da linha, e do plano, elementos estes que fundamentam a análise aqui desenvolvida.

Para a solução formal do vaso, definiram-se dois procedimentos didáticos; sendo a análise formal de um produto base (investigação da forma) e o desenho, que diz respeito ao desenvolvimento de um conceito plástico (novo estudo da forma). Seguindo para o processo de confecção, a estrutura foi dividida também por dois procedimentos: um para estudo de molde e teste de produção, e outro específico onde ocorreu a manufatura final. Esta segunda separação

baseou-se na conformação cerâmica por colagem de barbotina utilizando molde de gesso. Para tanto, aprofundou-se na realização que atendesse as demandas consoantes ao desenvolvimento do vaso.

Este conjunto de propostas se estabeleceram com eixo em um processo investigativo profundo sobre as experiências visuais e volumétricas que se iniciaram no reconhecimento do vaso base para estudo, cujas reflexões culminaram na proposição de um design a partir da análise e do repertório adquirido.

A análise formal se constitui por duas ferramentas, sendo elas: o eixo de classificação e o eixo plástico. A primeira sintetiza as referências iniciais do projeto de estudo, como a inspiração utilizada, a origem do produto, como ocorreu a produção e os materiais utilizados. Essa ferramenta foi utilizada para resumir as informações de origem e gerar um breve contato a partir de uma referência externa ao projeto.

O exercício subsequente do eixo plástico compreendeu a descrição das características estético-formais de uma peça, resultando em uma avaliação de seus efeitos práticos e simbólicos. Este exercício adentra o método como uma ferramenta capaz de gerar uma análise da composição visual mais abrangente, atuando como um modelo de estudo da plasticidade dos produtos. A educadora em design Kimberly Elam, atesta a metodologia de criação como fundamentação de análise racional para um objeto, ou seja, a análise esclarece o processo de criação, fornecendo justificativas que orientam as escolhas do designer. Esta compreensão permite conferir à obra sentido de coesão e composição, ocasionando na harmonia visual de todos os elementos, o que por sua vez favorece a adequada visualidade da estrutura resultante do design e o insere como meio que propicia a exploração ao longo do processo projetual (Elam, 2010).

Objetiva-se, deste modo, a produção de uma ferramenta que desenvolva um repertório visual e verbal capaz de traduzir conceitos em proposições mais assertivas e adequadas ao contexto de estudo. O método prossegue com a etapa de desenho da nova solução a partir das características identificadas no exercício anterior.

Para o procedimento didático intitulado desenho, reconhece-se a importância de explorar diferentes materiais para fomentar a criatividade nos exercícios. O processo inicia-se com a experimentação em massa de modelar, enfatizando as torções e curvas inatas ao material. Na realização com poliestireno, o processo de criação envolve a montagem com formas pré-prontas, conectando peças para gerar o desenho final. Após gerar várias alternativas em ambos materiais, objetiva-se constituir entre cem e duzentas opções, das quais três serão escolhidas conforme diretrizes da análise formal.

A terceira etapa de criação baseia-se na seleção de alternativas para a realização de novos desenhos bidimensionais com giz, explorando as vistas em projeção ortogonal das propostas almejadas. A partir disto, ocorre a definição de três conceitos distintos para construção de um estudo volumétrico refinado, em papel sulfite A4 de gramatura fina (75g/m²), confeccionados para estruturar a análise do novo produto. Os estudos volumétricos proporcionam uma ancoragem na escolha da melhor alternativa e permitem uma leitura mais horizontal entre os três volumes criados. Desta forma, acontece a seleção do design proposto e sua consecutiva prototipação.

O procedimento didático de desenho conclui-se com a apresentação do resultado obtido pelo método projetual. Entende-se que este modelo de aparência, em escala 1:5, permite a observação e comparação com o produto base. Esta prototipação deve ser acompanhada de

renders do produto, facilitando a visualização dos acabamentos desejados. Esta experiência tridimensional viabiliza, por fim, a exploração de características sensoriais, estéticas e contextuais, tornando o processo de desenvolvimento mais imerso ao preterido, empático e acessível para propor modificações (Laranjeira et al., 2020).

Figura 03 - Estrutura metodológica



Fonte: Os autores (2024)

Na parte inferior da Figura 03 são apresentados os passos para manufatura do produto em cerâmica; uma sequência se estrutura a partir da conformação por meio da técnica de colagem de barbotina. Para tanto, compreende-se as etapas iniciais de estudos e produção em escala reduzida, os receptáculos do vaso em impressão 3D, dos tacelos do molde em gesso, das peças, do acabamento superficial, como engobe, e da queima. Além das conclusões técnicas como, por exemplo, definição de cor e temperatura de queima, esta etapa possibilitou, também, auxiliar na elaboração da melhor forma de utilizar a manufatura aditiva para confeccionar o receptáculo para o molde (e não o modelo da peça conforme já experienciado anteriormente no Laboratório) e assim proporcionar a confecção dos tacelos em gesso.

As técnicas de acabamento superficial são variadas, mas para este projeto optou-se pelo uso de engobe. Cabe mencionar, assim, que a técnica com engobe é realizada a partir de uma argila líquida que, ainda úmida, é aplicada ao produto em ponto de couro (fase em que o produto permite gerar acabamentos com fácil maleabilidade), proporcionando adicionar a cor e o acabamento desejado. De acordo com Comfort et al. (2024), a formulação de engobe deve, quando possível, fazer uso do mesmo tipo de argila utilizado na produção do produto, a fim de garantir compatibilidade técnica e uniformidade durante a aplicação. As autoras destacam o fato da utilização de engobe criar não apenas características estéticas, como também, funcionais no produto. Tal aplicação resulta em uma barreira entre o ambiente e o produto, prevenindo que

intempéries externas afetem a qualidade do produto, e ainda oferece aos designers a possibilidade de criar padrões distintos para decoração em cerâmica.

Neste experimento, analisou-se, portanto, a intersecção entre os saberes da manufatura aditiva e do design cerâmico tradicional, enfatizando por meio do uso da tecnologia de impressão 3D dos receptáculos a seguridade de taceiros mais uniformes. Segundo Volpato (2017), a manufatura aditiva é capaz de produzir formas complexas com precisão elevada, reduzindo a ocorrência de falhas e minimizando inconsistências no processo de produção, o que favoreceu a decisão pela sua implementação.

Exercício conceitual

Inicialmente, realizou-se o eixo de classificação do *Amphora Pot* (Figura 04) lançado no ano de 2021, idealizado pela designer e artista estadunidense Marissa McInturff, nascida em Bethesda, Maryland. Com 43 anos de idade, Marissa é conhecida por seu domínio na cerâmica, tendo ganhado destaque com a fundação de seu estúdio, o Mari Masot, em 2016, onde peças únicas são meticulosamente criadas à mão e em pequenos lotes. O *Amphora Pot* integra a coleção intitulada "Bloq", nome que faz menção à possibilidade de intercambiar as peças individuais tanto superiores, como inferiores. A designer dá destaque a produção artesanal como uma expressão pessoal em seu trabalho, ou seja, a produção individual dos vasos é atravessada por este recorte de suas vivências e interesses pessoais (Nurick, 2022).

Figura 04 - Amphora Pot



Fonte: Marissa McInturff (2022)

Uma observação preliminar, por meio da análise formal do *Amphora Pot*, permitiu discernir sua composição em duas partes: o conjunto gráfico superior remete aos cântaros — tipo de vaso para transporte de líquidos com duas alças e gargalo — a seção inferior utiliza formatos de figuras geométricas básicas, principalmente trapezoidais. Além disso, a peça possui textura arenosa, se relacionando com a praia próxima de onde a autora vive em Barcelona, assim como a paleta de cores escolhida para o seu trabalho. O acabamento fosco da argila acentua a forma como a luz e a sombra refletem na peça e mudam seu formato.

Referente aos elementos que compõem a obra de Marissa McInturff, a abrupta mudança de peças gráficas arredondadas para agudos, no sentido vertical, causa a quebra de continuidade entre as duas metades, tornando o artefato visualmente contrastante e irregular. Influenciada por essa quebra, a parte superior apresenta maior importância na hierarquia por contar com mais volume devido às alças e maior diâmetro.

Essa hierarquia, conforme Ching (1998), é estabelecida pela relevância de um elemento na composição, determinada pela presença de características distintivas, tais como uma dimensão excepcional, o formato único ou localização estratégica. A obra também apresenta uma simetria central, com eixo perpendicular ao horizonte que, segundo a autora, é interpretada com base na divisão semelhante de um plano que corta o centro ou o eixo central do produto.

Neste contexto, a identificação, a descrição e a avaliação dos elementos de composição do *Amphora Pot* proporcionaram uma compreensão mais abrangente do artefato, e estabeleceram diretrizes para proposição de alternativas para um novo design de vaso decorativo. Com base nesse estudo detalhado, avançou-se para a próxima etapa de criação, sendo esta a realização de experimentações tridimensionais e bidimensionais com diferentes materiais como disparador para esse processo criativo (Figura 05).

Figura 05 - Experimentações para proposição de alternativas



Fonte: Os autores (2022)

A jornada de geração de alternativas iniciou-se com a modelagem em massa de modelar, permitindo uma exploração formal de volumes orgânicos e fluidos por meio do conceito de continuidade. A maleabilidade intrínseca da massa de modelar proporcionou uma liberdade criativa significativa, possibilitando a experimentação com diferentes formas e proporções, incluindo a aplicação de torções, perfurações na estrutura e veios que direcionavam o volume.

Subsequentemente, avançou-se para o estudo das formas geométricas utilizando blocos de poliestireno. Esta etapa foi fundamental para explorar as possibilidades de encaixe e interação entre diversas peças, explorar a modularidade das composições e construir formas com base no eixo vertical. Pela baixa maleabilidade do material, observou-se uma provocação para a

experiência com cortes retos e que restringiam a criação para a simetria ou a assimetria, proposições as quais se aprofundaram no terceiro e último exercício.

Após as investigações iniciais com massa de modelar e poliestireno, duas alternativas derivadas de cada processo foram selecionadas para um estudo detalhado. Em sequência, foram desenvolvidos desenhos bidimensionais com giz em papel preto, visando gerar alternativas a partir da combinação das experimentações com formas orgânicas e geométricas passadas, com ênfase na diversidade das possíveis composições em detrimento da complexidade individual das peças. Esta fase permitiu a criação de representações bidimensionais das formas previamente exploradas, facilitando a comunicação dos conceitos desenvolvidos.

Dentre as diversas alternativas geradas nos esboços bidimensionais, três foram selecionadas para transposição tridimensional em escala reduzida de 1:5. Este processo envolveu a avaliação das propriedades estéticas e funcionais de cada alternativa. A partir dessa análise, uma alternativa foi escolhida para refinamento e subsequente produção do modelo de aparência. A produção desse modelo foi realizada utilizando poliestireno e massa corrida, materiais que permitiram uma representação mais precisa de acabamento e detalhada das características volumétricas do design proposto. Foi realizado, ainda, um estudo em *render* da volumetria apresentada de modo a exemplificar as texturas desejadas (Figura 06).

Figura 06 - Render estudo proposto



Fonte: Os autores (2022)

Esta realização culminou na criação de um modelo de aparência (Figura 07) que incorporou as investigações e experimentações realizadas ao longo das diversas etapas do estudo, resultando em um vaso final que refletisse a síntese dos conceitos plásticos e da análise formal.

O vaso final obtido por meio deste método projetual após etapas de refinamento foi intitulado de Vaso Abacaxi. Ele foi idealizado para uso decorativo para áreas externas e é composto por duas partes antagônicas: uma esfera inferior de alto peso visual, de cor verde menta, e trapézios na parte superior que aludem ao movimento, de tom bege claro. A textura áspera em alto relevo faz do acabamento fosco uma premissa para experiências distintas com luz e sombra. Por conta desses elementos, toda e qualquer mudança na iluminação do ambiente acarreta em variações na sua aparência e reconhecimento estético. Desta maneira, seu posicionamento em áreas externas (Figura 08) tende a realçar o efeito de contraste entre áreas sombreadas e

iluminadas de modo complementar ao passar da luz do dia, assim promovendo a associação entre a peça e a natureza – tal como a artista Marissa McInturff pretendeu relacionar a textura do vaso com a da areia.

Figura 07 - Modelo de aparência



Fonte: Os autores (2022)

De caráter escultórico, o vaso possui silhueta geométrica que sugere simplicidade ao conjunto, cuja transição entre a forma esférica e a associação de cones trapezoidais contribuem para a sensação de quebra da continuidade, conceito este decodificado no exercício do eixo de classificação. A análise do vaso, por fim, atesta uma divisão antagônica em duas partes por tal choque entre formatos e cores, sendo a superior definida pelo ritmo, tendo em vista a presença de duas instâncias da mesma figura, e a inferior tendo maior destaque na hierarquia visual e elevado peso visual dados por sua maior volumetria, resultando no alto contraste como um todo na peça.

Figura 08 - Modelo de aparência em área externa



Fonte: Os autores (2022)

Confecção

Após a conclusão do exercício conceitual do Vaso Abacaxi, foram implementadas novas adaptações no produto para um experimento de manufatura seriada em material cerâmico. Esta revisão baseou-se no aumento da proporção do vaso, ou seja, suas medidas prévias em escala 1:5 foram ajustadas para o tamanho originalmente idealizado, em escala 1:1. O vaso passou a ter uma altura de 40 centímetros e um diâmetro de 15 centímetros na base, mantendo-se fiel à escala original e permitindo um estudo mais realista ao longo de todo o experimento.

Para implementar tal mudança com precisão às expectativas de produção, o vaso foi modelado digitalmente por meio do *software* Shapr3D. Processo este que permitiu a impressão, por meio da modelagem de deposição fundida (FDM), de modelos testes em menor escala (1:5), juntamente com possíveis bocas de enchimento. Todas as impressões se deram com filamento PLA (ácido polilático), um polímero termoplástico de origem orgânica, por meio da tecnologia de extrusão de material presente nos modelos Ender-3 S1 e Ender-5 Plus da empresa chinesa Creality. Não houve a necessidade da realização de suporte no ato da impressão, o que tornou possível a comparação física entre modelos mais rápida e sem etapas de pós-processamento. Uma comparação relevante neste processo, foi a observação relativa à boca de enchimento do molde, a qual fazia da abertura do design do vaso uma possibilidade de entrada para derramamento de barbotina e posterior acabamento com corte na superfície superior do vaso; permitindo, ainda, avaliar o tempo necessário para criação da espessura desejada – de modo proporcional no molde 1:1 (cinco vezes maior). Estes vasos menores, impressos, foram úteis para avaliar, assim, como a produção poderia ocorrer de maneira mais efetiva na conformação cerâmica diante das peças maiores.

Neste sentido, a partir destes modelos testes impressos, foram realizados três moldes menores: um bipartido apenas nas laterais do vaso e outros dois tripartidos, sendo dois taceles paralelos na vertical e um na parte inferior do vaso. O processo de realização ocorria a partir do modelo impresso, ou seja, foram construídas estruturas externas de argila que permitiam a moldagem do gesso à forma do vaso menor (1:5) presente internamente no receptáculo.

O molde com três taceles apresentou um desenforme mais eficiente em relação ao tempo de cura da peça, provendo mais segurança ao processo de retirada da mesma, sendo, portanto, selecionado como uma referência funcional para o molde que viria a ser desenvolvido do vaso em escala 1:1. Observou-se ainda que a boca de enchimento proporcionaria maior vazão da porcelana líquida quando inserida, efetivamente, no bocal do vaso, facilitando a produção de uma peça oca pela abertura presente naturalmente no produto desenvolvido. O molde seria realizado, portanto, com uma grande abertura, havendo necessidade de escoar o restante da porcelana líquida após determinado tempo inserida.

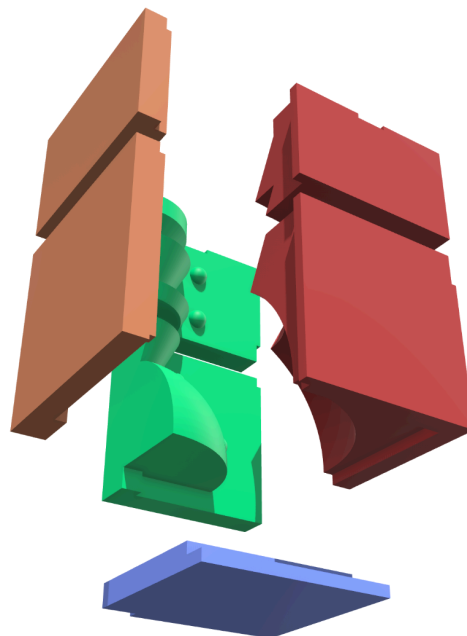
As peças produzidas nestes moldes foram aproveitadas, num segundo momento, como meio de validação das características e das técnicas de acabamento superficial que seriam realizadas no vaso. Neste contexto, foram conduzidos testes prévios para definir se a produção da textura estaria incorporada no próprio molde dos vasos ou se seria um segundo processo, após o desenforme da peça com o uso de pincéis. Após diversas tentativas, estabeleceu-se que a textura seria realizada como um acabamento final, ou seja, de maneira posterior ao desenforme, em vez de ser incorporada diretamente ao molde da peça, permitindo maior precisão na reprodução manual desta técnica nos demais vasos.

O experimento teve sua continuação a partir da definição do design dos receptáculos, para a construção do molde, com base nas heurísticas de manufatura aditiva estabelecidas por Blösch-Paidosh (2020). Estas heurísticas serviram como orientação para o processo, atuando como um meio de precaver possíveis falhas. A autora sistematiza vinte e cinco diretrizes de boas práticas onde o design de produto pode atuar e exemplifica, por meio de desenhos, cada solução adaptada a tecnologia de manufatura aditiva. Dentre as diferentes especificidades apresentadas, é possível afirmar que os receptáculos da matriz do vaso reúnem seis heurísticas com maior ênfase, sendo possível relacionar estas diretrizes teóricas a adaptações práticas. O Quadro 01 apresenta as heurísticas selecionadas e destaca as respectivas intervenções no molde.

Após o estudo de molde, optou-se pela realização da impressão 3D limitada aos receptáculos que compunham a estrutura dos tacelos, garantindo assim a produção uniforme e idêntica entre eles. Esta escolha acelerou a produção em gesso, uma vez que tornou possível a construção de vários tacelos de modo simultâneo e assegurou a menor diferença possível entre cada unidade, resultando em uma mesma correspondência na confecção dos vasos.

Em síntese, a impressão 3D foi utilizada para criar receptáculos superiores (Figura 09) e inferiores (Figura 10) correspondentes à matriz do vaso, adotando uma abordagem que se distanciava de projetos tradicionais baseados na realização a partir de um modelo impresso para o molde. Este experimento avançou, portanto, para um campo de estudo que entende a produção dos receptáculos como um elemento crucial na consolidação do conjunto de forma prévia ao desenvolvimento.

Figura 09 - Estudo digital receptáculos superiores



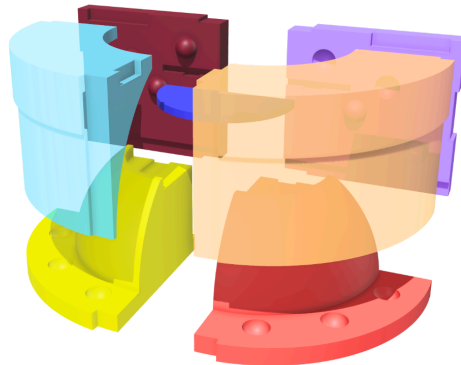
Fonte: Os autores (2022)

Quadro 01 - Heurísticas para a construção do molde

Heurística abordada	Especificação	Aplicação prática
<p>1 - Consolidar peças para melhor desempenho funcional</p>	<p>Consolidação de peças pode permitir a mesma função com menos perdas de energia e de material, aumentando a eficiência. Acoplamentos e acessórios podem ser eliminados e conexões podem ser redesenhadas para menor gasto de material e ganho de recurso estrutural.</p>	<p>Impressão 3D de receptáculos que se conectam entre si para formar diferentes unidades de telos.</p>
<p>2 - Consolidar peças para reduzir o tempo de montagem</p>	<p>Redução do número de peças para impressão pode reduzir o tempo de montagem final. Fixações e juntas entre peças podem ser eliminadas na maioria dos casos.</p>	<p>Impressão 3D das peças do receptáculo de modo intercambiável, para possibilitar uma produção mais ágil.</p>
<p>3 - Consolidar peças para aumentar a robustez</p>	<p>Peças inteiras, sem conexões, se tornam mais resistentes à fadiga e a efeitos vibracionais a longo prazo devido a eliminação de pontos de tensão.</p>	<p>Impressão 3D realizada de maneira oca e com maior largura.</p>
<p>4 - Consolidar peças para incluir múltiplas funções</p>	<p>Construção complexa de formas sem custo adicional ao processo, uma vez que os artefatos produzidos não são geometricamente possíveis de serem produzidos com métodos tradicionais. Assim, múltiplas funções podem ser condensadas no único resultado.</p>	<p>Impressão 3D de receptáculos que incluem a função de boca de enchimento no próprio molde: recuo estrutural para comportar excesso do volume da porcelana no momento de preenchimento.</p>
<p>5 - Customizar geometria para cada caso ou contexto de uso</p>	<p>Alto nível de personalização de artefatos sem custo adicional, portanto cada geometria pode ser adaptada ao requisito necessário de cada artefato a ser produzido.</p>	<p>Manutenção integral do design desenvolvido no exercício conceitual.</p>
<p>19 - Otimização estrutural da topografia ou geometria</p>	<p>Otimização do design por meio da diminuição da massa impressa, mantendo as funções prévias, podendo ainda ter seu desempenho ampliado.</p>	<p>Impressão 3D de receptáculos como meio de aliar a manufatura de moldes de gesso a técnicas contemporâneas.</p>

Fonte: Os autores com base em Blösch-Paidosh (2024)

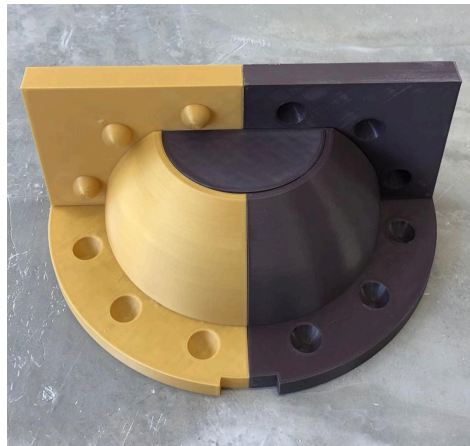
Figura 10 - Estudo digital receptáculos inferiores



Fonte: Os autores (2022)

Ao todo foram realizadas doze impressões – fazendo uso de três impressoras Ender-3 S1 e uma Ender-5 Plus – de forma específica para os dois receptáculos utilizados no experimento. Sete destas impressões eram destinadas exclusivamente para a parte superior do vaso, e outras cinco unidades para a parte inferior (Figura 11), que da mesma forma, se conectavam entre si. Desse modo, assegurava-se que todos os receptáculos produzidos eram idênticos, tornando a produção mais precisa e intercambiável.

Figura 11 - Impressão 3D receptáculo inferior

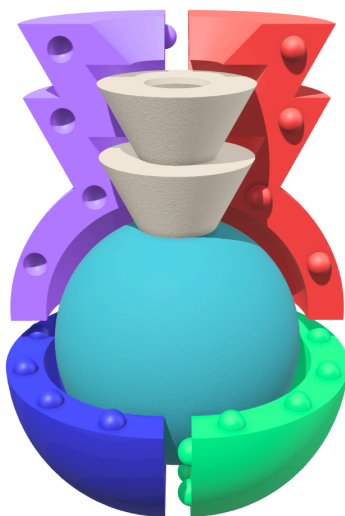


Fonte: Os autores (2022)

A partir deste conjunto de dois receptáculos impressos (parte superior e parte inferior) foram produzidos dois moldes com seis tacelos cada (doze tacelos ao todo). Como parte da experimentação, um dos moldes inferiores foi serrado em sua base, dividindo-a em quatro tacelos inferiores ao invés dos dois originais – mantidos no segundo molde. Esta modificação teve como objetivo avaliar se a serragem do tacelo inferior facilitava o desenforme das peças. Tal testagem contribuiu para o aprimoramento do processo de produção e para a escolha do método ideal de desenforme dos vasos.

Pode-se observar um amadurecimento do projeto a partir da referência funcional do molde em menor escala, o qual previa uma divisão horizontal e vertical para o desenforme uniforme. A figura 12 destaca uma perspectiva expandida parcial do molde, criada digitalmente por meio do *software* Shapr 3D. Este conjunto de taceos tridimensionais evidenciam a posição interna do vaso proposto, e cria uma visualização mais concisa do funcionamento do molde, quando aberto.

Figura 12 - Perspectiva expandida parcial do molde



Fonte: Os autores (2022)

De forma paralela a este processo de adaptações digitais, foram conduzidos testes nos modelos em escala reduzida do vaso para avaliar acabamentos superficiais e texturas idealizadas. Entre os materiais testados, a técnica de engobe realizada com mistura de pó xadrez e o uso de óxidos à barbotina de porcelana se destacaram como processos que se aproximavam do desejado no estudo formal.

Assim, foram realizados doze testes (Figura 13) com vinte combinações distintas que permitiram uma escolha mais assertiva de matiz, textura, quantidade de aplicação e temperatura de queima ideal. Os resultados destes testes foram importantes para o processo produtivo, pois permitiram estabelecer um controle de qualidade referente aos acabamentos superficiais a serem utilizados na cadeia de produção.

Os vasos em menor escala tiveram, portanto, uma importância primordial para o processo de escolha sobre acabamento, temperatura de queima e processos de acabamento superficiais. Para se aproximar ao projeto inicial e aprimorar o processo cerâmico, definiu-se pela técnica de engobe como único acabamento superficial a ser realizado, executado em monoqueima. Esta técnica consiste em uma única queima que efetua tanto a sinterização do produto, como a pintura aplicada superficialmente na peça ainda em ponto de couro.

A escolha dos componentes da fórmula foi realizada, assim, por meio deste teste que avaliou a eficácia de diferentes matérias-primas e suas reações frente ao processo de queima. Permitiu também definir proporções exatas das formulações a fim de gerar um resultado consistente e padronizado em todos os vasos.

Figura 13 - Testes de acabamentos superficiais



Fonte: Os autores (2022)

Para a parte inferior de verde menta, a esfera de maior peso visual, a fórmula incluía 200 mililitros de barbotina de porcelana, 10 mililitros de água, 4 gramas de óxido de cobalto e 4 gramas de óxido de cromo. Para o bocal, com volumes trapezoidais, o engobe em tom bege claro era preparado com 200 mililitros de barbotina de porcelana, 10 mililitros de água e 2 gramas de óxido de ferro. A Tabela 01 sistematiza as proporções utilizadas nos engobes.

Tabela 01 - Fórmulas dos engobes

Engobe	Barbotina de porcelana (ml)	Água (ml)	Óxido de cobalto (g)	Óxido de cromo (g)	Óxido de ferro (g)
Parte inferior (verde menta)	200	10	4	4	-
Parte superior (bege claro)	200	10	-	-	2

Fonte: Os autores (2024)

Após a definição das fórmulas dos engobes e a finalização da impressão 3D dos receptáculos do molde, iniciou-se a produção dos tacelos em gesso por meio da conexão entre as unidades impressas. Em seguida utilizou-se argila de oleiro como meio de criar uma base sólida de fixação, servindo também para gerar maior vedação entre juntas. Foi acoplada com fita adesiva, então, uma parede em chapa de poliestireno oposta à peça de impressão 3D, de modo a delimitar a área interna do receptáculo. Este conjunto era preenchido com a mistura de gesso (Figura 14) até a superfície, após isso aguardava-se o momento onde o mesmo encontrava-se solidificado.

Figura 14 - Produção em gesso



Fonte: Os autores (2022)

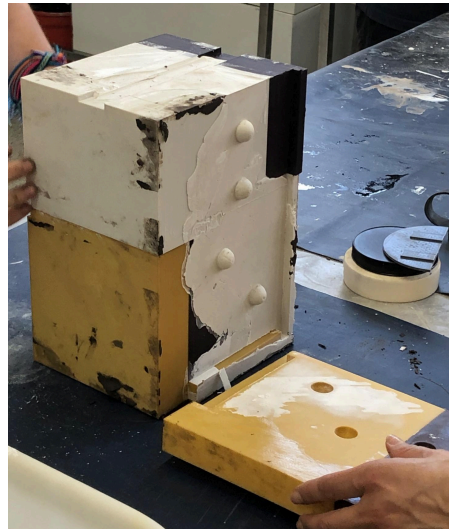
Ao longo do experimento, adotou-se a utilização de uma caixa em MDF (*Medium Density Fiberboard*) exemplificada na figura 15, para comportar as unidades impressas do receptáculo. Este artifício de parafusar a caixa, com os receptáculos, mantinha a pressão ideal para não vazamento de gesso. Com a solidificação da mistura de gesso adicionada neste conjunto, tornava-se possível a retirada do receptáculo da caixa e a abertura das conexões (Figura 16), de modo a desenformar um dos quatro tacelos superiores do molde (Figura 17).

Figura 15 - Caixa para receptáculo



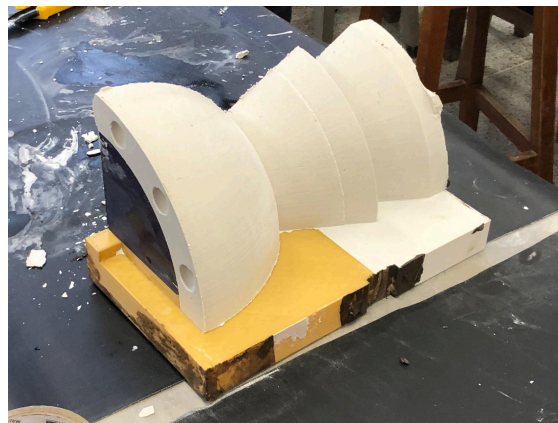
Fonte: Os autores (2022)

Figura 16 - Abertura do receptáculo



Fonte: Os autores (2022)

Figura 17 - Desenforme do tavelo



Fonte: Os autores (2022)

Todos os tavelos continham malhetes arredondados com encaixes correspondentes exatos. Esta configuração foi projetada para tornar os tavelos intercambiáveis, além de garantir a robustez do molde e assegurar que o mesmo se mantivesse bem conectado, sendo capaz de suportar o alto volume de barbotina de porcelana necessário para a produção do vaso. A precisão dos encaixes dos malhetes teve, portanto, uma importância fundamental para a estabilidade do molde durante o processo de colagem da barbotina.

Após a secagem dos tavelos em gesso, iniciou-se a manufatura dos vasos com uso da barbotina de porcelana. O processo começou com a montagem do molde e sua vedação, este conjunto era, então, tensionado com borrachas a fim de evitar a locomoção. Em seguida, o molde era preenchido até a boca de enchimento com barbotina de porcelana (Figura 18), demandando cerca de quatro litros e meio para completar seu volume. Uma vez preenchido, o molde

permanecia parado na mesma posição por 14 minutos para criação da camada de fundição do corpo cerâmico na superfície interna de gesso, por meio da absorção da água da porcelana líquida. Este período de tempo apresentou-se como o ideal por meio de testes, uma vez que formava, na peça crua, a espessura uniforme e estrutural adequada ao vaso.

Figura 18 - Preenchimento com barbotina



Fonte: Os autores (2022)

Na sequência, o molde era cuidadosamente rotacionado até atingir uma posição de 180° em relação à posição original. Este movimento de rotação permitia o escoamento integral da barbotina presente no interior do molde (Figura 19), consolidando a peça interna como oca conforme resultado da técnica de colagem. A qualidade estrutural dos vasos teve sua garantia de realização por conta deste processo, comprovada em especial pela uniformidade posterior entre cada vaso.

Figura 19 – Escoamento



Fonte: Os autores (2022)

Neste processo, foi observada uma interferência direta da pressão atmosférica. Quando o molde estava cheio, a pressão externa era maior do que a interna. No momento do escoamento do alto volume de barbotina, a diferença de pressão gerava uma força de sucção elevada na saída de material do molde, causando, eventualmente, um leve deslocamento da parede fundida em cerâmica. Para resolver esta adversidade, o molde passou a ser rotacionado de maneira mais sutil e de forma gradual, tornando o escoamento mais proporcional e com menor intensidade de vazão.

Com o escoamento completo do restante de barbotina remanescente, este conjunto passava por um período de cura, permanecendo o molde fechado com a peça para garantir a resistência e a proximidade ao ponto de couro da porcelana, necessário para aplicação de engobe no vaso. A duração deste período variava de acordo com as condições de umidade e temperatura ambiente, geralmente situando-se entre um padrão de 11 e 14 horas.

Ao final deste período de cura, a peça era delicadamente retirada do molde (Figura 20), atentando-se aos acabamentos necessários e garantindo a conformidade com o padrão esperado entre os resultados. Tal processo exigia cuidado e precisão a fim de manter a integridade dos vasos, ainda úmidos, e assegurar a forma da porcelana conformada.

Figura 20 - Molde sendo aberto para retirada da peça



Fonte: Os autores (2022)

Algumas necessidades podiam ser identificadas, pela abertura imediata do molde, tais como a necessidade de corte do excesso proveniente da boca de enchimento do vaso, a eliminação de rebarbas resultantes do encontro entre taelos e a uniformização da textura, de modo a preparar a superfície do vaso para a correta aplicação de engobe. Para este processo de preparação do vaso (Figura 21), algumas ferramentas foram essenciais, tais como estecas, facas de ponta curta e esponjas de diferentes texturas. Estes ajustes manuais garantiram a qualidade final do produto para receber o engobe adequadamente e manter suas qualidades técnicas.

A aplicação de engobe (Figura 22) aconteceu, assim, de forma consecutiva ao processo de preparação do vaso. Sua ação ocorreu sobre o vaso levemente úmido e em ponto de couro, e apesar da mistura de engobe variar de cor entre as partes do produto, era importante que a

técnica fosse realizada no mesmo dia, de forma sequencial, para manutenção da qualidade e de especificidades técnicas necessárias para o resultado desejado.

Esta técnica exigiu a realização, em todo o vaso, com um pincel redondo brocha 835 por criar no vaso uma textura arenosa e granulada. Tal especificação técnica estava alinhada com o conceito plástico do exercício desenvolvido do vaso, gerando maior consistência formal ao produto final.

A fórmula de engobe distinguia-se pela tonalidade mais profunda ainda crua, contudo após a queima, atingia os padrões de matiz definidos nos testes prévios. Completada a aplicação de engobe no vaso e sua secagem, o processo de acabamento se encerrou com a aplicação do carimbo de identificação do laboratório. Para isto, o vaso era rotacionado, limpo e tinha sua base umidificada para que o carimbo fosse pressionado.

Figura 21 - Processo de acabamento



Fonte: Os autores (2022)

Figura 22 - Aplicação de engobe



Fonte: Os autores (2022)

Posteriormente, após seco, o vaso era colocado no forno, submetido a uma queima em baixa temperatura de 980°C, processo este que totalizava uma sinterização de 8 horas. Uma vez resfriado à temperatura ambiente (em aproximadamente 10 horas), o vaso era retirado do forno e

minuciosamente inspecionado, analisando-o como um resultado obtido (Figura 23) e comparando-o com seus pares. Por fim, o vaso era armazenado em um ambiente seguro, de modo a preservar sua integridade e consolidando esta solução enquanto um estudo de caso.

Os vasos deste experimento foram selecionados, ainda, como homenagens comemorativas no âmbito da celebração de 10 anos do Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná, sendo entregues no evento por meio de uma embalagem (Figura 24).

Figura 23 - Vaso resultante do experimento



Fonte: Os autores (2022)

Figura 24 - Vasos embalados



Fonte: Os autores (2022)

Considerações finais

O presente experimento evidenciou as aprendizagens práticas adquiridas na intersecção de projetos e disciplinas do curso da graduação, sendo desenvolvido um ciclo completo de um produto: desde o estudo formal de um vaso, técnicas avançadas combinadas para fabricação no campo da cerâmica e a entrega final. Este desenvolvimento foi viabilizado pela abrangência entre áreas de ensino que o curso de Design de Produto oferece, uma vez que permitiu uma ampla abordagem entre disciplinas distintas (especialmente Metodologia Visual, Projeto de Produto e Materiais e Processos), laboratórios (LabCeram Design e Prototipa Design), projetos de extensão e a realização de um *workshop*, dando ênfase ao desenvolvimento coerente diante das atividades ministradas.

Neste contexto, a combinação de processos criativos tridimensionais, para o experimento do Vaso Abacaxi, permitiu a visualização da composição e as inter-relações importantes para a modelagem e impressão 3D, permitindo a produção de moldes complexos com maior uniformidade e precisão. Este ciclo de apoio mútuo entre o digital e o manual garantiu que cada etapa do processo aproveitasse as vantagens de ambas as abordagens: precisão da manufatura aditiva e a flexibilidade das técnicas manuais.

Desta forma, o experimento proporcionou o aprofundamento de conhecimentos teóricos e práticos que ampliam o repertório das atividades desenvolvidas no LabCeram Design, além do Departamento institucional como um todo, exemplificando a aproximação de sistemas produtivos.

Ademais, o experimento também inovou ao incluir a manufatura aditiva no processo cerâmico dentro do Laboratório, alcançando os objetivos de produzir taceiros simétricos e precisos para assegurar a geometria da peça. Observou-se, ainda, um aprofundamento dos conhecimentos práticos por parte de discentes participantes do *workshop*; proporcionando um avanço técnico significativo na intersecção de manufaturas tradicionais (gesso) e aditivos (modelagem de deposição fundida), resultando em uma maior compreensão dos desafios e das possibilidades inerentes à produção cerâmica contemporânea.

Vale ressaltar que, durante a produção, os receptáculos em polímero termoplástico apresentaram alguns pontos de vazamentos gerando desperdício de gesso. Para solução desta questão, acoplou-se o receptáculo dentro de uma estrutura em MDF, o que tencionava as peças e evitava o escape de material. Observou-se também que a dureza do PLA - utilizado na impressão 3D - dificultou o desenforme dos taceiros. Aponta-se, assim, a necessidade de novos estudos no uso de filamentos aplicados ao contexto de produção de receptáculos para moldes em gesso. Uma primeira hipótese que se pretende testar é a substituição do PLA por TPU (termoplástico de poliuretano) considerando que sua alta maleabilidade poderá favorecer o processo no sentido de: facilitar a retirada do gesso solidificado, assegurar uma qualidade superficial elevada, e evitar o uso de uma estrutura externa ao receptáculo, agilizando o processo.

Em suma, o desenvolvimento do Vaso Abacaxi integrou conhecimentos associados a técnicas produtivas em potencial expansão. O processo formativo foi significativamente ampliado, permitindo o aprofundamento de conceitos teóricos e práticos além do incentivo à experiência do trabalho colaborativo. Os resultados apontam, também, para uma nova perspectiva para futuros projetos.

Referências

ABCERAM - Associação Brasileira de Cerâmica. **Informações Técnicas: definição e classificação.** Disponível em: <<https://abceram.org.br/definicao-e-classificacao/>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

ACEBEDO, Maria Florencia; PICCICO, M.; RENDTORFF, Nicolas; SANCET, Estefania Fondevila; SERRA, Maria Florencia; SUAREZ, Gustavo; URBANEJA, Federico Gaston; VELAZCO, Diego Pablo Cristian. Rapid prototyping of a complex model for the manufacture of plaster molds for slip casting ceramic. **Cerâmica**, v. 60, p. 465 - 470, 2014. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/ce/a/3YCVDfS88YDd8qx5DWdKzNm/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

BLÖSCH-PAIDOSH, Allie. Design Heuristics for Additive Manufacturing Cards. ETH Zürich, **Research Projects**, Zürich, p. 1 - 16, 2020. Disponível em:

<https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/mavt/design-materials-fabrication/engineering-design-and-computing-lab/Research/Allie/Design%20Heuristics%20for%20Additive%20Manufacturing%20Cards_100822.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2024.

CATAFESTA, Jadna; ANDREOLA, Raquel; PEROTTONI, Cláudio Antônio; ZORZI, Janete Eunice.

Colagem de barbotina de alumina submicrométricas comerciais. **Revista Cerâmica**, v. 53, p. 29, 2007. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/ce/a/sr8xnxnQ3KycR4fyNhzc6pf/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

CHEN, Zhangwei; LI, Ziyong; LI, Junjie; LIU, Chengbo; LAO, Changshi; FU, Yuelong; LIU, Changyong; LI, Yang; WANG, Pei; HE, Yi. 3D printing of ceramics: A review. **Journal of European Ceramic Society**, v. 39, n. 4, p. 661-687, 2019. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955221918306782>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

CHING, Francis D. K. **Arquitectura, forma, espacio y orden**. México: Gustavo Gili, S.A. de C.V., 1998.

COMFORT, Kenneth-Emehige Amara; OLUWABUNMI, Ajala Adewale; HOSSANAH, Clement.

Production of Engobe for Ceramic Decoration. **Journal of Materials Science Research and Reviews**, Nigéria, v. 7, n. 1, p. 24 - 29, 2024. Disponível em:

<<http://public.paper4promo.com/id/eprint/1774/1/Oluwabunmi712023JMSRR110288.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

ELAM, Kimberly. **Geometria do Design**. São Paulo: Cosac Naify, 2010.

ISSAOUI, Mansour; LIMOUSY, Lionel; Low-cost ceramic membranes: Synthesis, classifications, and applications. **Comptes Rendus Chimie**, v. 22, n.2, p. 175 - 187, 2019. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631074818302121>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

KANDINSKY, Wassily. **Ponto e Linha sobre o Plano**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

KARAKURT, Ilbey; LIN, Liwei. 3D printing technologies: techniques, materials, and post-processing.

Current Opinion in Chemical Engineering, v. 28, p. 134 - 143, 2020. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211339820300265>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

LARANJEIRA, Mariana Araujo; PASCHOARELLI, Luis Carlos; MENEZES, Marizilda dos Santos. A experiência de uso com materiais no design de produto: Uma revisão integrativa sobre a percepção do usuário. **Colóquio Internacional de Design**, 2020, Blucher, v. 8, p. 51 - 61, ISSN 2318-6968. Disponível em: <<https://pdf.blucher.com.br/designproceedings/cid2020/05.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

MARI MASOT. Amphora Pot. Disponível em: <http://m.pakkookiii.cafe24.com/product/list.html?cate_no=70>. Acesso em: 16 mai. 2024.

NURICK, Jen. Get to know the Barcelona-based ceramicist behind Mari Masot. **Vogue Australia**, 02 nov. 2022. Disponível em: <<https://www.vogue.com.au/vogue-living/design/get-to-know-the-barcelonabased-ceramicist-behind-mari-masot/newsstory/acfad856f43a205402739cd48dfd7a92>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

RAYNA, Thierry; STRIUKOVA, Ludmila. From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 102, p. 214 - 224, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162515002425>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

RICE, Roy Warren. Ceramic processing: An overview. **AIChE Journal**, v. 36, n. 4, p. 481 - 510, 1990.

VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva. Tecnologias e Aplicações da Impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2017.

ZHU, Jie; WU, Peiwen; CHAO, Yanhong; YU, Jiangtao; ZHU, Wenshuai; LIU, Zhichang; XU, Chunming. Recent advances in 3D printing for catalytic applications. **Chemical Engineering Journal**, v. 433, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894721059131>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

ZENDRON, Gustavo Alex; GOUVÊA, Douglas; TOFFOLI, Samuel Márcio. Estudo comparativo de técnicas de determinação da porosidade de moldes de gesso. **Anais do 44º Congresso Brasileiro de Cerâmicas**, Brasil, p. 47101 - 47108, 2000. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2000/Artigos/351.doc&ved=2ahUKEwiJn8SNnMeGAXoqpUCHT2OErAQFnoECBUQAQ&usq=AOvVaw0rJpFkbZ6hOINnxBljneBX>> cbc > 2000 > Artigos>. Acesso em: 16 mai. 2024.