Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição (FACFAN)
Curso de Engenharia de Alimentos

Paloma Galvão Barros Silva

IMPRESSÃO 3D DE GLACÊ REAL: PARÂMETROS PARA APLICAÇÃO NA PERSONALIZAÇÃO DE BISCOITOS

Campo Grande/2025

Paloma Galvão Barros Silva

IMPRESSÃO 3D DE GLACÊ REAL: PARÂMETROS PARA APLICAÇÃO NA PERSONALIZAÇÃO DE BISCOITOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Prof Orientador: Prof. Dr. João Renato de Jesus Junqueira

Campo Grande/2025

Paloma Galvão Barros Silva

IMPRESSÃO 3D DE GLACÊ REAL: PARÂMETROS PARA APLICAÇÃO NA PERSONALIZAÇÃO DE BISCOITOS

Artigo TCC apresentado no dia 02 de Junho de 2025 como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), tendo sido aprovado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

_____
Prof. Dr. João Renato de Jesus Junqueira
Orientador – FACFAN UFMS

_____
Profª Drª Raquel Pires Campos
Membro – FACFAN UFMS

_____
Profª Drª Rita de Cassia Avellaneda Guimarães
Membro – FACFAN UFMS

“Pois todas as coisas vêm dele, existem por meio dele e são para ele. A ele seja toda a glória para sempre! Amém.”

Romanos 11:36

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, meu refúgio e descanso nos momentos de ansiedade, por ter me fortalecido e capacitado a concluir este trabalho. À minha família e aos meus amigos, deixo minha gratidão pelo suporte e incentivo em todos os momentos dessa jornada.

Manifesto meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Prof. Dr. João Renato de Jesus Junqueira, pela orientação dedicada ao longo deste processo. Agradeço também à Profª Drª Raquel Pires Campos que, por meio do projeto Trilha Rupestre, proporcionou a aquisição da impressora 3D para o avanço do nosso curso. Sou grata à Profª Drª Luciana Miyagusku, por todos os direcionamentos dados à pesquisa e a Profª Drª Luísa Freire Colombo, por todos os conselhos.

Também agradeço às técnicas Mirelly Marques Romeiro Santos e Mariana Rezende Fragoso pela parceria durante esses meses de trabalho.

Por fim, registro minha gratidão ao William José da Silva de Oliveira, analista de biofabricação da 3D Biotechnology Solutions que, com tanta disposição e gentileza, me ensinou a utilizar os softwares e a impressora 3D.

RESUMO

A crescente demanda global por alimentos inovadores e sustentáveis tem impulsionado o avanço tecnológico no setor alimentício. No ramo da panificação, a tecnologia da impressão 3D possibilita a criação rápida e personalizada de produtos decorativos, como biscoitos com glacê real, além de auxiliar na redução de custos e otimização de processos. Para as análises, foi utilizado uma base de glacê real com três concentrações diferentes de água (1,6 g, 1,4 g e 1,3 g em 10 g de glacê), com e sem acréscimo de cremor de tártaro (10 g/100 g). As formulações foram homogeneizadas e testadas quanto à viscosidade e printabilidade utilizando uma Bioimpressora 3D Genesis™ por extrusão, com variações em altura de camada (0,1 mm e 0,5 mm) e velocidade (40% e 80%). Os modelos 3D (um coração e a escrita "UFMS") foram criados em Tinkercad, fatiados no Slic3r e impressos via Pronterface. Os resultados foram analisados visualmente quanto à fidelidade do produto impresso em relação ao modelo digital. A formulação com 13% de água e 0,1% de cremor de tártaro apresentou melhor desempenho, com secagem rápida, maior estabilidade e menor expansão. A posição de costura “random” foi ideal para modelos complexos, e “aligned” para simples. A velocidade de impressão de 40% e a camada de 0,1 mm proporcionaram melhor acabamento e precisão. A distância de retração de 1 mm evitou extrusões indesejadas, favorecendo o acabamento do produto. A impressão 3D de glacê real demonstrou potencial para personalização alimentar, mas ajustes nos parâmetros de software são necessários para aprimorar o acabamento, consolidando a tecnologia na confeitaria personalizada.

Palavras-chave: Reologia; Confeitaria; Engenharia Aditiva; Manufatura Aditiva; Inovação em Engenharia; Tecnologias Emergentes; Personalização.

ABSTRACT

The growing global demand for innovative and sustainable foods has driven technological advancements in the food sector. In the bakery industry, 3D printing technology enables the rapid and customized creation of decorative products, such as cookies with royal icing, while also helping reduce costs and optimize processes. For the analyses, a royal icing base with three different water concentrations (1.6 g, 1.4 g, and 1.3 g per 10 g of icing), with and without the addition of cream of tartar (10 g/100 g), was used. The formulations were homogenized and tested for viscosity and printability using a Genesis™ 3D Bio-printer via extrusion, with variations in layer height (0.1 mm and 0.5 mm) and speed (40% and 80%). The 3D models (a heart and the text "UFMS") were created in Tinkercad, sliced in Slic3r, and printed via Pronterface. The results were visually analyzed for the fidelity of the printed product compared to the digital model. The formulation with 13% water and 0.1% cream of tartar showed the best performance, with quick drying, greater stability, and less expansion. The “random” seam position was ideal for complex models, while “aligned” worked better for simple ones. A printing speed of 40% and a layer height of 0.1 mm provided better finish and accuracy. A retraction distance of 1 mm prevented undesired extrusion, improving the product’s finish. 3D printing of royal icing demonstrated potential for food customization, but software parameter adjustments are needed to enhance finishing, consolidating the technology in personalized confectionery.

Key words: Rheology; Confectionery; Additive Engineering; Additive Manufacturing; Emerging Technologies; Engineering Innovation; Customization.

INTRODUÇÃO

Segundo a Euromonitor International (2019), observou-se uma tendência global de consumo marcada pelo interesse dos consumidores por alimentos inovadores e diferenciados, que oferecem autenticidade e proporcionam mais do que o produto em si, mas uma verdadeira experiência. De forma semelhante, nota-se uma valorização por processos produtivos mais sustentáveis, evidenciando a preocupação dos consumidores com o impacto ambiental envolvido na fabricação dos alimentos que consomem (Euromonitor Internacional, 2024).

Com o passar dos anos, a decisão de compra dos consumidores foi influenciada por novos parâmetros como a saudabilidade, bem-estar, ética e sustentabilidade, além da praticidade e conveniência. Dessa maneira, as inovações tecnológicas avançam no sentido de atender às crescentes demandas por alimentos para os mais diferentes públicos (Feddern; Fernandes; Sandi, 2021).

Portanto, a impressão 3D uma tecnologia emergente que permite novos métodos de produção de produtos com características diferenciadas, auxiliando na redução de custos e tempo de processo, facilitando a logística e otimizando as atividades relacionadas ao processamento, além de combater uma possível escassez de alimentos (Fornasier; Knebel; Silva, 2021).

A impressão 3D permite a criação de objetos tridimensionais através da utilização de diferentes matérias-primas, podendo ser sólida, semi-sólida ou líquida. A partir do conhecimento sobre a estrutura, funcionalidades e características do material utilizado, é possível a compreensão do seu comportamento e compatibilidade com os diferentes processos/ operações (Malaghini *et al.*, 2022).

A impressão de alimentos em 3D configura-se como uma alternativa inovadora ao modelo convencional de produção e consumo alimentar, possibilitando o desenvolvimento de novos produtos e o uso de fontes não convencionais (como as proteínas vegetais) em tecnologias voltadas ao suporte dietético personalizado (Rezende, 2024).

A adoção dessa tecnologia viabiliza uma ampla gama de aplicações no ramo da personalização, design e variação de produtos (Malaghini *et al.*, 2022). Um exemplo é a ação promovida pela empresa *Mondelez*®, detentora da marca Oreo, que, em parceria com a rede social *Twitter*®, desenvolveu uma campanha durante um festival de música e filmes chamado SXSW, em Austin, Texas, em 2014, na qual os participantes puderam personalizar seus próprios biscoitos, os quais foram impressos em 3D em apenas 2 minutos. Tal iniciativa proporcionou uma experiência interativa ao público, fortalecendo o vínculo entre marca e consumidor, além de ampliar a visibilidade da marca no mercado (Exame, 2014).

Por se tratar de um campo novo, ainda é necessário um longo caminho para traçar parâmetros e limites a serem seguidos a fim de garantir produtos com qualidade e segurança, estudando-se o impacto da impressão 3D na degradação dos componentes alimentares, inocuidade e alteração indesejáveis no produto final. Além de técnicas que auxiliem na padronização das formulações e na otimização dos testes de impressão 3D dos alimentos (Rezende, 2024).

O setor de panificação tem investido no desenvolvimento de novos produtos, bem como na otimização de processos produtivos, por meio da incorporação de inovações tecnológicas. Nesse contexto, a impressão 3D surge como uma ferramenta que possibilita às indústrias atender de maneira mais ágil e precisa às necessidades e preferências dos consumidores, viabilizando, por exemplo, a produção em larga escala de produtos de panificação personalizados (Gonçalves, 2025).

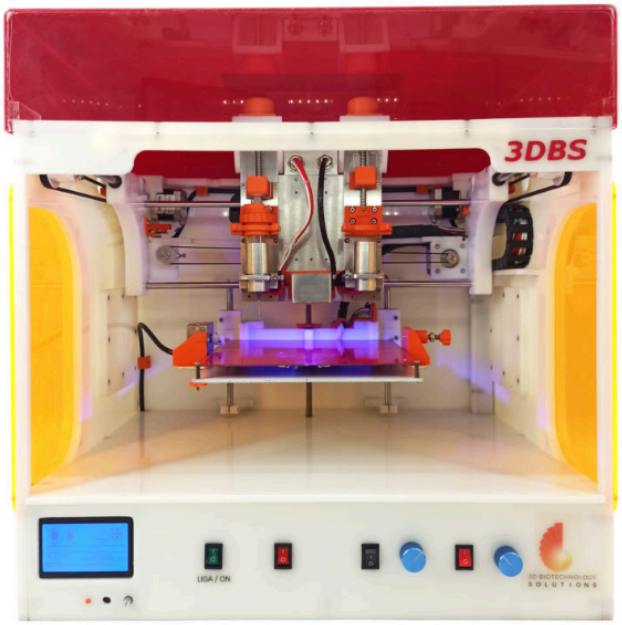
O Glacê Real é um preparado em pó amplamente utilizado na confeitaria para criar coberturas decorativas, sendo especialmente empregado na ornamentação de biscoitos artesanais (Mix Ingredientes, 2025). Assim, o objetivo da pesquisa foi utilizar a impressão 3D de alimentos para personalizar biscoitos utilizando glacê real, a fim de integrar a tecnologia de impressão 3D com a confeitaria.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Impressão 3D em alimentos

A impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva (AM) (Prakash *et al.*, 2019) ocorre por meio da adição de camadas de materiais por meio de bicos injetores controlados de forma automática através de software. Esses bicos se movem nos eixos X, Y e Z do plano cartesiano, formando o objeto desejado. A impressora possui uma base que se move no eixo Z (para cima e para baixo) e braços que sustentam a cabeça de impressão, a qual se desloca nos eixos X e Y (Malaghini *et al.*, 2022). A Figura 1 apresenta um modelo de bioimpressora 3D.

Figura 1: Bioimpressora 3D Genesis™.



Fonte: 3D Biotechnology Solutions (3DBS)

Além da etapa da seleção e preparo da matéria prima que será utilizada, é necessário compreender o funcionamento da automação desta tecnologia. O processo de impressão 3D de alimentos tem início com a modelagem computacional de um objeto tridimensional. Esse modelo digital é submetido a um *software* de fatiamento, responsável por convertê-lo em

camadas sequenciais e, posteriormente, gerar os códigos de controle (G-code) compatíveis com o sistema da impressora. Após o carregamento desses comandos na máquina e a seleção da formulação alimentar desejada, inicia-se a deposição controlada do material comestível (Sun *et al.*, 2015).

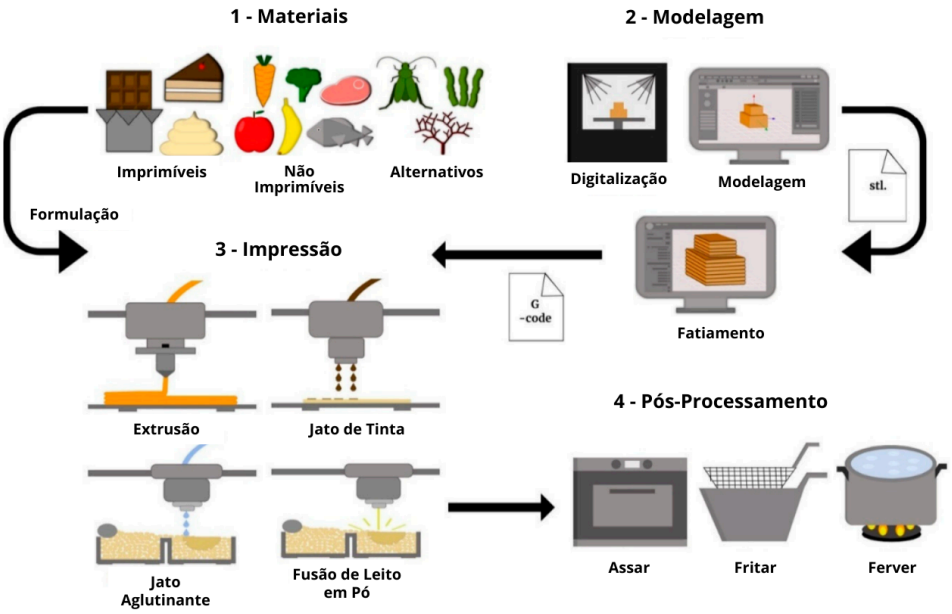
No ramo de alimentos, a impressão 3D tem sido abordada nos viés de personalização de alimentos, de desenvolvimento de novos produtos, principalmente alinhado com o benefício nutricional e de redução de desperdício de alimentos que seriam descartados por não atenderem aos padrões estéticos do mercado, mesmo sendo nutritivos e próprios para consumo. *Startups* como a *Upprinting Food* têm utilizado essa tecnologia para transformar resíduos alimentares em novos produtos. Além disso, a tecnologia permite produções em diferentes escalas — do uso doméstico ao industrial — e é utilizada em confeitarias para criar formas complexas (Lasmar; Silva, 2022). Em adicional, esta tecnologia também auxilia na padronização dos produtos alimentícios, além de ir de encontro à necessidade crescente dos consumidores de consumir alimentos práticos e rápidos que possuam benefícios à saúde (Rezende, 2024).

Há diferentes técnicas de impressão 3D podendo ser por meio de jato de tinta, fusão em leito de pó, jato aglutinante ou extrusão (Figura 2). A primeira utiliza fluidos de baixa viscosidade e se caracteriza pela deposição de gotas da matriz sobre a mesa, sendo possível formar desenhos em superfícies não planas, sendo aplicável na confeitaria. A segunda envolve a impressão de formas em um leito de pó, utilizando métodos de fusão por calor, como laser ou ar aquecido, para criar um objeto tridimensional camada por camada. Nesta técnica, quando uma camada é finalizada, é realizada a reposição de pó por meio de um rolo. Podendo ser aplicado em confeitaria com impressões utilizando açúcar e achocolatado em pó, os quais são fundidos seletivamente criando uma imagem 2D, e repetindo o processo até formar o objeto completo. A técnica de jato aglutinante também funciona por um sistema de fusão das partículas de pó, entretanto, durante esse processo ocorre a liberação de fluidos aglutinantes que promovem a aglomeração do pó (Malaghini *et al.*, 2022; Pereira; Barroso; Gil, 2021).

A extrusão pode ser subdividida em três métodos: deslocamento positivo, distribuição de pressão de tempo ou extrusão de parafuso rotativo.

No qual, no primeiro, a extrusão é realizada por pela pressão do pistão, a segunda pela diferença de pressão ambiente e do ar e a terceira pela pressão realizada por um parafuso rotativo (Endres *et al.*, 2022). Por se tratar de um processo automatizado, é possível realizar a integração desta tecnologias com outras (Lasmar; Silva, 2022).

Figura 2 - Esquema do processo de impressão 3D.

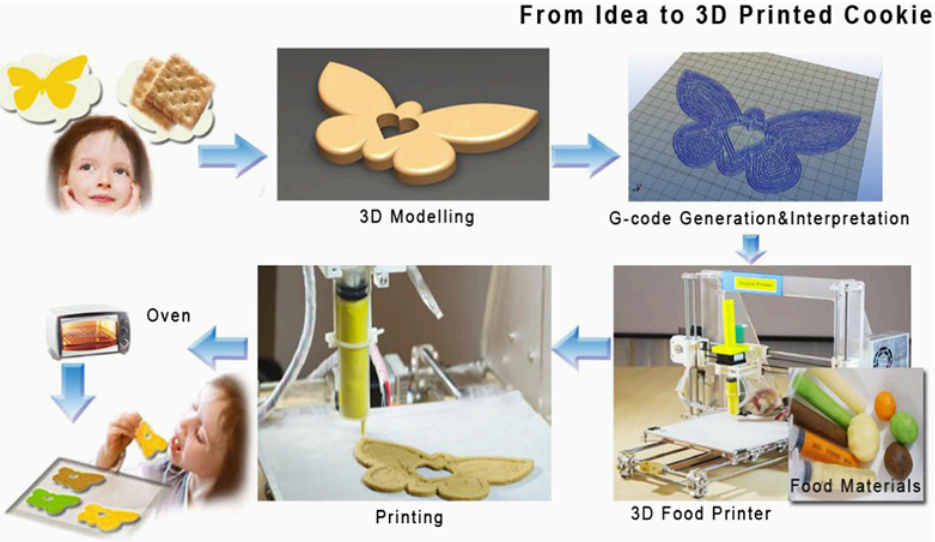


Fonte: Adaptado de Pereira *et al.*, 2021.

Este campo da ciência ainda está sendo desbravado e há uma enorme possibilidade de estudo e crescimento, principalmente no que diz respeito à união da tecnologia, praticidade, nutrição e saúde (Malaghini *et al.*, 2022). Nesse escopo, Bitencourt *et al*. (2023) analisaram a aplicação de diferentes concentrações de amido de mandioca, leite e agentes gelificantes no desenvolvimento de géis nutricionais, com o objetivo de atender às necessidades de indivíduos com disfagia, condição clínica caracterizada pela dificuldade na deglutição. Apesar dos avanços técnicos e do potencial benefício à saúde, observa-se ainda uma considerável resistência por parte da população quanto à aceitação dessa nova tecnologia alimentar (Rezende, 2024).

Silva (2014) desenvolveu um plano de marketing para uma empresa de confeitaria, mostrando que uma maneira de se destacar no nicho de doces é entregando uma experiência personalizada ao consumidor seguindo suas referências e ideias para tornar o produto exclusivo. A impressão 3D de alimentos e a automação robótica visam facilitar o preparo e reduzir o esforço humano, mas diferem na experiência proporcionada. A robótica foca na automação de tarefas, enquanto a impressão 3D permite personalização de formato, sabor e nutrientes, envolvendo o consumidor no processo criativo (Sun *et al.*, 2015). Dessa forma, a tecnologia da impressão 3D pode auxiliar os produtores a atenderem a esta demanda, auxiliando na velocidade de produção, padronização e variedade de texturas e formatos, entregando um produto criativo e exclusivo ao consumidor (Figura 3).

Figura 3: Processo criativo à impressão 3D.



Fonte: Sun *et al.*, 2015.

2.2 Matérias-primas empregadas

Na tecnologia de impressão 3D, devido a possibilidade de realizar a fusão de diversas matérias primas, há um mundo de opções de texturas, sabores e funcionalidades para os produtos gerados. Devido a isso, Sun *et al*. (2015) ressalta em seu trabalho a necessidade da criação de um modelo digital que simula o resultado das diferentes formulações e ingredientes, onde este

coleta esses dados e apresenta uma visualização digital mais precisa segundo a característica físico-química de cada formulação. Neste sentido, Maniglia *et al.* (2019) propõem uma técnica para avaliar a printabilidade dos materiais antes de sua inserção na impressora 3D. O método consiste na extrusão manual do composto por meio de uma seringa, permitindo identificar previamente as formulações mais adequadas para o objetivo desejado.

Do ponto de vista da produção de alimentos cárneos, a tecnologia de impressão 3D apresenta-se como uma ferramenta promissora para a redução de custos produtivos, especialmente no que se refere ao menor consumo de recursos naturais, como água e terra, além da diminuição da emissão de gases do efeito estufa. Nesse cenário, a aplicação dessa tecnologia tem sido amplamente estudada como alternativa à produção convencional de carne. No qual, para tornar o produto mais palatável e criar maior aceitação entre os consumidores, faz- se uma junção de diferentes ingredientes e aditivos como corantes, aromatizantes e agentes de ligação para atribuir ao produto características sensoriais mais similares à da carne (Rezende, 2024). Do ponto de vista da redução de desperdícios, as aparas de carnes podem ser utilizadas para serem transformadas em um produto mais agradável aos olhos do consumidor (Prakash *et al.*, 2019).

Como substitutos, têm-se explorado ingredientes de origem vegetal, como soja, leguminosas, folhas e cogumelos, que oferecem quantidades significativas de nutrientes e proteínas, com a vantagem de possibilitar formulações personalizadas às necessidades nutricionais individuais. Ademais, tal abordagem contempla nichos específicos do mercado, como consumidores adeptos do vegetarianismo, veganismo ou pessoas com seletividade alimentar (Rezende, 2024).

Ainda, a impressão 3D pode auxiliar na inserção de frutas e vegetais na alimentação de crianças que por vezes rejeitam devido às diferentes texturas e sabores (Prakash *et al.*, 2019).

Na impressão 3D de alimentos, uma das matrizes mais utilizadas é o chocolate, que é derretido e recristalizado à medida em que é impresso. Isso ocorre porque nele também é possível realizar adição ou substituição de alguns componentes dele por ingredientes naturais com características nutracêuticas como a adição de farinha de lentilha que contribui na reologia, textura e

capacidade antioxidante do chocolate. Entretanto, um dos desafios é a realização dessas alterações com manutenção da estrutura do material (Dordević *et al.*, 2025).

Endres *et al.* (2022) estudou o comportamento da impressão de chocolate enriquecido com fibra de bambu. Segundo os autores, o chocolate é um alimento complexo cujas características são favoráveis à impressão 3D. Sua complexidade se dá devido a sua mudança de estrutura a depender das condições a qual ele é submetido, como as mudanças de temperatura e os aditivos adicionados nele para lhe conferir diferentes experiências sensoriais. São essas experiências que são decisivas na hora da compra pelo consumidor, dentre elas a visual. Desta forma, a impressão 3D pode auxiliar na criação de chocolates com diferentes formatos para cativar o consumidor, além de enriquecê-lo com substâncias nutritivas e naturais a fim de seguir a tendência de saudabilidade que está em crescente.

O glacê real é uma mistura em pó composta geralmente por açúcar de confeiteiro (mistura de açúcar refinado com amido de milho), clara de ovo (fresca ou desidratada), ácido cítrico ou cremor de tártaro, que funcionam como estabilizantes, e água, podendo ser adicionado ainda de corantes e aromatizantes. Este produto é uma matéria-prima promissora para aplicação em impressão 3D de alimentos, especialmente devido ao seu uso consolidado na decoração de biscoitos, bolos e chocolates. Sua versatilidade permite a diluição em água ou a combinação com outros ingredientes, como o leite condensado, resultando em coberturas mais secas e estáveis.

A impressão 3D por extrusão pode ser realizada a quente ou em temperatura ambiente, dependendo do tipo de material que está sendo utilizado (Lourenço *et al.*, 2025). No caso do glacê real, além de possuir propriedades reológicas e a viscosidade adequada à extrusão, ele conta com uma rápida secagem após a aplicação, tornando-o um material apropriado para processos de impressão nas confeitarias em temperatura ambiente.

2.3 Qualidade da impressão

A qualidade da impressão 3D é avaliada por dois fatores principais: a precisão da forma em relação ao projeto 3D e as propriedades mecânicas. A

precisão é analisada observando o tamanho, formato e aparência do objeto final em comparação com o modelo original desenvolvido no Software (Malaghini *et al.,* 2022).

Endres *et al.* (2022) apresenta que a temperatura é um fator determinante para a qualidade do produto impresso, considerando as características do chocolate como viscosidade, tempo de secagem e consequentemente impacta na estrutura do modelo impresso, assim como o brilho. Além disso, as proporções dos ingredientes que o compõem influenciam. Ainda há uma dificuldade acerca da resolução dos modelos impressos e da precisão da impressora em reproduzir os detalhes projetados, devido a variabilidade das características reológicas de cada material. Ainda, o autor concluiu em seu estudo que as peças de chocolate mais maciça são mais resistentes do que as vazadas, mostrando que a estrutura do modelo também influencia na qualidade da impressão.

A melhor combinação desses fatores varia de acordo com a tinta utilizada na impressão, escolhida e suas características e printabilidade (Malaghini *et al.,* 2022). A printabilidade é a capacidade de um material ser impresso em uma impressora 3D de forma que permaneça estável e atenda às características desejadas para um determinado propósito.

O resultado do modelo impresso depende de diferentes fatores, como a escolha do uso da técnica de impressão. Na Tabela 1, tem-se uma relação das principais tecnologias utilizadas e seus respectivos materiais e produtos.

Tabela 1: Relação de impressoras 3D de alimentos.

Empresa	Chocedge	Natural Machines	3D Systems	De Grood Innovations	3D Biotechnology Solutions
Modelo	Choc Creator	Foodini	ChefJet	FoodJet	Genesis™
Tecnologia	Extrusão por fusão a quente	Extrusão em temperatura ambiente	Impressão por jato de tinta com pó	Impressão por jato de tinta	Extrusão em temperatura ambiente ou à quente
Materiais	Pó polimérico alimentar como chocolate	Material semi sólido de alta viscosidade como massa	Pós como açúcares, amido, farinha de milho, aromatizante, aglutinante líquido	Material de baixa viscosidade como pasta ou purê	Materiais de baixa a alta viscosidade como amido, glacê real e chocolate.
Plataformas	Plataforma motorizada, unidade de aquecimento, dispositivo de extrusão	Plataforma motorizada, dispositivo de extrusão	Plataforma motorizada, cabeçote jato de tinta, leito de pó	Plataforma motorizada, cabeçote de impressão, unidade de controle térmico	Plataforma motorizada, duplo cabeçote de impressão por de extrusão, sistema de resfriamento e aquecimento das seringas e mesa
Produtos Fabricados	Chocolates personalizados	Pizzas e cookies personalizados	Cubos de açúcar coloridos	Cookies personalizados, moldagem de pasta alimentar em bancada	Biscoitos personalizados

Fonte: Adaptado de Sun *et al.*, 2015 e 3D Biotechnology Solutions

A armazenagem do produto impresso também impacta na qualidade do alimento (Endres *et al.,* 2022). Em determinados produtos, a produção de alimentos por impressão 3D envolve dois processos: a preparação da matéria-prima com proporções adequadas e, após a impressão, o cozimento do alimento (Lasmar; Silva, 2022). Ou seja, é necessário um processo pós impressão para finalizar o produto.

A etapa posterior a impressão é chamada de Impressão 4D, onde pode ocorrer o cozimento, congelamento ou até radiação, para garantir que os

alimentos fiquem seguros para o consumo, saborosos e com bom valor nutricional. Nesses processos, é essencial que os alimentos mantenham sua forma e estrutura original (Prakash *et al.*, 2019). Esses processos pós impressão, impactam de diferentes formas no resultado final do produto, podendo levá-lo a perder os traços anteriormente existentes devido a possíveis ressecamento, expansão, e/ou compressão da massa (Malaghini *et al.,* 2022).

Outros fatores a serem considerados são as características reológicas, químicas, mecânicas e estruturais do material, pois serão elas que irão definir a printabilidade do material e qual tipo de tratamento pós impressão será realizado, caso seja necessário. Além de facilitar a compreensão da interação de matérias primas distintas em caso de fusão de diferentes materiais (Lasmar; Silva, 2022).

Da mesma forma, os parâmetros da impressão podem impactar a textura do material, como o nível de preenchimento da forma, impactando a sua firmeza e resistência, estrutura na qual o alimento foi impresso, pré tratamentos na massa e pós tratamentos (Malaghini *et al.,* 2022).

Apesar das vantagens, ainda existem desafios técnicos, como a adaptação de receitas e a estabilidade térmica dos materiais, exigindo ajustes para garantir qualidade e segurança (Sun *et al.*, 2015).

3. METODOLOGIA

Para o preparo das formulações utilizadas na impressão 3D, foi empregada uma base de glacê real, na qual foram testadas três concentrações diferentes de tinta. Para isso, foi realizada pesagem de 10 gramas do glacê real em três proporções diferentes de água: 1,6 g, 1,4 g e 1,3 g. Além dessas formulações, também foram avaliadas versões correspondentes com o acréscimo de cremor de tártaro na concentração de 10g/100g de tinta. Cada mistura foi devidamente homogeneizada manualmente até atingir uma consistência uniforme, sendo então transferida para uma seringa plástica de 10 mL adaptada para uso na impressora 3D.

Essas concentrações foram definidas em pré -testes utilizando a técnica de extrusão manual na seringa após a mistura para averiguar a printabilidade de cada uma antes de adicioná-las na impressora 3D. Cada combinação de parâmetros e formulações foi testada em triplicata.

A determinação da viscosidade das diferentes formulações de 16% e 13% de água foi realizada utilizando um viscosímetro rotacional Marte (Modelo MDV-20), equipado com cilindros de diferentes diâmetros (spindles). Para as amostras analisadas, empregou-se o cilindro L4, adequado à faixa de viscosidade dos fluidos estudados.

A impressão foi realizada em temperatura ambiente (25 ± 1 ºC), utilizando a Bioimpressora 3D Genesis™ que utiliza a técnica por extrusão por deslocamento positivo. O processo de preparação e impressão contou com o auxílio de três softwares, descritos na Tabela 2. Cada desenho foi impresso com duas alturas de camada diferentes (0,5 mm e 0,1 mm), variando-se a quantidade de camadas necessárias para se atingir estas alturas, e em duas velocidades de impressão distintas (40% e 80% da velocidade máxima da impressora).

Tabela 2- Softwares utilizados na impressão 3D.

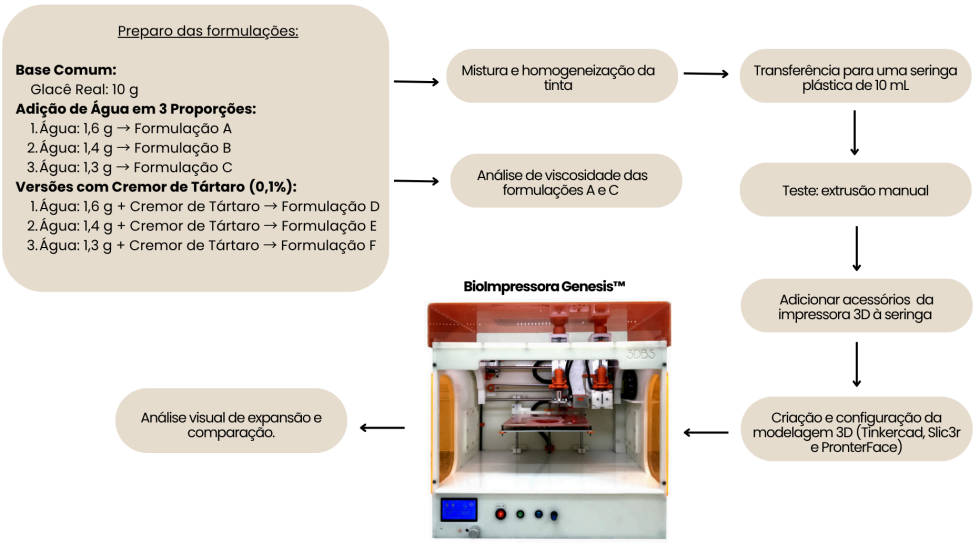
Software	Função Principal
Tinkercad	Modelagem 3D online. Utilizado para criar os modelos dos objetos a serem impressos (coração e escrita "UFMS").
Slic3r	Fatiamento (*slicing*) dos modelos 3D. Responsável por converter o modelo em instruções G-code, definindo parâmetros como altura da camada e velocidade.
Pronterface	Controle da impressora 3D a partir do computador. Envia o G-code para a impressora e permite o monitoramento da impressão em tempo real.

Fonte: Autoria Própria, 2025.

Os resultados foram analisados através de análises visuais de expansão e de comparação do produto impresso com o modelo 3D programado nos *softwares*, com base nos parâmetros de diferentes concentrações de água, velocidade de impressão, distância de retração, tipos de posições de costura, número de camadas e adição de aditivo.

O esquema das etapas da metodologia seguida encontra-se apresentado na Figura 4.

Figura 4- Esquema da metodologia utilizada.



Fonte: Autores, 2025.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Formulações de glacê real

Os parâmetros reológicos do material exercem influência direta sobre a qualidade da impressão. Nesse contexto, a viscosidade da tinta deve apresentar um equilíbrio: ser suficientemente baixa para permitir a extrusão adequada por meio da seringa, mas, ao mesmo tempo, suficientemente alta para garantir a estrutura do modelo após a impressão (Dordević *et al.*, 2025).

Dessa forma, foram testadas 3 formulações, com 16, 14 e 13% de água em 10 gramas de glacê. A primeira, apresentou uma capacidade muito baixa de formação de camadas, alta expansão pós impressão gerando um desenho com acabamento ruim e detalhes borrados, tanto na primeira camada quanto na segunda, principalmente no desenho com 0,5 mm de altura, considerando a necessidade neste caso de maior quantidade de tinta de acordo com a altura do modelo (Figuras 5 e 6).

A segunda formulação, resultou em maior estrutura, com expansão apenas nas bordas externas do modelo e melhor definição dos detalhes, entretanto, a medida em que há sobreposição de camadas, ocorre a expansão

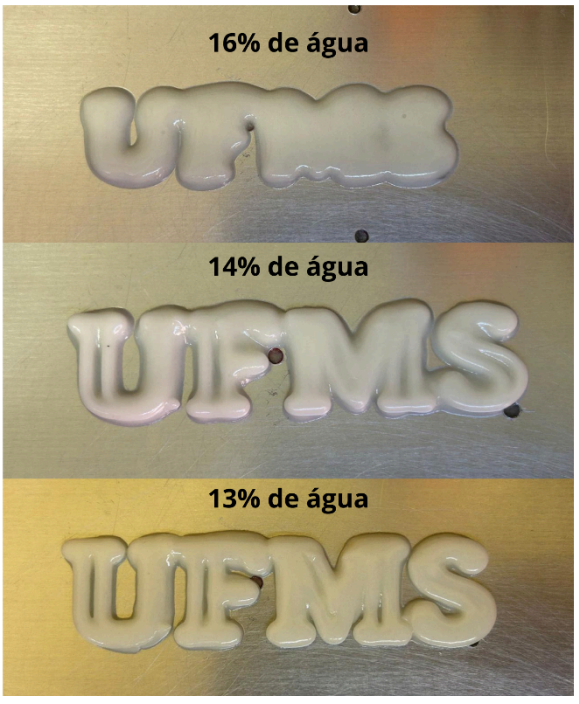
e perda dos traços. A expansão desta formulação auxilia no disfarce da costura, pois uniformiza a espessura da borda do desenho.

A terceira é a fórmula mais densa, ela apresentou uma formação de camadas mais visíveis, sem expansão após a impressão e, após seco, manteve a altura programada no fatiador 3D em ambas as alturas utilizadas. Neste, percebeu-se uma maior evidência da costura do desenho, devido a redução do espalhamento da tinta após impressão.

Figura 5- Diferentes porcentagens de água no preparado modelo simples.

Fonte: Autores, 2025.

Figura 6- Diferentes porcentagens de água no preparado no modelo complexo.



Fonte: Autores, 2025.

Para compreender o comportamento das soluções, foram realizadas análises de viscosidade. Os valores médios de viscosidade aparente para as

diferentes concentrações foram 507.358 mPa.s (13%) e 55.435 mPa.s (16%). Observou-se aumento da viscosidade aparente em função do aumento da concentração. Sabe-se que a que sólidos dispersos em meios líquidos é um dos fatores que afetam sua viscosidade. À medida que a concentração de sólidos aumenta, a viscosidade da mistura tende a aumentar também. Isso ocorre porque os sólidos, como açúcares e outras partículas suspensas, aumentam a resistência ao fluxo da mistura, tornando-a mais espessa e menos fluida. Dessa forma, conforme apresentado na Figura 6, nota-se o impacto de diferentes viscosidades no processamento da impressora 3D e na qualidade do produto final.

4.2 Retração e ajustes na seringa

A retração é o movimento que retrai o êmbolo da seringa, puxando-o para cima auxiliando na redução de fios soltos, também chamados de ‘teias’ e bolhas que são criados durante o deslocamento da seringa, evitando que a tinta escorra da seringa. Esse movimento possui alguns parâmetros passíveis de ajuste de acordo com o material e o modelo utilizado para impressão, como a velocidade, a distância que será retraída e o deslocamento mínimo necessário da seringa para que a retração ocorra (Filament2print, 2018; Maia, 2023).

Durante os testes de impressão, uma das principais dificuldades observadas foi a pressão interna acumulada na seringa, que provocava a extrusão involuntária da tinta, impedindo o funcionamento adequado da retração. Esse problema compromete a precisão dos desenhos impressos.

Durante a impressão 3D por extrusão, é essencial definir corretamente o diâmetro da seringa a ser utilizada, pois essa escolha afeta diretamente a precisão dos traços obtidos na impressão (Lourenço *et al.*, 2025). Além da escolha adequada da seringa para o processo, observou-se durante as análises que a forma como a seringa era preenchida também influenciava diretamente na qualidade do resultado da impressão.

Dessa forma, para solucionar essa extrusão involuntária, a seringa passou a ser preenchida apenas até a metade da sua capacidade. Em seguida, foram realizadas leves batidas na estrutura com o intuito de compactar a tinta e

eliminar bolhas de ar em seu interior. Após esse processo, o êmbolo foi reposicionado, sendo puxado para garantir a vedação da saída. Esse procedimento assegura que o êmbolo fique em contato direto com a matriz de tinta, permitindo tanto a extrusão quanto a retração de forma mais controlada e eficiente e evitando falhas no desenho decorrentes de bolhas de ar.

Ainda, foram configuradas no software Slic3r as opções de retração durante as mudanças de camada e o movimento da agulha enquanto a retração ocorre.

Foram realizados testes para aperfeiçoar o acabamento das letras, variando a distância de retração de 2 mm e 1 mm, altura do desenho e posições da costura. Neste caso, a 1 mm foi a melhor, tendo sido suficiente para o desenho ser finalizado e impedir a saída involuntária da tinta da agulha.

4.3 Posições de costura e números de camadas

Os pontos de acúmulo de produto na costura do desenho prejudicam o acabamento e a definição do modelo 3D.

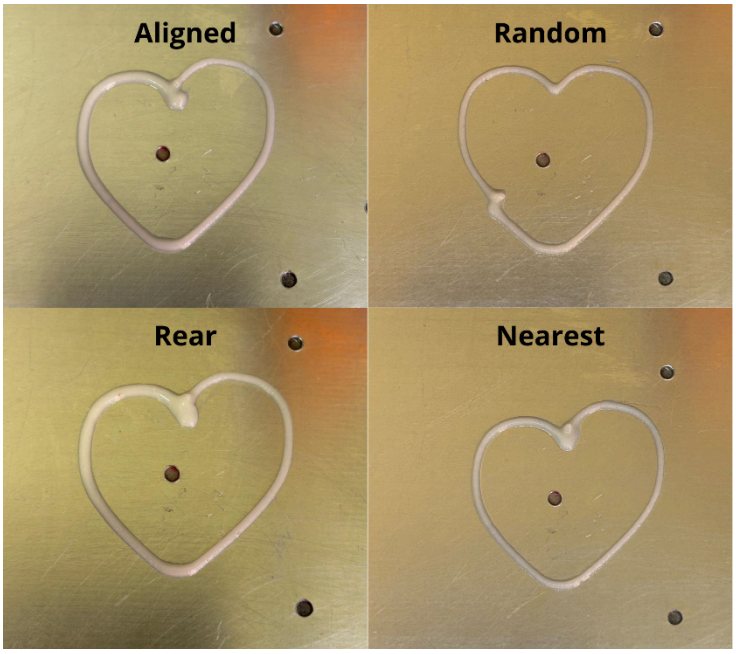
No software de fatiamento Slic3r, é possível configurar diferentes posições de costura, que influenciam diretamente no acabamento final do modelo impresso. A opção "aligned" faz com que todas as camadas iniciem no mesmo ponto, alinhado verticalmente à costura, o que pode facilitar seu disfarce em uma área específica. A configuração "rear" tenta posicionar a costura na parte traseira do objeto, útil em modelos com frente e verso bem definidos. A opção "nearest" busca o ponto mais próximo do fim da última extrusão, reduzindo o deslocamento da agulha e o tempo de impressão, mas pode tornar a costura mais visível em diferentes pontos. Por fim, a opção "random" distribui aleatoriamente a posição de início das camadas, espalhando pequenas imperfeições ao longo da peça e tornando-as menos perceptíveis visualmente (Prusa3d, 2025; Slic3r, 2025). Desta forma, variou-as a fim de atingir o melhor acabamento para o tipo do desenho.

No modelo de coração, por ser um circuito fechado, a costura fica muito mais evidente. Neste modelo, nas formulações de 16 e 14% com 0,5 mm de altura, a opção ‘random’ foi a mais adequada, resultando em uma melhor distribuição desse ponto de acúmulo. Neste caso, o efeito da expansão

contribuiu para disfarçar esses pontos, igualando-os mais ao restante do desenho. Entretanto, na formulação de 13%, a costura ficou mais evidente devido à redução dessa expansão, principalmente quando utilizada a altura de 0,1 mm, pois o desenho se tornou mais delicado e fino. Portanto, buscou-se realizar modificações nos parâmetros a fim de amenizar a costura.

Dessa forma, observou-se que os tipos de posição de costura aligned, rear e nearest começaram o desenho pelo recuo central do formato do coração, entretanto, todos resultaram em uma leve deformação no lado direito do desenho, tendo este ficado levemente mais alto do que o esquerdo. Assim, o acúmulo observado, localizou-se no centro do coração. A posição random se diferenciou das demais pois começou a imprimir pela lateral inferior do coração, por isso, ficou mais destacada a costura, apesar de a parte central do desenho ter ficado mais delicada. Essas diferenças estão representadas na Figura 7 abaixo.

Figura 7- Posições de costura no modelo de coração 13% de água.



Fonte: Autores, 2025.

A expectativa era de que a retração igual a zero ajudasse a disfarçar a costura no desenho. No entanto, o resultado foi o oposto: como não havia retração, a seringa se movimentava imediatamente após a extrusão, sem dar tempo para que a tinta se depositasse corretamente na superfície. Isso fazia

com que o material fosse arrastado, comprometendo a finalização do traço e resultando em falhas no ponto final da impressão.

Conforme apresentado, a impressão 3D consiste na criação de camadas a partir da movimentação dos eixos X, Y e Z (Lourenço *et al.*, 2025). Endres *et al.* (2022) fez um estudo no qual analisou a estrutura de modelos de peão vazado e maciço utilizando chocolate puro e chocolate adicionado de fibra de bambu. Neste estudo, concluiu-se que as peças de chocolate maciça são mais resistentes do que as vazadas e mostrou que o chocolate temperado possui uma boa capacidade de formação de camada, tendo em vista que possui rápida secagem após a extrusão. A partir desta característica, o chocolate se mostra um produto versátil para ser utilizado na impressão 3D, especialmente em decoração em produtos de panificação.

Durante as análises, observou-se que, um dos pontos chaves para se obter um desenho condizente com aquele projetado no fatiador, é realizar corretamente o ajuste da mesa de impressão.

A mesa deve estar bem rente a agulha, com uma distância da espessura do papel sulfite pois será ela que irá nivelar as camadas do modelo. Para que isto ocorra, é necessário realizar o ajuste através do PronterFace para ajustes mais grossos e no parafuso da mesa, para ajustes finos. Além do ajuste na altura do acessório que prende a seringa à impressora, pois, caso a agulha esteja distante da mesa fará com que o desenho não seja nivelado, aumentando a expansão e ocasionando na falta de precisão do modelo impresso com o modelo 3D.

Assim, tentou-se verificar se a realização de mais camadas auxiliaria na uniformização dos traços, por isso, testou-se duas camadas de 0,05 mm cada, entretanto, constatou-se que, além de não contribuir para o disfarce da costura, nas posições de costura nearest, aligned e rear, a segunda camada não ficava exatamente em cima da primeira pois igualava a altura citada anteriormente do lado direito que ficou levemente mais alto, gerando um desenho com duas bordas conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8- Posição de costura rear, modelo com duas camadas de 0,05 mm.

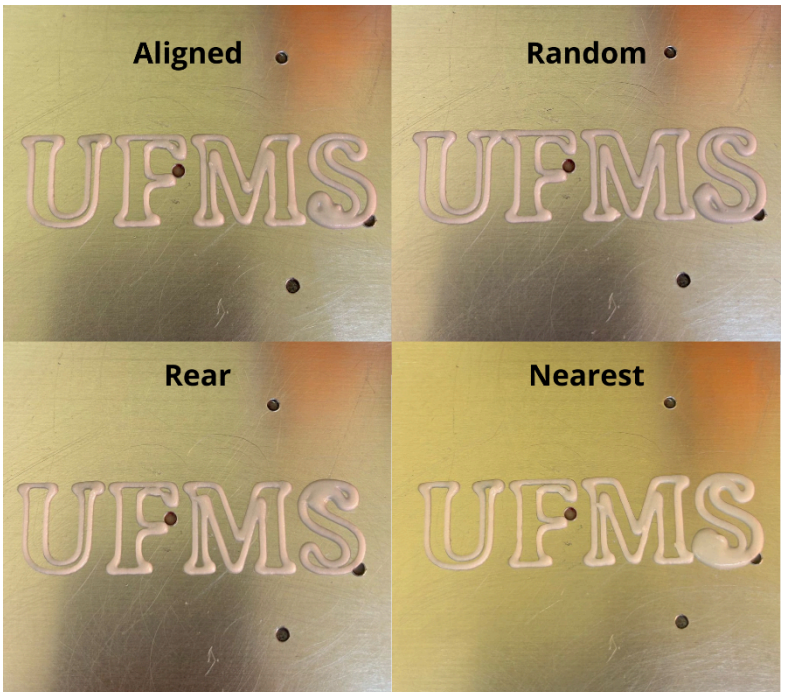
Fonte: Autores, 2025.

Para contornos de camadas únicas ou duplas, apesar das variações dos parâmetros de costura e refração, o modelo impresso ainda ficou com detalhes indesejáveis perceptíveis no acabamento. Entretanto, ao utilizar mais de 3 camadas, ocorre a igualação das duas bordas devido as camadas posteriores, deixando o desenho no formato correto.

O peso do material utilizado para impressão influência nas suas características como diâmetro da peça projetada, pois a medida em que as camadas vão sendo adicionadas, as anteriores vão sofrendo compressão, fazendo com que haja uma diferença entre o projetado e o real (Endres *et al*., 2022). Por isso, recomenda-se o uso de no máximo duas camadas, pois além do acúmulo de material no ponto de costura, a base de glacê real não sustenta estruturas muito altas, resultando em expansão e distorção da forma. Para obter desenhos mais altos, o ideal é utilizar o menor número de camadas possível. Na altura de 0,1 mm, camadas inferiores a 0,05 mm não são viáveis, pois a extrusão torna-se irregular e a tinta passa a gotejar em vez de fluir continuamente.

No modelo complexo, esse parâmetro trouxe um impacto menor pois a escrita ‘UFMS’ possui pontos de início e fim distintos, iniciando em uma letra e finalizando em outra, ocorrendo, portanto, uma distribuição desses pontos (Figura 9).

Figura 9- Posições de costura no modelo de contorno UFMS 13% de água.



Fonte: Autores, 2025.

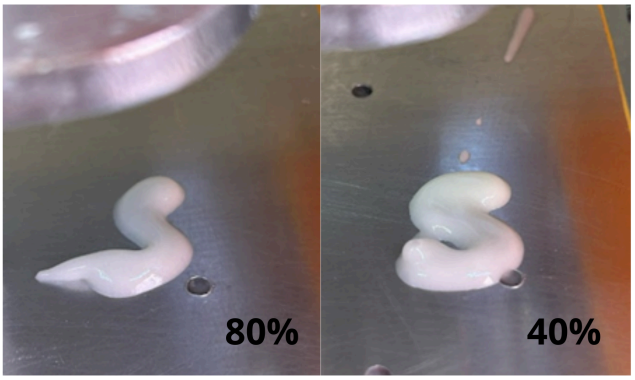
Conforme apresentado na Figura 5, não houve diferenças significativas referente aos tipos de costura. Observou-se que esta variação ocasionou na mudança do ponto de início da impressão em cada letra. Ou seja, diferentemente do modelo de coração, neste, em cada tipo escolhido, houve uma variação dos pontos e, apesar de cada letra ter tido o seu ponto de costura, não houve muito acúmulo nestes lugares, com exceção do S em que é possível notar pontos mais preenchidos, o que se deve ao início da impressão do desenho como um todo, considerando que a impressão do modelo começou por ele.

4.4 Velocidade de impressão

A velocidade da impressão foi um fator determinante para uma melhor resolução. Durante os testes, testou-se 2 tipos de velocidades diferentes: 40 e 80 mm/s. Notou-se que a velocidade mais baixa favoreceu a melhor formação do desenho, gerando traços mais firmes, com menor acúmulo e mais fiéis ao modelo 3D programado pois, quando impresso mais lentamente, o glacê se deposita de forma mais adequada sobre a superfície antes que a seringa se

mova, porém, quando é realizada a impressão rápida, gera um arraste dos traços prejudicando a formação do modelo. Este fator foi bem mais relevante quando observado no modelo mais complexo do que no mais simples, considerando que nos complexos exigem uma maior delicadeza, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10: Impressões da letra ‘S’ em nas velocidades de 40 e 80%.



Fonte: Autores, 2025.

4.5 Uso de aditivo (cremor de tártaro)

Com o objetivo de aprimorar as características da tinta utilizada na impressão 3D, podem ser empregados tratamentos pré impressão no material, a adição de aditivos ou fusão com outros alimentos. Maniglia *et al.* (2019) investigaram o impacto do tratamento com ozônio sobre o amido de mandioca para a impressão 3D de hidrogéis. Para isso, amostras com diferentes concentrações de amido foram submetidas a diferentes tempos de exposição ao ozônio e a distintas temperaturas de gelatinização, sendo posteriormente observadas por um período de sete dias para avaliação da estabilidade. Os resultados demonstraram que os géis tratados por mais tempo com ozônio, aliados à escolha adequada da temperatura de gelatinização e concentração de amido, apresentaram melhor resolução e maior printabilidade em comparação aos géis de amido sem tratamento.

Ainda, Bittencourt *et al.* (2023), em seu trabalho estudou o impacto de diferentes concentrações dos agentes gelificantes amido de mandioca nativo e amido modificado por tratamento térmico à seco (*Dry Heat Treatment - DHT*), e

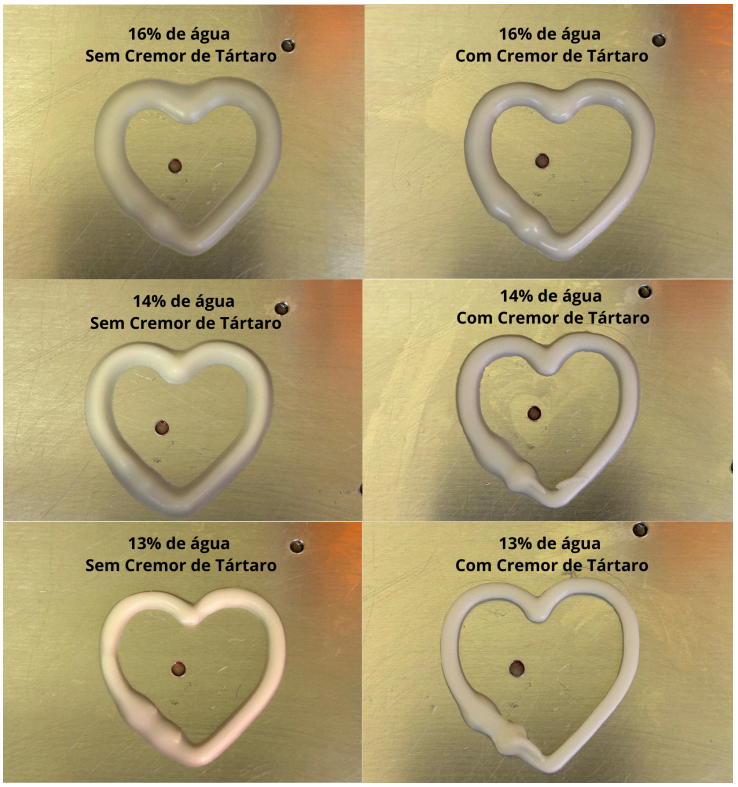
carragena (kc) no desenvolvimento de géis de leite para alimentação de pessoas com disfagia, os quais contribuíram na estrutura e textura do produto. Por isso, durante os testes de formulações do glacê real, buscou-se agentes secativos que pudessem auxiliar no acabamento da impressão.

O cremor de tártaro (bitartarato de potássio) é um ácido derivado de frutas ácidas, obtido como subproduto da produção de vinho (Canella-Rawls, 2020). Ele é um pó branco e inodoro, é utilizado como estabilizante e agente fermentador, geralmente em conjunto com fermento químicos e bicarbonato de sódio (Marine, 2025). Além disso, ele também mantém o produto macio, evitando cristais grandes de açúcar e tornando-o menos crocante (Canella-Rawls, 2020).

Logo, por se tratar de um aditivo que auxilia a controlar a cristalização do açúcar e a manter a superfície dos doces secos, ele foi adicionado às três formulações na concentração de 0,1% da massa total, conforme sugerido pelo fabricante.

Assim, em relação ao modelo com 0,5mm de altura com duas camadas, notou-se que esta substância auxiliou na redução da expansão pós impressão, melhorando a estrutura do desenho. Entretanto, ainda houve expansão e a segunda camada cedeu à medida que a primeira foi sendo depositada. Em relação ao modelo com 0,1 mm de altura com uma camada, na formulação de 16% ficou delicada com as bordas levemente espalhadas, as de 14 e 13%, notou-se que o cremor de tártaro gerou o mesmo efeito do modelo com 0,5 mm de altura, ou seja, ele estabilizou a tinta, fazendo com o que o acabamento ficasse mais liso e definido, entretanto, a costura aparente ainda é uma questão a ser aperfeiçoada (Figura 11).

Figura 11 - Formulações adicionadas de cremor de tártaro modelos 0,5 mm de altura.



Fonte: Autores, 2025.

Ainda, referente ao modelo de 0,5 mm utilizado, pode-se atribuir parte desse ponto de acúmulo ao fato de que neste usou-se a retração igual a dois, enquanto que no de 0,1 mm de altura, a retração utilizada foi de 0,1 mm, além do fato de que, quanto maior a altura, maior a quantidade de tinta depositada (Figura 12).

Figura 12- Formulações adicionadas de cremor de tártaro modelos 0,1 mm de altura.

Fonte: Autores, 2025.

Assim, com os parâmetros devidamente ajustados, tornou-se possível a impressão 3D de glacê real nos biscoitos, conferindo-lhes um caráter personalizado (Figura 13).

Figura 13- Impressão 3D de glacê real para personalização de biscoito com a escrita ‘UFMS’.

Fonte: Autores, 2025.

CONCLUSÃO

A impressão 3D de alimentos surge como uma tecnologia inovadora que possibilita a criação de produtos alimentícios personalizados em formato, composição e aparência. Através da técnica de extrusão por deslocamento positivo, é possível adaptar o glacê real devido a suas propriedades reológicas favoráveis à impressão.

Diante dos resultados obtidos, foi possível verificar que a combinação adequada dos parâmetros de impressão influencia significativamente na qualidade final dos modelos produzidos. A formulação contendo 13% de água em 10 gramas de glacê, associada à adição de 0,1% de cremor de tártaro, apresentou o melhor desempenho. Essa combinação resultou em um material com secagem rápida, maior estrutura e estabilidade, além de minimizar significativamente a expansão do modelo após a impressão.

A escolha da posição de costura do tipo *random* demonstrou ser a mais eficaz na reprodução fiel do modelo complexo e a do tipo *aligned* para o modelo simples. Ressalta-se, ainda, que esse parâmetro pode ter impacto

ampliado em modelos mais altos, nos quais a costura se torna mais evidente, sendo mais necessário sua utilização.

A velocidade de impressão de 40% mostrou-se a mais apropriada, proporcionando maior controle durante a deposição do material e resultando em formas mais precisas e bem definidas. Quanto à altura de camada, verificou-se que a configuração de 0,1 mm foi a mais adequada para a aplicação específica em personalização de biscoitos, pois conferiu melhor acabamento superficial e evitou o excesso de relevo, desnecessário neste contexto. A utilização de uma única camada de 0,1 mm também contribuiu para reduzir a deformação da estrutura após a impressão, causada pelo próprio peso do material ainda fresco.

A configuração da distância de retração, fixada em 1 mm, revelou-se eficiente tanto para prevenir a extrusão indesejada de material quanto para evitar a formação de fios soltos (‘teias’), proporcionando maior nitidez ao desenho e favorecendo a conclusão do modelo sem arrasto de material.

Por fim, destaca-se que, embora os resultados obtidos tenham sido satisfatórios, ainda há desafios a serem superados, sobretudo no que tange a ajustes nos parâmetros dos softwares de fatiamento voltados especificamente para melhorar o acabamento do ponto de costura do modelo impresso que ainda ficou com um leve acúmulo. Tais avanços podem contribuir significativamente para otimizar o acabamento das peças e assegurar uma maior fidelidade ao modelo digital, promovendo, assim, a consolidação desta tecnologia no campo da alimentação personalizada e decorativa.

REFERÊNCIAS

3D BIOTECNOLOGIA SOLUTIONS. **Genesis ™.** Disponível em: http://www.3dbiotechnologiessolutions.com/genesis/#:~:text=A%20bioimpressora%20Genesis%E2%84%A2%20%C3%A9,novas%20formula%C3%A7%C3%B5es%20cosm%C3%A9ticas%20ou%20drogas

BITENCOURT, B. S. *et al.* **Mineral bioaccessibility in 3D printed gels based on milk/starch/ff-carrageenan for dysphagic people**. *Food Research International*, v. 170, p. 113010, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113010

BROCK, J. *et al.* **Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais.** Food Science and Technology, v. 28, p. 564-570, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cta/a/WzXC6vyQwhZtngpdLLRQH3K/?format=html

CANELLA-RAWLS, S. **Biscoitos, cookies & pequenas mordidas**. Editora Senac São Paulo, 2020. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=uw8CEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT16&dq=Bitartarato+de+pot%C3%A1ssio+confeitaria&ots=NUr18ZslBu&sig=3PQSTMXrx-PNDVrI9Q1rWjUVusI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

DORDEVIĆ, D. *et al.* **Development Of Lentil Flour-Enriched Chocolate Matrices For 3d Printing: Impact On Bioactivity, Rheology, And Texture.** Food Bioprocess Technol 18, 4843–4857 (2025). DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-025-03747-3

ENDRES, C. M. *et al.* **Uso da impressão 3D na personalização de chocolates adicionados de fibra de bambu.** Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial - ISSN - 1983-1838, [S. l.], v. 15, n. 1, 2022. DOI: https://doi.org/10.18624/etech.v15i1.1196

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **De volta ao básico: Uma tendência de consumo em alimentos e bebidas no Brasil.** 2019. Disponivel em : https://www.euromonitor.com/article/de-volta-ao-basico-uma-tendencia-de-consumo-em-alimentos-e-bebidas-no-brasil

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Euromonitor International Revela As Principais Tendências Globais De Consumo Para 2024.** 2023. Disponivel em : https://www.euromonitor.com/press/press-releases/nov-2023/euromonitor-international-revela-as-principais-tend%C3%AAncias-globais-de-consumo-para-2024

EXAME. **Máquina da Oreo faz bolachas 3D personalizadas**. São Paulo, 6 mar. 2014. Disponível em: https://exame.com/marketing/maquina-da-oreo-faz-bolachas-3d-personalizadas/

FEDDERN, V.; FERNANDES, A. M.; SANDI, A. J. **Produtos congelados e prontos para o
consumo: uma nova tendência alimentar.** Avicultura Industrial, Itu, ed. 1311, ano 112, n.
7, p. 20 - 25, 2021. Disponível em:
https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228214/1/final9740.pdf

FILAMENT2PRINT. Que é a retração em impressão 3D? Definição e ajustes. 2018. Disponível em: https://filament2print.com/pt/blog/retrazao-impressao-3d?

FORNASIER, M. de O.; KNEBEL, N.; VIERO DA SILVA, F. **Impressão 3d: Oportunidades, Riscos E Regulação.** Revista Paradigma, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 192–217, 2021. Disponível em:https://revistas.unaerp.br/paradigma/article/view/1954

GONÇALVES, A. C. M. N. **Tendências de mercado de panificação: inovações recentes.** 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2025. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/5245

LASMAR, C. C.; SILVA, D. S. da. **Estudo de caso em duas empresas da Região Metropolitana de Belo Horizonte sobre a aplicabilidade da impressão 3D.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022. Disponível em:
https://www.eng-materiais.bh.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/189/2022/09/2022-1_TCC-II_CarolinaCLasmar-DanielaSSilva_VersaoFinal.pdf

LOURENÇO, M. *et al*. **3D food printing: A review of history, functionality and challenges in product development.** Research, Society and Development, *[S. l.]*, v. 14, n. 1, p. e1714147902, 2025. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v14i1.47902

MAIA, L. F. A. **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE IMPRESSÃO 3D NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO PETG UTILIZANDO MÉTODO DE TAGUCHI.** 2023. Universidade Federal Do Ceará Campus De Russas. Disponível em:
https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/75198/1/2023_tcc_lmaia.pdfa.pdf

MALAGHINI, C. M. E. *et al.* **Impressão 3D de alimentos: utilização de farinha de inseto como fonte alternativa de proteínas em produtos de cereais.** In: AVANÇOS EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - VOLUME 6. 1. ed. São Carlos: Editora Scientífica, 2022. p. 236-263. Disponível em: https://www.editoracientifica.com.br/books/chapter/220207572

MANIGLIA, B. C. *et al*. **Hydrogels based on ozonated cassava starch: Effect of ozone processing and gelatinization conditions on enhancing 3D-printing applications**. International Journal of Biological Macromolecules, ISNN 0141 - 8130, v.138, p. 1087 - 1097, 2019. DOI:

https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.124. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813019335329)

MARINE, M. **Bases de confeitaria**. Editora Senac São Paulo, 2025. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=GQtXEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=Bitartarato+de+pot%C3%A1ssio+confeitaria&ots=rnUrF6CGz4&sig=nx6geeTBUwMYDqiPLvugvB9kQ3w&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

MIX INGREDIENTES. **Glacê Real.** Disponível em: https://mixingredientes.com/produto/glace-real

PEREIRA, T.; BARROSO, S.; Gil, M.M. **Food Texture Design by 3D Printing: A Review.** *Foods* 2021, *10*, 320. DOI: https://doi.org/10.3390/foods10020320

PRAKASH, S. *et al.* **Fundamentals of 3D food printing and applications.** 1. ed. [S.l.]: Elsevier, 2019. p. 333–350. DOI: 10.1016/B978-0-12-814564-7.00013-4

PRUSA3D. **Seam position**. Disponível em: https://help.prusa3d.com/article/seam-position_151069?utm_source=chatgpt.com.

REZENDE, M. F. **Avaliação de possíveis ingredientes fontes de proteínas para impressão 3D de alimentos.** 2024. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024. DOI: http://orcid.org/0009-0004-9807-8777

SILVA, A. B. F. da. **Plano de marketing para empresa de confeitaria personalizada.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/129805

SUN, J. *et al*. **An Overview of 3D Printing Technologies for Food Fabrication**. Food Bioprocess Technol 8, 1605–1615, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-015-1528-6

SLIC3R. **Fighting ooze**. Disponível em: https://manual.slic3r.org/expert-mode/fighting-ooze?utm_source=chatgpt.com.