



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CAMPUS I – CAMPINA GRANDE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA EM SAÚDE**  
**CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA EM**  
**SAÚDE**

**IAGO COLAÇO DE SOUZA**

**DESENVOLVIMENTO DE BIOMODELO FETAL NO ACOMPANHAMENTO DE**  
**GESTANTE COM DEFICIÊNCIA VISUAL**

**CAMPINA GRANDE**

**2023**

IAGO COLAÇO DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE BIOMODELO FETAL NO ACOMPANHAMENTO DE  
GESTANTE COM DEFICIÊNCIA VISUAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

**Área de concentração:** Desenvolvimento de Dispositivos Médicos através da Manufatura.

**Orientador:** Prof. Dr. Misael Elias de Morais

CAMPINA GRANDE

2023

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S729d Souza, Iago Colaço de.  
Desenvolvimento de biomodelo fetal no acompanhamento de gestante com deficiência visual [manuscrito] / Iago Colaço de Souza. - 2023.  
55 p. : il. colorido.

Digitado.  
Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.  
"Orientação : Prof. Dr. Misael Elias de Moraes, Coordenação do Curso de Computação - CCT. "

1. Cuidado pré-natal. 2. Transtornos da visão. 3. Impressão tridimensional. I. Título

21. ed. CDD 618.24

IAGO COLAÇO DE SOUZA

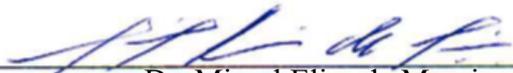
**DESENVOLVIMENTO DE BIOMODELO FETAL NO ACOMPANHAMENTO DE GESTANTE COM DEFICIÊNCIA VISUAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e tecnologia em Saúde da Universidade Estadual de Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

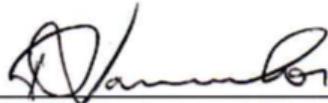
**Área de concentração:** Desenvolvimento de Dispositivos Médicos através da Manufatura.

Aprovado em: 28 / 02 / 2023

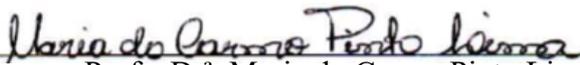
BANCA EXAMINADORA



Dr. Misael Elias de Moraes  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Danilo de Almeida Vasconcelos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr.ª Maria do Carmo Pinto Lima  
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Prof. Dr. Rodolfo Ramos Castelo Branco  
Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES)

Dedico esta dissertação a minha querida avó Ambrozina Pereira Colaço (in memoriam), cuja presença foi essencial na minha criação e dos meus amados irmãos: Iêgo e Ítalo Colaço. As minhas mães M<sup>a</sup> Abigail (biológica) e M<sup>a</sup> do Socorro (coração) por nunca desistirem da gente, e que dentro de suas posses, proporcionaram o melhor que puderam para que eu e meus irmãos tivéssemos a melhor educação possível.

## AGRADECIMENTOS

À Deus e a Virgem Maria, por todo amor e livramentos destinados a mim. Eu nada seria se passasse um segundo sequer longe da tua graça.

Ao meu amor, Jamile Cavalcante, obrigado por todo apoio de sempre.

Aos meus amados Irmãos: Iêgo e Ítalo Colaço, não tenho palavras para quantificar o meu amor por vocês. E as minhas cunhadas, vocês são luzes. Deixo um cumprimento especial a Rosilene Colaço por me mostrar de diferentes formas que movimento é vida e devemos sempre buscar progressão.

Ao meu Orientador Dr. Mizael Elias, Prof. Dr. Rodolfo Castelo Branco e ao LT3D/NUTES na pessoa da Profa. Dr<sup>a</sup> Yasmynne Martins por ter aceito o projeto e desde então desenvolvemos a pesquisa, mesmo com todas as minhas limitações. Não posso deixar de mencionar e deixar registrado o meu muito obrigado a Anna Kellssya.

Aos meus veneráveis amigos Belmiro Ramalho e Raimundo Antônio que na pessoa de vocês, saúdo os demais.

Aos meus amados sobrinhos Helena e Pedro Henrique Colaço, como também aos que virão, estudem e façam ciência, contribuam para a construção de um mundo melhor.

## RESUMO

O conceito de apego materno-fetal (AMF) é utilizado na literatura para descrever a qualidade da relação da gestante com o feto, baseado nas representações cognitivas que incluem o imaginário da mãe. Um importante aliado nesse processo é a ultrassonografia (US), permitindo a formação de uma imagem específica com características físicas que possibilitam entender e definir o feto como um ser autônomo e real. Para as mulheres com deficiência visual, entretanto, a vivência com a US é incompleta e torna-se necessária a inclusão de tecnologia assistiva (TA) para beneficiar esse cenário. Nesse processo, a construção de biomodelo físico através da manufatura aditiva (MA) tem aumentado as perspectivas de desenvolvimento e auxílio a esse grupo, concentrando os objetivos dessa pesquisa, que visa desenvolver um biomodelo fetal por Manufatura Aditiva para favorecer a inclusão de tecnologia assistiva no acompanhamento de gestantes com deficiência visual. O presente estudo foi desenvolvido no laboratório de tecnologias tridimensionais (LT3D) do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES), alocado na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), respeitando as perspectivas éticas através da validação do comitê de ética em pesquisa. Trata-se de um estudo do tipo pesquisa-ação, subdividido por três grandes etapas metodológicas que correspondem às grandes fases do processo: Aquisição de imagens fetais; Desenvolvimento digital; e Manufatura do dispositivo. Visando alcançar os objetivos dessa proposta, foi utilizado o processo de Modelagem por Fusão e Deposição (FDM) e o material poliácido láctico (PLA). O biomodelo físico final caracterizou-se por apresentar alta definição e percepção ao toque com detalhamento de estruturas anatômicas da face, além de resistência e leveza.

**Palavras chaves:** Equipamentos de Autoajuda; Cuidado Pré-Natal; Transtornos da Visão; Impressão Tridimensional.

## ABSTRACT

The concept of maternal-fetal attachment (MFA) is used in the literature to describe the quality of the pregnant woman's relationship with the fetus, based on cognitive representations that include the mother's imagination. An important ally in this process is ultrasound (USG), allowing the formation of a specific image with physical characteristics that make it possible to understand and define the fetus as an autonomous and real being. For women with visual impairment, however, the experience with US is incomplete and the inclusion of assistive technology (AT) becomes necessary to benefit this scenario. In this process, the construction of a physical biomodel through Additive Manufacturing (AM) has increased the perspectives of development and assistance to this group, concentrating the objectives of this research, which aims to develop a fetal biomodel by Additive Manufacturing to favor the inclusion of assistive technology in the monitoring of pregnant women with visual impairment. The present study was developed in the laboratory of three-dimensional technologies (LT3D) of the Nucleus of Strategic Technologies in Health (NUTES), located at the State University of Paraíba (UEPB), respecting ethical perspectives through validation by the research ethics committee. This is an action-research study, subdivided into three major methodological stages that correspond to the major phases of the process: Acquisition of fetal images; Digital development; and Device manufacturing. In order to achieve the objectives of this proposal, the process of Modeling by Fusion and Deposition (FDM) and the material polylactic acid (PLA) were used. The final physical biomodel was characterized by high definition and touch perception with detailing of anatomical structures of the face, in addition to resistance and lightness.

**Keywords:** Self-Help Devices; Prenatal Care; Vision Disorders; Printing, Three-Dimensional.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Propagação de ondas do ultrassom no sistema biológico.....	20
FIGURA 2 - Etapas do processo de MA para construção de uma peça final.....	25
FIGURA 3 - Tipos de materiais e sua correlação com as categorias da MA.....	28
FIGURA 4 - Imagens digitais geradas pelo arquivo 3D Slicer .....	30
FIGURA 5 - Fluxograma de descrição de etapas para ajuste de imagem médica.....	33
FIGURA 6 - Fluxograma das etapas de desenvolvimento digital .....	34
FIGURA 7 - Captura de Tela do Software 3D Slicer pós a importação da ultrassonografia...	37
FIGURA 8 - Arquivo STL inicial com aberturas na malha geométrica.....	38
FIGURA 9 - Arquivo STL importado ao Meshmixer .....	39
FIGURA 10 - Arquivo STL após a suavização automática do software Meshmixer .....	40
FIGURA 11 - Suavização manual da malha no Meshmixer .....	41
FIGURA 12 - Biomodelo virtual final .....	42
FIGURA 13 - STL importado no software CAM ideaMaker .....	43
FIGURA 14 - Preenchimento interno do biomodelo fetal .....	44
FIGURA 15 - Estrutura de suporte adicional ao biomodelo fetal .....	45
FIGURA 16 – Biomodelo ao término da impressão .....	46
FIGURA 17 - Biomodelo Físico Final .....	47

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Detalhamento das dimensões que envolvem o apego materno fetal .....	17
TABELA 2 - Detalhamento das categorias de Tecnologia Assistiva segundo a portaria interministerial 362/2012 .....	22
TABELA 3 - Classes da TA conforme a ISO 9999:2016(E) .....	24
TABELA 4 - Categorias e processos de fabricação da MA conforme a ISO/ASTM 52900 ...	27
TABELA 5 - Parâmetros de impressão do biomodelo fetal.....	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**AMF** – Apego materno-fetal

**3D** – Tridimensional

**CAD** – Computer Aided Design

**CAM** – Computer Aided Manufacture

**DICOM** – Digital Imaging and Communications in Medicine

**FDM** – Fused Deposition Modeling

**LT3D** - Laboratório de Tecnologias 3D

**MA** – Manufatura Aditiva

**NUTES** - Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde

**PLA** – Políácido Láctico

**RM** – Ressonância Magnética

**SL/SLA** – Estereolitografia

**STL** – *Standard Tessellation Language*

**TC** – Tomografia Computadorizada

**US** – Ultrassonografia

**UEPB** - Universidade Estadual da Paraíba

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Objetivo Específico .....</b>	<b>13</b>
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Gestação.....</b>	<b>14</b>
3.1.1 Pré-Natal.....	15
3.1.2 Apego Materno Fetal .....	16
<b>3.2 Deficiência Visual .....</b>	<b>17</b>
3.2.1 Limitações na Gestação .....	19
<b>3.3 Ultrassonografia.....</b>	<b>19</b>
3.3.1 Bases Físicas da Ultrassonografia .....	20
<b>3.4 Tecnologia Assistiva .....</b>	<b>21</b>
<b>3.5 Manufatura Aditiva.....</b>	<b>25</b>
3.5.1 Softwares Médicos Tridimensionais .....	29
3.5.2 Software 3D Slicer.....	30
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Aquisição de Imagens .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Desenvolvimento Digital.....</b>	<b>32</b>
<b>4.3 Manufatura do Dispositivo .....</b>	<b>34</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>48</b>
REFERÊNCIAS .....	49

## 1 INTRODUÇÃO

O ciclo gravídico-puerperal expõe a mulher a condições de vulnerabilidade, envolvendo transformações a nível emocional, físico, psíquico e social (TOMASI et al., 2021). Durante o período gestacional, é preconizado que a mulher inicie o acompanhamento regular e contínuo, denominado pré-natal, o mais precocemente possível, realizando, no mínimo, seis consultas com uma equipe multiprofissional para que se obtenha resultados clínicos significantes para mãe e o feto (MENDES et al., 2020).

A oferta de assistência à saúde humanizada e de qualidade permite, além de uma condição de saúde estável, o desenvolvimento do apego materno-fetal (AMF). As investigações no campo da saúde têm demonstrado que o AMF é um precedente significativo para a ligação pós-natal, assim como para os aspectos neurocomportamentais que podem influenciar nos distúrbios de desenvolvimento (ANDRADE; BACCELLI; BENINCASA, 2017).

O conceito de AMF é utilizado na literatura para descrever a qualidade da relação da gestante com o feto (ALVARENGA et al., 2012), baseado nas representações cognitivas que incluem o imaginário da mãe (SCHMIDT; ARGIMON, 2009). Um importante aliado nesse processo é a ultrassonografia gestacional (US), permitindo a formação de uma imagem específica com características físicas que possibilitam entender e definir o feto como um ser autônomo e real (SAVIANI-ZEOTI; PETEAN, 2015).

Para as mulheres com deficiência visual, entretanto, a possibilidade de construir e definir fisicamente o feto, ainda durante a gestação, é limitada. Atualmente, a interação desse grupo materno nos serviços de saúde para o pré-natal está direcionada aos cuidados diários futuros e pouco se aborda sobre as perspectivas da mãe e as possibilidades de otimizar o AMF (SANTOS; RIBEIRO, 2020).

Infelizmente, além da US, não existe um consenso que apoie intervenções de rotinas para melhorar o vínculo materno-fetal (GÜNEY; UÇAR, 2019). Nesses aspectos, são necessárias políticas de saúde de incentivo para maior qualificação quanto ao conteúdo das consultas de pré-natal realizadas, que envolvam maior vínculo entre profissionais e gestantes, com atenção não somente aos procedimentos técnicos preconizados, mas também às necessidades subjetivas de cada mulher (NUNES et al., 2016).

Um dos mecanismos explorados para favorecer esse panorama é a inclusão de tecnologia assistiva (TA). A TA é uma área de conhecimento interdisciplinar que compreende produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que visam promover a funcionalidade de pessoas com deficiência, facilitando a autonomia, independência, qualidade

de vida e inclusão social. Para pessoas com baixa visão, especificamente, a TA visa auxiliar na realização de tarefas desejadas utilizando habilidades visuais residuais e remanescentes, para aumentar a eficiência visual e o conforto na realização dessas atividades (BORGES; MENDES, 2018).

No cenário atual, um importante aliado para incluir a TA no pré-natal de mulheres com deficiência visual é a construção de biomodelos através da manufatura aditiva (MA). A MA, comumente denominada como impressão tridimensional, é um processo de fabricação que utiliza da adição sucessiva de material em forma de camadas planas para possibilitar a construção de modelo geométrico 3D físico originado de um sistema CAD (computer-aided design) (VOLPATO, 2017).

Capaz de desenvolver qualquer objeto elaborado virtualmente, inclusive os de geometrias mais complexas, a MA tem garantido espaço em meio às ciências médicas (FIGUEIREDO; CESAR, 2022). Na área de obstetrícia, a realização da biomodelagem – reprodução em um modelo físico das características morfológicas de uma estrutura anatômica – advém de exames de imagens médicas como tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM), sendo mais evidente em avaliações e planejamentos de intervenções relacionadas à anormalidade do feto (COTÉ; THOMAS; MARVIN, 2018).

No entanto, à medida que as capacidades da MA melhoram e as aplicações são exploradas, torna-se possível transformar as imagens dos exames de US de rotina em um modelo físico de três dimensões para as mães sentirem as características anatômicas do feto de forma mais fidedigna (WERNER et al., 2010).

Nessas perspectivas, esta pesquisa possibilitará a entrega de um biomodelo físico fetal ao pré-natal de mulheres com deficiência visual trazendo uma experiência sensorial diferenciada e de grande impacto no meio social, que contribuirá para a construção do AMF e do aumento do vínculo com sua rede de apoio social. Além disso, a referida pesquisa funcionará como impulso direto sobre o meio acadêmico aumentando os paradigmas para ampliação dos alcances da manufatura aditiva dentro da área médica.

Desse modo, firma-se que a pesquisa pretende responder a seguinte questão norteadora: “Como desenvolver um biomodelo fetal por manufatura aditiva direcionado para realização de acompanhamento gestacional em mulheres com deficiência visual?”.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Desenvolver um biomodelo fetal por Manufatura Aditiva que favoreça, através da tecnologia assistiva, o acompanhamento de gestantes com deficiência visual.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Desenvolver uma metodologia para captação de imagens ultrassonográficas com profundidade e dimensão específica para identificação completa do feto.
- Relatar uma metodologia para conversão de imagens ultrassonográficas em arquivos DICOM compatível com a visualização tridimensional.
- Investigar e definir parâmetros de impressão, processo de fabricação e material compatível aos objetivos da pesquisa.
- Desenvolver o fluxo do processo ponta a ponta da captação de imagens para a entrega do produto final.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Gestação

A gravidez é um momento marcado por alterações biológicas, sociais, corporais e psíquicas, que preparam o organismo materno para a chegada de um bebê (MARQUES; SOUZA, 2019). Composta por 40 semanas lunares que se subdividem em três semestres, é um fenômeno fisiológico resultado da fecundação do óvulo pelo espermatozoide (BRASIL, 2019).

Durante esse período, o feto perpassa por várias etapas de desenvolvimento até que esteja apto para o nascimento, quando atinge as medidas proporcionais de comprimento corporal e apresenta o desenvolvimento efetivo dos órgãos vitais (BRASIL, 2001). Para que o feto se desenvolva, entretanto, o organismo da mulher se ajusta às condições metabólicas, fisiológicas e hormonais gerando um alto teor de estresse, sensibilidade e ansiedade (SOUZA; VIEIRA; NETO, 2018).

Fisiologicamente, nas primeiras semanas de gestação observa-se um aumento gradativo da frequência cardíaca que atinge o pico máximo entre as 28<sup>a</sup> e 36<sup>a</sup> semanas. A partir do segundo mês de gestação, observa-se uma elevação do débito cardíaco que atinge um máximo de 30 - 40% entre a 28<sup>a</sup> e 36<sup>a</sup> semana, quando se estabiliza até o parto. No segundo trimestre, à medida que o volume uterino aumenta, a simples adoção da posição supina induz à hipotensão em aproximadamente 15% das gestantes, com palidez, sudorese, náuseas e vômitos caracterizando a Síndrome de Hipotensão Supina (SANTOS, 2015).

O fluxo plasmático renal e a filtração glomerular elevam-se rapidamente durante o primeiro trimestre de gestação, atingindo no quarto mês valores de até 50% daqueles observados nas não grávidas. A função respiratória também sofre alterações fisiológicas importantes, resultantes da ação hormonal, principalmente da alta porcentagem de progesterona no sangue e do aumento do volume uterino. Todas essas modificações funcionais visam atender às crescentes necessidades metabólicas do binômio materno-fetal (MARQUES; SOUZA, 2019).

Outro fator importante que pode encontrar-se muito alterado durante a gravidez, é o perfil psicológico, podendo ocasionar sintomas e quadros de natureza basicamente psíquica ou, até mesmo, agravar doenças orgânicas preexistentes. Essas mudanças agregadas com as transformações biológicas podem interferir na qualidade de vida das gestantes (LOYOLA et. al.,2019)

As complicações relacionadas à gravidez, parto e puerpério constituem fatores determinantes (PEDRAZA; LINS, 2021). A relação de eventos adversos, como prematuridade, baixo peso ao nascer e mortalidade perinatal estão extremamente ligadas com as condições clínicas indesejáveis durante o período gestacional (PAIXÃO et al., 2016).

A vivência nesse processo e os sentimentos gerados pela gestante também implica na evolução da gravidez, em riscos e efeitos à saúde da criança. Fatores como o planejamento pessoal e, principalmente, o desejo da mulher em relação à maternidade e a satisfação em saber que está gerando uma vida, contribuem para o predomínio da vivência de sentimentos positivos e, conseqüentemente, de uma gestação tranquila e saudável. Por sua vez, os sentimentos de insatisfação estão intensamente ligados à falta de apoio social e podem interferir no processo evolutivo do desenvolvimento do feto (LEITE et al., 2014).

Uma revisão sistemática descreve que das complicações clínicas analisadas como desfechos, nove estudos referiram-se a transtornos mentais, nove a doenças infecciosas e oito à morbidade materna grave (PEDRAZA; LINS, 2021). Além disso, as prevalências de problemas mentais oscilaram entre 7% e 41,7%, sendo a não convivência com companheiro, a violência psicológica/emocional/estresse, a presença de complicações clínicas na gestação e a multiparidade associadas às doenças psicológicas em mais de dois dos artigos.

Contudo, a gravidez deve ser vista pelas gestantes e equipes de saúde como parte de uma experiência de vida saudável envolvendo mudanças dinâmicas do estado físico, social e emocional (DIAS et. al., 2014). As ocorrências dos riscos na gravidez são conseqüências de aspectos não apenas individuais, mas essencialmente coletivos e contextuais, que demandam de políticas públicas e intervenção, visando à redução das desigualdades (GIULI et al, 2017).

### **3.1.1 Pré-Natal**

O apoio dado pelos profissionais de saúde é um determinante expressivo para o sucesso no período gestacional (ZAMPIERI et al., 2013). A realização do pré-natal representa papel fundamental na prevenção e/ou detecção precoce de patologias obstétricas, permitindo um desenvolvimento saudável do feto e reduzindo os riscos da gestante. Além disso, o intercâmbio de experiências e conhecimentos permitem a compreensão do processo de gestação (BRASIL, 2012).

Os critérios propostos por índices internacionais definem uma quantidade de consultas que varia de sete a quatorze visitas. No Brasil, diferentemente, os protocolos preconizam o número mínimo de seis consultas para gestações a termo, com início precoce da assistência

variando da 12<sup>a</sup> a 20<sup>a</sup> semana de gestação e um intervalo entre duas consultas inferior a oito semanas (MENDES et al., 2020; NUNES et al., 2016).

Vale ressaltar que, desde 1984, o Programa de Atenção Integral à Saúde da Mulher (PAISM), preconiza um atendimento multiprofissional, o que possibilita diferentes olhares sobre as práticas do cuidado e garante uma atenção integral e resolutiva (BARBOSA et al., 2020). A assistência multiprofissional capacitada e com cobertura ampliada é uma estratégia para qualificar a atenção à saúde e favorecer a articulação intersetorial. Além disso, possibilita detectar as necessidades individuais de cada gestante, proporcionando um atendimento holístico e humanizado (PRUDÊNCIO; MAMEDE, 2018).

Segundo o ministério da saúde, o atendimento proporcionado nas consultas pré-natal deve conter anamnese, exame físico e análise de exames laboratoriais e de imagem, com registro obrigatório no cartão da gestante como conduta importante para monitoramento e rápido acesso de informações por todos os profissionais envolvidos (BRASIL, 2019).

Ademais, o pré-natal é um espaço que permite ampliar o diálogo com os profissionais de saúde, favorecendo a troca de experiências e a resolutividade de dúvidas e preocupações (ZAMPIERI et al., 2013), sendo o momento de prestar o cuidado adequado à criança e à mãe, com consultas que avaliem o desenvolvimento e promovam ações de prevenção de doenças, participando da rede de apoio destas mulheres e oferecendo-lhes confiança e conforto emocional (BEZERRA et. al., 2020).

### 3.1.2 Apego Materno-Fetal

O AMF é um termo usado para descrever os comportamentos e atitudes da mulher durante a adaptação à gravidez, proporcionando entender a qualidade da relação da gestante com o feto e suas interferências no desenvolvimento (SCHMIDT; ARGIMON, 2009). Pode ser descrito em indicadores de três dimensões distintas: a cognitiva, a afetiva e a altruística, que se correlacionam pela imagem mental criada pela gestante (ALVARENGA et al., 2012). A tabela 1 sintetiza as características de cada dimensão.

**TABELA 1** – Detalhamento das dimensões que envolvem o apego materno-fetal

	Definição	Fatores determinantes
Dimensão cognitiva	Refere-se ao desejo de conhecer, entender ou definir o feto.	Atribuição de características ou intenções ao feto.
Dimensão afetiva	Refere-se ao prazer associado aos pensamentos e fantasias que envolvem o feto.	Contato indireto, interação com o feto.
Dimensão altruística	Iniciativa de proteger o feto e de preparar-se para a chegada do bebê.	Preocupar-se com a sua saúde, evitar níveis excessivos de estresse físico e mental e fazer o acompanhamento pré-natal.

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados extraídos ALVARENGA (2012).

Estudos demonstraram que a intensidade do AMF está diretamente relacionada com o avanço da idade gestacional, a presença de movimentos fetais, a história da gravidez e aos aspectos neurocomportamentais e de desenvolvimento pós-natal (ANDRADE; BACCELLI; BENINCASA, 2017; SCHMIDT; ARGIMON, 2009). Além disso, a relação afetiva que a mulher constrói durante a gravidez favorece a formação de vínculos afetivos futuros e a organização e maturação da identidade da criança (AMARANTE, 2017).

Prejuízos na relação mãe-filho dificilmente podem ser explicados mediante análise de um único fator isoladamente, pois as condições de risco tendem a ser multidimensionais, envolvendo, com diferentes intensidades, aspectos socioculturais, biológicos e psicológicos referentes à mãe ou ao feto (CAVALCANTE et al., 2017).

### 3.2 Deficiência Visual

A deficiência visual é considerada uma situação irreversível da resposta visual, caracterizada pela alteração da capacidade funcional decorrente de fatores como rebaixamento significativo da acuidade visual, redução importante do campo visual e/ou sensibilidade de contrastes (SOARES et al., 2018). Em um espectro de classificação que vai de cegueira a visão

subnormal, estima-se que 253 milhões de pessoas no mundo vivem com esta deficiência (HOFFMANN et al., 2018).

No Brasil, em particular, cerca de 18,6% da população apresenta algum tipo de deficiência visual, sendo considerada pelo Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE) como a deficiência mais comum entre os brasileiros (IBGE, 2012). Os indivíduos que têm deficiência visual podem apresentar dois tipos de comprometimento: a perda total da visão, denominada como cegueira; e a baixa visão (SOUZA, 2018).

De acordo com a Portaria nº 3.128, de 24 de dezembro de 2008 do Ministério da Saúde e a 10ª classificação Estatística Internacional das Doenças e Problemas relacionados à Saúde (CID-10), considera-se visão subnormal quando o valor da acuidade visual corrigida no melhor olho é pior que 0,3 e melhor ou igual a 0,05 (20/400) ou seu campo visual menor que 20° no melhor olho com a melhor correção. A cegueira, por sua vez, é constatada quando o valor de acuidade visual é pior que 0,05 (20/400) no melhor olho ou campo visual menor que 10° (BRASIL, 2019).

Segundo Belle & Amorim (2022), globalmente, as principais causas de deficiência visual concentram-se em:

- **Degeneração macular** – que se trata da deterioração gradual e progressiva da **mácula** (região mais sensível da retina), geralmente relacionada a idade e advinda da exposição excessiva à luz solar e ao fumo. Esta condição leva à perda progressiva da visão central (a capacidade de ver detalhes finos diretamente à frente);
- **Retinopatia diabética** - ocorre quando os minúsculos vasos sanguíneos na retina são danificados devido ao diabetes. Inicia-se com problemas para enxergar e as condições culminam em cegueiras.
- **Ambliopia** - é a visão reduzida em um olho causada pela falta de uso desse olho na primeira infância, advinda de algumas condições que fazem com que os olhos de uma criança enviem mensagens diferentes ao cérebro, resultando no desligamento ou no suprimento de imagens do olho mais fraco e a visão desse olho para de se desenvolver normalmente.
- **Glaucoma** - é um aumento da pressão dentro do olho, possibilitando danificar o nervo óptico.
- **Erros refratários não corrigidos.** – resultante de condições clínicas anteriores que mantêm-se agravando.

Cada condição ocular requer uma resposta diferente e oportuna. A classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde leva em consideração os aspectos sociais da deficiência e propõe um mecanismo para estabelecer o impacto do ambiente social e físico sobre a funcionalidade da pessoa, identificando as prioridades de intervenção e pressupondo as condições de adaptabilidade necessárias para integração ao meio (BELANGA LEGAL, 2018).

### 3.2.1 Limitações na Gestação

Aproximadamente dois terços de todas as pessoas cegas no mundo são mulheres (DOYAL; DAS-BHAUMIK, 2018). O gênero feminino, entretanto, evidencia o cotidiano de ser mãe, mulher, dona de casa, que cuida e é cuidada e as relações de gênero, nesse cenário, demonstram-se fortemente marcadas na deficiência, pois, devido ao histórico processo de infantilização e dependência familiar em que as mulheres estão submersas, as características de fragilidade feminina são intensificadas (DANTAS; SILVA; DE CARVALHO, 2014).

As mulheres com deficiência visual são tratadas de modo diferente, marcadas como menos capazes, como alguém que necessita correção e constantemente são demarcadas as suas posições de inferioridade e de dependência (PIECZKOWSKI; GAVENDA, 2021). Na vivência da maternidade, a perspectiva das mães com deficiência visual pouco é abordada devido ao cenário de superproteção e inferioridade a qual são expostas (SANTOS; RIBEIRO, 2020).

Na transição para a maternidade, devem ser considerados, além do estado emocional da mulher, suas necessidades e a história pessoal, para ela conquistar confiança em si e em suas habilidades como mãe. A mulher com deficiência precisa ser enxergada em suas particularidades para que desde a gestação sinta-se autônoma para construir sua relação com o seu filho (SANTOS et al., 2015; SANTOS; RIBEIRO, 2020).

### 3.3 Ultrassonografia

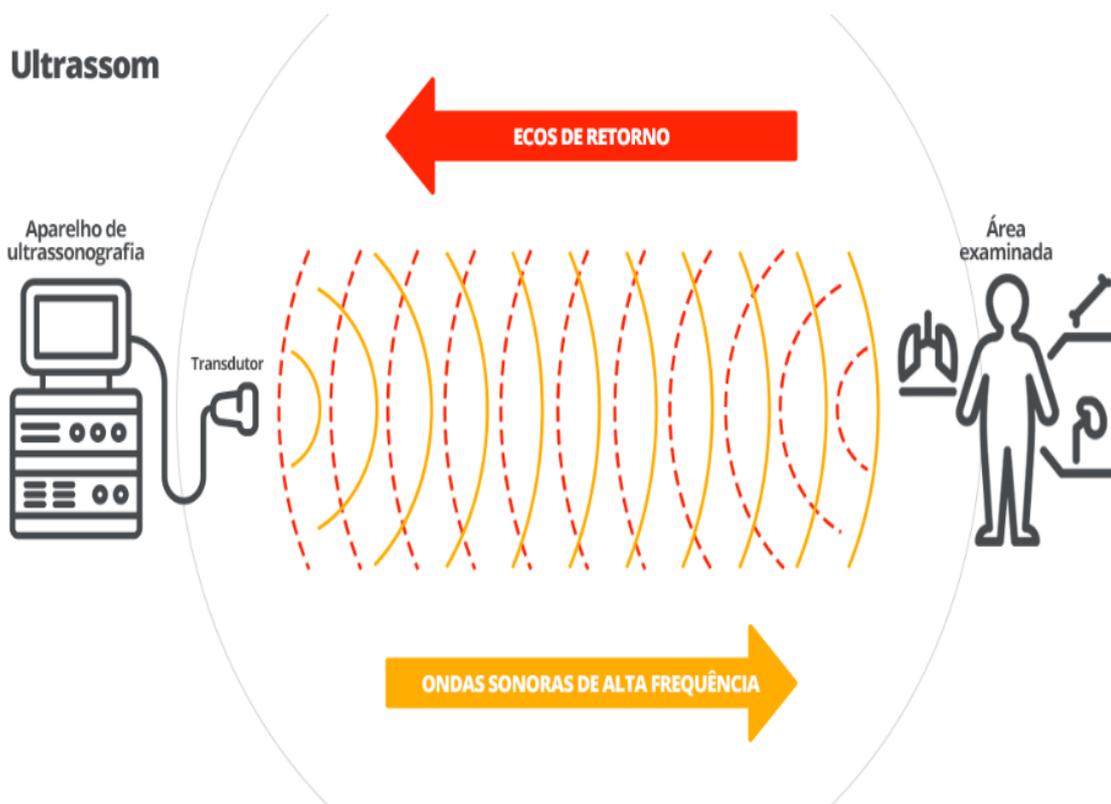
A US obstétrica vem gradativamente se consolidando como ferramenta propedêutica fundamental no acompanhamento da gravidez. Trata-se de uma modalidade de imagem disponível, econômica, em tempo real, não invasiva e segura, amplamente utilizada na clínica para imagens anatômicas e funcionais (ABOU-ELKACEM; BACHAWAL; WILLMANN, 2015).

### 3.3.1 Bases Físicas da Ultrassonografia

O ultrassom é uma onda sonora cuja frequência é superior àquela percebida pelo ouvido humano (POSSES, 2022). Baseada em princípios de sonar (do inglês *Sound Navigation and Ranging* ou “Navegação e Determinação da Distância pelo Som”), trata-se de uma onda mecânica com propagação pela vibração das partículas no meio no qual se alastra (PEIXOTO et al., 2010).

Os equipamentos de US diagnóstica possuem uma unidade básica denominado transdutor, capazes de produzir e receber ecos gerados pelas diversas interfaces (FIGURA 1). É por meio desses componentes, convertendo as formas de energia, que se faz possível a transcrição das ondas sonoras das partes do corpo humano para as imagens refletidas no visor do equipamento (MELLO, 2022).

**FIGURA 1** - Propagação de ondas do ultrassom no sistema biológico.



Fonte: POSSES (2022).

O elemento básico de um transdutor ultrassônico é um disco de cerâmica piezoelétrica com diâmetro maior que a espessura e com eletrodos metálicos depositados nas faces paralelas que têm a capacidade de emitir eletricidade quando pressionados e, ao mesmo tempo, transformam energia elétrica em mecânica (onda sonora) (SANTANA, 2008). Todos os

transdutores podem ser excitados em uma frequência determinada pelo equipamento de ultrassom ou simplesmente serem deixados em contato com a peça examinada, à espera de ondas sonoras refratadas ou refletidas pelo material ao qual está em contato (MORAIS et al., 2017).

À medida que percorrem o corpo do paciente, as ondas sonoras produzidas pelo aparelho de ultrassom interagem com os tecidos de diversas maneiras, ocasionando atenuação do feixe sonoro, através da absorção ou reflexão. A absorção ocorre pela transformação da energia acústica em calor, mas no caso da US diagnóstica, a intensidade da onda é tão baixa que a quantidade absorvida na forma de calor é ínfima. A reflexão, por sua vez, depende da diferença de impedância acústica entre dois meios e refere-se a pequenas porções da onda sonora que batem em superfícies refletoras e retornam ao transdutor (MELLO, 2022; MORAIS et al., 2017).

Um dos aspectos físicos fundamentais no contexto de imagens por US é o comportamento do feixe sonoro ao encontrar interfaces. A intensidade do sinal de uma dada estrutura na US é tanto maior quanto maior for o coeficiente de reflexão do som naquela região, o qual, por sua vez, depende essencialmente da diferença de impedância acústica entre os meios envolvidos. Dessa forma, para um dado ângulo de incidência, quanto maior a diferença de impedância acústica entre dois tecidos, mais intenso será o som refletido e maior o contraste entre as duas estruturas na imagem (PAPALÉO; SOUZA, 2019).

### 3.4 Tecnologia Assistiva

A TA é uma área de conhecimento interdisciplinar que compreende produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade para pessoas com deficiência, facilitando a autonomia, a independência, a qualidade de vida e a inclusão social (BORGES; MENDES, 2018).

Com o objetivo de romper as barreiras sensoriais, motoras ou cognitivas que provoca limitações, a TA deve ser entendida não apenas como um auxílio para promover ampliação da habilidade funcional deficitária, mas como ponto chave para alcançar funções desejadas que se encontra, por alguma circunstância, impedida (BERSCH, 2017).

O conceito de TA diferencia-se dos conceitos de tecnologia médica e reabilitação por referir-se a recursos ou procedimentos pessoais não necessariamente relacionados a diagnóstico e tratamento, mas relaciona-se com recursos que geram melhor qualidade de vida física, psíquica e social (GALVÃO FILHO, 2009). Nesse contexto, a TA configura-se como um

auxílio na execução dessas tarefas, ao minimizar os efeitos da deficiência, melhorando as capacidades funcionais dos indivíduos e possibilitando-lhes mais autonomia e inclusão social (SANTOS et al., 2018).

No que se refere a classificação de categorias, segundo a portaria Interministerial Nº 362, de 24 de outubro de 2012 (BRASIL, 2012b), a TA pode ser classificada em doze categorias, sintetizadas na tabela 2.

**TABELA 2** – Detalhamento das categorias de Tecnologia Assistiva segundo a portaria interministerial 362/2012.

Auxílios para a vida diária e a vida prática	Materiais e produtos que favorecem desempenho autônomo e independente em tarefas rotineiras ou facilitam o cuidado de pessoas em situação de dependência de auxílio.
Comunicação aumentativa e alternativa	Destinado a pessoas sem fala ou escrita funcional, incluindo indivíduos com defasagem entre sua necessidade comunicativa e sua habilidade de falar, escrever e/ou compreender.
Recursos de acessibilidade ao computador	Conjunto de hardware e software especialmente idealizado para tornar o computador acessível a pessoas com privações sensoriais (visuais e auditivas), intelectuais e motoras
Sistemas de controle de ambiente	Controle remoto para favorecer as limitações motoras.
Projetos arquitetônicos para acessibilidade	Projetos de edificação e urbanismo que garantem acesso, funcionalidade e mobilidade a todas as pessoas, independentemente de sua condição física e sensorial
Órteses e próteses	Próteses são peças artificiais que substituem partes ausentes do corpo. Órteses são colocadas junto a um segmento corpo, garantindo-lhe um melhor posicionamento, estabilização e/ou função.
Adequação Postural	Recursos que auxiliam e estabilizam a postura e detêm sistemas especiais de assentos e encostos.

\*Continua

Continuação tabela 2

Auxílios de mobilidade	Dispositivo, veículo, equipamento ou estratégia utilizada na melhoria da mobilidade pessoal.
Auxílios para ampliação da função visual	São auxílios ópticos, lentes, lupas manuais e eletrônicas, softwares ampliadores de tela, material com recursos táteis, software para identificação de texto informativo, etc.
Auxílios para melhorar a função auditiva	São equipamentos (infravermelho, FM), aparelhos para surdez, sistemas com alerta tátil-visual, celular com mensagens escritas e chamadas por vibração, software que favorece a comunicação.
Mobilidade em veículos	Acessórios que possibilitam uma pessoa com deficiência física dirigir um automóvel e facilitadores de embarque, desembarque e acesso.
Esporte e Lazer Recursos	Recursos que favorecem a prática de esporte e participação em atividades de lazer.

FONTE: Elaborado pelo autor. Dados extraídos BERSCH (2017).

Em contrapartida, conforme a norma internacional ISO 9999:2016(E), os produtos assistivos estão distribuídos em três níveis: classe, subclasse e definição da classificação. Os títulos em nível de classe geralmente descrevem uma ampla área de função do produto; os títulos em nível de subclasse descrevem uma função especial; no nível da divisão, a descrição fica mais específica (ISO, 2016).

Nessa classificação, uma classe é igual à soma de suas subclasses e uma subclasse é igual à soma de suas divisões sendo os dígitos dos códigos escolhidos com intervalos de três classes. Além disso, as classes são criadas de forma que não se sobreponham na função ampla descrita de outras classes, as subclasses são criadas de tal maneira que não se sobrepõem na função de outras subclasses e as divisões são criadas de forma que não se sobreponham produtos em outras divisões (ISO, 2016). A tabela abaixo (tabela 3) demonstra o maior nível, as classes e seus referido códigos.

**TABELA 3** – Classes da TA conforme a ISO 9999:2016(E).

Código	Classes
04	Produtos assistivos para medir, apoiar, treinar ou substituir as funções do corpo
05	Produtos assistivos para educação e treinamento em habilidades
06	Produtos de assistência ligados ao corpo para apoiar funções neuromusculoesqueléticas ou relacionadas ao movimento (órteses) e substituir estruturas anatômicas (próteses)
09	Produtos assistivos para atividades de autocuidado e participação no autocuidado
12	Produtos assistivos para atividades e participação relacionadas à mobilidade pessoal e transporte
15	Produtos auxiliares para atividades domésticas e participação na vida doméstica
18	Mobiliário, utensílios e outros produtos de apoio para atividades de apoio em ambientes internos e externos feitos pelo homem
22	Produtos assistivos para gestão de comunicação e informação
24	Produtos assistivos para controlar, transportar, mover e manusear objetos e dispositivos
27	Produtos assistivos para controlar, adaptar ou medir elementos de ambientes físicos
28	Produtos assistivos para atividades de trabalho e participação no emprego
30	Produtos assistivos para recreação e lazer

FONTE: Elaborado pelo autor. Dados extraídos ISO (2016).

Vale ressaltar que, em uma ampla dimensão, a TA ainda pode ser dividida em dois grandes grupos (CONCEITO TECNOLOGIA ASSISTIVA, 2015):

- Recurso de TA: todo e qualquer item, equipamento, componente, produto ou sistema fabricado em série ou sob medida utilizado para aumentar, manter ou melhorar as capacidades funcionais dos indivíduos com deficiência.
- Serviços de TA: relacionados a serviços que auxiliam a pessoa com deficiência a selecionar, comprar, usar e avaliar os recursos de TA.

Embora seja uma demanda universal, os estudos e desenvolvimento nesse campo de atuação ainda são muito restritos (SANTOS et al., 2018). O aprimoramento das leis e o investimento

em novas tecnologias são dois aspectos relevantes para fomentar e efetivar direitos, recursos e serviços para pessoas com deficiências permanentes ou temporárias, assegurando a acessibilidade nos vários ambientes da sociedade (SCATOLIM et al., 2016).

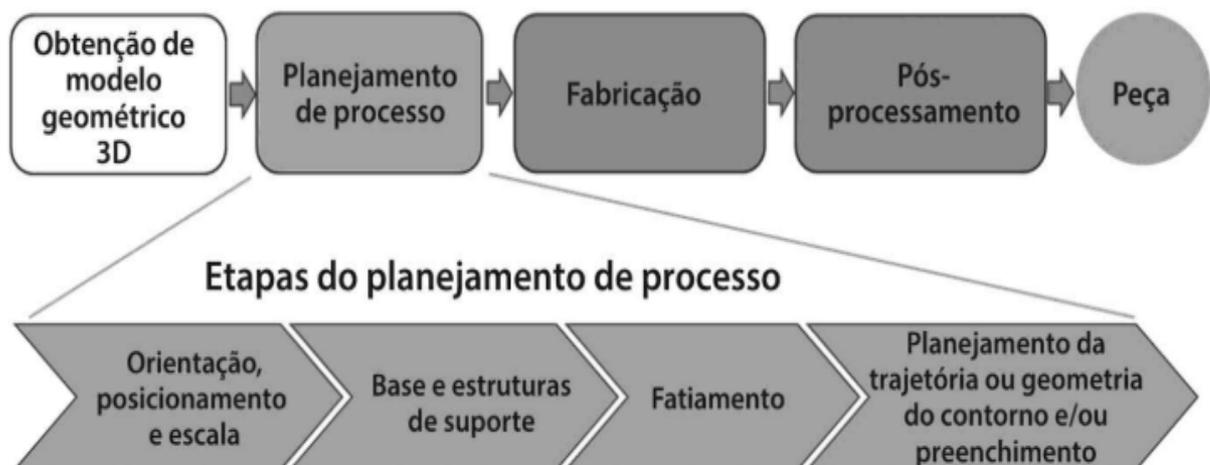
Nesse cenário, a Organização Mundial da Saúde estabeleceu o Plano de Ação 2014–2021, voltados a três princípios básicos: remover barreiras e aumentar o acesso a serviços de saúde, fortalecer e ampliar a reabilitação e serviços de assistência de TA e fomentar pesquisas relacionadas à deficiência (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015).

### 3.5 Manufatura Aditiva

A MA é um processo de fabricação que possibilita a construção de modelo geométrico 3D físico originado de um sistema *computer-aided design* (CAD) (VOLPATO, 2017). As principais etapas desse processo são similares a outros processos de fabricação, mas com um número reduzido de operações, sendo classificada como uma fabricação mais direta (KUMAR; SATHIYA, 2021).

De forma geral, a ideia é compor um objeto 3D a partir de uma subdivisão em finas parcelas de um modelo virtual, sendo a aproximação do objeto físico para o objeto computadorizado diretamente relacionado a espessura dessas camadas (ARAÚJO, 2021). As etapas podem ser observadas na figura 2.

**FIGURA 2** – Etapas do processo de MA para construção de uma peça final.



Fonte: VOLPATO (2017)

O conceito de MA, foi iniciado por Hideo Kodama em 1981, no Instituto de Pesquisa Industrial de Nagoya, Japão, onde desenvolveu um modelo que utilizava luz ultravioleta para endurecer polímeros fotossensíveis e assim obter objetos tridimensionais. No entanto, a tecnologia apenas começou a ser disseminada quando Charles Hull se destacou com a invenção da Estereolitografia (SLA), criando modelos a partir da reação de cura de uma resina líquida por meio de raios ultravioletas ou laser (SCHOTTE, 2019).

A princípio, a MA possibilitava restritamente a obtenção de protótipos para visualização. As aplicações se limitavam aos estágios iniciais e, apenas com o aumento da percepção do potencial oferecido a MA, na década de 90, o campo de aplicações foi se ampliando consideravelmente e com rapidez, alcançando a medicina (VOLPATO, 2017).

A MA traz consigo a liberdade geométrica principalmente em peças mais complexas que, em termos de custo e operação, tornaria difícil ser realizada pelos métodos convencionais (GIBSON; ROSEN; STUCKER, 2018). Além disso, possibilita customização, alcançando melhoria de rendimento em determinado serviço ao conseguir realizar otimizações diversas, diretamente em um modelo digital, aplicadas a um público específico (ATTARAN, 2017).

De acordo com o documento de padronização ISO/ASTM 52900 a MA apresenta sete categorias que agrupam 14 processos distintos de fabricação, demonstrados na tabela 4.

**TABELA 4** – Categorias e processos de fabricação da MA conforme a ISO/ASTM 52900.

CATEGORIAS	PROCESSOS
Fotopolimerização em Cuba <i>Vat Photopolymerization</i>	Estereolitografia (SLA) Processamento Digital de Luz (DLP)
Fusão em Leito de Pó <i>Powder Bed Fusion (PBF)</i>	Sinterização Seletiva a Laser (SLS) Sinterização Seletiva por Calor (SHS) Fusão Seletiva a Laser (SLM) Sinterização Direta a Laser de Metal (DMLS) Fusão por Feixe de Elétrons (EBM)
Jateamento de Aglutinante <i>Binder Jetting (BJ)</i>	Jateamento de Aglutinante (BJ)
Jateamento de Material <i>Material Jetting (MJ)</i>	Modo contínuo <i>Drop-on-Demand (DOD)</i>
Laminação em Folha <i>Sheet Lamination (SL)</i>	Manufatura por Objetos Laminados (LOM) Manufatura Aditiva Ultrasônica (UAM)
Extrusão de Material <i>Material Extrusion (ME)</i>	Modelagem por Fusão e Deposição (FDM)
Deposição de Energia Direcionada <i>Directed Energy Deposition (DED)</i>	Deposição de Energia Direcionada (DED)

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados extraídos da ISO/ASTM 52900.

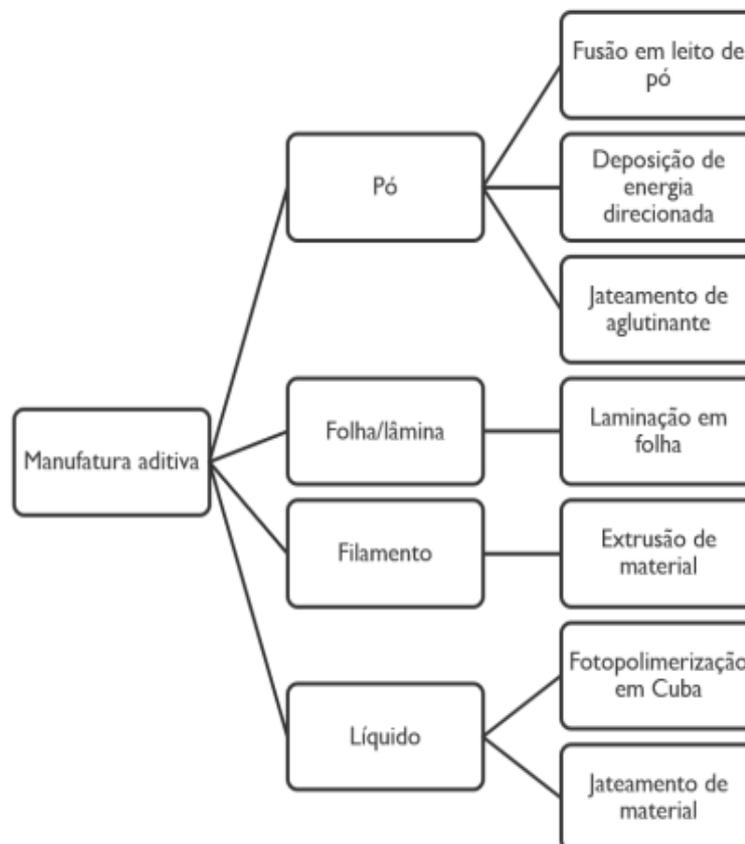
No que se refere aos princípios de cada categoria eles se diferenciam principalmente pelo modo o qual são depositados (VOLPATO, 2017):

- Na categoria de fotopolimerização em cuba o polímero fotossensível líquido é curado seletivamente em uma cuba por polimerização ativada por luz;

- Na categoria de fusão de leito em pó a energia térmica funde seletivamente regiões de um leito em pó;
- Na categoria de jateamento de aglutinante um agente aglutinante líquido é seletivamente depositado para unir materiais em pó;
- Na categoria de jateamento de material o material é depositado em pequenas gotas de forma seletiva;
- Na categoria de laminação em folha ou também denominada adição em folhas as lâminas recortadas de material são unidas (coladas) para formar um objeto;
- Na categoria de extrusão do material o material é extrusado através de um bico ou orifício, sendo seletivamente depositado;
- Na deposição com energia direcionada a energia térmica é usada para fundir à medida que estes são depositados.

As categorias de MA ainda se diferenciam pelo o material utilizado para fabricação dos objetos tridimensionais, como demonstrado na figura 3.

**FIGURA 3** – Tipos de materiais e sua correlação com as categorias da MA.



Fonte: ARAÚJO (2021)

### 3.5.1 Softwares Médicos Tridimensionais

As soluções tecnológicas voltadas aos processos em saúde tem ganhado amplo espaço por proporcionar melhora na cobertura assistencial aos usuários (PENHA et al., 2018). O novo padrão de sociedade, definido pela necessidade e busca da comunicação, gera diversas informações que, por sua vez, requerem estratégias atualizadas de captação, armazenagem e utilização do conhecimento produzido (LIMA; SANTOS, 2015).

Na área da computação, a tecnologia da informação tem permitido o desenvolvimento de softwares que fornecem abrangência para as diversas áreas da saúde, desde o diagnóstico de patologias até o auxílio no tratamento de pacientes (COSTA; ORLOVSKI, 2013). Para a maioria dos processos de digitalização 3D, inicialmente, é obtida uma nuvem de pontos distribuídos na superfície do objeto, os quais, em seguida, podem ser transformados em superfícies para edição e correção em um sistema CAD 3D. Esse processamento da nuvem é feito por uma classe de sistemas de softwares especializados que reproduzem com fidelidade a geometria digitalizada (VOLPATO, 2017).

O AutoCAD, software de modelagem, primeiramente em 2D, desenvolveu-se e passou a modelar também em 3D, atingindo grande visibilidade no mercado. Nos sistemas CAD, a geometria é baseada em coordenadas para o desenvolvimento de entidades gráficas, formando elementos de representação (COSTA; FIGUEREDO; RIBEIRO, 2015).

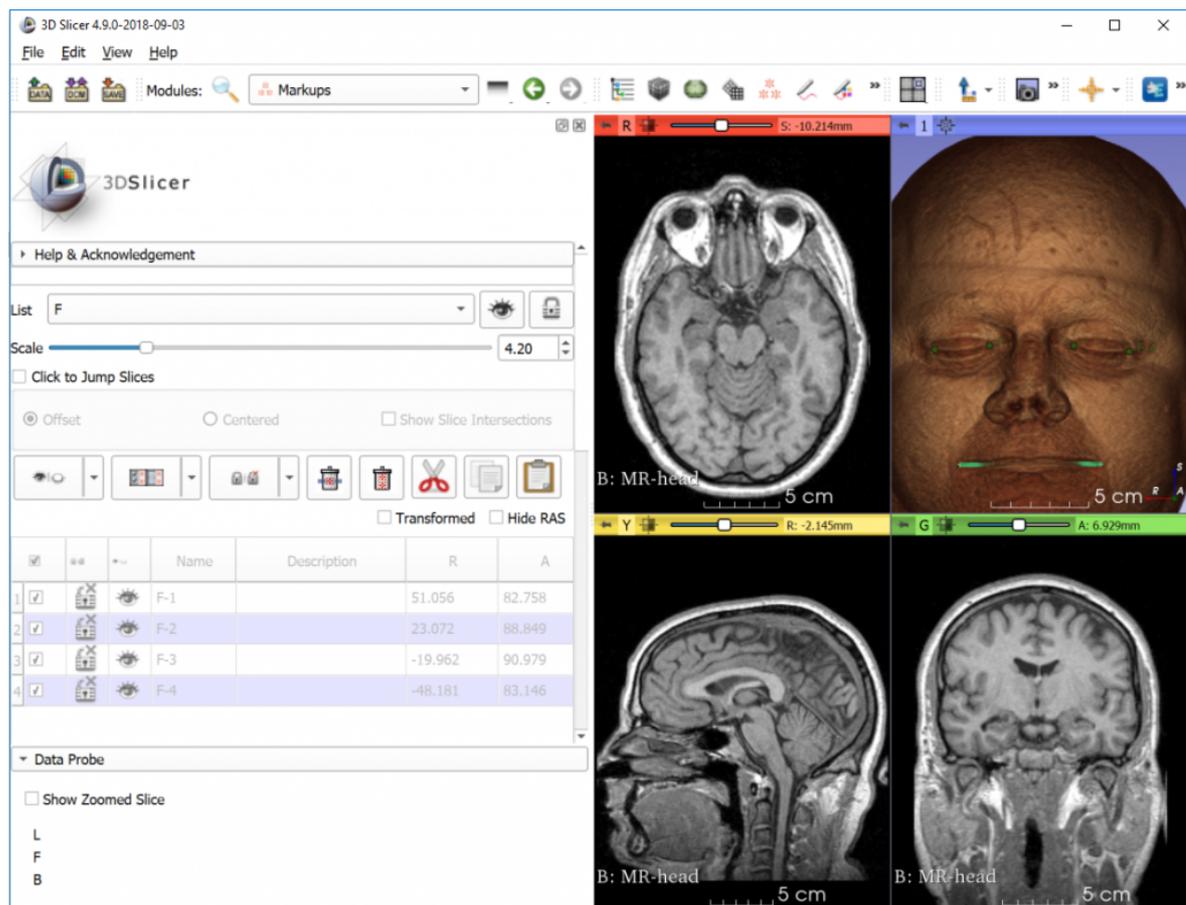
Dentro ainda do ambiente CAD são integradas as ferramentas CAE, permitindo que os arquivos das peças sejam processados e manipulados, gerando novas versões e modelos. Estruturas podem ser simuladas e estudadas. Diferentes materiais podem ser testados para verificar resistência e durabilidade. Posteriormente, os arquivos obtidos por meio dos softwares CAD são processados por um software *Computer Aided Manufacturing* (CAM), que permite que os parâmetros geométricos sejam convertidos diretamente em um conjunto de instruções de fabricação (HATAMLEH et al., 2016).

O planejamento por softwares CAD/CAE apresenta vantagens de poder manipular as imagens de variadas formas, e mesmo, a partir de segmentação e softwares potentes, combinar imagens de fontes diferentes. As principais vantagens desse sistema estão associadas à customização de procedimentos e modelos sem elevação de custos, possibilidade de precisão e complexidade dos modelos, com planejamento mecânico da estrutura conforme demanda, inclusão de materiais e planejamento cirúrgico (COUTINHO et al, 2018).

### 3.5.2 Software 3D Slicer

O software 3D Slicer, é um software CAD que possui ferramentas de segmentação que funcionam com extensão de imagens digitais usadas em Medicina, o DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), como demonstrado na figura 4.

**FIGURA 4 –** Imagens digitais geradas pelo arquivo 3D Slicer.



Fonte: MURAT MAGA (2018)

Trata-se de um projeto que visa fornecer uma plataforma para diversas aplicações por meio de um modelo de desenvolvimento comunitário, sendo usado para pesquisas em ambientes biomédicos básicos e aplicados clinicamente. O 3D Slicer é construído sobre um conjunto de componentes de software poderosos e amplamente utilizados (Tcl/Tk, VTK, ITK) aos quais é adicionada uma camada de aplicativo que torna o sistema utilizável por usuários finais não programadores (PIEPER; KIKINIS, 2004).

Um dos princípios importantes no 3D Slicer é a sua modularidade. Os sistemas modulares permitem que os desenvolvedores trabalhem em relativo isolamento para produzir

elementos de valor que outras pessoas possam usar. A modularidade no Slicer é feita usando camadas de abstrações e unidades funcionais componentizadas. O Slicer é colocado em camadas em grande parte no VTK (Visualization Toolkit), um kit de ferramentas de visualização disponível gratuitamente escrito em C++ da Kitware, Inc., estend-o-se a funcionalidade básica do VTK com módulos C++ projetados para imagens médicas (PIEPER; KIKINIS, 2004).

O VTK também fornece ligações para a maioria de suas funcionalidades para linguagens interpretadas como Tcl. O Slicer usa essas ligações para fornecer uma biblioteca comum de código de script Tcl e para implementar a interface de usuário multiplataforma do Slicer. Dentro os tipos de arquivos de exportação 3D Slicer, é possível exportar as segmentações na linguagem de triângulo STL (*Standard Triangle Language*), que posteriormente são enviadas para o software que preparam arquivos para impressão (SANTOS, 2021).

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente estudo foi desenvolvido no laboratório de tecnologias Tridimensionais (LT3D) do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES), alocado na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), respeitando as perspectivas éticas através da validação do comitê de ética em pesquisa sob o número de parecer 3315785 e CAAE: 10308819.5.000.5187.

Trata-se de um estudo do tipo pesquisa-ação (MELLO et al., 2012) de caráter exploratório com abordagem qualitativa, elaborado através da confecção de um fluxo do processo detalhado. O estudo foi desenvolvido no período de março de 2020 até fevereiro de 2023 e subdividiu-se em três grandes etapas metodológicas que correspondem às grandes fases do processo: aquisição de imagens fetais; desenvolvimento digital; e manufatura do dispositivo.

### **4.1 Aquisição de Imagens Fetais**

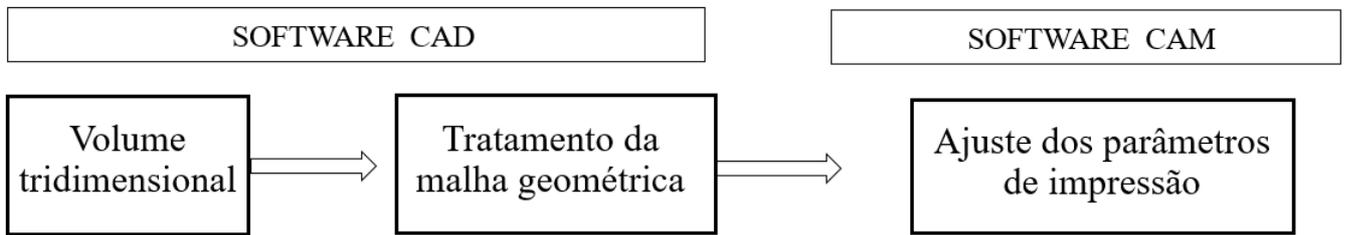
Para contemplar a etapa captação de imagens, inicialmente foi realizado um estudo específico da US gestacional, buscando entender o procedimento como um todo e as possíveis variações de parâmetros. Dessa forma, ficou-se predefinido que, em virtude das necessidades de especificações do tipo de extensão do arquivo e maior definição de imagem, foi necessária a realização da US 4D.

As imagens foram captadas utilizando o equipamento de US da marca General Electric – GE do modelo Voluson E8 Expert, com intuito de adquirir detalhes do feto para favorecer a etapa subsequente de desenvolvimento digital e, conseqüentemente, o reconhecimento do feto após aquisição do biomodelo. Quanto maior for a especificidade do exame, maior será a sensação e estímulo tátil da gestante para reconhecer e identificar contornos anatômicos. O arquivo de US utilizado no estudo foi adquirido através do banco de Imagens digitais fornecido pelo LT3D/NUTES.

### **4.2 Desenvolvimento digital**

A etapa de desenvolvimento digital pode ser subdividida em duas subetapas: tratamento da imagem e tratamento da malha geométrica. Ambas as etapas foram realizadas através de softwares CAD que tem por função gerar um arquivo em malha geométrica final que será destinado a um software CAM para a etapa de manufatura aditiva, como demonstrado na figura 5.

**FIGURA 5** - Fluxograma de descrição de etapas para ajuste de imagem médica.

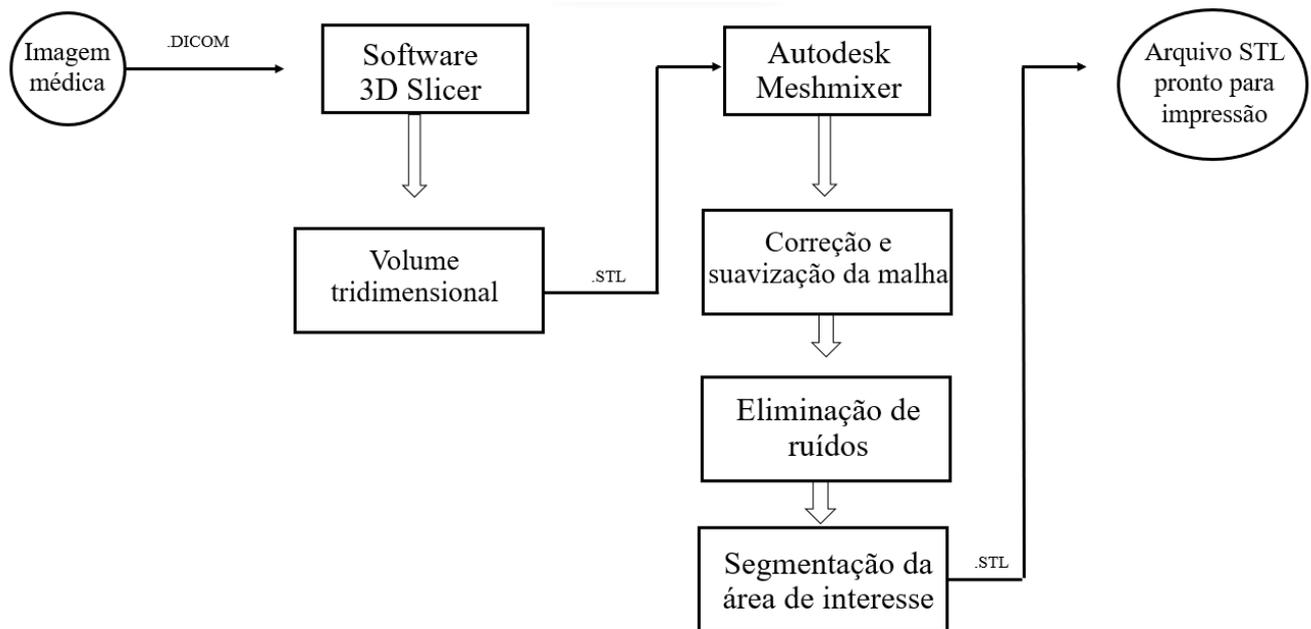


Fonte: Elaborado pelo autor. Dados da pesquisa (2022).

Na primeira subetapa referente ao Tratamento de Imagem, o arquivo captado pela ultrassonografia 4D foi convertido em arquivo de malha geométrica (STL). Para contemplar essa etapa, o arquivo DICOM de extensão DCM, advindo da US, foi importado para o software médico CAD 3D SLICER (Versão 5.0.3). Através das funcionalidades do software, o arquivo foi convertido em imagem STL com a volumetria tridimensional.

Dando continuidade ao processo, o arquivo foi importado no software CAD Autodesk Meshmixer (Versão 3.5), visando realizar a correção e a suavização da malha geométrica. Além disso, a imagem foi segmentada para definição da superfície pretendida como objetivo final e os ruídos foram eliminados. Dessa forma, um novo arquivo em STL foi gerado e, posteriormente, direcionado ao software CAM. Os dados dessa etapa, foram sintetizados na figura 6.

**FIGURA 6 - Fluxograma das etapas de desenvolvimento digital.**



Fonte: Elaborado pelo autor. Dados da pesquisa (2022).

### 4.3 Manufatura do Dispositivo

A terceira etapa é caracterizada pelo processo de fabricação propriamente dito. O arquivo STL gerado na etapa anterior foi importado para o software CAM ideaMaker (Versão 4.2.3.5680), para que os parâmetros de impressão comecem a ser modulados.

Visando alcançar os objetivos dessa proposta, foi utilizado o processo de Modelagem por Fusão e Deposição (FDM) e o material poliácido láctico (PLA). Todos os parâmetros de impressão foram sintetizados na tabela 5.

**TABELA 5** - Parâmetros de impressão do biomodelo fetal.

<b>PARÂMETROS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Velocidade de impressão	60 mm/s
Preenchimento	25%
Padrão de preenchimento	retangular
Número de camadas inferiores	4
Número de camadas superiores	4
Número de paredes	4
Altura de camadas	0,2 mm
Largura de extrusão	0,4 mm
Temperatura do extrusor	255°C
Tipo de adesão à mesa	raft

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados da pesquisa (2022).

Com a definição dos parâmetros, foi gerado um arquivo digital em extensão G-code (*Geometric Code*), o qual armazena a imagem final com todos os parâmetros associados. Em seguida, iniciou-se a manufatura do dispositivo. Após a finalização da impressão, o dispositivo precisou passar pela etapa de pós-processamento para a remoção do suporte, finalizando assim o biomodelo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do biomodelo fetal iniciou-se com a captação das imagens ultrassonográficas. Para esse estudo, foi utilizada uma imagem de US em quatro dimensões (4D) de 24 semanas gestacionais, captadas por um médico com experiência na área, mantendo o padrão e a categorização dos diferentes planos, como almejados por essa pesquisa.

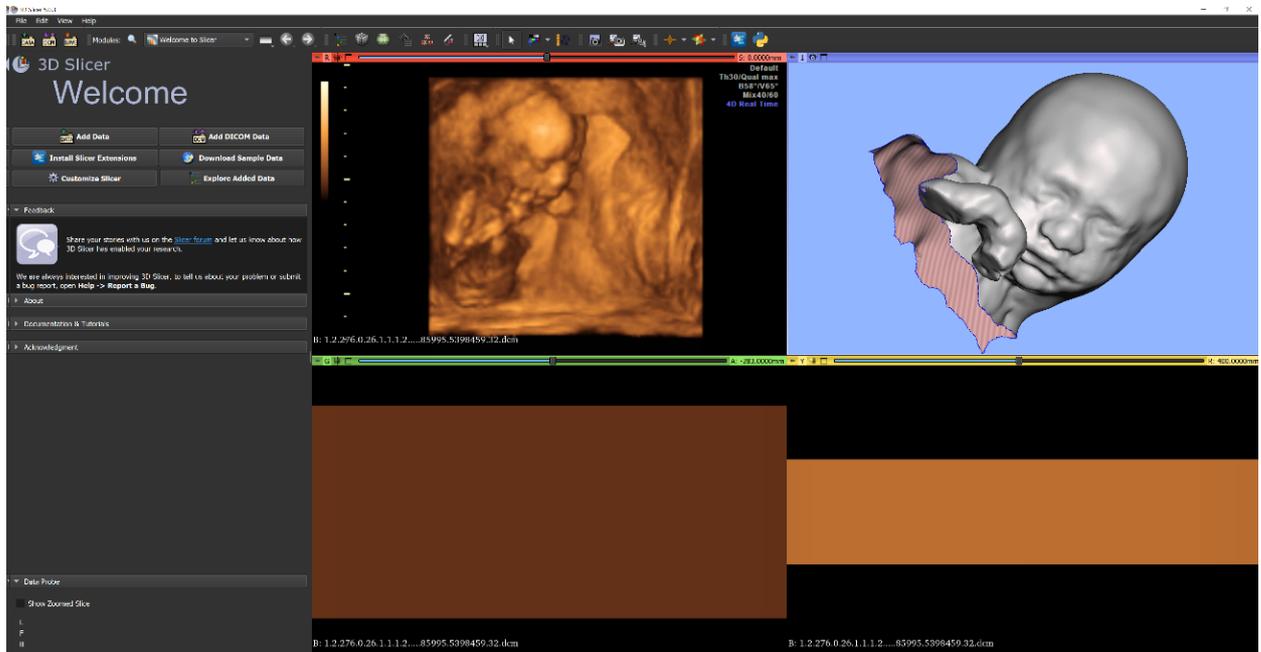
Apesar da captação da imagem não ser o alvo principal do estudo, o delineamento de uma US com maior especificidade, se demonstrou como ponto chave para uma boa modelagem das imagens tridimensionais, uma vez que explorando o máximo de potencial da técnica de US a aquisição de imagens torna-se mais refinada. Segundo Hangen (2009), o pré-requisito para um exame de qualidade é o conhecimento das particularidades de alguns sistemas de ultrassonografia e das propriedades dos órgãos e tecidos a serem examinados, demonstrando que a experiência técnica faz toda diferença.

Além disso, o exame ultrassonográfico apresenta divergência na interpretação dos seus achados, devido à análise subjetiva e individual, tornando-se importante a utilização de técnicas que quantifiquem a ecogenicidade e ecotextura (VESCOVI et al., 2009). No caso da ultrassonografia obstétrica 4D, as imagens captadas pelo ultrassom são tratadas e fornecem detalhes do corpo do feto, permitindo visualizar face e órgãos genitais, inclusive com registro dos movimentos. Ainda assim, a qualidade da segmentação, caracterizado como o processo de identificar em uma imagem digital as posições dos pixels pertencentes a uma estrutura ou região de interesse, é essencial para a precisão das medidas (MOTTA, 2018).

Devido a qualidade de imagem e a presença de artefatos como o ruído speckle e sombras acústicas, combinada com o fato de que o contraste entre as regiões de interesse é muitas vezes baixo, segmentar as imagens do ultrassom é particularmente desafiador (MOTTA, 2018). Nesse estudo, como a maior precisão era necessária, todas as fatias foram segmentadas manualmente, tornando o processo mais lento, mas com uma reconstrução 3D mais específica.

As imagens captadas foram importadas no software médico CAD 3D SLICER (Versão 5.0.3), como demonstrado na figura 7.

**FIGURA 7** – Captura de Tela do Software 3D Slicer pós a importação da ultrassonografia.

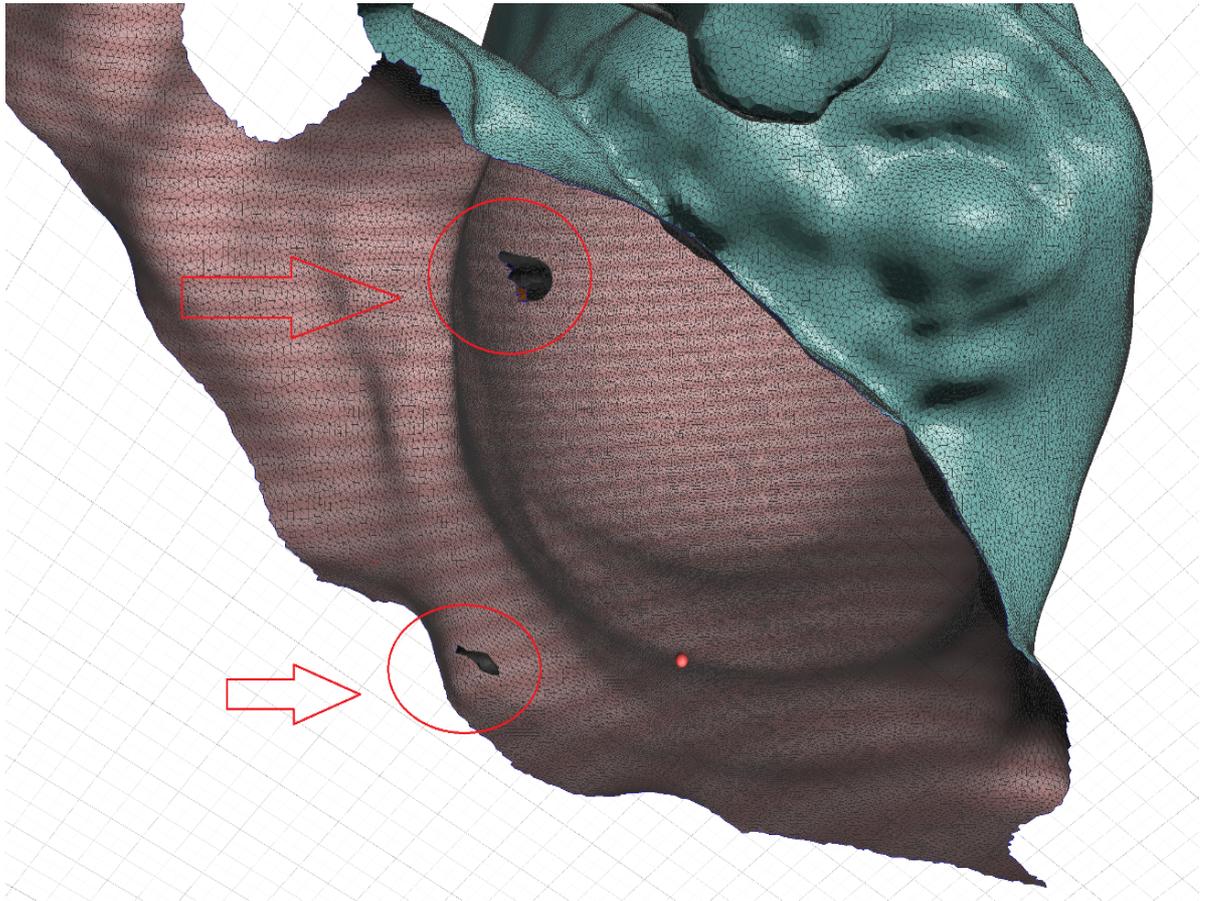


Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A importação no software CAD 3D SLICER permitiu a formação do volume tridimensional, em extensão STL - “Standard Triangle Language” (Linguagem Padrão do Triângulo). O arquivo STL codificará a superfície do objeto em formas geométricas, especialmente triângulos, fornecendo uma listagem completa das coordenadas x, y e z, de suas interseções e perpendicularidades.

O processo de formação de arcabouço superficial por meio de triângulos se dá pelo fato de ser a figura geométrica mais próxima de um vetor. O triângulo possui intensidade, direção e sentido, propriedades fundamentais para a impressão 3D e torna o arquivo passível de ser impresso (LTW, 2016). Segundo BREWCZYŃSKI & TORA (2014), esse tipo de arquivo, entretanto, é caracterizado por erros de falhas no fechamento na malha geométrica o que corrobora com os dados da nossa pesquisa ao desenvolver o primeiro STL, como demonstrado na figura 8.

**FIGURA 8** – Arquivo STL inicial com aberturas na malha geométrica.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Com essa resposta, o arquivo STL gerado pelo software 3D Slicer foi exportado e, posteriormente, importado no software CAD Autodesk Meshmixer (Versão 3.5) (FIGURA 9), visando realizar a correção e a suavização da malha geométrica para alcançar a convergência de triângulos perfeita e, conseqüentemente, uma melhor definição da estrutura anatômica.

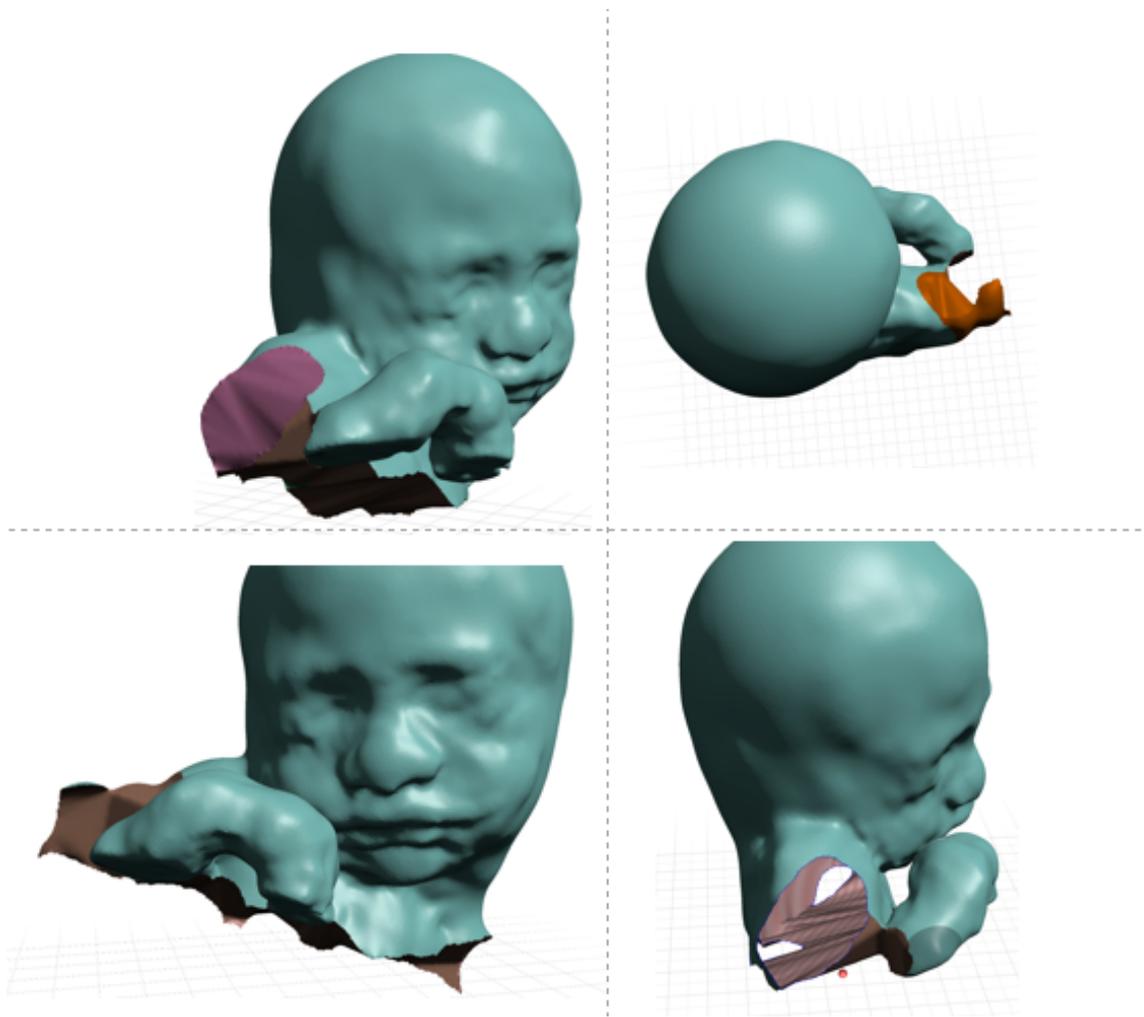
**FIGURA 9** – Arquivo STL importado ao Meshmixer

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O software Autodesk Meshmixer desempenhou o papel fundamental nessa pesquisa. Tendo como uma de suas principais características a simplicidade, tanto da interface quanto dos comandos, não requerendo um alto grau de conhecimento técnico ou treinamento prévio para sua utilização em aplicações de baixo e médio grau de complexidade, a interface do programa assume uma formatação clara e busca ser autoexplicativa, associando figuras a frases para explanação de suas ferramentas (COELHO, 2016).

De modo geral, para esta pesquisa, inicialmente foi realizado a correção da malha com o comando automático (FIGURA 10).

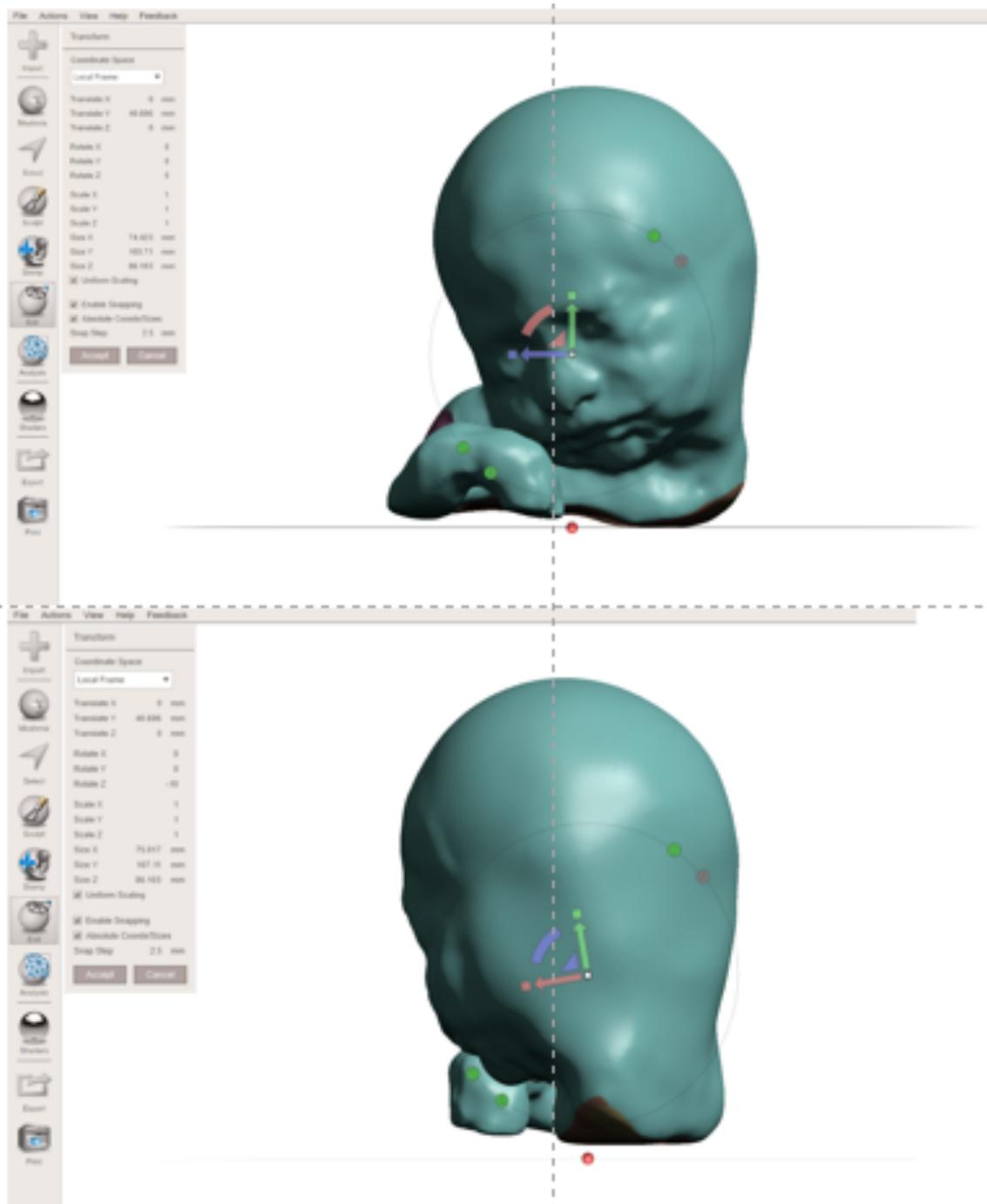
**FIGURA 10** – Arquivo STL após a suavização automática do software Meshmixer



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Posteriormente, a utilização desse software permitiu suavizar manualmente cada trecho que precisava de maior definição, como demonstrado na figura 11. A etapa de suavização do contorno da malha é de grande importância ao resultado da extrusão da superfície. Ainda segundo COELHO (2016), o quanto mais homogêneo e “liso” for o contorno, melhor será o resultado das bordas no processo de extrusão. Contornos irregulares, com muitas mudanças de direção, além de gerar bordas irregulares com cantos vivos, o que seria ruim à sua utilização, são extremamente propícios a resultar bordas com auto-interseções.

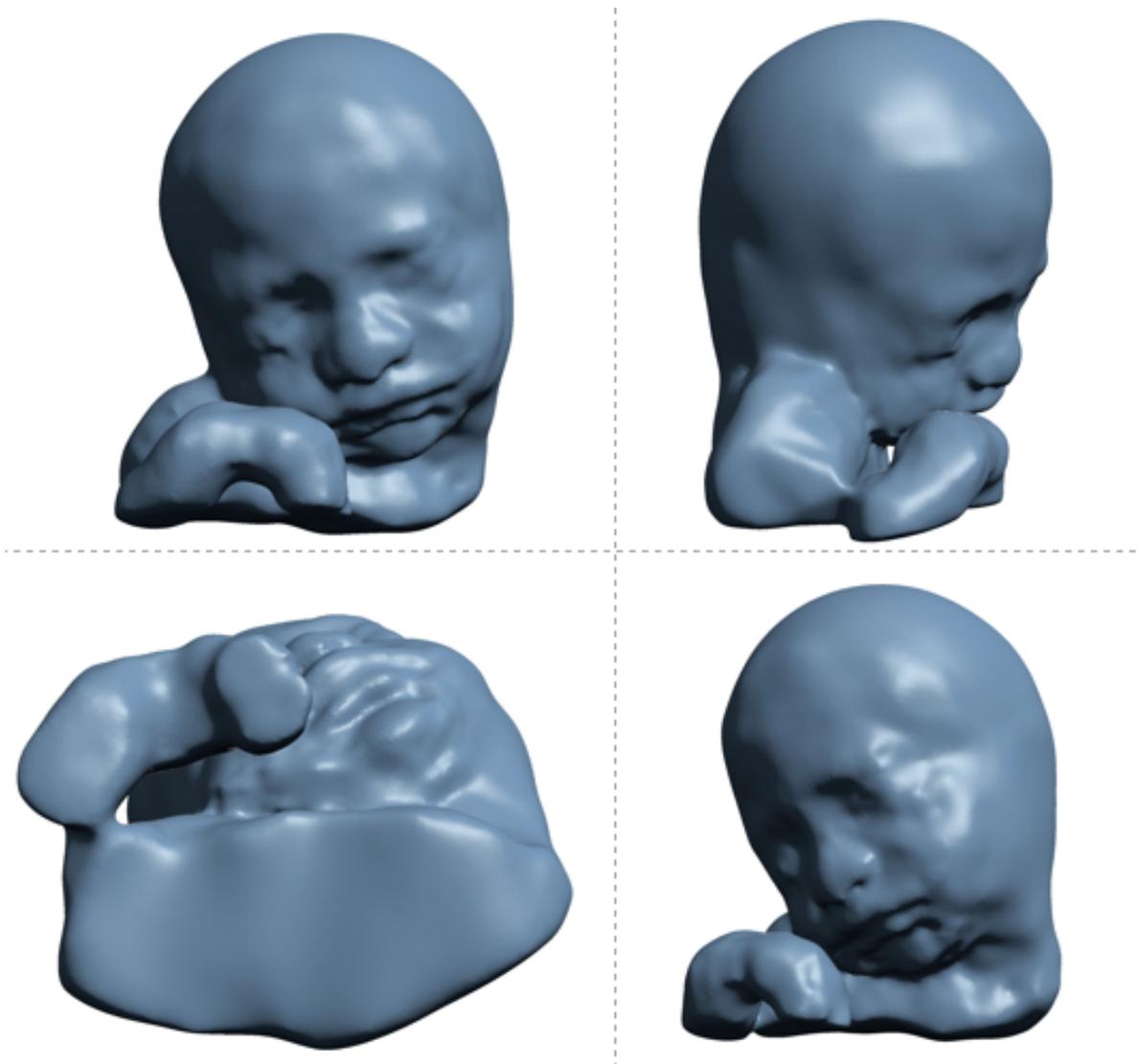
FIGURA 11 – Suavização manual da malha no Meshmixer.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Além do tratamento e correção da malha geométrica, foi possível realizar a segmentação, alinhamento do eixo e eliminação de ruídos, definindo-se o modelo do arquivo virtual ideal para ser impresso, o biomodelo virtual final (FIGURA 12).

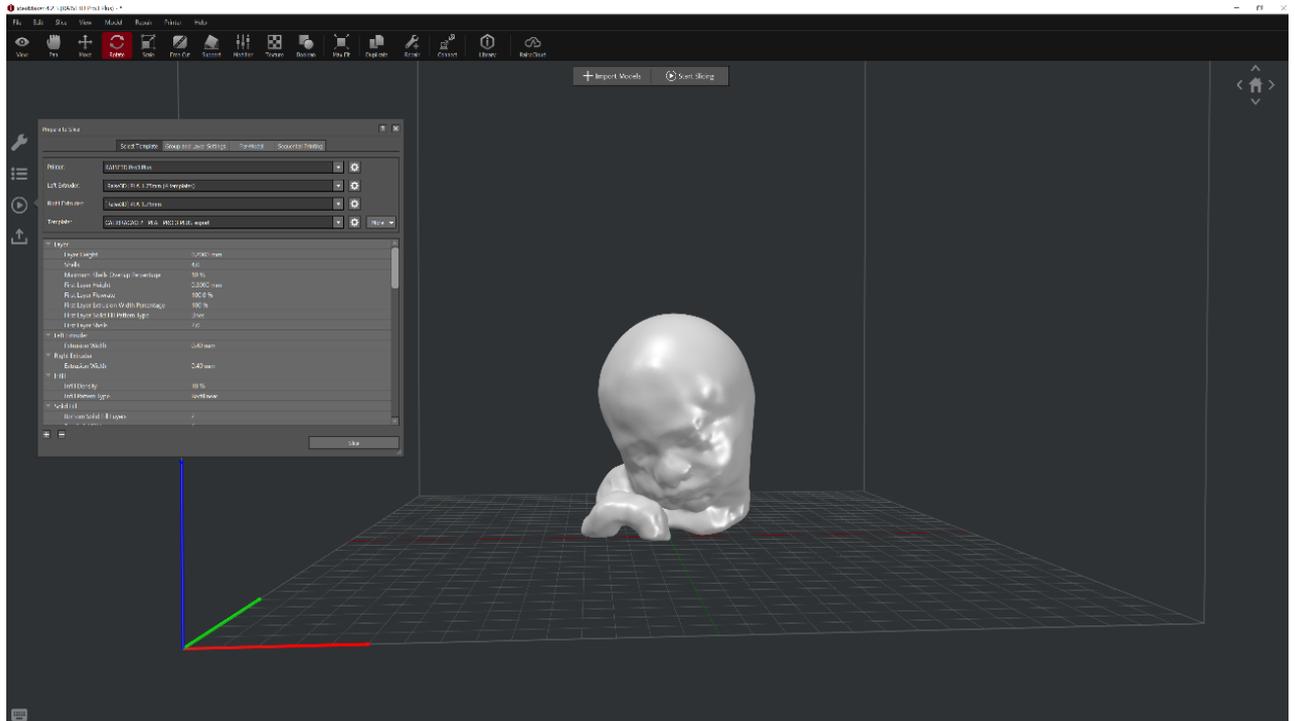
**FIGURA 12** – Biomodelo virtual final.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Após a finalização do modelo virtual, o arquivo STL final foi importado para o software CAM ideaMaker (Versão 4.2.3.5680) (Figura 13), para modelar os parâmetros de impressão.

**FIGURA 13** – STL importado no software CAM ideaMaker



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O biomodelo foi fabricado através do processo de Modelagem por Fusão e Deposição (FDM) com o material poliácido láctico (PLA). Normalmente as peças feitas pelo processo FDM são mais resistentes mecanicamente do que as de resina. Na técnica FDM, as impressoras empregadas utilizam um filamento do tipo termoplástico e este filamento é aquecido até atingir sua temperatura de fusão, seguido de extrusão camada por camada, levando assim à fabricação de uma estrutura tridimensional (SOLOMON; SEVVEL; GUNASEKARAN, 2020).

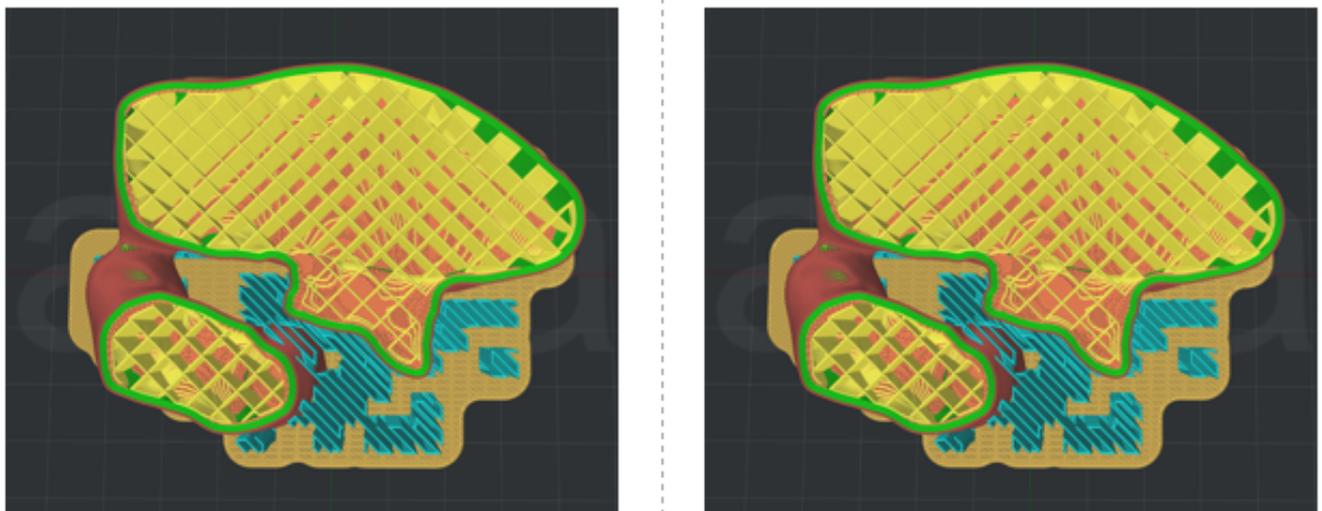
Apesar de não existir literatura suficiente disponível para uma análise abrangente de todos os parâmetros, o processo FDM tem uma quantidade razoável de vantagens e limitações. Segundo Sheoran & Kumar (2020) o custo de simplicidade de processo incorrido e maior velocidade de impressão é considerado o fato mais benéfico, enquanto os parâmetros complexos do processo que afetam diretamente a construção do componente são considerados uma limitação importante.

A qualidade e as características mecânicas das peças impressas em FDM dependem essencialmente da seleção adequada dos parâmetros do processo. Nesse caso, um dos parâmetros essenciais para a fabricação do biomodelo destinado a essa pesquisa foi velocidade de impressão. Caracterizada como a velocidade de deslocamento da ponta do bico conforme ela atravessa o plano XY da plataforma de construção para depositar o material é essencial para

demarcar o detalhamento da peça (HASSAN et. al., 2019). Como as mulheres com deficiência visual tem um tátil aguçado, a velocidade de impressão escolhida foi de 60 mm/s, visando alcançar maior precisão na impressão.

Outro aspecto importante foi a taxa de preenchimento. As camadas externas das peças impressas em FDM são geralmente sólidas, mas a sua estrutura interna pode ser esparsa e de vários padrões de preenchimento, tamanhos e formas. Assim, a densidade de preenchimento implica a solidez da estrutura interna da peça impressa em FDM (MORADI; MEIABADI; KAPLAN, 2019). Em concordância com essas informações, a pesquisa aplicou uma taxa de preenchimento de 25%, adquirindo uma estrutura parcialmente preenchida (FIGURA 14), já que alto grau de solidez não era uma característica a ser alcançada no dispositivo final.

**FIGURA 14** – Preenchimento interno do biomodelo fetal.



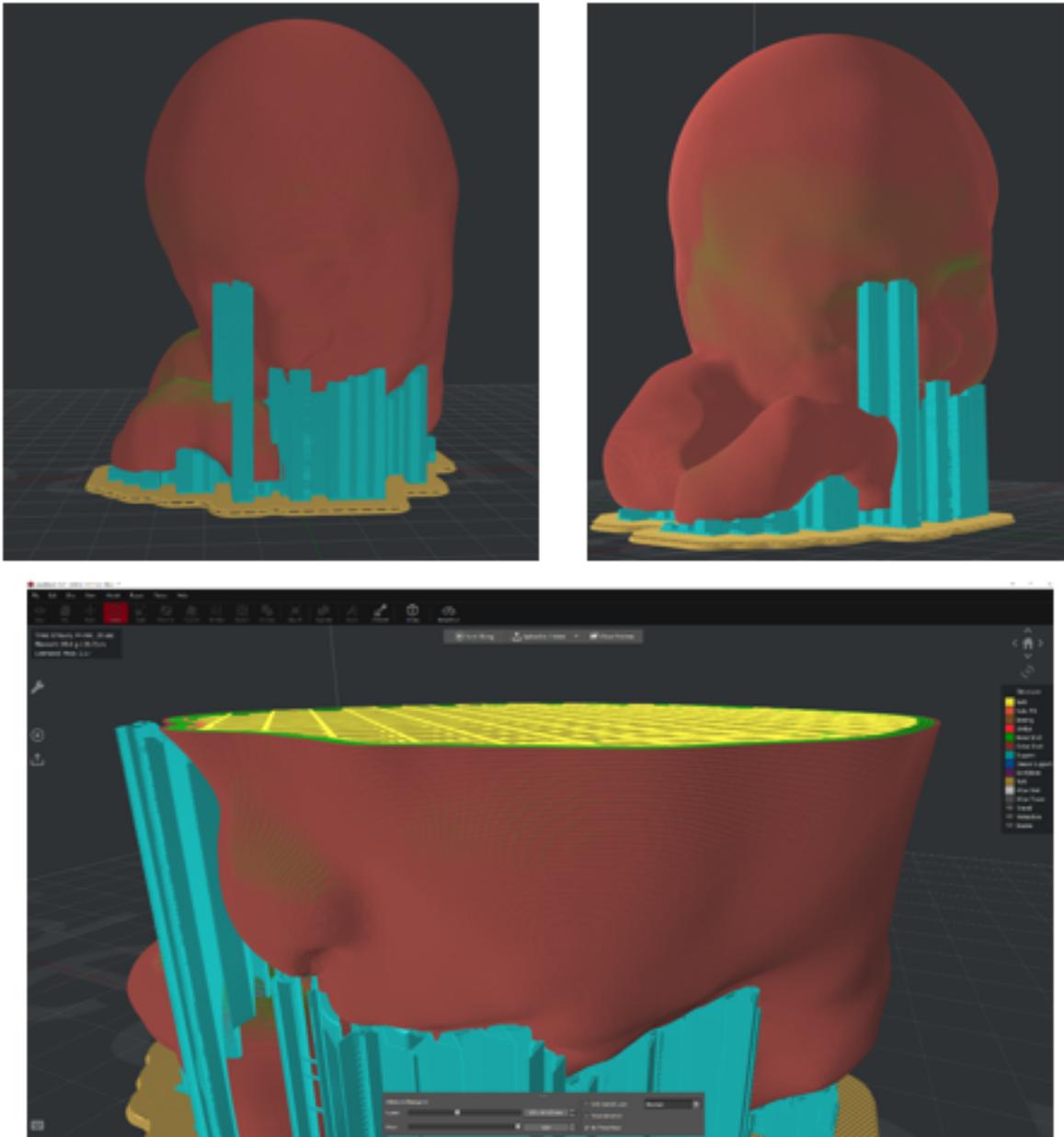
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Ademais, a escolha do tipo de material para fabricação é crucial para o bom funcionamento dos componentes. Para esta pesquisa, selecionou-se o PLA. Os pontos fortes percebidos nesse tipo de filamento foram: a facilidade de impressão, a boa aderência a mesa de impressão, elevada dureza superficial, alta qualidade visual na impressão e ótima adesão de camadas, corroborando com os dados de literaturas encontradas (SILVA et al, 2014; LIU et. al, 2017; SHEORAN; KUMAR, 2020).

Outrossim, o processo FDM necessita da criação de estrutura de suporte através de um bico extrusor adicional exclusivo, possibilitando a construção de partes que não estejam conectadas às primeiras camadas (VOLPATO, 2017). Nessas perspectivas, após a definição e

delimitação de todos os parâmetros de impressão, no próprio software CAM foi criado uma estrutura de suporte para apoiar a construção e evitar que o bico realize um depósito de material em um lugar vazio (FIGURA 15).

**FIGURA 15** – Estrutura de suporte adicional ao biomodelo fetal.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Por fim, o STL final, com a estrutura de suporte adicionada e interligado a todos os parâmetros de impressão, foi encaminhado para a etapa final que é a manufatura propriamente

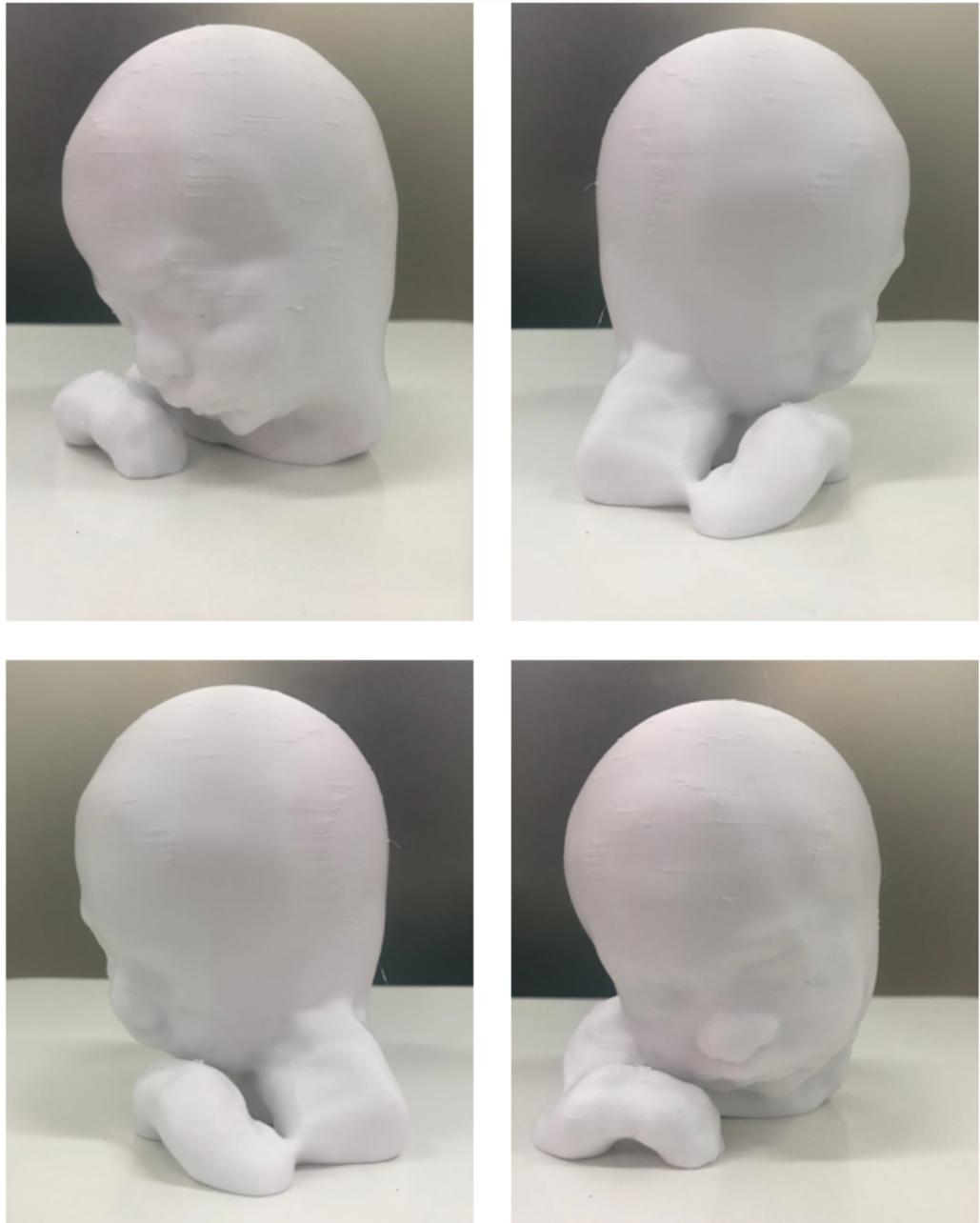
dita do biomodelo. O processo de impressão, exclusivamente, durou em média 13 horas e a figura 16 demonstra o biomodelo logo após a finalização da impressão, ainda com suporte.

**FIGURA 16** – Biomodelo ao término da impressão.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Após o término da impressão, houve a etapa de pós-processamento para remoção do suporte, que foi realizada de forma manual. A figura 17 demonstra o biomodelo físico final, que caracterizou por apresentar alta definição e percepção ao toque com detalhamento de estruturas anatômicas da face, além de resistência e leveza.

**FIGURA 17 – Biomodelo Físico Final**

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Quando somado ao processo de desenvolvimento por completo desde a realização da ultrassonografia contatou-se que a entrega do produto final deve durar cerca de 48 horas, sem que nenhuma intervenção ocorresse durante a fabricação.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final dessa pesquisa, como delimitado pelos objetivos, foi possível desenvolver um biomodelo fetal por manufatura aditiva, advindo de imagens de um ultrassom, demonstrando-se como uma alternativa interessante para o acompanhamento pré-natal de gestantes com deficiência visual.

O processo de MA, por meio da tecnologia do FDM associada ao material PLA, foi capaz de potencializar a realidade do produto final entregando um biomodelo leve, resistente e de padrão anatômico idêntico a realidade intrauterina. Um aspecto importante a ser ressaltado é que diante dos processos para alcançar o biomodelo final, a modelação dos parâmetros de impressão e a limpeza da malha geométrica foi um ponto crucial para alcançar as características finais almejadas.

Ademais, através desse estudo qualifica-se como eficaz o uso de imagens ultrassonográficas para construir biomodelo físicos por meio da manufatura aditiva, evitando a necessidade de fazer exames mais específicos que possam gerar riscos a mãe e o feto. Apesar disso, sugere-se realizar estudos clínicos que consigam analisar a experiência vivida com o contato de mulheres deficientes visuais e o biomodelo fetal, acompanhando sua influência nos aspectos que envolvem o apego materno-fetal.

## REFERÊNCIAS

- ABOU-ELKACEM, L.; BACHAWAL, S. V.; WILLMANN, J. K. Ultrasound molecular imaging: Moving toward clinical translation. **European Journal of Radiology**, v. 84, n. 9, p. 1685–1693, 2015.
- ALVARENGA, P. et al. Relações entre a saúde mental da gestante e o apego materno-fetal. **Estudos de Psicologia**, v. 17, n. 3, p. 477–484, 2012.
- AMARANTE, S. A importância do vínculo materno no desenvolvimento infantil. **Fio Cruz**, 2017 Disponível em: <<http://www.iff.fiocruz.br/index.php/8-noticias/330-aimportanciadovinculomaterno>>.
- ANDRADE, C. DE J.; BACCELLI, M. S.; BENINCASA, M. O vínculo mãe-bebê no período de puerpério: uma análise winnicottiana. **Vínculo**, v. 14, n. 1, p. 1–13, 2017.
- ARAÚJO, V. C. **Manufatura Aditiva e suas aplicações na indústria: Uma revisão de literatura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Russas, 2021.
- ATTARAN, M. The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. **Business Horizons**, v. 60, n. 5, p. 677–688, 2017.
- BARBOSA, R. A. et al. Pré-Natal Realizado Por Equipe Multiprofissional Da Atenção Primária À Saúde. **Revista Científica Escola de Saúde Pública do Ceara.**, v. 14, n. 1, p. 63–70, 2020.
- BELLE, M. AMORIM, P. Deficiência visual: O que é, causas e dificuldades. **Famita**. Disponível em: <https://www.famivita.com.br/conteudo/deficiencia-visual/>.
- BERSCH, R. Introdução a Tecnologia Assistiva. **Assistiva Tecnologia e Educação**, p. 1, 2017.
- BEZERRA, C. P. et al. Access to health services by blind mothers: From coping to learning. **ACTA Paulista de Enfermagem**, v. 33, p. 1–9, 2020.
- BORGES, W. F.; MENDES, E. G. Usability of Assistive technology applications by people with low vision. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 24, n. 4, p. 483–500, 2018.
- BRASIL. Parto, Aborto e Puerpério: Assistência Humanizada à Mulher. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 13, n. 3, p. 44–55, 2001.
- BRASIL. Atenção ao pré-natal de baixo risco. **Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica.**, v. 11, n. 1, p. 103–109, 2012a.
- BRASIL. Portaria Interministerial nº362, de 24 de outubro de 2012. **Diário oficial da União**, p. 7042, 2012b.

BRASIL. **Pré-Natal**. Ministério da Saúde, 2019. Disponível em:

<https://www.saude.gov.br/biblioteca/7637-pr%C3%A9-natal> . Acesso em 01/03/2022.

CAVALCANTE, M. C. V. et al. Relação mãe-filho e fatores associados: Análise hierarquizada de base populacional em uma capital do Brasil-Estudo BRISA. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 22, n. 5, p. 1683–1693, 2017.

COELHO, L.S. Técnicas E Ferramentas CAD 3D Para Tratamento De Superfícies Complexas Visando A Fabricação De Órteses Por Manufatura Aditiva. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Curitiba, 2016.

CONCEITO TECNOLOGIA ASSISTIVA. Instituto Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: < <https://cta.ifrs.edu.br/tecnologia-assistiva/conceito/>>. Acesso em:03/08/2022.

COSTA, G. C. L. R.; FIGUEREDO, S. H.; RIBEIRO, S. E. C. Estudo comparativo da tecnologia CAD com a tecnologia BIM. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 34, n. 2, p. 11-18, 2015.

COSTA, K. C.; ORLOVSKI, R. A Importância da Utilização do Software na Área da Saúde. **Revista Destaques Academicos**, v. 5, n. 4, p. 85–93, 2013.

COTÉ, J. J.; THOMAS, B.; MARVIN, J. Improved maternal bonding with the use of 3D-printed models in the setting of a facial cleft. **Journal of 3D Printing in Medicine**, v. 2, n. 3, p. 97–102, 2018.

COUTINHO et.al. **Tecnologia 3D na Saúde: uma visão sobre Órteses e Próteses, Tecnologias Assistivas e Modelagem 3D** [recurso eletrônico]. Natal: SEDIS-UFRN, 2018

DANTAS, T. C.; SILVA, J. S. S.; DE CARVALHO, M. E. P. Entrelace entre gênero, sexualidade e deficiência: Uma história feminina de rupturas e empoderamento. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 20, n. 4, p. 555–568, 2014.

DIAS, J. C. et al. Os desafios da maternidade e a importância de ser mãe para mulheres com deficiência. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, Vol. 2, Nº 6, Ano 2, 2014.

DOYAL, L.; DAS-BHAUMIK, R. G. Sex, gender and blindness: A new framework for equity. **BMJ Open Ophthalmology**, v. 3, n. 1, p. 3–7, 2018.

FIGUEIREDO, B. B.; CESAR, F. I. G. **Um estudo da utilização da impressora 3d na engenharia e na medicina**. v. 2, p. 1–16, 2022.

GALVÃO FILHO, T. A Tecnologia Assistiva: De Que Se Trata? In: **Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade**. Redes Edit ed. Porto Alegre: [s.n.]. v. 1p. 207–235.

GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. **Additive manufacturing technologies**. v. 100, 2018.

- GIULI, A. L. et al. Fatores Psicossociais que Interferem na Qualidade de Vida de Adolescentes Gestantes em Joinville-SC. **Rev. Adol. Confl.** n.17, p. 62-70, 2018
- GÜNEY, E.; UÇAR, T. Effect of the fetal movement count on maternal–fetal attachment. **Japan Journal of Nursing Science**, v. 16, n. 1, p. 71–79, 2019.
- HASSAN, M., et al. 3D printing of biopolymer nanocomposites for tissue engineering: Nanomaterials, processing and structure-function relation. **European Polymer Journal**, 121, 2019.
- HOFFMANN, R. et al. Evaluation of an Audio-haptic Sensory Substitution Device for Enhancing Spatial Awareness for the Visually Impaired. **Optometry and Vision Science**, v. 95, n. 9, p. 757–765, 2018.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- ISO, S. I. **ISO 9999:2016 Assistive products for persons with disability — Classification and terminology.**, 2016.
- KUMAR, M. B.; SATHIYA, P. Methods and materials for additive manufacturing: A critical review on advancements and challenges. **Thin-Walled Structures**, v. 159, n. July, p. 107228, 2021.
- LEITE, M. G. et al. Sentimentos advindos da maternidade: Revelações de um grupo de gestantes. **Psicologia em Estudo**, v. 19, n. 1, p. 115–124, 2014.
- LIU X., et. al. Avaliação paramétrica de propriedades mecânicas de peças de modelagem por deposição fundida com base no método Gray Taguchi Int. J. Adv. Manuf. Tecnol. , 2017, pp. 2387 – 2397
- LOYOLA et al. Perfil psicológico da gestante no pré e pós-parto. **RESU – Revista Educação em Saúde: V7**, suplemento 1, 2019
- LTW, Sistemas. Arquivo em extensão STL, 2022. Disponível em: <https://www.lwtsistemas.com.br/>.
- MARQUES, A. C. M.; SOUZA, L. F. **Gestação E Seus Fatores Emocionais**. Trabalho de conclusão de curso. Anápolis, 2019.
- MELLO, C. H. P. et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Producao**, v. 22, n. 1, p. 1–13, 2012.
- MELLO, H. C. **Tipos de transdutores de ultrassom: Conheça os tipos e para que servem**. Disponível em < <https://blog.medicalway.com.br/transdutores-de-ultrassom/>> Acesso: 06/05/2022.
- MENDES, R. B. et al. Evaluation of the quality of prenatal care based on the recommendations prenatal and birth humanization program. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 25,

n. 3, p. 793–804, 2020.

MORAIS, D. et al. Ondas ultrassônicas: teoria e aplicações industriais em ensaios não-destrutivos. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, v. 4, n. 1, p. 16–33, 2017.

MOTTA, F. C. G. **Uma técnica semiautomática para a segmentação do feto em exames de ultrassom 3D**. [s.l.] Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2018.

NUNES, J. T. et al. Qualidade da assistência pré-natal no Brasil: revisão de artigos publicados de 2005 a 2015. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 24, n. 2, p. 252–261, 2016.

PAIXÃO, E. S. et al. Dengue during pregnancy and adverse fetal outcomes: A systematic review and meta-analysis. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 16, n. 7, p. 857–865, 2016.

PAPALÉO, R. M.; SOUZA, D. S. DE. Ultrassonografia : Princípios físicos e controle da qualidade. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 13, n. 1, p. 14–23, 2019.

PEDRAZA, D. F.; LINS, A. C. DE L. Clinical complications during pregnancy: A systematic review of studies with pregnant brazilian women. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 26, p. 5329–5350, 2021.

PEIXOTO, G. C. X. et al. Bases Físicas Da Formação Da Imagem Ultrassonográfica. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 1, p. 15–24, 2010.

PENHA, J. R. L. DA et al. Validação e utilização de novas tecnologias na saúde e educação: uma revisão integrativa. **Revista Interdisciplinar de Promoção da Saúde**, v. 1, n. 3, p. 199–206, 2018

PIECZKOWSKI, T. M. Z.; GAVENDA, M. L. Narrativas de mulheres com deficiência visual. **Rev. Bras. Ed. Esp**, v. 27, p. 139–156, 2021.

PIEPER S.; HALLE M; KIKINIS R. "3D Slicer". **2º Simpósio Internacional IEEE sobre Imagem Biomédica: Nano para Macro** (IEEE Cat No. 04EX821), , pp. 632-635 Vol. , 2004.

POSSES, F. P. DAS. **Ultrassonografia: Como funciona e para que serve o exame de ultrassom**. Disponível em: < <https://star.med.br/ultrassonografia-exame-de-ultrassom/>>

Acesso em: 02/06/2022.

PRUDÊNCIO, P. S.; MAMEDE, F. V. Avaliação do cuidado pré-natal na atenção primária a saúde na percepção da gestante. **Revista gaucha de enfermagem**, v. 39, p. e20180077, 2018.

SANTANA, V. J. **Modelagem de transdutores de ultra-som de alta frequência com arranjo em anel**. In: Fundamentos da exploração ecográfica - Parte I: Princípios biofísicos. V.8, 2008.

SANTOS, A. D. P. DOS et al. Tecnologia Assistiva Para Pessoas Com Deficiência Visual: Uma Análise Da Produção Tecnológica No Brasil. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 5, p. 1502, 2018.

- SANTOS, L. C. S. DOS. **Modelagem de bolus individualizados para produção por impressora 3D e uso em radioterapia**. [s.l.] Universidade Federal de Pernambuco, 2021.
- SANTOS, E. et al. O cuidado humano transicional como foco da enfermagem: contributos das competências especializadas e linguagem classificada CIPE®. **Millenium - Journal of Education, Technologies, and Health**, v. 49, n. 49, p. 153–171, 2015.
- SANTOS, R. DA S.; RIBEIRO, V. M. Transition of blind women to motherhood from the perspective of Transitions Theory. **Rev Bras Enferm**, v. 73, n. Suppl 4, p. 1–8, 2020.
- SAVIANI-ZEOTI, F.; PETEAN, E. B. L. Apego materno-fetal, ansiedade e depressão em gestantes com gravidez normal e de risco: estudo comparativo. **Estudos de Psicologia (Campinas)**, v. 32, n. 4, p. 675–683, 2015.
- SCATOLIM, R. L. et al. Legislação e tecnologias assistivas: aspectos que asseguram a acessibilidade das pessoas com deficiências. **InFor, Inov. Form., Rev. NEaD-Unesp**, v. 2, n. 1, p. 227–248, 2016.
- SCHMIDT, E. B.; ARGIMON, I. I. DE L. Vinculação da gestante e apego materno fetal. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, v. 19, n. 43, p. 211–220, 2009.
- SCHOTTE, G. **A Brief History of Additive Manufacturing**. 2019.
- SHEORAN, A. J.; KUMAR, H. Fused deposition modeling process parameters optimization and effect on mechanical properties and part quality: Review and reflection on present research. **Mater. Today: Proc.**, 21 (3), 2019.
- SILVA, M. C. et al. Propriedades mecânicas e térmicas de sistemas de PLA e PBAT/PLA. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**. v. 9, n. 2, 2014.
- SOARES, J. R. et al. Knowledge acquisition on communication with blind patients in nursing consultation. **Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste**, v. 19, p. e3490, 2018.
- SOLOMON, I. J., SEVVEL, P., GUNASEKARAN, J. A review on the various processing parameters in FDM. **Materials Today: Proceedings**, 2020.
- SOUZA, J. B. DE. Blindness , Accessibility and Inclusion : A Trajectory Ceguera , Accesibilidad e Inclusión : Una Trayectoria Quando se olha para o mundo com o corpo todo. p. 564–571, 2018.
- SOUZA, R.A.; CARVALHO, A.M. Programa de Saúde da Família e qualidade de vida: um olhar da Psicologia. **Estud. Psicol.**, 2003.
- TOMASI, Y. T. et al. Do pré-natal ao parto: um estudo transversal sobre a influência do acompanhante nas boas práticas obstétricas no Sistema Único de Saúde em Santa Catarina, 2019. **Epidemiologia e serviços de saúde: revista do Sistema Único de Saúde do Brasil**, v.

30, n. 1, p. e2020383, 2021.

BREWZYŃSKI, D.; TORA, G. **Identification of Joints Positions of the Landing Gear Mechanism Using Laser Measurements.** *Logistyka*, v. 6, p. 2270–2276, 2014.

VESCOVI L.A et al. Ultrassonografia quantitativa do baço de gatos normais. **Veterinária em Foco.** 7(1); 4-10; 2009.

VOLPATO, N. **Manufatura Aditiva: Tecnologias e aplicações na impressão 3D.** 1. ed. São Paulo: 2017.

WERNER, H. et al. Additive manufacturing models of fetuses built from three-dimensional ultrasound, magnetic resonance imaging and computed tomography scan data. **Ultrasound in Obstetrics and Gynecology**, v. 36, n. 3, p. 355–361, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Better Health for All Better People Health With for Disability All People With Disability World Global disability action plan:** 2015.

ZAMPIERI, M. DE F. M. et al. **Enfermagem na atenção à saúde materno-fetal: pré-natal.** Florianópolis (SC): 2013.

ZAMPIERI, M. DE F. M. et al. **Enfermagem na atenção à saúde materno-fetal: pré-natal.** Florianópolis (SC):2013.

