

CRITÉRIOS DE MODELAGEM DE PEÇAS E MINIATURAS PARA IMPRESSÃO FDM

CRITERIA FOR MODELING PARTS AND MINIATURES FOR FDM PRINTING

LYRA, Gabriel; Doutor; Universidade de Brasília

gabrielyra@gmail.com

PAREDES, Miguel Eduardo Gutierrez; Doutor; Universidade de Brasília

miguel.gutierrez@unb.br

PASMADJIAN, Felipe Rodrigues; Graduando; Universidade de Brasília

feliperpasmadjian@gmail.com

Resumo

Este artigo tem como objetivo compilar e disseminar boas práticas de modelagem para impressão 3D por FDM. A pesquisa trata da disseminação da impressão 3D e seu impacto em nichos como jogos de tabuleiro e modelismo. A metodologia inclui uma revisão bibliográfica e a elaboração de um framework para auxiliar na produção e verificação de modelos 3D voltados para FDM. Os resultados mostram que a adoção de critérios específicos na etapa de modelagem melhora a qualidade de peças impressas em FDM. Conclui-se que a disseminação dessas práticas pode beneficiar usuários comuns, modeladores, produtoras e distribuidoras de jogos de tabuleiro e de videogames.

Palavras Chave: Impressão 3D, Fused Deposition Modeling (FDM), Modelagem 3D, Miniaturas

Abstract

This article aims to compile and disseminate best practices for 3D modeling for FDM printing. The research addresses the spread of 3D printing and its impact on niches such as board games and modeling. The methodology includes a literature review and the development of a framework to assist in the production and verification of 3D models geared towards FDM. The results show that adopting specific criteria in the modeling stage improves the quality of parts printed in FDM. It concludes that disseminating these practices can benefit common users, modelers, producers, and distributors of board games and video games.

Keywords: 3D Printing, Fused Deposition Modeling (FDM), 3D Modeling, Miniatures.

1 Introdução

Nos últimos anos, os processos de fabricação digital por impressão 3D tornaram-se mais conhecidos, menos complexos e com custos mais acessíveis para o público geral, quebrando o anterior monopólio da indústria produtiva. Isso impulsionou o processo de manufatura aditiva e sua popularização, aumentando o uso doméstico e permitindo que comunidades ofereçam serviços para casos mais específicos de modelagem e criação de produtos personalizados. Plataformas de compartilhamento e venda digital de modelos para impressão, como *Printables*, *Thingiverse* e *Cults 3D*, oferecem modelos e cursos para a operação destas impressoras.

Esta mudança de cenário beneficiou nichos específicos, como os de projeto e venda de jogos de tabuleiro, RPGs, *wargames* e modelismo. Estas atividades dependiam muito de produtos importados e caros, além de envolverem situações onde baixa tiragem ou falhas logísticas poderiam impedir a conclusão de um projeto comercializado em etapas. Isso se tornava um obstáculo para estes nichos. Atualmente, é possível encontrar nas plataformas digitais modelos voltados para usuários experientes ou para iniciantes, gratuitos ou com preços variados. Também surgem fornecedores locais, equipados com máquinas de manufatura aditiva, que podem fazer e vender tais peças.

Apesar disso, percebe-se que boa parte dos modelos de miniaturas disponíveis foram feitos considerando impressão 3D do tipo Estereolitografia (SLA), um processo que exige máquinas específicas que usam resinas para fabricação e oferecem mais detalhes para peças pequenas. Apesar destas vantagens, impressoras SLA geram resíduos tóxicos e são mais perigosas de manusear que a alternativa mais comum e barata para impressão 3D, a Modelagem por Deposição Fundida (FDM), que utiliza filamentos de plástico aquecidos. Os modelos digitais geralmente têm formas extenuantes para impressoras de filamento, gerando resultados finais indesejáveis como superfícies com acabamento irregular, em casos triviais, ou mesmo objetos impossíveis de serem impressos, dada sua complexidade.

Em que pesem as relações entre modelagem e impressão FDM, julgamos útil compilar, complementar e disseminar critérios de modelagem que facilitem a impressão de objetos. Entendemos que a divulgação de boas práticas de modelagem cria uma maior capilaridade para modelos que apresentarão bons resultados quando impressos. E, para além disso, percebemos que a adoção destes critérios no campo dos jogos digitais pode contribuir para mobilizar ou consolidar uma base de usuários interessados em possuir ou produzir miniaturas. Sendo assim, um processo de modelagem que considere a impressão em filamento e, com isso, os critérios que levam a uma boa qualidade de acabamento neste meio, pode oferecer mais opções de modelos e aumentar o público, alcançando tanto modelador quanto vendedores de peças impressas e usuários que possuam suas próprias impressoras.

Para atingir o objetivo de levantar e compartilhar estes critérios, foi realizada uma pesquisa exploratória, a partir da qual se levantou um grupo de autores-chave para tratar do tema, articulado em dois eixos: boas práticas de impressão FDM e boas práticas de modelagem 3D. Uma vez que a pesquisa bibliográfica foi concluída, notou-se a existência de lacunas, endereçadas e compartilhadas neste texto. A partir deste esforço, desenhou-se um fluxo de trabalho ou *framework* que auxilia os processos de produção, verificação e mesmo redesign de modelos 3D voltados à impressão FDM.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Modelismo, jogos de RPG e escalas

O interesse por modelismo vai além de jogos geralmente associados a miniaturas. Meriläinen et al. (2022, tradução nossa) definem a atividade de *Miniaturing* como:

[...] formad[a] por um núcleo duplo de atividades organizadas ao redor de artesanato (pintura e modificações) e jogo, apesar de *storytelling*, colecionar, socializar e apreciar também estarem presentes. (Meriläinen et al., 2011, p.83).

Sua popularidade se relaciona à de outras atividades que introduziram a ideia de miniaturas para representar cenários e personagens reais, históricos ou fictícios. Maquetes e dioramas, por exemplo, criam cenários realistas em escalas reduzidas para fins industriais, artísticos ou educativos. *Wargames* utilizam miniaturas de personagens para representarem tropas de soldados a serem posicionadas em um campo de batalha para simular combate, recriando momentos históricos ou encenando eventos fictícios. A partir destes surgiu a inspiração para os jogos de RPG, que substituíram os exércitos por representações dos personagens, criando uma conexão entre a história narrada e o espaço material (Tresca, 2011, p.47).

Esta representação acontece em diferentes escalas, dependendo do cenário e objeto representado. Cenários que envolvem naves, aviões ou veículos costumam usar uma escala de redução maior para poupar espaço e facilitar conversões. Objetos de ferromodelismo usam de escalas entre 1:160 e 1:48. Já personagens para jogos de RPG costumam usar uma escala relativa “absoluta”, onde o modelador cria as miniaturas dentro de um tamanho pré-estabelecido, como 30 mm, mas que pode ser mapeado para a escala de um humano de uma certa altura, como na escala 1:56, na qual uma pessoa de 1,80 m seria representada com altura de 32 mm.

Apesar da sua ligação com outras atividades, o modelismo se desenvolve independente de uma finalidade prática, como jogos ou maquetes. Um entusiasta pode se interessar simplesmente pelo processo de montagem, alteração e pintura de seus modelos, nunca os utilizando em contexto de jogo. Pode, ainda, combinar modelos de diferentes fabricantes ou até criar seus próprios modelos. Tresca (2011, p.55) indica que a atividade de customização e pintura de figuras serve também para demonstrar as habilidades artísticas do praticante.

No entanto, quanto mais dependente das peças, mais cara a atividade se torna. *Wargames* que dependem de dezenas de unidades em jogo, como do cenário *Warhammer*, alcançam preços exorbitantes se adquiridos por meio de conjuntos oficiais, principalmente em países com poucas ou nenhuma loja oficial. Comparativamente, os jogos de RPG conseguiram se difundir mais facilmente por não dependerem de miniaturas, sendo papel e caneta suficientes para criar as representações usadas em jogo, o que se consolidou em uma forma mais simples e comum de se jogar.

Com a maior popularização da impressão 3D e com a criação de comunidades de compartilhamento de modelos na internet, fãs perceberam a oportunidade de modelar suas próprias peças e compartilhar com outros entusiastas, permitindo que quem tiver acesso a uma impressora 3D, por meio de espaços *maker*, universidades, empresas prestadoras de serviço de impressão ou possuir equipamento próprio, também possa imprimir ou criar seu próprio jogo e conjuntos de miniaturas.

2.2 Impressão 3D de miniaturas

O acesso a impressoras 3D facilita o desenvolvimento e distribuição de jogos de tabuleiro e sistemas de RPG pela internet. Desenvolvedores como *Ill Gotten Games* e *Fat Dragon Games* lançam regularmente jogos e suplementos online, disponibilizando regras e arquivos para impressão,

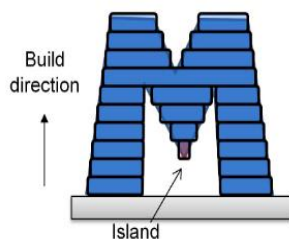
ganhando independência de parques industriais ou rede logística de distribuição. O site *Hero Forge* permite criar miniaturas de personagens de RPG customizadas, com opção de encomendar o modelo físico ou comprar o arquivo digital para impressão.

Victor Araújo de Paula (2021) e José Francisco Ferrari Filho (2022) publicaram trabalhos sobre modelagem para impressão 3D. O primeiro seguiu o processo de criação de personagens e testou modelos em sistemas de impressão SLA e FDM, enquanto o segundo adaptou o processo de modelagem para jogos digitais de Alessandro Lima e Heli Meurer (2011) para impressão SLA. Ambos os processos ainda partem da transição da escultura digital para a impressão, o que pode não resultar em modelos ideais para impressoras FDM. Isso se dá porque tanto as técnicas de escultura digital quanto os softwares de modelagem permitem adicionar detalhes que desaparecerão na escala reduzida do modelo, exigindo impressoras de alta resolução, como SLA, e tornando os modelos inviáveis para impressoras FDM.

2.3 Requisitos de modelagem para impressão FDM

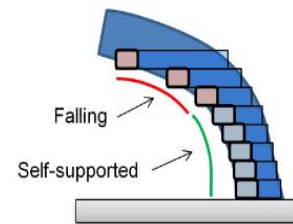
Considerar as características de modelos 3D que facilitam ou dificultam o processo de impressão FDM durante o processo de modelagem pode levar a resultados com maior nível de acabamento e mais próximos ao modelo desejado, como indicaram Livesu et al. (2017). Estes autores listam problemas que são geralmente encontrados no processo de impressão e nas diversas características que são buscadas quando se imprime um modelo 3D. Dependendo de seu propósito e de como atingi-lo, os autores indicam que, “em muitos casos, a mudança no próprio projeto faria uma grande diferença em termos de Manufatura Aditiva” (Livesu et al., 2017, p.20). O principal ponto para peças deste caso seria a “fidelidade”, que pode ser perdida por causa de deformações na peça ou pela incapacidade do sistema de impressão em capturar e realizar os detalhes presentes no modelo.

Figura 1 - Ilustração explicativa de ilhas em impressão 3D



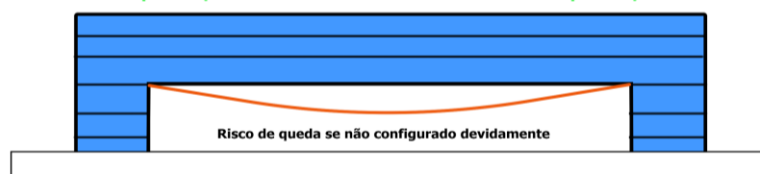
Fonte: Livesu et al., 2017

Figura 2 - Ilustração de overhangs de impressão 3D



Fonte: Livesu et al., 2017

Figura 3 - Ilustração de pontes de impressão 3D



Fonte: Autoria própria

Situações comuns – como *overhangs*, ilhas e pontes –, se não forem consideradas, podem causar deformações na superfície com maior frequência. Chamamos (i) ilhas ao que acontece

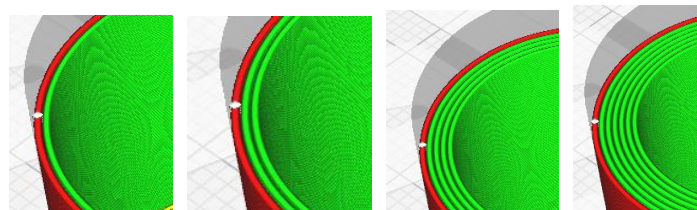
quando, ao chegar em uma certa camada do processo de impressão, o bico da extrusora não teria contato com nenhuma outra parte já impressa da peça ou com a mesa de impressão, efetivamente imprimindo aquela parte no ar (Figura 1). (ii) *Overhangs* são partes que se estendem em ângulo oblíquo ao eixo vertical de impressão. Quanto mais oblíquo for o ângulo, menor será o apoio que sustenta este volume (Figura 2), aumentando as chances de queda do filamento derretido. (iii) Pontes se referem a superfícies suspensas, que estão conectadas em dois ou mais pontos de suas extremidades. Com parte destas superfícies está suspensa no ar, incorre-se no risco de deformação das mesmas, sendo necessários testes de temperatura e resfriamento para que o filamento não caia durante a passagem (Figura 3).

Falhas nesses pontos são geralmente evitadas aplicando estruturas extras, chamadas “suportes”: colunas de filamento de baixa espessura e resistência, destinadas a sustentar temporária a superfície durante sua impressão e à posterior remoção. Embora esse recurso permita contornar problemas de ilha, *overhang* e ponte, as superfícies diretamente acima dos suportes sofrem perda de qualidade pois estes, quando removidos, deixarão imperfeições. Quanto menos suporte uma impressão precisar, melhor será o acabamento, com a peça idealmente sendo impressa sem suporte algum (Livesu et al, 2017).

Além disso, para poder imprimir o projeto em uma impressora FDM, o modelador deve se atentar ao diâmetro de extrusão da máquina. As impressoras Ender-3 da fabricante *Creativity*, por padrão, utilizam bicos com abertura de 0.4 mm, podendo ser trocados por tamanhos menores (como 0.3 e 0.2 mm) ou maiores (como 0.6 ou 0.8 mm). Isso determina o diâmetro mínimo de filamento que a impressora irá depositar. Modelos que tenham detalhes menores que esta abertura dificilmente resultaram em uma impressão consistente.

Em sua documentação, a fabricante de impressoras *Prusa* recomenda que o tamanho mínimo das impressões em FDM seja composto com pelo menos 1 perímetro, mas recomenda-se 2 perímetros para evitar fragilidade. Perímetros se referem às paredes externas do modelo, que podem ser finas ou grossas, dependendo da quantidade de camadas de perímetro que forem configuradas na impressora e das dimensões do modelo (Figura 4). A espessura de cada perímetro está relacionada ao tamanho do bico da impressora, então uma impressora de bico com abertura de 0.4 mm imprime um perímetro de aproximadamente 0.4 milímetros de espessura. Assim, se o modelo tiver uma parte na qual a espessura for de 0.1mm, essa parte não será impressa adequadamente.

Figura 4 - Variação do perímetro interno.



Da esquerda para a direita: A) dois perímetros. B) três perímetros. C) cinco perímetros. D) sete perímetros.

Fonte: Autoria própria

2.4 Processo de modelagem, adaptações e validador

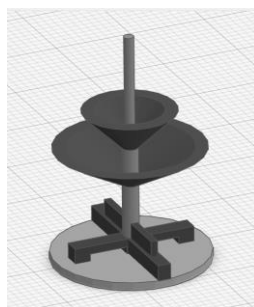
Caio Vassão define metadesign como iniciativas “que possam operar a transposição de princípios do projeto de contexto a outro, e que possam superar as diferenças entre casos específicos em função de uma operação genérica” (Vassão, 2010). O procedimento original de Lima

e Meurer (2011) se destina a conceituação e modelagem de personagens para jogos digitais, sugerindo sua aplicação também para prototipagem rápida, e consiste em três etapas principais e algumas subdivisões: (i) Estratégia; (ii) Pré-Produção, subdividida em (ii.a) escopo e (ii.b) esqueleto; e (iii) Produção, subdividida em (iii.a) pré-estética, (iii.b) estética e (iii.c) experimento. As duas primeiras etapas lidam com a parte conceitual e criativa do processo, permanecendo praticamente inalteradas. O foco das adaptações do *framework* proposto se concentra principalmente nas etapas de (ii.b) esqueleto, (iii.a) pré-estética, (iii.b) estética e (iii.c) experimento, momentos em que propomos incorporar considerações sobre o equipamento de saída, avaliando seu alinhamento com as recomendações propostas em Livesu et. al. (2017). Esta árvore de critérios, detalhada a seguir, será chamada de Critérios de Livesu:

- *Checar e adaptar geometria para fabricação:* limitar ângulos oblíquos a 60°, preferindo de 45° ou menos para evitar *overhangs*.
- *Criar estruturas de suporte:* utilizar partes do próprio modelo ou incluir elementos de cena para apoiar partes que estariam de outra forma suspensas no ar, para evitar Ilhas.
- *Direção de impressão:* pontos com *overhang* extremo ou ilhas que não podem ser reposicionados para se enquadrar nos critérios anteriores podem ser considerados como pontos onde a peça deve ser separada em duas para reposicionamento, sendo unidas após a impressão.
- *Checagem da espessura:* evitar pontos onde a espessura ficaria menor que um perímetro de impressão, preferindo dois perímetros.
- *Adaptação para fatiador:* criar modelos com malha sem faces desconectadas, redundantes, internas ou com furos na malha, para que sejam lidos corretamente pelo programa de fatiamento.

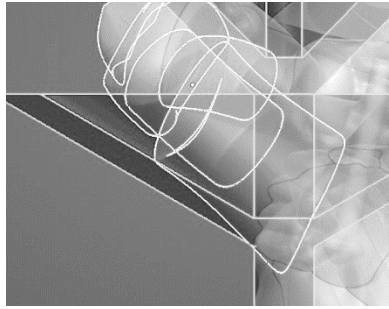
Para facilitar a verificação destes critérios diretamente no software de modelagem criamos um validador, um modelo STL que incorpora os Critérios de Livesu. Sendo um arquivo em formato .OBJ, modelado com precisão em um programa CAD, essa ferramenta pode servir de referência para comparar as medidas durante o processo de modelagem, bastando que seja importada para o arquivo do projetista. O validador conta com (i) base de 20 mm de diâmetro para identificar ilhas; (ii) medidores de bases de largura 1,6 mm e 0,8 mm para identificar paredes com menos de dois e um perímetro respectivamente; (iii) hastes cilíndricas de 1,2 mm e 2 mm de diâmetro para identificar pontos de fragilidade e hastes finas demais para impressão; (iv) altura total de 30 mm de referência para altura de miniatura; e (v) cones com ângulos de 45° e 60°, usados para verificar limites de *overhang*.

Figura 5 –Validador de dimensões



Fonte: Autoria própria

Figura 6 – Aplicação do validador de dimensões



Fonte: Autoria própria

Para utilizá-lo, o validador é importado diretamente no arquivo. O Critério de Livesu adequado é posicionado junto à área a ser avaliada do objeto. Por exemplo, se o objetivo é conferir o ângulo de *overhang*, um dos cones é posicionado onde inicia o ângulo da peça. Se não passar da parede externa do cone, o ângulo está dentro dos parâmetros recomendados.

3 Framework de criação

O *framework* a seguir permite incorporar pontos de avaliação, buscando garantir uma impressão em FDM que atenda às boas práticas do campo (Figura 7, abaixo). Para permitir melhor compreensão do processo, detalhamos as etapas de produção:

Estratégia: trata do planejamento geral e lida com as características gerais do projeto. Contempla a ideação inicial do objeto a ser modelado, seu contexto e referências iniciais (Lima e Meurer, 2011). Neste tipo de aplicação para impressão 3D, deve-se considerar que o produto final seja uma peça física representativa do modelo a ser projetado ao invés de um personagem digital, como no processo original. Desde esta etapa, a árvore de Critérios de Livesu deve ser considerada.

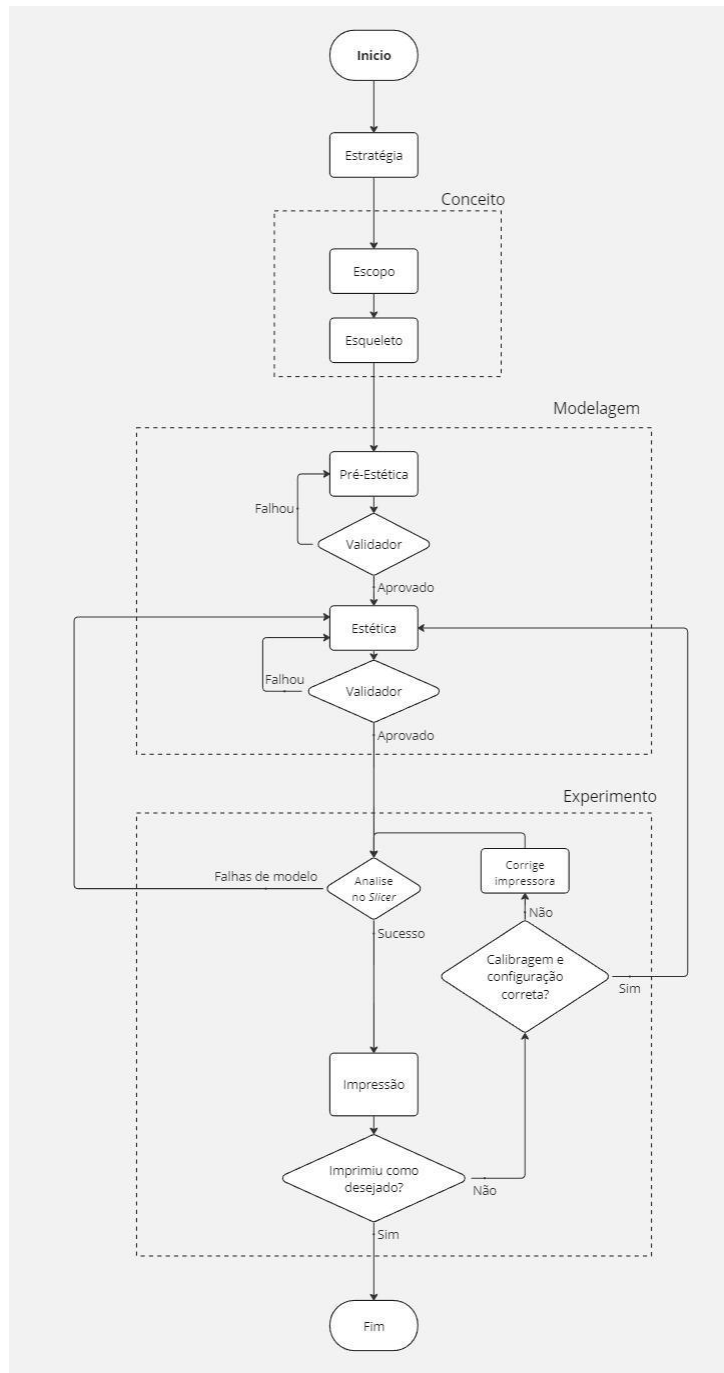
Escopo: inicia a parte conceitual para o planejamento e forma do modelo. Contempla a organização de referências visuais mais diretas, relacionadas ao objeto, visando auxiliar as etapas seguintes, garantindo sua coesão e orientando a criação do modelo (Lima e Meurer, 2011). A etapa abriga referências, alternativas visuais, esboços e material para guiar a construção da aparência final.

Esqueleto: desenvolve os esboços e conclui na criação da referência para ser modelada. Concentra-se na criação do modelo através da proposição da arte conceitual (Lima e Meurer 2011). Por se tratar de um projeto em que a forma modelada se tornará a forma impressa, constituindo um modelo estático, esta etapa deve incluir também considerações de silhueta, poses, expressões e cenários, organizados para fortalecer as respostas estéticas. Assim, o objetivo desta etapa, além de finalizar o conceito do modelo, é buscar por silhuetas distintas dos modelos, adotar formas e poses que minimizem a possibilidade de erros de impressão e identificar previamente onde serão possíveis pontos de separação, caso não seja possível imprimir toda a miniatura numa única peça.

Pré-estética: envolve o primeiro esforço de modelagem tridimensional em baixa fidelidade (*low-poly*) usando softwares como Blender ou Zbrush. Na estrutura de Lima e Meurer (2011), esta etapa inclui mapeamento – definição de superfícies com diferentes texturas – e retopologia – construção de modelos de baixa contagem poligonal para recuperar detalhes do modelo esculpido. O objetivo é construir as formas iniciais do modelo, validando parâmetros e contemplando a estrutura planejada em baixa-fidelidade. As dimensões finais do modelo são definidas para estimar

os tamanhos da impressão final e identificar volumes pequenos demais para impressão FDM. Com o validador, analisar ângulos, espessuras e dimensões da peça, ajustando problemas potenciais antes de avançar para a próxima etapa.

Figura 7 – Framework de produção



Fonte: Autoria própria

Estética: refina e detalha o modelo anterior para maior fidelidade. Em Lima e Meurer (2011), essa fase inclui revestimento, ossos, pele e animação, usando ferramentas do software para aplicar efeitos de profundidade sem distorcer a malha. Nesta pesquisa, estes critérios são substituídos pelo detalhamento e acabamento das formas primárias, modeladas anteriormente. Ao contrário da

modelagem digital, todos os detalhes necessários devem ser modelados na malha do objeto. Detalhes secundários, como rostos, mãos, painéis de relevo, dentes e garras grandes devem ser inseridos, enquanto detalhes menores, como poros de pele ou pêlos são retirados. Detalhes como costuras de roupa ou texturas são exagerados para permitir sua impressão. Partes identificadas para impressão separada são conferidas uma a uma, garantindo que as malhas estejam limpas e vedadas (*watertight*). Com o validador, verificar se as estruturas estão de acordo com as indicações de impressão FDM, adaptando-as se necessário.

Experimento: utiliza o modelo exportado da fase anterior em formato .STL ou .OBJ para inseri-lo em um programa de fatiamento, testando a impressão FDM. Em Lima e Meurer (2011), testes do modelo são realizados no motor de jogo. Aqui, o modelo é avaliado para impressão, verificando erros de malha e se a geometria é completamente imprimível. O arquivo em formato GCODE é testado em uma impressora FDM, observando problemas como descolamento da mesa, impressões no ar, quebra da peça ou impressão incompleta. Se houver falhas devido a calibração ou configuração do fatiador, o teste é repetido com novas configurações. Problemas no modelo, como partes finas demais, devolvem o projeto à fase estética para ajustes. A última verificação avalia o acabamento da superfície impressa, observando irregularidades causadas por angulação, largura ou temperatura.

4 Implementação

A seguir está registrada a aplicação deste *framework* a três projetos distintos, permitindo a avaliação de sua efetividade:

4.1 Personagem Humano

Para o teste, foi escolhido Adalbert Steiner (Figura 8), do jogo eletrônico de RPG Final Fantasy IX desenvolvido e publicado pela SquareSoft, um personagem de forma humana. Sendo uma propriedade intelectual já existente, foi selecionado para evitar temas relativos aos métodos de criação de personagens, discussão alheia ao escopo deste trabalho. Foi selecionado para demonstrar a modelagem da forma humana, incluindo considerações sobre roupas e poses que caracterizariam o personagem.

Figura 8 - Capitão Adalbert Steiner - personagem de Final Fantasy IX



Fonte: SquareSoft, 2000

4.1.1 Estratégia

Foi definida a escala 1:56 (também conhecida como 28mm), onde a altura dos olhos de um humano de 1,70 metros equivale a altura aproximada de 28mm na miniatura. Esta escala é comumente usada em miniaturas para jogos de RPG como *Dungeons & Dragons* e jogos de tabuleiro como *Warhammer 40k*, e o tamanho final permite analisar o nível de reprodução do modelo e o detalhamento que a impressão em FDM é capaz de entregar.

4.1.2 Escopo

Nesta etapa, referências relacionadas à aparência física do personagem foram recolhidas em um quadro para guiar a construção da pose, identificar os elementos principais da aparência do personagem e como caracterizá-lo na modelagem 3D (Figura 9).

Figura 9 - Referências visuais do personagem

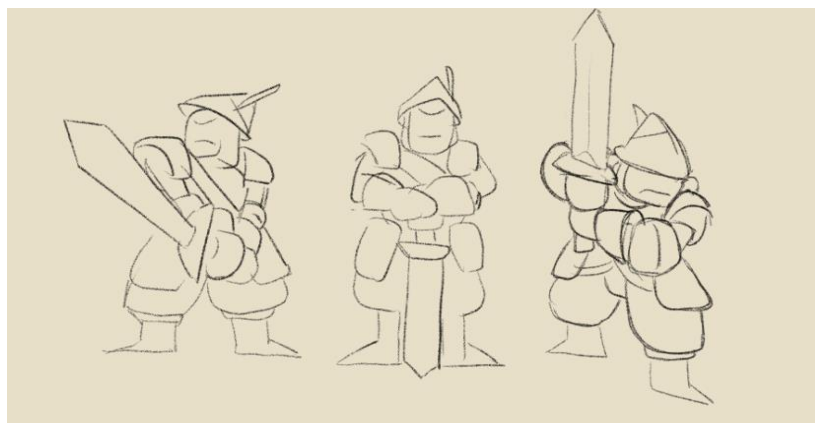


Fonte: Compilação do autor.

4.1.3 Esqueleto

Como a Arte Conceitual do personagem já existe, nesta etapa consideramos diferentes poses que possam não só passar características de personalidade, mas que também facilitem a impressão em FDM.

Figura 10 - Desenhos de poses para a modelagem



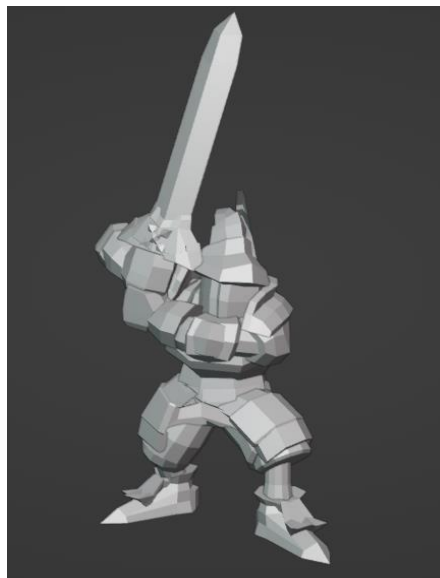
Fonte: autoria própria

Assim, foram feitos três esboços de poses diferentes, tendo em mente os Critérios de Livesu (Figura 10). Optamos pela terceira pose, inspirada na animação de ataque do personagem dentro do jogo, por ser dinâmica e manter a angulação do braço e da espada próximas aos limites, assim como pela posição das pernas, que criam uma base estável para impressão.

4.1.4 Pré-Estética

Com a parte conceitual finalizada, o processo avança para a modelagem no software Blender. Esta etapa, parte do processo de modelagem, foca em construir as formas principais do modelo e da pose do personagem, inicialmente seguindo as referências da arte conceitual para definir proporção e dimensões dos membros do corpo e da espada e depois reposicionando-os para a pose desenhada na etapa anterior (Figura 11).

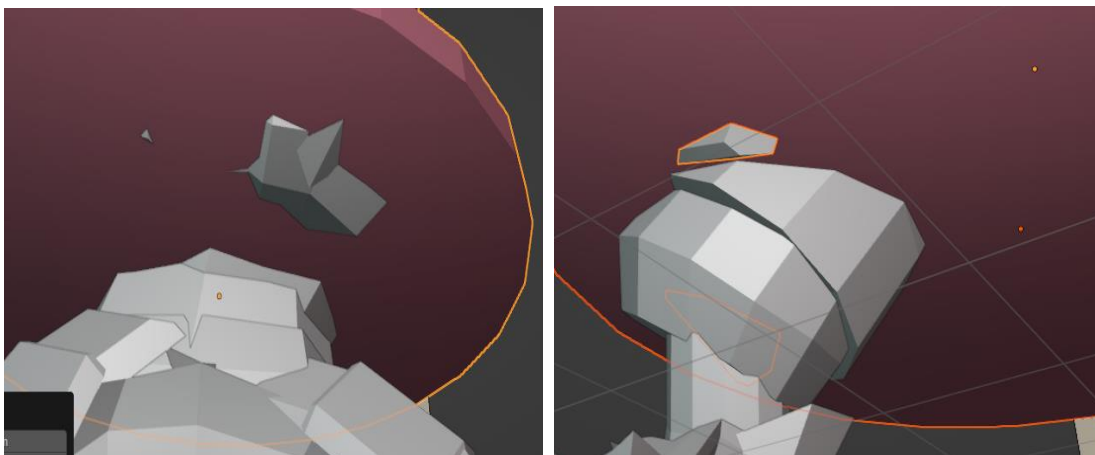
Figura 11 - Modelagem em baixa definição (*low-poly*) do personagem

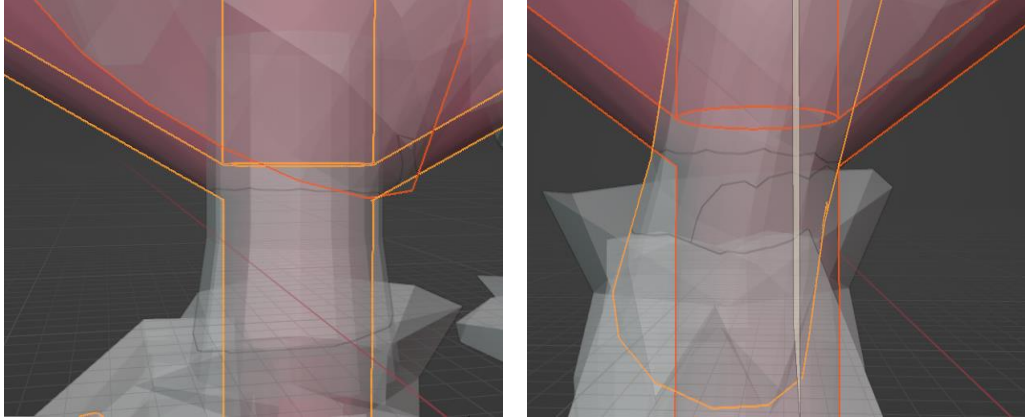


Fonte: autoria própria

Após a modelagem, o validador foi aplicado em áreas que poderiam apresentar problemas de impressão, considerando as recomendações da seção 3.3.1, tais como Ilhas de impressão, espessura e angulação das pernas e calças (Figura 12).

Figura 12 - Identificação de ilhas de impressão e angulação usando o validador





Da esquerda para a direita, de cima para baixo:

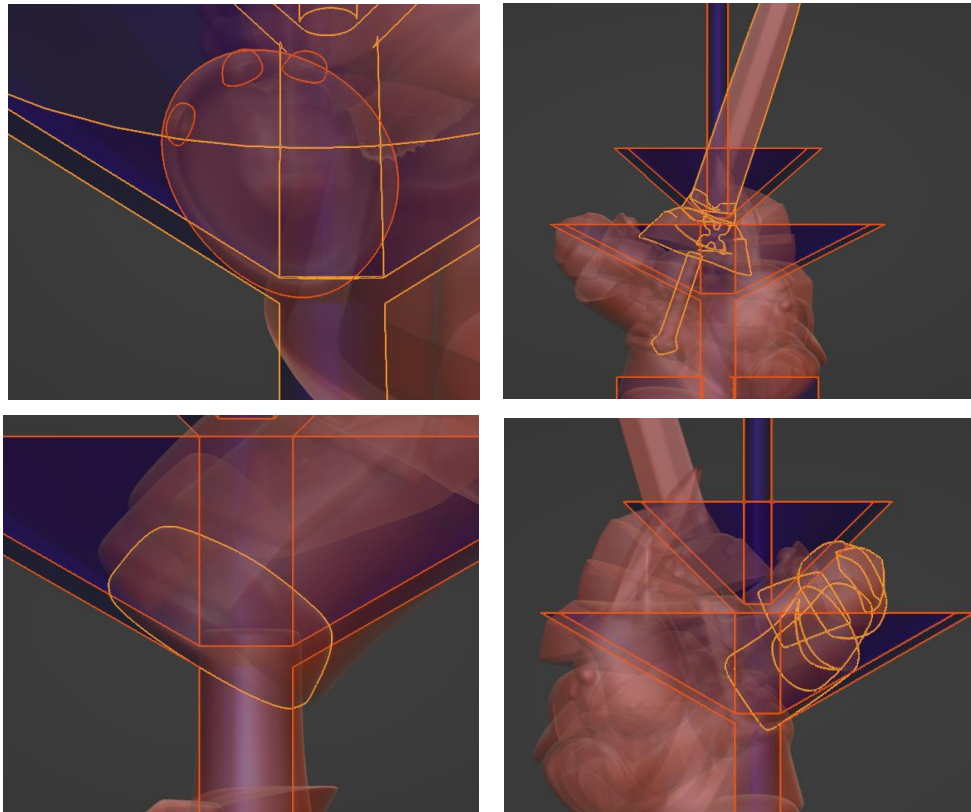
- A) Identificação de ilha no braço. B) Identificação de ilha nas pernas.
 C) verificação da espessura do calcanhar adequada. D) angulação do calcanhar adequada.

Fonte: autoria própria

4.1.5 Estética

Nesta etapa, as superfícies foram suavizadas e detalhes da armadura, mãos, rosto e espada foram acrescentados. A validação foi refeita, demandando ajustes nos braços e cotovelo para ficarem dentro do ângulo máximo (Figura 13), resultando no modelo da Figura 14.

Figura 13 - Avaliação de ângulos através do validador.



Da esquerda para a direita, de cima para baixo:

- A) Verificação do ângulo do braço anterior. B) Verificação do ângulo da espada.
 C) Verificação do ângulo da perna. D) Verificação do ângulo do braço posterior.

Fonte: autoria própria

Depois de verificado, o modelo foi combinado e sua malha foi reestruturada para remover faces internas e deixá-la sem furos (*watertight*), para então exportá-lo em formato .STL para o fatiador *Cura*, na etapa seguinte.

Figura 14 - Resultado da etapa de estética

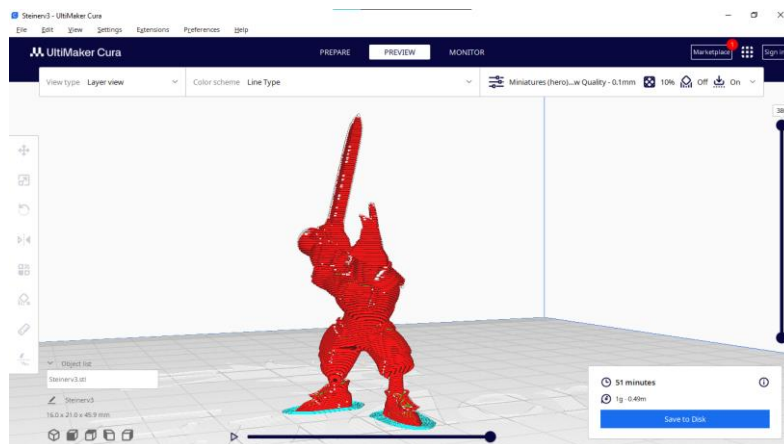


Fonte: autoria própria

4.1.6 Experimento

Em seguida, o modelo foi importado no software *Ultimaker Cura* (versão 5.4.0) para realizar o processo de fatiamento e converter o arquivo de formato STL em GCode (Figura 15).

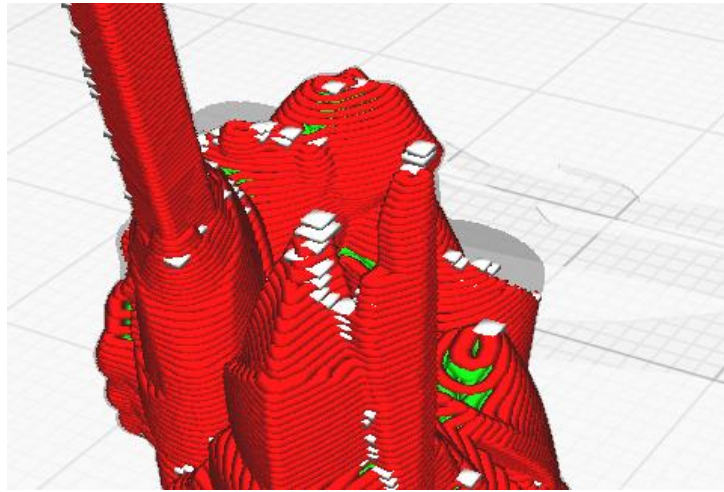
Figura 15 - Análise do modelo no fatiador Cura



Fonte: autoria própria

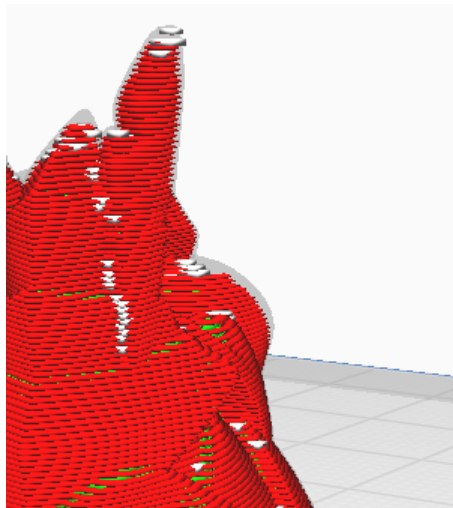
No software foram identificadas partes do modelo, como a manga da camisa, que não seriam completamente impressas por causa da espessura (Figura 16), demandando correção no Blender e nova avaliação no Cura antes da impressão (Figura 17).

Figura 16 - Partes incompletas do modelo



Fonte: autoria própria

Figura 17 - Partes do modelo após correção



Fonte: autoria própria

As impressoras utilizadas para os testes deste modelo foram uma Prusa MK3S com bico de tamanho 0.4mm e uma Creality Ender-3 também com bico 0.4mm. Essa escolha foi feita para avaliarmos eventuais diferenças que ocorreriam por características da máquina, da configuração do fatiador ou por causa do próprio modelo. Ambas impressoras receberam manutenção e testes de calibragem antes do início da impressão.

As configurações do perfil de fatiamento aplicadas no Cura no início do teste foram as seguintes:

- Layer height (Altura de camada): 0.12mm
- Line width (Largura de camada): 0.4mm
- Wall lines (Linhas de parede): 4
- Infill density (Densidade de preenchimento): 15%

- Infill pattern (Padrão de preenchimento): ZigZag
- Printing temp (Temperatura de impressão): 190°C
- Build plate temp (Temperatura da base de impressão): 60°C
- Print Speed (Velocidade de Impressão): 30mm/s
- Travel speed (Velocidade de deslocamento): 250mm/s
- Build plate adhesion (Adesão a base de impressão): Brim

A altura de camada reduzida permite que mais detalhes sejam aparentes e que a superfície tenha menos linhas de impressão visíveis, a parede externa mais espessa e o preenchimento dão mais resistência ao modelo impresso. O padrão de preenchimento em ZigZag confere mais uma parede interna conectada ao perímetro do preenchimento onde ela couber. A temperatura de impressão de 190°C está dentro da faixa recomendada para impressão em PLA pelo fabricante. A velocidade de impressão foi reduzida para 30 mm/s, dando mais tempo para as camadas resfriarem e aderirem melhor às anteriores, evitando deformação. A de velocidade de *travel* foi aumentada para diminuir a quantidade de filamento que vaza quando o bico precisa mover fora da peça para chegar em outro ponto. Por fim, a adesão à mesa de impressão foi configurada para Brim, reduzindo as chances de deslocamento da peça durante a impressão, já que a área de contato seria pequena.

Os primeiros três testes foram realizados na Prusa MK3S com filamentos PLA cinza e PLA branco da marca 3D fila e filamento PLA Preto da fabricante Cliever. Todos estavam abertos há mais de dois meses (Figura 18).

Figura 18 - Resultados impressos na Prusa MK3S de bico 0.4.



Fonte: autoria própria

Os testes seguintes foram realizados com um filamento novo PLA Branco da Cliever, que estava lacrado até o teste para eliminar a variação das condições de umidade e fragilidade do filamento antigo. Também foi realizado um teste na Ender-3 para identificar variações causadas pelo modelo da impressora (Figura 19).

Figura 19 - Resultados da Prusa MK3S de bico 0.4 (esquerda) e Ender 3 de Bico 0.4 com filamento novo (direita)



Fonte: autoria própria

Pelos detalhes do cinto e do braço ficarem mais deformados do que o esperado e a espada ter ficado menor do que o desejado, o modelo foi novamente editado no Blender, e ao conferir no validador, percebeu-se que certos pontos do braço passavam do ângulo de 60, contribuindo para a deformação. Foi então alterada levemente a posição dos braços, deixando os cotovelos mais altos e dando mais detalhamento ao cinto (Figura 20) e o teste foi repetido (Figura 21).

Figura 20 - Correção do modelo após experimento



Fonte: autoria própria

Figura 21 - Resultados do modelo 2 na Ender 3 de Bico 0.4



Da esquerda para a direita: A) Vista lateral da miniatura. B) Vista frontal da miniatura.

Fonte: autoria própria

Os testes seguintes foram realizados com configurações diferentes para diminuir a deformação causada na espada e melhorar o acabamento do overhang dos braços e da calça. Essas alterações foram referentes a:

- Posicionamento da peça para direcionar o ar da ventoinha. (Figura 22-A);
- Z-hop (levantar do bico da camada) quando retraindo o filamento (Figura 22-B);
- Tempo mínimo de camada para 7 segundos (Figura 22-C);
- Diminuir ainda mais a velocidade de impressão para 20 mm/s (Figura 22-D);
- Configurar Z-seam (Linha de junção Z) para shortest (mais curto) (Figura 22-E);

Figura 22 - Testes de impressão.



Da esquerda para a direita: A) Impressão com posicionamento corrigido. B) Impressão com o Z-hop habilitado. C) Impressão com tempo mínimo de camada reduzido para 7 segundos. D) Impressão com velocidade de impressão reduzida para 20mm/s. E) Impressão com Z-seam configurada para shortest.

Fonte: autoria própria

O teste da figura 22-E foi considerado como um nível aceitável de superfície, sem grandes deformações nos *overhangs*, *stringing* ou fragilidade.

Um último teste foi realizado na Prusa MK3S para comparar as diferenças causadas por impressoras diferentes (Figura 23) e com isso os experimentos e o processo de modelagem da figura humana foram finalizados.

Figura 23- Resultado da impressão.



Da esquerda para a direita: A) Vista frontal do resultado na Ender 3. B) Vista posterior do resultado da impressão na Ender 3. C) Vista frontal do resultado na Prusa MK3S. D) Vista posterior do resultado na Prusa MK3S.

Fonte: autoria própria.

A configuração final do perfil do Cura para o teste ficou:

- Layer Height (Altura de camada): 0.12mm
- Initial Layer Height (Altura de camada Inicial): 0.1mm
- Wall Line Count (Quantidade de linhas de parede): 2
- ZSeam Alignment (Alinhamento da linha de junção Z): Shortest
- Seam Corner preference (Preferência de cantos da linha de junção): Hide/Expose seam (Esconder/Expor linha de junção)
- Infill density (Densidade de preenchimento): 15%
- Infill Pattern (Padrão de preenchimento): Zig Zag
- Infill Before Walls (Preenchimento antes das paredes): On
- Printing Temperature (Temperatura de impressão): 190C
- Build Plate Temperature (Temperatura da base de impressão): 50C
- Flow (Fluxo): 83% (O valor depende da impressora)
- Print Speed (Velocidade de impressão): 20mm/s

- Travel Speed (Velocidade de deslocamento): 250mm/s
- Retract At Layer Change (Retrair ao mudar de camada): On
- Zhop When Retracted (Salto Z quando retraído): On
- Minimum Layer Time (Tempo mínimo de camada): 7s
- Build plate adhesion (Adesão a base de impressão): Brim

4.2 Veículo de ficção-científica

Para o veículo, foi escolhido a nave Vudu (Banshee, na versão em inglês) do jogo de computador *StarCraft 2: Wings of Liberty*, desenvolvido pela *Blizzard Entertainment* (Figura 24). Suas estruturas suspensas e formas angulares servem para demonstrar como aplicar o processo na modelagem de formas inorgânicas, duras e geométricas, exigindo mais atenção nos pontos de corte e angulação das paredes, já que possuem menos espaço para deformação do que formas orgânicas.

Figura 24 - Nave Vudu do jogo Starcraft 2



Fonte: Blizzard Entertainment, 2010

4.2.1 Estratégia

Para as dimensões, foi escolhido um tamanho de 30mm em escala absoluta, ou seja, o comprimento da ponta da cabine à ponta da cauda na miniatura terá comprimento de 30mm. Foi escolhida a escala absoluta por ser incerto o tamanho real do veículo original, assim como para poder imprimir detalhes em uma impressora de bico 0.4mm.

4.2.2 Escopo

Nesta etapa, assim como no modelo do Steiner, foram coletadas imagens de referência para ajudar na modelagem (Figura 25). Porém, por se tratar de um veículo, ele não possui tanta liberdade de movimento quanto um personagem humano, resultando em menos referências de poses ou expressões. Para complementar as referências, foram adicionados outros veículos do mundo real para conectar o veículo do cenário da ficção com seus análogos.

Figura 25 - Referências visuais da nave



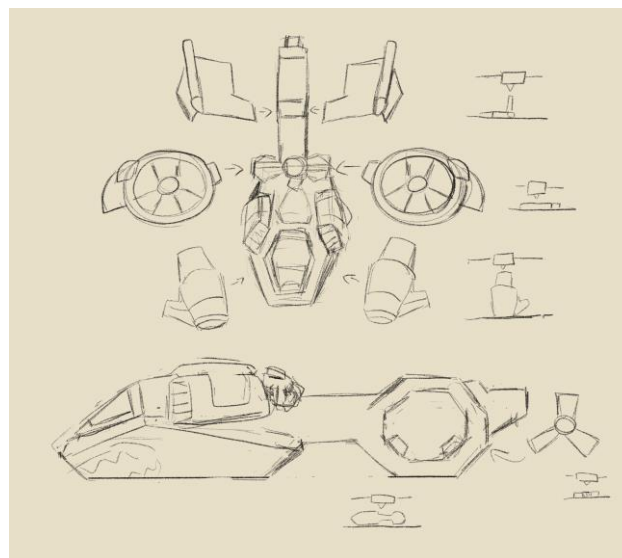
Fonte: Compilação do autor.

4.2.3 Esqueleto

Por ser composto de estruturas fixas, com considerável limitação de movimento quando comparado a um personagem humano ou criatura fantástica, para o esqueleto foi considerado focar na separação das peças e em como seriam conectadas após a impressão para compor o modelo final (Figura 26). Aqui, experiências prévias com modelismo e miniaturas tiveram contribuição.

Levou-se em consideração sua orientação em relação à base da impressora para facilitar a impressão sem perder qualidade ou dificultar a etapa de montagem. Por ser um modelo de 30mm de comprimento, encaixes seriam complicados de imprimir, devido ao pouco espaço para tolerância. Assim, decidimos que a montagem seria feita posteriormente, usando adesivo instantâneo.

Figura 26 - Desenhos para a modelagem

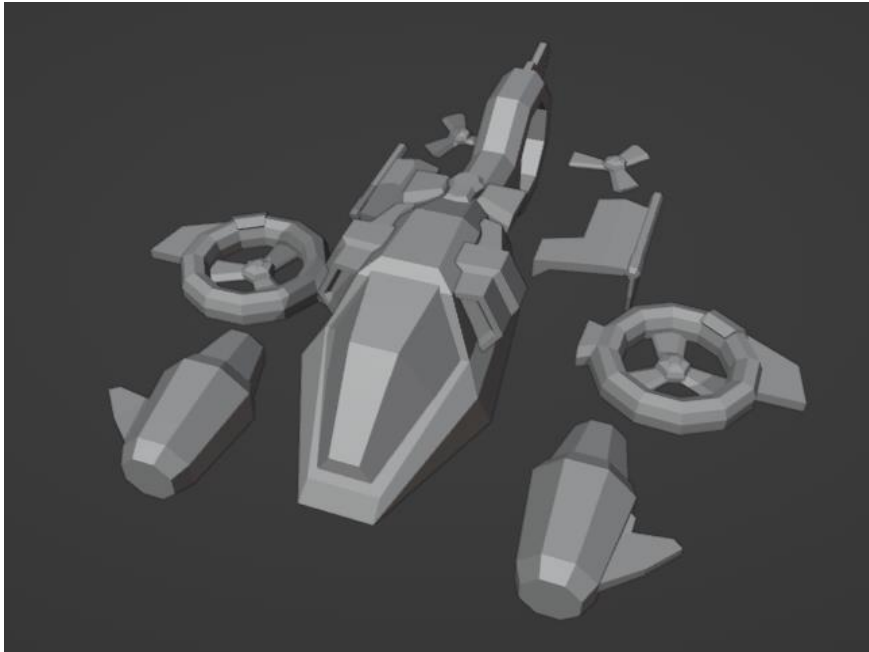


Fonte: autoria própria

4.2.4 Pré-Estética

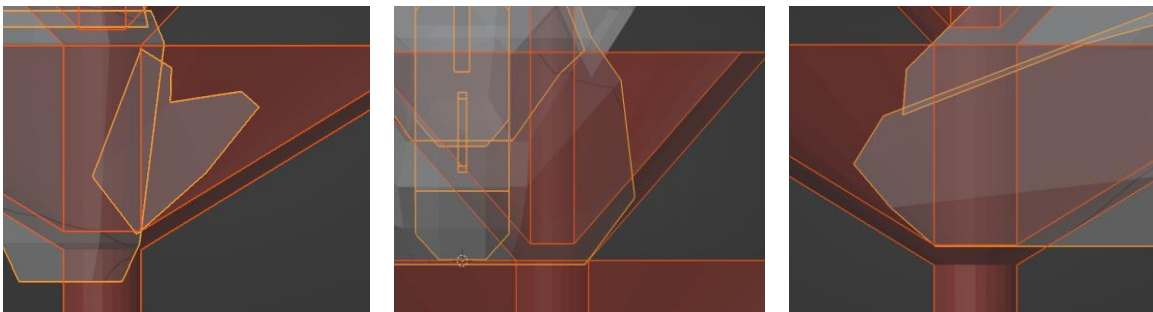
Procedemos com a modelagem individual de cada parte definida na etapa de Esqueleto, começando pelas formas básicas principais (Figura 27) e imediatamente estabelecendo os ângulos e distâncias recomendados para impressão (Figura 28), conferindo-os através do validador. Preferimos conferir antes de seguir para a próxima etapa e realizar a suavização e detalhamento da superfície.

Figura 27 - Modelagem *low poly* da nave



Fonte: autoria própria

Figura 28 - Conferência de ângulos com validador.



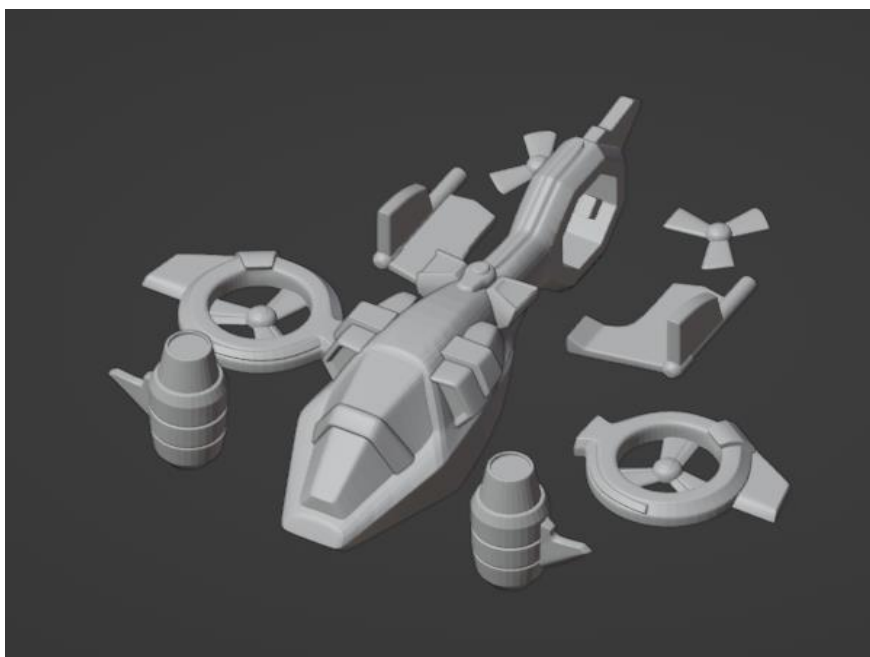
Da esquerda para a direita: A) Ângulo das turbinas. B) Ângulo da base. C) Ângulo da cabine.

Fonte: autoria própria

4.2.5 Estética

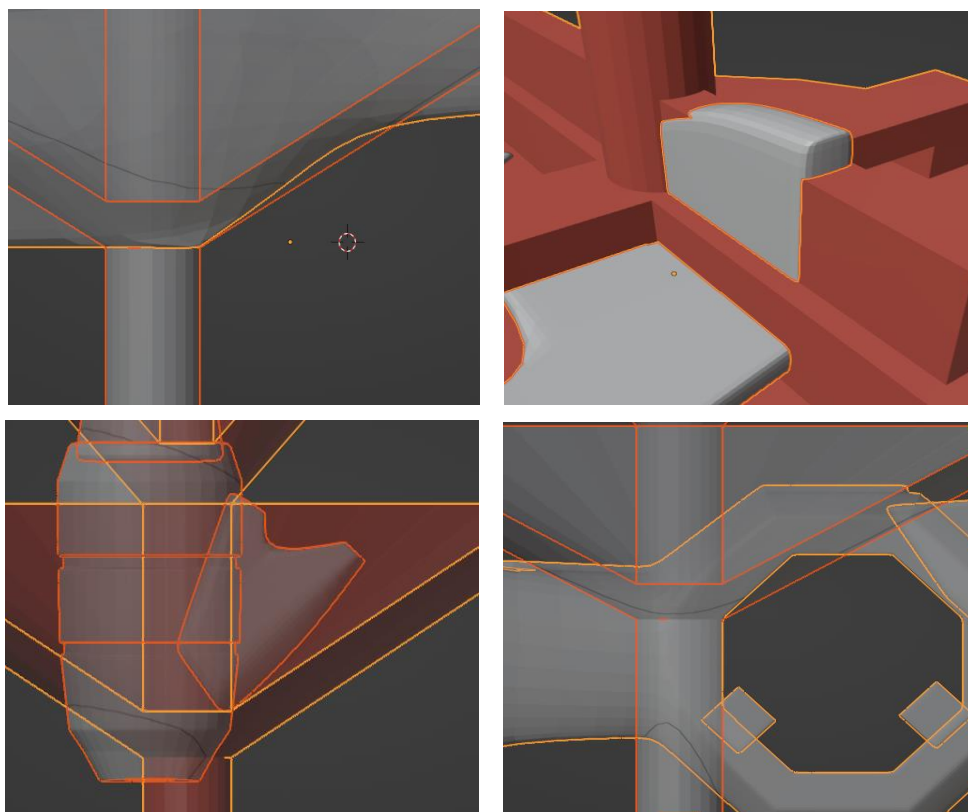
Esta etapa contemplou a suavização das superfícies e maior detalhamento das asas, cauda, turbinas e cabine (Figura 29). Também foram orientadas as peças para a posição em que estarão durante a impressão, de modo a melhor aplicar o validador nas espessuras e detectar ilhas (Figura 30).

Figura 29 - Resultado da etapa de estética



Fonte: autoria própria

Figura 30 - Avaliação da etapa através do validador.



Da esquerda para a direita, de cima para baixo:

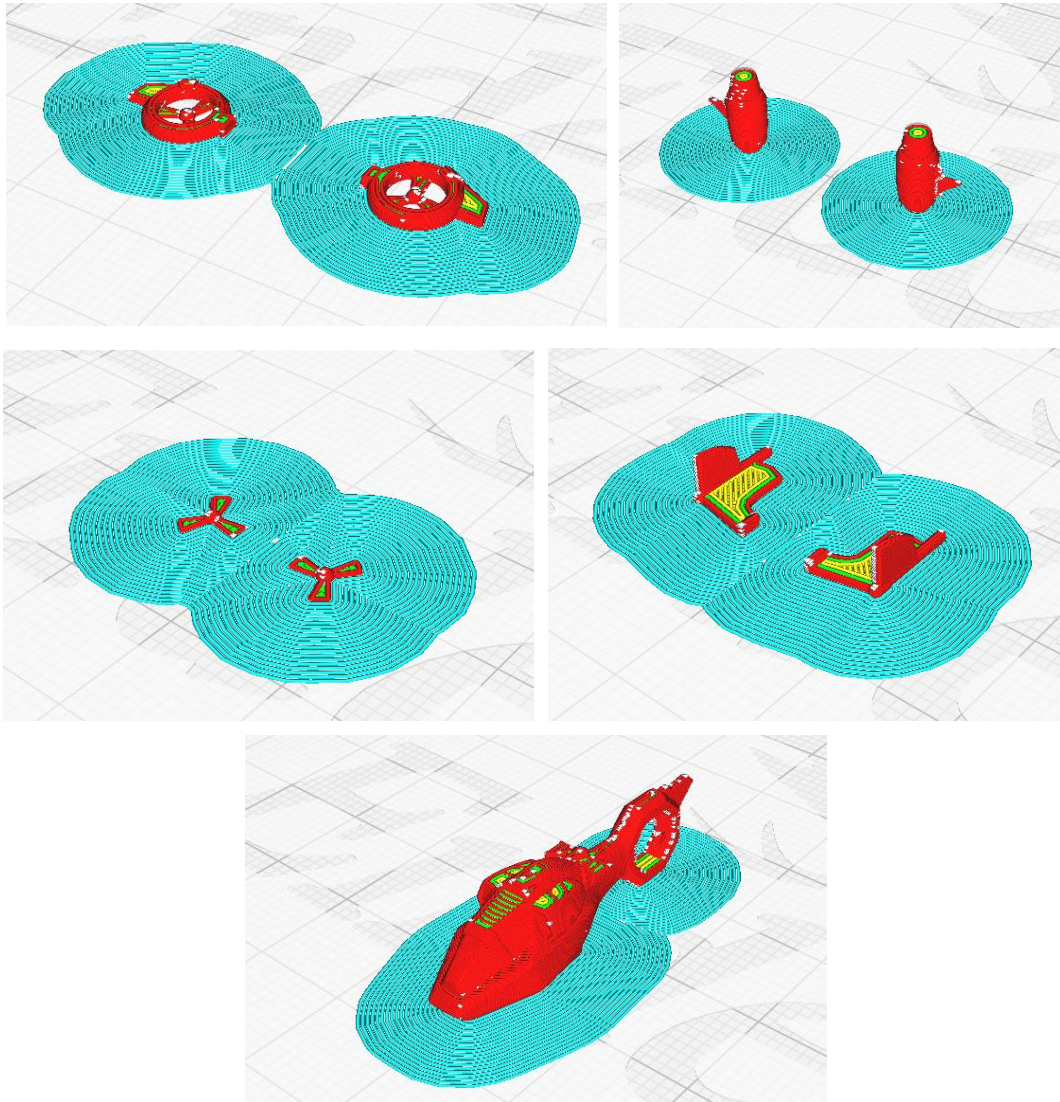
- A) Verificação do ângulo da conexão da base à cauda.
- B) Verificação da espessura das asas traseiras.
- C) Verificação do ângulo da turbina.
- D) Verificação do ângulo da abertura para hélice na cauda.

Fonte: autoria própria

4.2.6 Experimento

Para a etapa de experimento, foi decidido que cada parte e seus respectivos pares, como as asas, turbinas e hélice traseira, seriam impressos separadamente para poder controlar melhor o processo de impressão e avaliação dos resultados (Figura 31), podendo cancelar a impressão durante uma falha técnica sem afetar o teste da outra parte. As configurações usadas no Cura foram as mesmas utilizadas no último teste de impressão do modelo do personagem anterior.

Figura 31 - Fatiamento de cada parte separada para impressão.

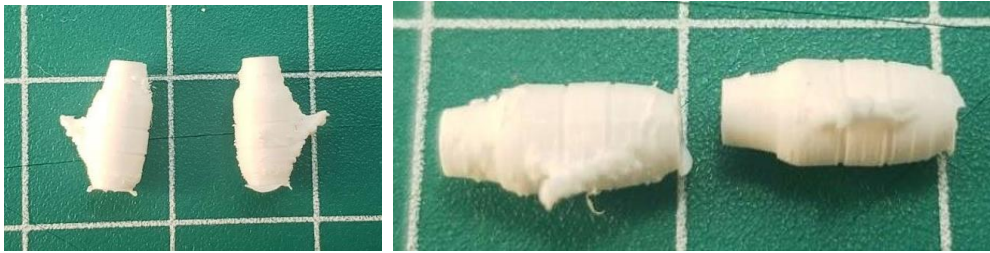


- Da esquerda para a direita, de cima para baixo:
 A) Fatiamento das hélices maiores B) Fatiamento das turbinas.
 C) Fatiamento das hélices traseiras. D) Fatiamento das asas traseiras.
 E) Fatiamento do corpo da nave.

Fonte: autoria própria

Na impressão das turbinas, percebeu-se que as abas laterais, apesar de terem sido completamente impressas, apresentaram uma certa deformação por conta da sua espessura, que possuía um único perímetro (Figura 32).

Figura 32 - Resultado da impressão das turbinas vista frontal e lateral



Da esquerda para a direita: A) Vista frontal da impressão. B) Vista lateral da impressão.
 Fonte: autoria própria

Também foi percebido que as hélices traseiras ficaram muito finas na impressão, quase com a mesma espessura da aba ao redor, as deixando frágeis e maleáveis demais (Figura 33).

Figura 33 - Resultado da impressão das hélices traseiras



Fonte: autoria própria

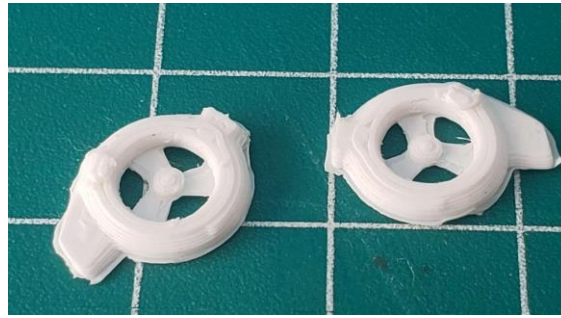
Os modelos da cauda e das asas foram impressos completamente e sem deformações significativas (Figura 34 e 35), não precisando retornar ao fatiador ou programa de modelagem para correções. O corpo da nave não foi impresso neste momento, reservando a possibilidade de aumentar a espessura da hélice traseira e de imprimi-la diretamente no corpo, com a angulação e espessura adequadas (Figura 36).

Figura 34 - Resultado da impressão das asas traseiras.



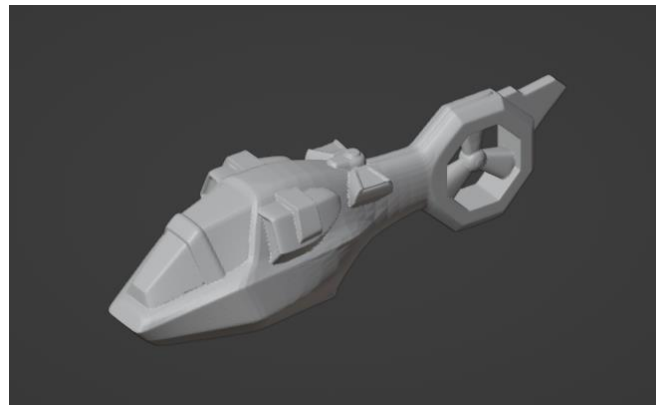
Fonte: autoria própria

Figura 35 - Resultado da impressão das hélices.



Fonte: autoria própria

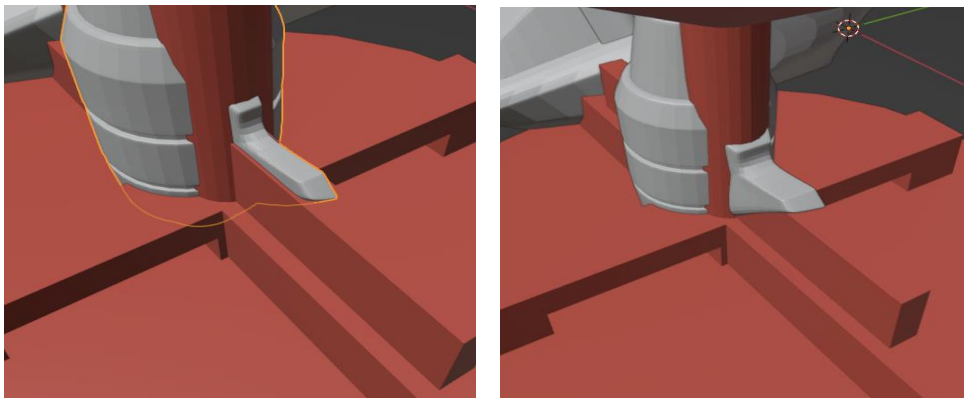
Figura 36 - Junção de hélice e corpo em um só objeto.



Fonte: autoria própria

Ao conferir as dimensões da turbina novamente, identificou-se que a espessura estava levemente menor que o mínimo recomendado (Figura 37-A), alteração ocorrida possivelmente durante a suavização das superfícies. Elas foram então corrigidas para passar do tamanho mínimo (Figura 37-B).

Figura 37 - Correção da espessura da asa da turbina verificando com validador.

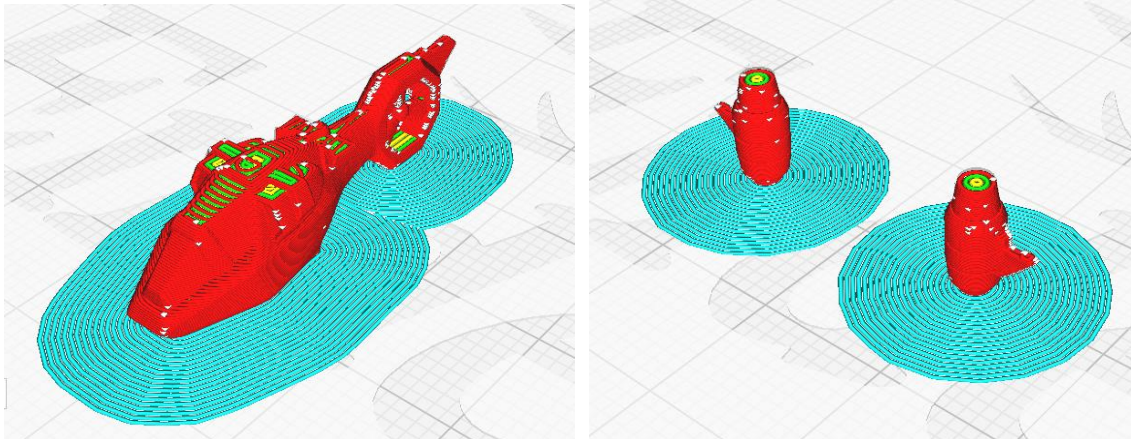


Da esquerda para a direita: A) Verificação da espessura. B) Espessura corrigida.

Fonte: autoria própria

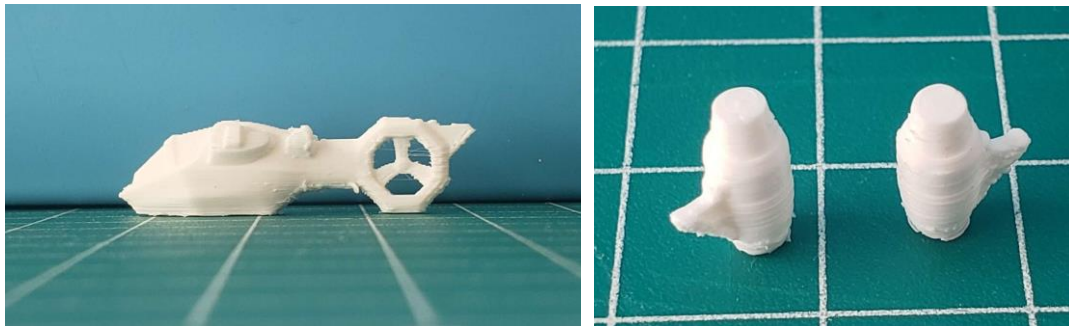
As versões novas do corpo e das turbinas foram então fatiadas no Cura e enviadas para impressão (Figuras 38 e 39).

Figura 38 - Fatiamento das partes ajustadas.



Da esquerda para a direita: A) Fatiamento do corpo da nave B) Fatiamento das turbinas.
 Fonte: autoria própria

Figura 39 - Resultado da impressão das partes ajustadas.



Da esquerda para a direita: A) Impressão do corpo da nave. B) Impressão das turbinas da nave.
 Fonte: autoria própria

Após a impressão, não houve necessidade de refazer os modelos ou alterar as configurações destas peças. Todas as partes aprovadas foram fixadas com cola instantânea (Figura 40) e o processo foi encerrado.

Figura 40 - Resultado da montagem das peças impressas

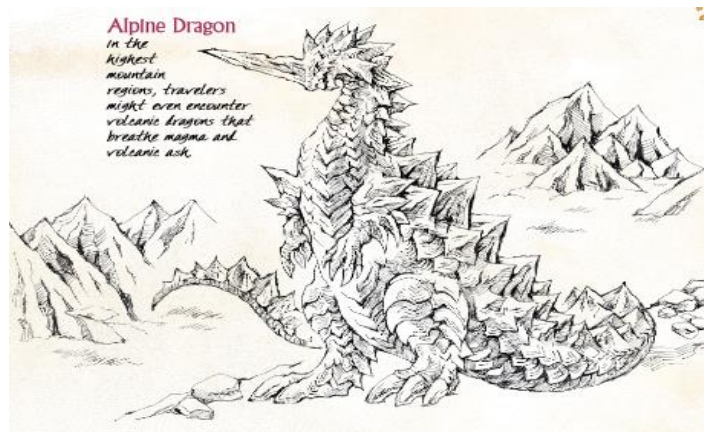


Fonte: autoria própria

4.3 Criatura de cenário de fantasia

Para a criatura de um cenário fantasia, foi escolhido o Dragão-dos-Alpes do jogo de RPG de mesa *Ryuutama: Um RPG de Fantasia Natural* (Figura 41). O formato dos espinhos e chifres destacam a aplicação dos ângulos de impressão e espessuras de paredes durante o processo de modelagem.

Figura 41 - Dragão-dos-alpes



Fonte: Ryuutama (2024)

4.3.1 Estratégia

Para as dimensões, foi escolhido um tamanho de 30mm em escala absoluta novamente, por ser incerto o tamanho original da criatura e para manter, como no caso anterior, dimensões suficientes para imprimir certos detalhes em uma impressora de bico 0.4mm.

4.3.2 Escopo

Como o jogo de origem deste modelo não possui referências visuais além da sua ilustração, a coleta de referências incluiu a arte oficial e outras fontes visuais que possuem elementos similares, como fotos de cadeias de montanhas, répteis e outras criaturas fictícias com silhuetas similares, como Zorah Magdaros, do videogame *Monster Hunter: World* e o *Godzilla* (Figura 42).

Figura 42 - Referências visuais da criatura



Fonte: Compilação do autor.

4.3.3 Esqueleto

As ideias da pose para a miniatura posicionam os espinhos, a cabeça e os braços de maneira que permitam a miniatura de ser impressa inteiramente, sem precisar de cortes. No primeiro esboço (Figura 43-A), o queixo se apoia na curva do pescoço, mantendo os ângulos máximos para impressão de *overhangs*. O segundo esboço explora a ideia de angular a cabeça para cima com a boca aberta, incorporando elementos da pose do Godzilla (Figura 43-B). A primeira pose foi escolhida para o modelo final, por retratar melhor a característica mais neutra da arte original, a segunda opção sendo considerada agressiva demais para o contexto do jogo de onde se origina.

Figura 43- Ilustrações para orientação da modelagem da criatura



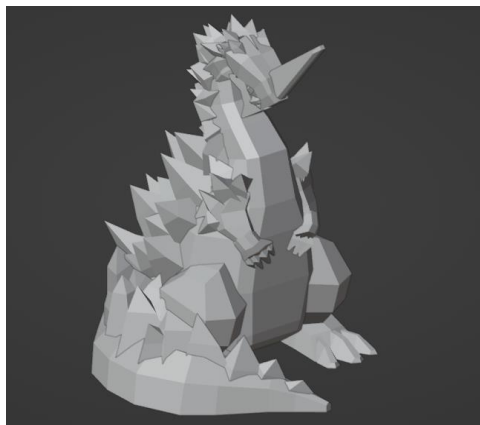
Da esquerda para a direita: A) Pose com cabeça abaixada. B) Pose com cabeça levantada.

Fonte: autoria própria

4.3.4 Pré-Estética

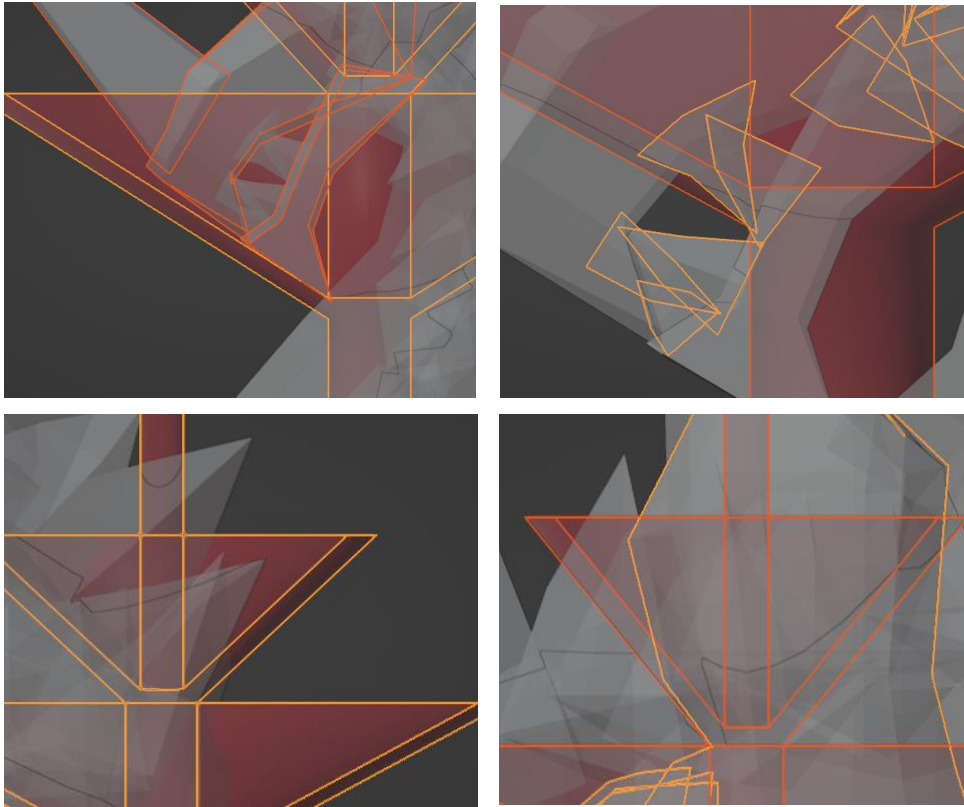
A forma básica do modelo foi produzida no Blender (Figura 44), com atenção em construir os dentes, pernas e morros nas costas do dragão com ângulos dentro do limite de 60 graus para imprimir sem suportes, sendo conferidos pelo validador (Figura 45).

Figura 44 - Modelagem em baixa definição (Low poly) da criatura



Fonte: autoria própria

Figuras 45 - Avaliação de ângulos através do validador.



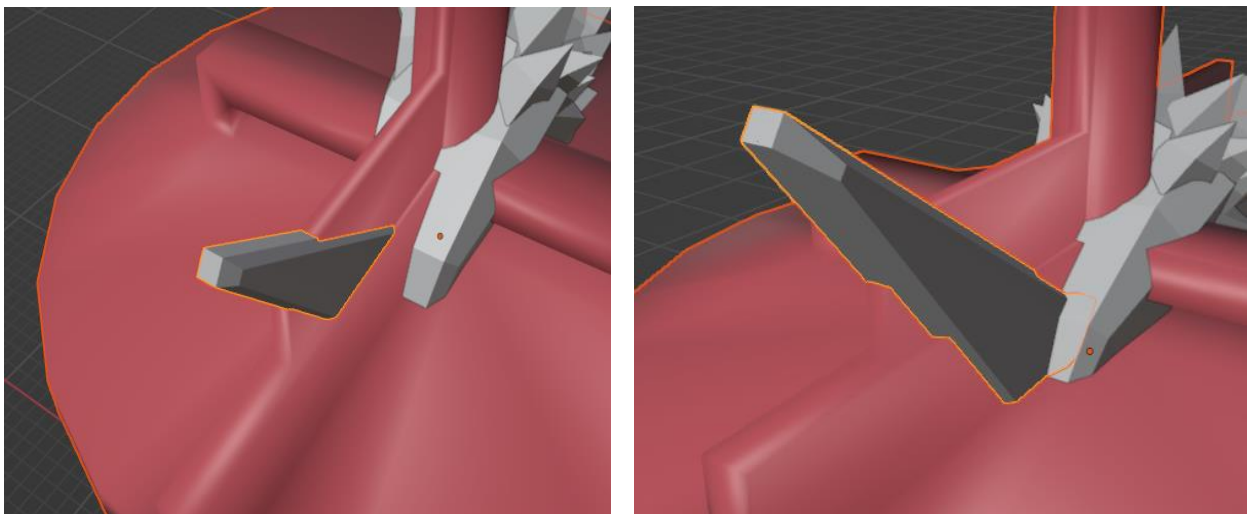
Da esquerda para a direita, de cima para baixo:

- A) Verificação do ângulo do queixo com o pescoço.
- B) Verificação do ângulo dos dentes.
- C) Verificação do ângulo dos espinhos.
- D) Verificação do ângulo das pernas.

Fonte: autoria própria

Depois de ajustados e validados os ângulos, foi conferida a espessura do chifre e costas e constatou-se que a espessura estava menor do que a indicada pelo validador (Figura 46-A), sendo corrigidas e finalizando a etapa de pré-estética (46-B).

Figura 46 - Verificação e correção da espessura do chifre



Da esquerda para a direita: A) Verificação da espessura. B) Espessura corrigida.

Fonte: autoria própria

4.3.5 Estética

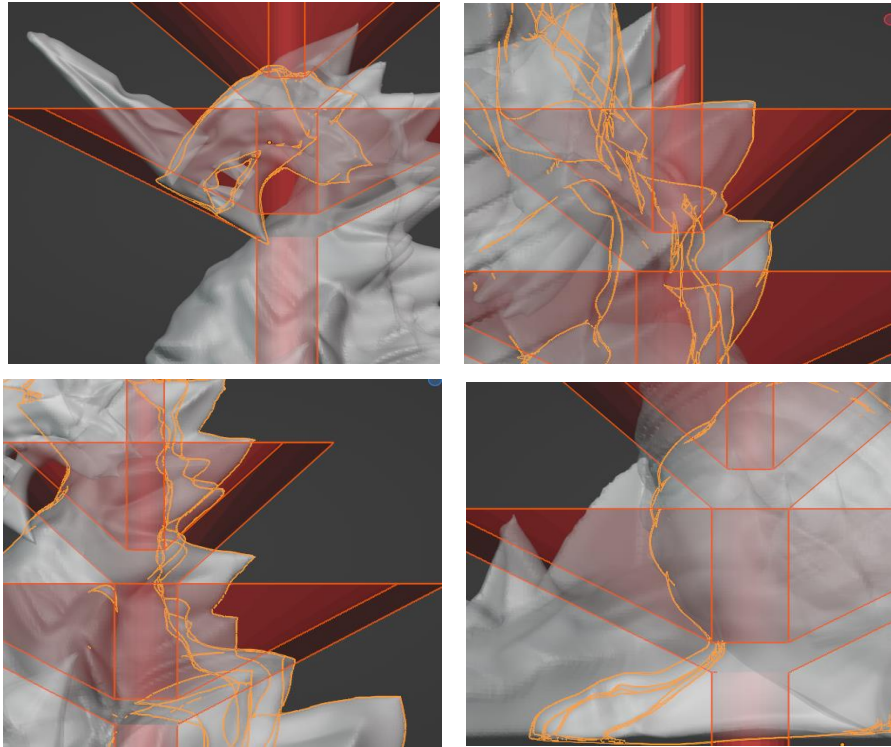
Uma vez validadas as formas básicas, a malha foi combinada para poder acrescentar os detalhes das rochas nas costas, o relevo do chifre e rosto e as escamas da barriga e pernas (Figura 47). O validador foi então aplicado para conferir se os ângulos da cabeça e chifre, das rochas das costas na vista frontal e lateral e nas escamas do corpo e pernas seguiam atendendo aos critérios de impressão (Figura 48). Com isso, o modelo foi exportado em .STL e encaminhado para a próxima etapa, no fatiador.

Figura 47 - Modelagem da criatura depois da etapa de estética.



Fonte: autoria própria

Figura 48 - Avaliação de ângulos através do validador.



Da esquerda para a direita, de cima para baixo:

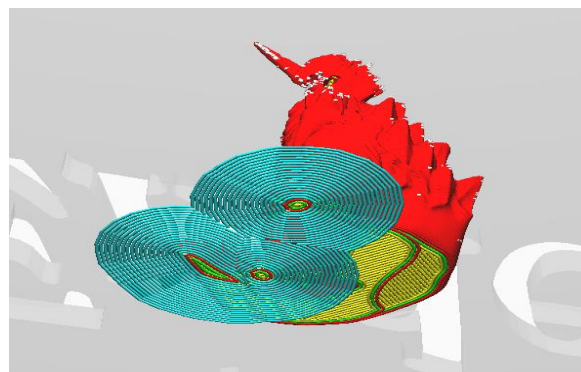
- A) Verificação do ângulo do queixo. B) Verificação do ângulo dos espinhos em vista frontal.
- C) Verificação do ângulo dos espinhos em vista lateral. D) Verificação do ângulo das pernas.

Fonte: autoria própria

4.3.6 Experimento

Após abrir o modelo no fatiador, verificou-se que a sua base não estava corretamente alinhada à mesa de impressão (Figura 49), sendo o modelo levado de volta ao Blender para ser alinhado, exportado e fatiado novamente.

Figura 49 - Modelo desalinhado a mesa de impressão



Fonte: autoria própria

Com as correções implementadas, foi feito o primeiro teste de impressão do modelo. Usamos as mesmas configurações do Cura e filamento usadas nos modelos anteriores. Os resultados da impressão são apresentados na figura 50.

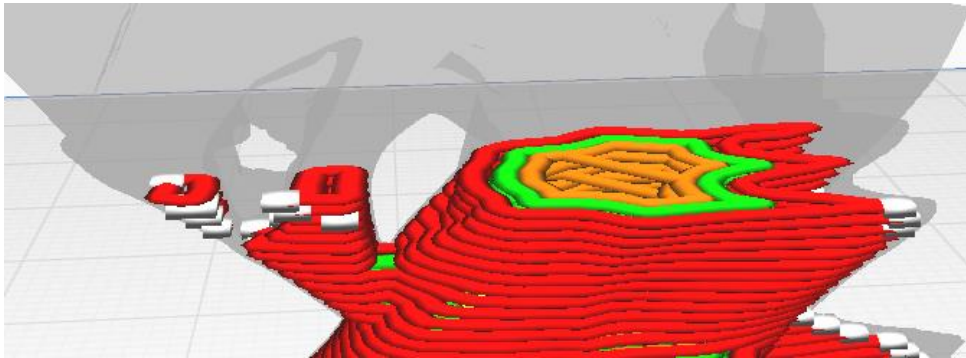
Figura 50 - Vista frontal e lateral da impressão da criatura.



Da esquerda para a direita: A) Vista frontal da miniatura. B) Vista lateral da miniatura.
 Fonte: autoria própria

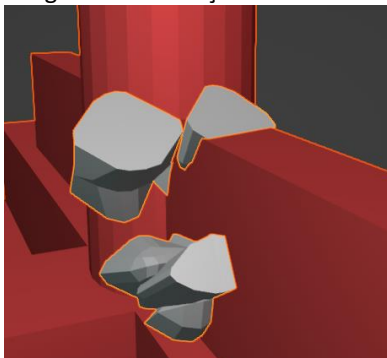
Após a impressão, notou-se que, no fatiador, havia uma pequena seção dos dentes e das rochas do pescoço que estavam finas demais para serem completamente impressas (Figura 51), sendo decidido ajustar novamente no Blender (Figura 52) e fazer outro teste com as mesmas configurações e material no modelo novo (Figuras 53). Apesar das alterações, o resultado da impressão apresentou alteração significativa.

Figura 51 - Verificação no fatiador da falha na boca



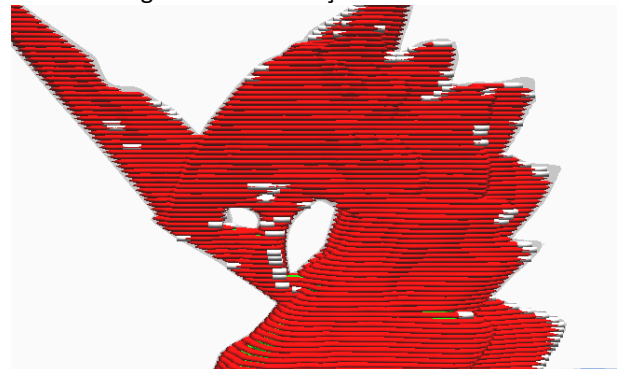
Fonte: autoria própria

Figura 52 - Correção do modelo



Fonte: autoria própria

Figura 53 - Verificação no fatiador.



Fonte: autoria própria

A figura 54 mostra o resultado da impressão. Quando o objeto foi avaliado, consideramos que não seriam necessárias alterações no modelo ou reiterar o teste, concluindo a criação do modelo do Dragão-dos-Alpes.

Figuras 54 - Vistas laterais e frontal do resultado impresso.



Da esquerda para a direita: A) Vista lateral da miniatura. B) Vista lateral da miniatura. B) Vista frontal da miniatura.
 Fonte: autoria própria

5 Resultados e considerações

A estrutura básica do processo de Lima e Meurer (2011) permitiu a adaptação para um processo de modelagem 3D voltado para impressão, tanto em FDM quanto em SLA (Ferrari Filho, 2022). Convém notar que esses critérios são extensíveis a outros produtos digitais. Fabricantes de jogos que porventura quiserem ampliar o engajamento junto ao público podem optar por criar cenários específicos, que respeitem esses critérios já no processo de *concept art* e modelagem. Com isso, o público poderia ter acesso a dioramas e cenários imprimíveis, que poderiam ser materializados através de impressão caseira ou aluguel de impressoras em *fablabs* ou espaços maker. E, neste sentido, a fidelidade entre o impresso e a experiência de jogo ficaria sob controle da fabricante, e não de adaptações ou *fanarts* feitas pelo público.

Durante a implementação, percebeu-se que o uso do validador ajudou a evitar problemas que se manifestariam apenas em etapas posteriores. Destaca-se a importância da calibração adequada para miniaturas em escalas menores, como dimensões totais de altura, largura ou profundidade inferiores a 30 mm. Nestes casos, a redução afeta principalmente as condições de resfriamento, o que pode ocasionar em falhas como as bordas do topo curvando com o resfriamento rápido, colidindo com o bico e derrubando a peça, ou camadas pequenas demais não resfriando rápido o bastante antes de receber mais material quente, deformando a superfície. Após determinadas as configurações adequadas para impressora no primeiro procedimento, os dois seguintes tiveram significativamente menos falhas. Os resultados do procedimento mostraram como a modelagem considerando a fabricação eliminou a necessidade de suportes, que causam boa parte das inconsistências de superfícies e diminuem a qualidade do resultado final.

Ao rever o processo aplicado nos três experimentos, percebeu-se que o do personagem humano precisou retornar mais vezes da etapa de experimento para a etapa de estética do que a nave e a criatura. Isso ocorreu por se tratar de um modelo que envolve a forma humana e uma pose de ação. Isso pode ter ocorrido por que nossa percepção é mais atenta a imprecisões em representações humanas do que em máquinas ou criaturas fictícias. Também pode ter contribuído

o fato de ser a primeira miniatura a ser modelada, prescindindo do período de adaptação ao uso da ferramenta de validação. A miniatura da nave retornou com menos falhas de superfície e mais fidelidade quando comparada aos demais experimentos, já que suas superfícies retas se beneficiam mais do processo de impressão FDM que as formas curvas e orgânicas. Mesmo assim, os resultados obtidos nos outros dois modelos mantiveram-se fiéis ao modelo no computador, mesmo em escala tão pequena.

Estas adaptações focaram na inclusão dos critérios de análise para imprimir bem em FDM, mas o procedimento também pode ser aplicado para impressões em resina por SLA, permitindo maior nível de detalhamento do modelo original e reduzindo a quantidade de suportes necessários, possibilitando gerar dois modelos para distribuição, um com menos detalhes para FDM e outro com mais para SLA.

É possível ainda explorar outros materiais e processos de acabamento utilizados em FDM, com modelos de impressoras mais recentes, voltados ao uso pessoal. Com o crescente interesse em impressão 3D para uso doméstico e de microempresas, é importante reduzir a dependência de conhecimento especializado e fatores de risco à saúde para produção e fabricação. Uma modelagem consciente das limitações do processo de impressão resulta em menos trabalho que o proprietário de uma impressora FDM precisa para alcançar resultados de produção desejados.

6 Referências

DE PAULA, Victor Araujo. **MODELAGEM 3D INSPIRADA EM PERSONAGEM HISTÓRICO DE CONFLITO DO NORDESTE BRASILEIRO**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Design) - Universidade Federal de Pernambuco, [S. l.], 2021.

FILHO, José Francisco Ferrari. **MINIATURAS PARA IMPRESSÃO 3D: ETAPAS E PROCESSOS DE CRIAÇÃO**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Animação) - Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2022.

FAT Dragon Games. [S. l.]. Disponível em: <https://www.fatdragongames.com/fdgfiles/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

FINAL Fantasy IX. [S. l.]: SquareSoft, 2000. CD-ROM.

HERO Forge. [S. l.]. Disponível em: <https://www.heroforge.com/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

ILL gotten games. Disponível em: <https://www.illgottengames.net/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

LIVESU, Marco; ELLERO, Stefano; MARTÍNEZ, Jonàs; LEFEBVRE, Sylvain; ATTENE, Marco. **From 3D Models to 3D Prints: an Overview of the Processing Pipeline**. Computer Graphics Forum, [s. l.], 2017.

LIMA, Alessandro; MEURER, Heli. **Projeto de personagens tridimensionais e virtuais: validação e adaptação de metodologias**. In: GAMEPAD LEVEL 4 – SEMINÁRIO DE GAMES, COMUNICAÇÃO E TECNOLOGIA, 2011, Universidade FEEVALE. Anais [...]. [S. l.: s. n.], 2011.

MERILÄINEN, Mikko; HELJAKKA, Katriina; STENROS, Jaakko. **Lead fantasies: The making, meaning and materiality of miniatures**. Material Game Studies, [S. l.], p. 83-101, 1 jun. 2022.

RYUUTAMA: Um RPG de Fantasia Natural. [S. l.]: Editora Hugin & Muninn, 2024.

STARCRAFT II: Wings of Liberty. [S. l.]: Blizzard Entertainment, 2000. CD-ROM.

TRESCA, Michael J. **The Evolution of Fantasy Role-Playing Games.** [S. l.]: McFarland & Company, Inc., 2011.

VASSÃO, Caio. **Metadesign: ferramentas, estratégia e ética para a complexidade.** [S. l.]: Editora Blucher, 2010.

7 Checklist

Área	Item	Checar	
Layout da página	Margens e formato da página		
	Espacejamento		
	Recuos		
	Alinhamento		
	Texto		
	Título do artigo		
	Nome do autor		
	Nome do autor ocultado para revisão cega na primeira etapa de submissão		
	Nome, instituição, país e e-mail dos autores		
	Palavras-chaves e resumo em português		
	Palavras-chaves e resumo em inglês		
	Subtítulos		
	Marcadores gráficos e numéricos		
	Figuras e tabelas		
	Citações		
	Notas de rodapé		
	Agradecimentos		
	Referências		
	Tamanho do artigo (páginas)		
	Direitos autorais	Permissão de uso dos direitos autorais (se for o caso)	
	Enviando o artigo pelo sistema	Formato do arquivo (PDF)	
		Tamanho do arquivo (MB)	
		Versão para revisão cega e versão para publicação	
Registro correto do título			
Registro correto e completo de nomes, e-mail e demais informações no sistema			
Categoria			
	Eixo Temático		
Atende às recomendações específicas da categoria para a qual você está submetendo o trabalho?			