



**Universidade Federal do Paraná**  
**Programa de Pós-Graduação Lato Sensu**  
**Engenharia Industrial 4.0**



CARLOS VINICIUS MALULY  
KASSIELLE DE SOUZA BARICHELLO  
THIAGO ANDRÉ CENATTI ZANON

**MANUFATURA ADITIVA, IMPRESSÃO 3D E TECNOLOGIA  
ASSISTIVA NO DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS ÓPTICO PARA  
AUXÍLIO A LEITURA DE PESSOAS COM VISÃO SUBNORMAL:  
TESTE PRELIMINAR DO PROTÓTIPO “3D PRINTING MAXVISION”**

**CURITIBA**  
**2021**

CARLOS VINICIUS MALULY  
KASSIELLE DE SOUZA BARICHELO  
THIAGO ANDRÉ CENATTI ZANON

**MANUFATURA ADITIVA, IMPRESSÃO 3D E TECNOLOGIA  
ASSISTIVA NO DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS ÓPTICO PARA  
AUXÍLIO A LEITURA DE PESSOAS COM VISÃO SUBNORMAL:  
TESTE PRELIMINAR DO PROTÓTIPO “3D PRINTING MAXVISION”**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan

**CURITIBA  
2020**

## RESUMO

A visão subnormal é um comprometimento significativo da visão que não pode ser corrigido com uso de óculos convencionais ou lentes de contato. A proposta do protótipo “3D PRINTING MAX VISION” é contribuir desenvolvendo um equipamento de auxílio à visão para as pessoas que sofrem essa deficiência, uma espécie de óculos feito de forma personalizada atendendo as necessidades do cliente. Utilizando a manufatura aditiva junto com a impressão 3D, consegue-se um protótipo dessa armação de óculos. O material da armação personalizada é feito em PLA, um termoplástico muito leve e com alta resistência térmica e mecânica. O modelo pesa menos de 100g, fazendo com que os óculos sejam extremamente confortáveis. A Tecnologia Assistiva é uma aliada na inclusão social, permitindo a participação da pessoa com deficiência em atividades consideradas normais. Por isso, a utilização dessa armação personalizada para as pessoas com a deficiência é muito importante. Realizadas buscas em centros oftalmológicos e em óticas, não foram encontrados produtos semelhantes ao protótipo proposto nesse trabalho. O que, pode-se dizer que há um protótipo para ser desenvolvido para um mercado a ser explorado.

Palavras-chave: Visão Subnormal. Impressão 3D. Manufatura Aditiva. Tecnologia assistiva. Fotogrametria. Escaneamento.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - DETALHAMENTO DAS MEDODAS “DP-DNP-ALT” .....	8
FIGURA 2 - ILUSTRAÇÃO ÁREA DA RETINA (DMRI). .....	15
FIGURA 3 - AUXÍLIO ÓPTICO COM LUPA (DMRI).....	16
FIGURA 4 - AUXÍLIO ÓPTICO COM LUPA CENTRAL (DMRI). .....	16
FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DAS PRINCIPAIS ETAPAS DO TRABALHO. ....	31
FIGURA 6 - DIGITALIZAÇÃO DO INDIVÍDUO. ....	32
FIGURA 7 - MONTAGEM DA NUVEM DE PONTOS. ....	33
FIGURA 8 - IMAGEM PARA AJUSTE NAS HASTES. ....	34
FIGURA 9 - IMAGEM DA ARMAÇÃO EM FONTE “STL” .....	35
FIGURA 10 - IMAGEM DA HASTE EM FONTE “STL” .....	35
FIGURA 11 - IMPORTAÇÃO “STL”L .....	36
FIGURA 12 - FILTRO COM EXTENSÃO “STL” .....	36
FIGURA 13 - ILUSTRAÇÃO IMORESSORA 3D CLONER. ....	38
FIGURA 14 - NÚMERO DE CAMADAS.....	39
FIGURA 15 - MATTERCONTROL. ....	39
FIGURA 16 - EXEMPLO “GCODE”. ....	41
FIGURA 17 - ESCOLHA CONFIGURAÇÃO DA IMPRESSORA. ....	41
FIGURA 18 - AMPLIAÇÃO CONFIGURAÇÃO DA IMPRESSORA.....	42
FIGURA 19 - CONFIGURAÇÃO MESA DA IMPRESSORA. ....	43
FIGURA 20 - PARTES INDIVIDUAIS – CALIBRAÇÃO.....	44
FIGURA 21 - FORMAS DE VISUALIZAÇÃO – OVERHANG-.....	44
FIGURA 22 - AMPLIAÇÃO FORMAS DE VISUALIZAÇÃO - POLYGONS. ....	45
FIGURA 23 - FORMAS DE VISUALIZAÇÃO – LAY FLAT. ....	46
FIGURA 24 - SLICE SETTINGS CONFIGURAÇÕES DE FATIAMENTO.....	46
FIGURA 25 - SELEÇÃO TIPO DE MATERIAL. ....	47
FIGURA 26 - AMPLIAÇÃO SELEÇÃO TIPO DE MATERIAL. ....	47
FIGURA 27 - DADOS DA IMPRESSÃO. ....	48
FIGURA 28 - MODELO 1 DE ARMAÇÃO .....	51
FIGURA 29 - MODELO 2 DE ARMAÇÃO.....	51
FIGURA 30 - MODELO 3 DE ARMAÇÃO.....	52
FIGURA 31 - MODELO 1 DE HASTE. ....	52
FIGURA 32 - MODELO DE LUPA MAANUAL. ....	54
FIGURA 33 - EXEMPLO DE PROTÓTIPO IMPRESSO NA IMPRESSORA 3D.....	55

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ILUSTRAÇÃO ÁREA DA RETINA (DMRI).....	13
QUADRO 2 - CATEGORIAS GERAIS DE HABILIDADE. ....	13
QUADRO 3 - CATEGORIAS GERAIS DE HABILIDADE. ....	14
QUADRO 4 - PROCESSOS DE IMPRESSÃO 3D.....	19
QUADRO 5 - PARTES DE UMA IMPRESSORA.....	20
QUADRO 6 - PESQUISA DE SOFTWARE COM ACESSO GRATUITO. ....	22
QUADRO 7 - PESQUISA DE SOFTWARE DE MODELAGEM 3D. ....	23
QUADRO 8 - MODELOS IMPRESSORA 3D. ....	24
QUADRO 9 - CATEGORIA DE TECNOLOGIA ASSISTIVA. ....	28
QUADRO 10 - COMPARAÇÃO ENTRE AS TECNOLOGIAS.....	28

## CONTEÚDO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	7
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	8
1.3. JUSTIFICATIVA	8
1.4. HIPÓTESE	9
1.5. OBJETIVO	11
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>12</b>
2.1. CONCEITO DE VISÃO SUBNORMAL	12
2.1.1. Classificação Internacional de Deficiências	12
2.1.2. Estimativa da Organização Mundial da Saúde (OMS)	14
2.2. INDÚSTRIA 4.0	16
2.2.1. Manufatura Aditiva	17
2.3. IMPRESSÃO 3D	19
2.3.3. Modelos de impressora 3D	24
2.4. TECNOLOGIA ASSISTIVA	26
2.5. FOTOGRAMETRIA E ESCANEAMENTO	28
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>30</b>
3.1. Procedimento para o Escaneamento pela Fotogrametria	31
3.1.1. Digitalização 3D aplicada na confecção de armação de óculos	32
3.2. Arquivos STL para o Sistema Mastercontrol	34
3.3. Planejamento do processo de Manufatura Aditiva	37
3.3.1. Configuração para a impressora 3D Cloner ST	37
3.4. Tecnologia de impressão por modelagem por fusão e deposição (FDM)	47
3.5. Análise do Pós-Processamento	49
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>53</b>
4.1. Identificação de restrição	53
4.2. Insumo utilizado	53
4.3. Evidências observadas	53
4.4. A proposta do protótipo	54
4.5. Avaliação do protótipo e a indústria traciona	54
4.6. Comparação da proposta do protótipo com recurso óptico manual	54
4.7. Dificuldades do processo de escaneamento e fotogrametria	55
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>56</b>

<b>5.1. Sugestões de trabalhos futuros.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>58</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

A indústria desenvolve a fabricação de óculos, uma vez que os mesmos são produzidos em série. Exatamente essa é a questão fundamental, pois a acomodação da armação e das hastes implica melhor cumprimento do aspecto funcional, principalmente no caso da utilização do suporte óptico para adaptação de lupas para a visão subnormal.

Ou seja, precisa haver o interesse em desenvolver os aspectos da adaptabilidade e do conforto. De acordo com BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA, (2010) é possível incrementar e tecnicamente adaptar a digitalização tridimensional com o escaneamento facial para poder desenvolver armações de óculos com a devida customização de modo individual e personalizado.

Portanto, para o desenvolvimento de óculos com a armação adaptada precisamos de rostos digitalizados, e isso configura-se no foco do estudo com o encaminhamento fundamentados nos aspectos antropométricos do indivíduo que terá a armação de óculos para a posterior adaptação da lupa para a utilização no caso da baixa visão, assim é imprescindível a informação digital.

Nesse contexto, a monografia está desenvolvendo os conceitos da Manufatura Aditiva para formalização do planejamento de manufatura para a Impressão 3D com a respectiva digitalização 3D, considerando a Tecnologia Assistiva dentro dos parâmetros da ISO 9999:2002.

### **1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

A proposta do “3D PRINTING MAX VISION” é uma contribuição para o desenvolvimento de um equipamento de auxílio à visão subnormal, uma espécie de óculos feito de forma personalizada atendendo as necessidades do cliente. Portanto, para adequar de modo completamente personalizado a armação para lente corretiva ou lupa para a visão de perto, será necessária a adaptação da lupa em conjunto com a lente na base da armação dentro do diagnóstico médico do oftalmologista. Várias situações provocam a visão subnormal e a proposta pode também desenvolver

armação que exige estrutura especial com medidas adequadas na região nasal, ocular e facial a partir das diferentes medidas DP e DNP observadas na Figura 1.

FIGURA 1 - DETALHAMENTO DAS MEDODAS “DP-DNP-ALT”.



FONTE: Adaptado de (<https://www.lentesluxxor.com.br/blog/lente-multifocal-saiba-como-se-adaptar/>)

Com essa interpretação surge a possibilidade de atender armação “fora do tradicional”, quando comparamos as armações tradicionais. Há a necessidade de desenvolver modelo facial com massa ou escaneamento e fotogrametria.

## 1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Várias disfunções oculares podem colaborar para a visão subnormal. A partir do uso do “PUPILÔMETRO” ou régua específica é possível medir a DP e a DNP. DP é a DISTÂNCIA PUPILAR, embora nem sempre seja simétrica, existe algum deslocamento milimétrico nas pessoas nessa medida. Já a DNP é a “DISTÂNCIA NASO PUPILAR”. Essas medidas são fundamentais para a manufatura das lentes e a adaptação para cada pessoa. A partir do escaneamento facial com precisa identificação da DP e DNP teremos o modelo em tamanho real da região facial para o desenvolvimento adequado da peça que estará acoplada ao uso da lente corretiva e da lupa para melhorar a visão subnormal. Desse modo, a impressão 3D permitirá a correta e precisa combinação das duas lentes na mesma armação de modo personalizado para o uso. Assim, o grau ou dioptria de uma lente é maior tanto quanto for menor a sua distância focal.

## 1.3. JUSTIFICATIVA

Conforme o IBGE, em 2010, haviam 6.056.654 pessoas com baixa visão ou visão subnormal, ou seja, que necessitam de óculos para a sua vida e que possuem dificuldade em encontrar modelos de acordo com a sua necessidade. Além disso, várias disfunções oculares podem colaborar para a visão subnormal. Por isso, a Startup poderá trabalhar o desenvolvimento de armações especiais principalmente em casos de visão subnormal que exigem lentes com alto grau de diopia. Além disso, o produto poderá ser comercializado de modo personalizado em óticas especializadas ou indicados por centros oftalmológicos. Desse modo, a Startup poderá desenvolver parcerias com centros oftalmológicos e óticas especializadas para a implantação das plataformas de impressão 3D.

#### **1.4. HIPÓTESE**

Quais os recursos disponíveis para a visão subnormal, especificamente no caso da baixa visão que podem ser identificados como equipamento óptico para servir como suporte de leitura? Importante considerar que na situação do suporte de leitura, ou seja, uma armação de óculos personalizada e ergonomicamente a ser desenvolvida pode utilizar o escaneamento facial para identificar se essa acomodação da armação e das hastes traz melhor funcionalidade para a adaptação de lupas na armação?

Trabalhar na formulação da proposta que orienta a digitalização tridimensional com o escaneamento facial para poder desenvolver o produto armação de óculos e como trabalhar a Manufatura Aditiva para a Impressão 3D Cloner ST e digitalização 3D dentro dos parâmetros da ISO 9999:2002 para atender as premissas da Tecnologia Assistiva.

A partir de LEAL (on-line, s.d.) quando explica o “Conceito de Visão Subnormal” conceituados pela Sociedade Brasileira de Visão Subnormal” encaminhou a fundamentação, o desenvolvimento da hipótese propõe uma solução específica para resolver o problema identificado, a partir de levantamento na pesquisa realizada através das soluções propostas ( BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENN, 2010) ao desenvolverem trabalho sobre a digitalização 3D a laser como ferramenta para a customização de armações de óculos, com forte a pesquisa e desenvolvimento em design. Ainda o trabalho de BORGES et al. Dispositivo óptico vestível para o auxílio

de deficientes visuais na sala de aula apresentado na Research, Society and Development. De acordo com DA SILVA; DUARTE; ROLDO; KINDLEIN JR (2010) compreender e adequar aos conceitos impressão 3D quando defendem a digitalização tridimensional móvel e sua aplicação no design de produto.

De acordo com os autores (FEITOSA; SILVA; ALBUQUERQUE; XAVIER, 2018), quando desenvolver análise sobre Manufatura aditiva, defendem a caracterização e comparação com os processos de produção existentes, para permitir indagar acerca da impressão 3D. Para adequar aos conceitos da Tecnologia Assistiva, (FERRARI et al, 2010) é importante considerar as observações acerca das aplicações e usos, no trabalho sobre “Impressão 3D e Tecnologia Assistiva: um estudo de análise da produção científica nos últimos dez anos”. Através da pesquisa do autor (CAAPAN, 2014) na pesquisa sobre análise antropométrica da cabeça humana para dimensionamento de produto específico, podemos vinculá-la com as necessidades envolvidas no uso das tecnologias de escaneamento e fotogrametria. Nesse memo propósito, segundo os autores (DEZEN-KEMPTER, SOIBELMAN; CHEN; MÜLLER FILHO, 2015) podemos comparar as tecnologias para Escaneamento 3D a Laser, Fotogrametria e Modelagem em função do interesse da monografia.

Na linha de equipamentos ópticos os autores (FERREIRA; BORTOLUS; NOLASCO; MELO; LOPES; VAN PETTEN, 2015) compreendemos o uso de recursos ópticas com a pesquisa sobre o uso e adaptação de suporte de leitura para o caminho o desenvolvimento de um protótipo para auxílio a pessoas com baixa visão, portanto, dessa forma propor testes preliminares. Adequar a impressão 3D com o autor (PINHO, 2019) é possível desenvolver a utilização da impressão 3D na educação de alunos portadores de deficiência visual. Além disso, conforme o autor (PIRES, 2019) compreendemos as utilizações da impressão 3D para aplicações dos recurso concebidos para as necessidades especiais na visão.

Aprofundar a questão da fotogrametria e escaneamento com o autor (SILVA et al., 2019) e a pesquisa permite a ampliação da compreensão para usos e aplicações da impressão 3D e reconstrução digital no desenvolvimento de próteses, além da proposta do autor (SOARES, 2018) e as observações quando envolvem e explicam a Tecnologia Assistiva e a Impressão 3D no contexto da Indústria 4.0, além de (SONZA; SALTON; CARNIEL, 2016) quando também pesquisam a Tecnologia assistiva e as

aplicações direcionadas às situações enquadradas na agenda de inclusão de pessoas com deficiência visual.

Desse modo, enfatizar a pesquisa dos conceitos da Indústria 4.0, Manufatura Aditiva, Impressão 3D, Tecnologia Assistiva na linha da pesquisa e desenvolvimento, por exemplo, em Design Industrial com adequados desdobramentos desses conceitos voltados para a área da saúde através de aplicação específica.

## **1.5. OBJETIVO**

O objetivo do trabalho é solucionar, de forma simples e acessível a todos, a dificuldade encontrada por indivíduos que sofrem da doença de visão subnormal em conseguir adaptar a sua visão e enxergar plenamente, conseguindo levar uma vida normal.

Para atingir tal objetivo, as seguintes etapas serão desenvolvidas e apresentadas como objetivos específicos deste trabalho:

- realizar análise bibliográfica acerca dos conceitos da Tecnologia Assistiva relacionados com suporte óptico para adaptação de lupas para a visão subnormal;
- propor elementos teóricos para o escaneamento e fotogrametria das áreas da região facial para a acomodação da armação de óculos e das hastes.
- conceber o modelo em 3D para o protótipo;
- exportar os arquivos STL para o sistema “MasterControl”;
- manipular os arquivos no formato STL;
- simular e configurar parâmetros do planejamento do processo de manufatura aditiva para modelagem por fusão e deposição – FDM;
- analisar o pós-processamento;
- esquematizar um método de análise para acomodação da armação e das hastes para melhor funcionalidade para uma visão ideal, perfeitamente ajustados nas laterais para não pressionar as têmporas ou a ponte nasal desconfortável para a adaptação de lupas na armação.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. CONCEITO DE VISÃO SUBNORMAL

De acordo com Daena Nascimento Barros Leal da Sociedade Brasileira de Visão Subnormal o conceito que concebe uma pessoa com baixa visão apresenta a definição que

é aquela que possui um comprometimento de seu funcionamento visual, mesmo após tratamento e/ou correção de erros refracionais comuns e tem uma acuidade visual inferior a 20/60 (6/18, 0.3) até percepção de luz ou campo visual inferior a 10 graus do seu ponto de fixação mas que utiliza ou é potencialmente capaz de utilizar a visão para planejamento e execução de uma tarefa. (LEAL, on-line, s.d.)

Segundo a Sociedade Brasileira de Visão Subnormal:

O termo visão subnormal, ou baixa visão, é empregado quando há diminuição irreversível da visão apesar de tratamentos pertinentes ao problema visual e uso de óculos para correção de grau. No entanto, há visão que, ao ser utilizada funcionalmente, permite o planejamento e realização de tarefas. Se forem consideradas as categorias da OMS, a baixa visão corresponde às deficiências visuais binoculares moderada e grave na CID-10 e leve, moderada e grave na CID-11.

A visão subnormal, que também é chamada de baixa visão, é uma condição oftalmológica diferente da cegueira. Por diversas razões, muitas pessoas perdem totalmente a capacidade visual, e isso pode acontecer ao longo da vida ou desde o nascimento. Existem também indivíduos que não chegam a perder completamente a visão e nem conseguem voltar a enxergar plenamente. Alguém com baixa visão geralmente consegue ver uma placa, mas pode não conseguir ler as palavras dela com clareza. Pode notar que alguém se aproxima, mas não é capaz de distinguir a pessoa, até estabelecer um contato mais próximo.

#### 2.1.1. Classificação Internacional de Deficiências

O Quadro 1 apresenta detalhadamente as inabilidades degenerativas conforme as definições da Organização Mundial da Saúde (OMS).

QUADRO 1 - ILUSTRAÇÃO ÁREA DA RETINA (DMRI).

<b>DISTÚRBIO</b>	<b>DEFICIÊNCIA</b>		<b>INABILIDADE</b>	<b>DESVANTAGEM</b>
Mudanças Anatômicas	Mudanças na função do órgão		Perda de habilidades individuais	Consequências Sociais
Cicatriz corneana, catarata, retinopatia.	Acuidade visual, campo visual, visão de cores.		Habilidade de leitura, mobilidade, vida diária.	Necessidade extra de esforço, perda da independência, perda do emprego.
Mudanças Anatômicas	Mudanças na função do órgão		Perda de habilidades individuais	Consequências Sociais

Fonte: Adaptado de Sociedade Brasileira de Visão Subnormal. (LEAL, on-l+ine, s.d.)

Já o Quadro 2 segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), lista as características gerais de habilidade, por exemplo, com as considerações acima do normal; habilidade excepcional e não requer auxílio.

QUADRO 2 - CATEGORIAS GERAIS DE HABILIDADE.

<b>ACIMA DO NORMAL</b>	<b>HABILIDADE EXCEPCIONAL</b>	<b>NÃO REQUER AUXÍLIO</b>
Normal	Desempenho normal	Não requer auxílio
Perda leve	Desempenho próximo do normal	Auxílio de melhora
Perda moderada	Desempenho próximo do normal	Auxílio de melhora
Perda severa	Desempenho restrito	Auxílio de melhora
Perda profunda	Desempenho restrito	Auxílio de melhora
Perda quase total	Desempenho restrito	Auxílio de substituição

Fonte: Adaptado de Sociedade Brasileira de Visão Subnormal. (LEAL, on-l+ine, s.d.)

No caso do Quadro 3 conforme a Sociedade Brasileira de Visão Subnormal, apresenta as categorias segundo classificação específica para as definições e medidas de acuidade visual para destacar os auxílios apropriados.

QUADRO 3 - CATEGORIAS GERAIS DE HABILIDADE.

<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>ACUIDADE VISUAL SNELLEN</b>	<b>ACUIDADE VISUAL DECIMAL</b>	<b>AUXÍLIOS</b>
Visão normal	20/12 a 20/25	1,5 a 0,8	Bifocais comuns
Próxima do normal	20/30 a 20/60	0,6 a 0,3	Bifocais mais fortes lupas de baixo poder
Baixa visão moderada	20/80 a 20/150	0,25 a 0,12	Lentes esferoprismáticos  lupas mais fortes
Baixa visão severa	20/200 a 20/400	0,10 a 0,05	Lentes esféricas lupas de mesa alto poder
Baixa visão profunda	20/500 a 20/1000	0,04 a 0,02	Lupa montada telescópio magnificação vídeo bengala / treinamento
Próximo à cegueira	20/1200 a 20/2500	0,015 a 0,008	Magnificação vídeo livros falados, <i>braille</i> aparelho para saída de voz bengala / treinamento
Cegueira total	Spl	Spl	Aparelhos saída de voz bengala / treinamento 0-m

Fonte: Adaptado de Sociedade Brasileira de Visão Subnormal. (LEAL, on-line, s.d.)

### 2.1.2. Estimativa da Organização Mundial da Saúde (OMS)

Compreende-se que dentro das estimativas apresentadas 70 a 80% das crianças diagnosticadas como cegas possuem alguma visão útil. considera-se que há prevalência de Cegueira Infantil em países em desenvolvimento: 1,0 a 1,5 / 1000. Além disso, a prevalência de baixa visão é três vezes maior

No contexto das deficiências visuais, o interesse do trabalho é contemplado segundo BORGES et al. (2020) quando entendemos que a baixa visão está condicionada por comprometimento visual, inclusive após tratamento e até mesmo correção. Conforme os autores (BORGES et al., 2020, apud Pascolini & Mariotti, 2011; Moisseiev & Mannis, 2016; Thomas, Barker, Rubin, & Dahlmann-Noor, 2015), ainda destacam que conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS) que acrescentam que “246 milhões de pessoas em todo o mundo apresentam cegueira parcial moderada a severa, sendo 39 milhões portadores de cegueira total.”

### 2.1.3. A degeneração macular (DMRI)

Importante considera FERREIRA; BORTOLUS; NOLASCO; MELO; LOPES; VAN PETTEN (2015, p. 289), pois quando explicam que a baixa visão pode ocorrer por traumatismos, doenças ou imperfeições no órgão ou no sistema visual e as causas podem ser classificadas em congênitas ou adquiridas, há uma implicação com o surgimento de recursos ópticos. Além disso, para entender sobre as ocorrências na área da retina, observamos conforme os autores (FERREIRA; BORTOLUS; NOLASCO; MELO; LOPES; VAN PETTEN, 2015, p. 289), explicam que “As congênitas ocorrem no nascimento, sendo que muitas são de origem genética, tais como: coriorretinite macular; catarata congênita; glaucoma congênito; retinopatia da prematuridade, doenças degenerativas da retina, distrofias retinianas”.

A situação do caso da DMRI, pode ser vista na Figura 2.

FIGURA 2 - ILUSTRAÇÃO ÁREA DA RETINA (DMRI).



FONTE: <http://www.visaosubnormal.org.br/artigos.php?n=10>

Em casos rotineiros identificados como DMRI, geralmente podem ter após a avaliação médica vinculado ao exame da avaliação da visão subnormal, a prescrição do uso de lupa que pode ser vista na Figura 3.

FIGURA 3 - AUXÍLIO ÓPTICO COM LUPA (DMRI).



FONTE: <https://www.fcm.unicamp.br/fcm/auxilios-opticos/os-auxilios-opticos>

Também em caso de DMRI, ao depender obrigatoriamente vinculado ao exame da avaliação da visão subnormal sob a responsabilidade médica, poderá ocorrer a prescrição do uso de lupa mais centralizada que pode ser vista na Figura 4.

FIGURA 4 - AUXÍLIO ÓPTICO COM LUPA CENTRAL (DMRI).



FONTE: <https://www.fcm.unicamp.br/fcm/auxilios-opticos/os-auxilios-opticos>

## 2.2. INDÚSTRIA 4.0

A área produtiva presencia inúmeras inovações advindas das mudanças implantadas pela Indústria 4.0 gerando alterações além do setor industrial. Constatamos um ambiente que favorece um ambiente que incentiva e alavanca a implantação de fábricas inteligentes perfeitamente compatíveis com os conceitos da 4ª Revolução Industrial. Com isso, as linhas de montagem convivem, inclusive, com robôs colaborativos. Esses ambientes propiciam melhorias da produtividade e permitem a proposta de modo mais amplo a otimização do processo produtivo. Nesse contexto, é possível planejar e trabalhar com a concepção para uma nova geração de produtos inovadores, personalizados e ajustados às mais variadas aplicações.

A observação conforme os autores (SILVA; SANTOS; BARBOSA, 2019, apud Schwab, 2016) ajuda na compreensão de que

Começou na década de 1960. Ela costuma ser chamada de revolução digital ou do computador, pois foi impulsionada pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação em mainframe (década de 1960), da computação pessoal (década de 1970 e 1980) e da internet (década de 1990).

Ainda de acordo com o autor (SILVA; SANTOS; BARBOSA, 2019, apud, Schwab, 2016) compreendemos que ela articula quatro principais tecnologias, tais como: veículos autônomos, impressão 3D, robótica avançada e novos materiais. Para completar, de acordo com os autores (SILVA; SANTOS; BARBOSA, 2019) quanto argumentam que

Seguindo no raciocínio sobre os processos de fabricação, a manufatura aditiva se caracteriza por fabricar através de acréscimos sequenciais de materiais em forma de camadas, que por meio das informações obtidas em uma modelagem computacional traz uma representação daquilo que foi elaborado com as devidas medições e especificações que foram criadas em um sistema CAD 3D.

Nesse sentido (LIMA; GOMES, 2020) argumentam que “A Indústria 4.0 reúne um conjunto de inovações específicas ao processo produtivo que, na visão de alguns autores, têm um potencial de gerar uma “quarta revolução industrial”. Ainda os autores (LIMA; GOMES, 2020) citam Hermann, Pentek, Otto (2015), quando explicam os quatro os conjuntos principais de tecnologias relacionadas com a Indústria 4.0, por exemplo, de tecnologias para a Indústria 4.0: sistemas ciber-físicos; internet das coisas internet dos serviços; e fábrica inteligente. Para LIMA; GOMES (2020, tais tecnologias com as práticas do *big data*, computação em nuvem e internet das coisas incrementam o armazenamento de dados para simulações com inteligência artificial, onde além disso, com a impressão 3D ou manufatura aditiva é algo que conjuga a articulação entre máquinas e sistemas.

### 2.2.1. Manufatura Aditiva

Numa comparação com os processos tradicionais conforme os autores (IAKSCH; VOLPATO; BORSATO; VAINE; SHIGUEOKA, 2019) é possível traçar a relação do uso dessas tecnologias baseadas na Manufatura Aditiva quanto citam a melhorias associadas na área produtiva. Conforme os autores (DE CARLI; DELAMARO, 2007) a Manufatura Aditiva está associada com processos digitais, por isso, conhecida Fábrica Digital. Ela permite desenvolver e trabalhar com simulações associadas à impressão 3D que podem originar modelos virtuais com experimentações e prototipagem.

Segundo os autores (FEITOSA; SILVA; ALBUQUERQUE; XAVIER, 2018) é atribuída a implantação iniciada em 1984 por Charles W. Hull da 3-D system, complementando que no caso da impressão tridimensional, também conhecida como manufatura aditiva. Nesse contexto, os autores (FEITOSA; SILVA; ALBUQUERQUE; XAVIER, 2018) explica que “A impressão 3D é uma das tecnologias mais importantes dos últimos anos, pois propõem um novo modo de produção, e ao mesmo tempo permite um maior nível de personalização dos produtos.”

#### 2.2.1.1. Principais tipos de processos na manufatura aditiva

A Manufatura Aditiva tem relação direta com o avanço das tecnologias em cenário com a implantação, no que diz ao cenário disruptivo para o setor industrial. Assim, podemos compreender que o processo de Manufatura Aditiva está relacionado com a impressão 3D ao exigir a digitalização do desenho de produto a ser fabricado através de materiais como metal, resina, plástico ou resina. Dentro do contexto da monografia, conforme o autor (BORGES et al., 2020), consideramos a validade da implantação de recursos ópticos, tais como dispositivo óptico vestível para o auxílio de deficientes visuais, ou seja, tornando-se numa avaliação acerca dos processos de manufatura aditiva.

Conforme os autores (FEITOSA; SILVA; ALBUQUERQUE; XAVIER, 2018), aproveitamos as contribuições sobre Manufatura aditiva em função da avaliação, considerando que no caso da proposta da customização de armação de óculos e das hastes para a impressão 3D, quando comparada aos processos de fabricação

tradicionais, haja vista a proposta da monografia aborda situação específica para a customização do produto em função da digitalização de imagens.

### 2.3. IMPRESSÃO 3D

Inicialmente é importante considerar que conforme ZAPAROLLI (2019) estão sendo implantadas com mais frequência aplicações da manufatura aditiva, isso dentro do conceito de impressão tridimensional desde os anos 1980 para produzir produtos em menor tempo. Sob o enfoque técnico compreendemos que a impressão 3D é uma tecnologia com características específicas e é capaz de atender inúmeras possibilidades. BIGGS (2017) lembra sobre a explosão de novas tecnologias atingindo a engenharia e matemática, incluindo as impressoras 3D.

O Quadro 4 apresenta os tipos e, respectivamente o detalhamos de cada processo de impressão 3D.

QUADRO 4 - PROCESSOS DE IMPRESSÃO 3D.

<b>Tipos</b>	<b>Detalhamento</b>
Selective Laser Sintering (SLS) Sinterização Seletiva a Laser	É o caso de Sinterização Seletiva a Laser que atua com conter lasers capazes de endurecer vidro, cerâmica, nylon e até alumínio.
Stereolithography (SLA) Estereolitografia	É o caso de impressora utilizando resinas líquidas como matéria prima. No processo laser direcionado percorre a resina que “molda” o desenho cada por camada, posteriormente para formar a peça em 3D.
Digital Light Processing (DLP)	É o caso do “processo digital por luz”. Essa forma de operação significa que a impressora utiliza faixa da luz para o processo. Esse processo DLP torna as impressoras rápidas.
Fusion Deposition Modeling (FDM)	É o caso conhecido para a operação em 3D. É propicia para a prototipação. O material plástico é depositado até a peça ser formada em camada por camada. Nesse processo a limitação tem implicações com a qualidade da peça a ser produzida. A limitação desta tecnologia começa pela qualidade da peça.

FONTE: Adaptado de (RBANO, Gabriel. Extrusão de Polímeros e Manufatura Aditiva. EESC-USP. on-line. s.d.).

Destacamos o FDM (método de fabricação por filamento fundido) extrudados por um bico de impressão (ABS e PLA) - extrudados por um bico de impressão. Nicho na área de design e prototipagem. (URBANO, s.d., on-line); (BERTOLA; MARTINS, 2016).

Na sequência o Quadro 5 apresenta a estrutura física da impressora 3D e a descrição da função de cada parte descrita.

QUADRO 5 - PARTES DE UMA IMPRESSORA.

<b>Estrutura Física</b>	<b>Função</b>
- Extrusora	Opera a extrusão. A extrusora corresponde ao conjunto completo que compõe a parte da impressora que desempenha a etapa que faz com que haja o derretimento do o plástico que será empurrado com a finalidade de ser derretido e depois depositado sobre a mesa para formar a peça.
- Bico extrusor	Tem o papel de fazer o processo de derreter o plástico.
- Nozzle	É o caso do bico aquecido. Corresponde a parte metálica do bico extrusor que conduzirá o plástico derretido até a mesa.
- Bloco aquecedor	Está acoplado a uma resistência e tem a função de aquecer e também derreter o bico.
- Tubo Garganta	Parte que conecta o Heat Sink juntamente ao bloco aquecedor.
- Hotend	Envolve as partes como nozzle, bloco aquecedor, cartucho aquecedor, sensor de temperatura, heat sink, tubo garganta. Tem o papel de derreter o plástico.
- Heat Sink	É a parte por onde o filamento atravessa antes do derretimento.
- Rolete de apoio	É um rolamento oposto ao tracionador que impulsiona para empurrar o filamento.
- Mesa aquecida	É uma placa que fixa a peça no processo da impressão. Impede que ela se desgrude e assim para não danificar o projeto.
- Tubo ptfé	Tem o papel de faz guiar o filamento da extrusora até o hotend.
- Tracionador	Cumpr o pape de empurrar o filamento. Está relacionado com a precisão da impressão.

FONTE: Adaptado de (RBANO, Gabriel. Extrusão de Polímeros e Manufatura Aditiva. EESC-USP. on-line. s.d.).

Para detalhar essa tecnologia é necessária a compreensão da necessidade de trabalharmos com imagens digitais para posterior transformação em produtos físicos. Obrigatoriamente para o uso de impressoras 3D necessitamos de softwares adequados e materiais específicos de impressão. WASEEM; KAZMI; QURESHI (2017), comentam que a impressão 3D permite que as indústrias criem produtos personalizados. Na modernização de hoje, as pessoas não querem que os produtos sejam os mesmos, pois esperam que estejam focadas em atender o que os indivíduos precisam. Dessa forma, os produtos impressos em 3D atendem essa necessidade.

Conforme DA SILVA; MAIA (2014) ao estudar o “Desenvolvimento de dispositivos de tecnologia assistiva utilizando impressão 3D” afirmam que ela é uma área da engenharia de manufatura e é enfatizada tendo como objetivo um modelo virtual, por exemplo, que pelo processo da deposição automática camada por camada ao atuar sob a geração de código de instrução, produz produto acabado. De acordo

com ZAPAROLLI (2019), percebemos os avanços da impressão 3D, por exemplo, quando notamos que próteses médicas e dentárias são customizadas e personalizadas.

A impressão 3D contribui com a produção de peças complexas. A impressão 3D contribui com a produção de peças complexas. Inicialmente é importante considerar que conforme ZAPAROLLI (2019) estão sendo implantadas com mais frequência aplicações da manufatura aditiva, isso dentro do conceito de impressão tridimensional desde os anos 1980 para produzir produtos em menor tempo.

Importante destacar, comentando LOPES, Ailton et. al. (2018) ao abordar sobre os avanços associados ao processo de impressão 3D bastante adequado para a prototipagem, explicando, por exemplo, sobre a “construção de um objeto físico que servirá como modelo para o produto final”.

### 2.3.1. As aplicações para as deficiências visuais

Destacamos que dentro do foco do trabalho, oportunamente compreendemos as práticas para a adoção da Manufatura Aditiva que trabalha com o desenvolvimento de produtos com especificações únicas e complexas. Dentro desse contexto, a área da saúde oferece inúmeros exemplos que ilustram as aplicações.

É oportuno citar BORGES et al. (2020) demonstram equipamentos ópticos ao discorrer sobre a deficiência associada à baixa visão como condição capaz de gerar situação que impactam o cotidiano do portador, por isso, propõem a adaptação de dispositivos auxiliares denominados de auxílios ópticos, embora atribuem aos mesmos custo impeditivo, além das questões de patente.

No caso, esses dispositivos ópticos podem ser gerados com impressão 3D e servem para o auxílio de deficientes visuais. Por isso, ainda de modo adequado é importante citar BORGES et al. (2020), pois defendem o argumento da “criação de um dispositivo óptico vestível para baixa visão, utilizando tecnologias de impressão 3D com baixo custo final”. (2020, p.2).

### 2.3.2. Software utilizado para a impressão 3D

No Quadro 6, apresentamos os softwares gratuitos com aplicações para a “Modelagem 3D” para iniciantes.

QUADRO 6 - PESQUISA DE SOFTWARE COM ACESSO GRATUITO.

<b>Software</b>	<b>Principais funções</b>	<b>Plataforma</b>
TinkerCAD	Com fácil interface com vários recursos elaborados para fins educativos direcionados para iniciantes e apresenta conceitos básicos acerca da moldagem 3D, permitindo transformar a fase inicial em um modelo CAD	Navegador da internet
Vectary	Permite o uso de ferramenta on-line de design 3D e de realidade aumentada	Navegador da internet
SketchUp Free	Permite acesso à modelador 3D central	Navegador da internet
Meshmixer	Permite manipular, acrescentar, combinar e misturar modelos 3D	Windows, Mac, Linux
FreeCAD	Permite a modelagem paramétrica 3D	Windows, Mac, Linux
ZBrushCoreMini	Único de esculturação que permite editem malhas	Windows e Mac
3D Slash	Função para modelagem 3D baseado em navegador de internet	Windows, Mac, Linux, Raspberry Pi ou Navegador da internet
Wings 3D	Apresenta interface e ferramentas como move (“mover”), scale (“definir escala”), rotate (“rotacionar”), extrude (“extrudar”), bevel (“chanfro”) e weld (“soldar”)	Windows, Mac, Linux
Leopoly	Ferramenta de esculturação 3D	Navegador da internet
BlocksCAD	Simplifica a natureza de manuseio próximo ao CAD	Navegador da internet

Fonte: Adaptado de <https://all3dp.com/pt/1/software-modelagem-3d-iniciantes/>

Destacamos que o interesse da utilização da impressão 3D devido às facilidades em termos dos desdobramentos possíveis impulsiona o conhecimento e o manuseio de softwares com essas aplicações.

No Quadro 7 apresentamos os principais softwares de modelagem 3D e as suas principais características, funções e ferramentas com as respectivas aplicações.

QUADRO 7 - PESQUISA DE SOFTWARE DE MODELAGEM 3D.

Software	Principais características
SolidWorks	Baseado em computação paramétrica que segundo o fabricante “expressa cada variável espacial em termos de uma variável independente”. Apresenta e permite fluxo de trabalho que conforme o fabricante é “contínuo e integrado: projeto; verificação; design; comunicação; gerenciamento de dados.”
CATIA	Tem uso para criação de desenhos tridimensionais e segundo o fabricante “suporta múltiplos estágios de desenvolvimento de produtos. O que abrange conceito, design (CAD), engenharia (CAE) e manufatura (CAM)”.
Solid Edge	Apresenta ferramentas para trabalhar com superfícies
KeyCreator	Segundo o fabricante “trabalha com todas as ferramentas e opções necessárias para criar diversos tipos de desenhos, símbolos e detalhes com controle de escala e formatação”.
Inventor	Segundo o fabricante “permite criar protótipos virtuais tridimensionais, apresentando projetos 3D totalmente funcionais”.
NX CAM	Adequado para modelagem 3D CAD, CAM e CAE
Fusion 360	Segundo o fabricante “pode criar modelos 3D CAD/CAM para dar vida aos seus projetos”. Além disso, permite operar modelagem “ <i>freeform</i> ”; modelagem sólida; modelagem paramétrica; modelagem de malha; bibliotecas e conteúdo de peças.
ProE	Software de projeto de engenharia.
Alibre	Segundo o fabricante, o “Design é possível desenvolver diversas peças como: grandes máquinas; design de moldes; instrumentos científicos; equipamentos para fábricas; projetos escolares; produtos de consumo; réplicas históricas; móveis; peças de robótica; equipamentos industriais”.




AutoCad	Apresenta conforme especificação do fabricante “conjunto de ferramentas para auxiliar o desenvolvimento de desenhos técnicos”. Além disso, as áreas de aplicação são a civil em projetos de arquitetura, hidráulica, elétrica, estrutura e projetos de mecânica para indústrias.
---------	--







Fonte: Adaptado <https://3dlab.com.br/10-sofware-de-modelagem-3d/>



### 2.3.3. Modelos de impressora 3D

Com o interesse de apresentar distintas características das impressoras 3D, uma vez que o mercado brasileiro tem várias opções disponíveis. A lista não é indicativa de opções únicas, embora apresente os modelos mais comercializados no Brasil de uso profissional e particular, destacando as características individuais.

QUADRO 8 - MODELOS IMPRESSORA 3D.

Modelos de Impressora 3D	Características
<p><b>Ender 3 32 Bits</b></p> 	<p>A Ender 3 apresenta construção compacta e robusta e diferenciado volume e qualidade na impressão</p>
<p><b>Ender 3 PRO</b></p> 	<p>A Ender 3 Pro desenvolvida a partir da Ender 3, onde a estrutura delas é idêntica, mas há melhorias</p>
<p><b>Ender 3 V2</b></p> 	<p>Modelo como <i>upgrade</i> da Ender 3 Pro</p>

<p><b>Ender 3 MAX</b></p> 	<p>A Ender 3 V2, a Ender 3 MAX tem com plataforma de vidro Carborundum</p>
<p><b>Ender 5</b></p> 	<p>A Ender 5 possui a área de impressão igual a Ender 3, embora tenha a estrutura na forma de um retângulo com mais estabilidade nas operações de movimento.</p>
<p><b>Ender 5 Plus</b></p> 	<p>A Ender 5 Plus, apresenta volume de impressão maior comparada ao modelo Ender 5</p>
<p><b>Ender 6</b></p> 	<p>Bem adequada para a impressão de peças que utilizam o filamento ABS</p>
<p><b>CR10 V2</b></p> 	<p>Apresenta-se com evolução da 3D CR-10S, possui sensor de fim de filamento, possibilidade de instalação do BL</p>
<p><b>CR-200B</b></p> 	<p>Alto desempenho com câmara fechada, opção para impressão em ABS e apresentando filamentos de alta temperatura</p>

<p><b>CR5 Pro</b></p> 	<p>Modelo profissional estrutura em metal permite a impressão de materiais como ABS</p>
<p><b>CR30</b></p> 	<p>Apresenta funções de impressão interminável e em lote com características de economicidade e produzir peças de maior comprimento e peças em larga escala</p>

FONTE: Adaptado de <https://3dlab.com.br/preco-de-impressora-3d/>

Podemos observar que nesse Quadro 8 para ressaltar as impressoras selecionadas, individualmente cada impressora 3D tem características próprias acerca dos dados técnicos fornecidos pelas fabricantes com tecnologia de Impressão FDM, área útil de impressão, velocidade máxima de impressão, temperatura máxima da mesa, temperatura máxima do extrusor, resolução máxima de impressão e precisão de impressão.

#### 2.4. TECNOLOGIA ASSISTIVA

O termo Tecnologia Assistiva ainda é novo, sendo que essa afirmação coincide com a observação de pesquisadora da área quando explica que “Tecnologia Assistiva é um termo ainda novo, utilizado para identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e consequentemente promover vida independente e inclusão”. BERSCH (2017, p. 2, apud BERSCH & TONOLLI, 2006)

Através das diretrizes e orientações da ISO 9999:2002 adotamos as definições para a compreensão sobre a implantação de ações no contexto da Tecnologia Assistiva. Desse modo, conceitualmente adequamos o interesse do trabalho, pois consideramos a articulação entre os conceitos da Indústria 4.0, Manufatura Aditiva e a Impressão 3D através da utilização de equipamento óptico que possa ser adequado

aos casos da visão subnormal que no nosso caso está adequado à situação de baixa visão devido à degeneração macular. Ou seja, aplicamos a Tecnologia Assistiva para a concepção de teste experimental capaz de produzir imagem tridimensional da face para prover o escaneamento das áreas de acomodação da armação dos óculos e das hastes, respectivamente nas suas áreas de acomodação.

A autora BERSCH (2017, p. 10) apresenta os “Auxílios para ampliação da função visual e recursos que traduzem conteúdos visuais em áudio ou informação tátil” com exemplo para explicar as situações que são pertinentes

São exemplos: Auxílios ópticos, lentes, lupas manuais e lupas eletrônicas; os softwares ampliadores de tela. Material gráfico com texturas e relevos, mapas e gráficos táteis, software OCR em celulares para identificação de texto, informativo, etc.

Com as contribuições de FERREIRA; BORTOLUS; NOLASCO; MELO; LOPES; VAN PETTEN (2015) compreendemos acerca da necessidade do uso de auxílios ao suporte de leitura, no entanto, podemos indagar que apesar do enorme benefício para auxílio a pessoas com baixa visão, esses equipamentos podem impedir alguma mobilidade quanto ao uso das mãos. Portanto, também diante dessa constatação o trabalho coloca em foco o desenvolvimento de um protótipo para auxílio a pessoas com baixa visão, oportunizado pela realização de testes preliminares na concepção de um produto que pode surgir com a impressão 3D, por isso, utilizando para adequar ao caso da impressão 3D, a proposta da personalização da armação de óculos com características personalizadas.

Segundo PINHO (2019) ao argumentar sobre a utilização da impressão 3D na educação de alunos portadores de deficiência visual, possibilitou ampliar o entendimento e aplicabilidade da proposta destinada a portadores de degeneração macular. BORGES et al quando explicam sobre o “Dispositivo óptico vestível para o auxílio de deficientes visuais na sala de aula”, embora tenha aplicação específica, eles apresentam os conceitos pertinentes ao embasamento da Tecnologia Assistiva, o que embasa a proposta básica da monografia. O Quadro 9 de acordo com os autores SCATOLIM et. a. (2017, p. 243-244). apresenta exemplo dentro do contexto das Tecnologias Assistivas que enfatizam os auxílios ópticos.

QUADRO 9 - CATEGORIA DE TECNOLOGIA ASSISTIVA.

Categoria	Exemplo
Auxílios para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com baixa visão ou cegas	Auxílios ópticos, lentes, lupas manuais e lupas eletrônicas; os softwares ampliadores de tela, lupa eletrônica, aplicativos com retorno de voz, etc.

FONTE: Adaptado de SCATOLIM et. al. (2017, p. 243-244).

FEITOSA; SILVA; ALBUQUERQUE; XAVIER (2018) explicam a relação da Manufatura aditiva, inclusive avaliando com o intuito de desenvolver comparação com os processos de produção tradicionais. Essa observação, permitiu-nos indagar acerca da impressão 3D”, o que implica também trabalhar para adequarmos com os conceitos da Tecnologia Assistiva.

Para completar, PIRES (2019) ao apresentar uma contribuição com a com as aplicações da Impressão 3D, valoriza o uso de recursos auxiliares para a concepção de atender situações destinadas aos portadores de deficiência visão. Essa constatação impulsionou o trabalho, considerando a articulação entre a Manufatura Aditiva e a Tecnologia Assistiva.

## 2.5. FOTOGRAMETRIA E ESCANEAMENTO

Conforme CATAPAN (2014), compreendemos a necessidade de aplicações industriais que geram algum benefício direto com relação ao desenvolvimento de algum produto, pode, por exemplo, atender às questões de ergonomia, sendo que essa constatação coincide com o interesse da monografia, pois tratamos do benefício da reprodução da geometria da cabeça e área nasal e facial para melhor acomodação de armação de óculos e hastas.

O Quadro 10 demonstra uma sintetização comparativa das principais características de cada tecnologia situando as características de precisão resolução, custo do equipamento, habilidade necessária, portabilidade, geração de dados 3D, modelagem 3D e desafios ambientais.

QUADRO 10 - COMPARAÇÃO ENTRE AS TECNOLOGIAS.

<b>Características</b>	<b>Tecnologias</b>	
	<b>Escaneamento</b>	<b>Fotogrametria</b>
Precisão	Milímetro	Centímetro
Resolução	Milhões de pontos	Centenas de pontos
Custo do Equipamento	Dezenas de milhares	Centenas
Habilidade necessária	Média – alta	Baixa
Portabilidade	Volumoso	À mão
Geração de Dados 3D	Captura automática	Pós-processamento
Modelagem 3D	Extração automática da forma	Modelagem manual
Deafios Ambientais	Refletividade, Textura da superfície Tempo, Movimento do alvo, bordas, linha de visão	Repetição, textura da superfície e do material, Ângulo e linha de visão

FONTE: DEZEN-KEMPTER; SOIBELMAN; CHEN; MÜLLER FILHO (2015)

### 3. METODOLOGIA

A realização da monografia está amparada na construção de procedimentos que estruturam uma análise teórica acerca da funcionalidade e aplicabilidade da armação de óculos a partir da digitalização tridimensional da face para o desenvolvimento de teste experimental, ou seja, com isso a partir da digitalização da área de acomodação da armação para posterior adaptação da lupa.

A construção metodologia para a monografia apresentada está fundamentada, tal que,

“A pesquisa científica, com abordagem hipotético-dedutiva, inicia-se com a formulação de um problema e com sua descrição clara e precisa, a fim de facilitar a obtenção de um modelo simplificado e a identificação de outros conhecimentos e instrumentos, relevantes ao problema, que auxiliarão o pesquisador em seu trabalho.” (PRODANOV & PRODANOV (2013, p. 32) .

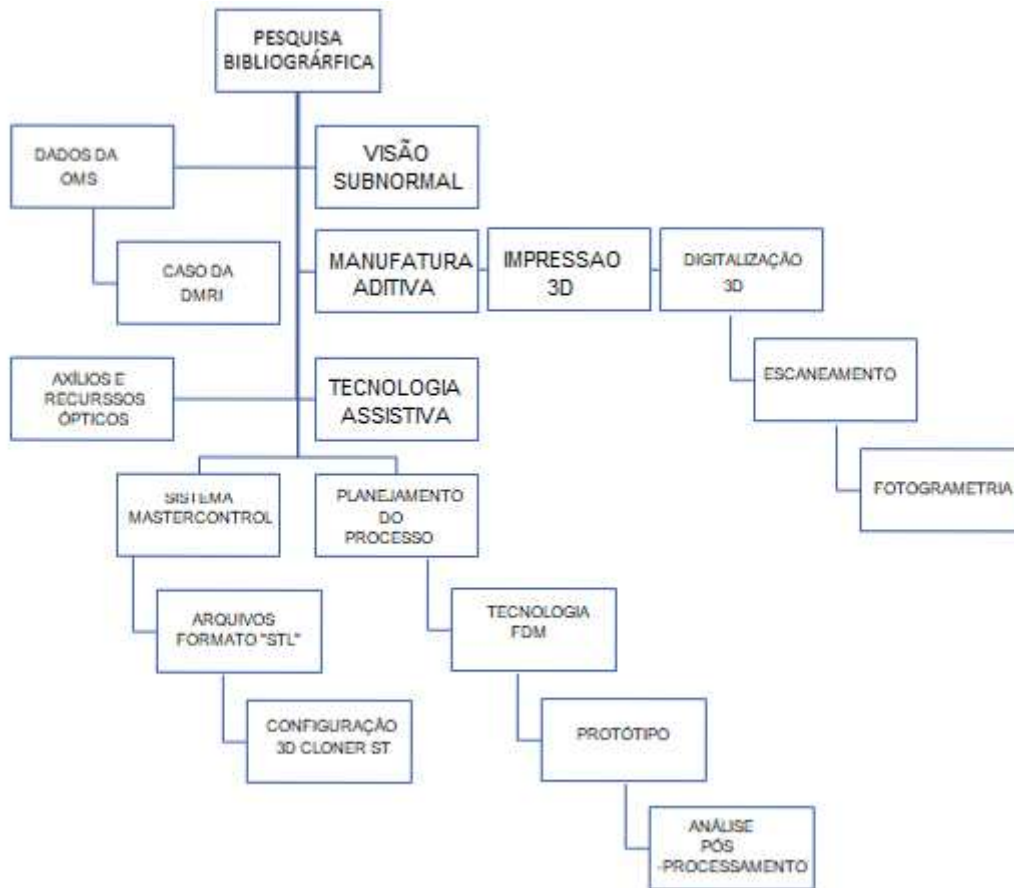
Desse modo, elucidamos e concordamos que o objetivo no planejamento experimental é descrever o planejamento adotado no trabalho. Para isso, construímos o fluxograma de acordo com as etapas definidas e explicadas para o trabalho.

Para a construção metodológica do trabalho construímos a hipótese que aceita a aplicabilidade da digitalização tridimensional de imagens para o planejamento da manufatura aditiva através da impressão 3D, podendo então conforme PRODANOV & PRODANOV (2013, p. 32-33) trabalhar a apresentação de etapas construtivas na fase operacional da impressora 3D, as quais “são utilizadas para fazer prognósticos, os quais serão comprovados ou não por meio de testes, experimentos ou observações mais detalhadas.”

Destacamos que a Pesquisa Experimental é explicada quanto “quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto” SILVA & MENEZES (2005, p.22).

Na sequência, apresentação do fluxograma conseguimos construir a estruturação do trabalho na Figura 5.

FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DAS PRINCIPAIS ETAPAS DO TRABALHO.



FONTE: O autor (2021)

Desse modo, descrevemos as etapas para a experimentação e proposta de construção de um protótipo. Esse fluxograma especifica as etapas construídas com a adoção da manufatura aditiva, impressão 3D e adequação da tecnologia assistiva para o desenvolvimento do teste preliminar para o protótipo “3D Printing Maxvision”, como protótipo de armação de óculos customizado com a adaptação de lupa para auxílio a leitura de pessoas com visão subnormal.

### 3.1. Procedimento para o Escaneamento pela Fotogrametria

Na sequência estabelecemos os elementos teóricos para o escaneamento e fotogrametria das áreas da região facial para a acomodação da armação de óculos e das hastes. Consideramos que os processos de obtenção de dados e construção do modelo, com o objetivo determinado da confecção de protótipo destinado ao atendimento ergonômico, ou seja, associado ao conforto e acomodação personalizada, haja vista a finalidade que atende ao indivíduo portador degeneração macular que

usará a armação adaptada com lupa sob prescrição médica, mas terá as mãos liberadas para aproximar os objetos em foco para a visão de perto, portanto, tendo o produto em questão a adequada acomodação de armação de óculos e hastas. Segundo o autor (CATAPAN, 2014), fotogrametria com imagens 2D; e por meio de escaneamento tridimensional, através de coordenadas X, Y e Z em imagem 3D.

Nesse sentido, o produto que servirá como protótipo não tem como objetivo comparar-se com armações fabricadas no processo de produção em série. O diferencial é necessariamente o público com deficiência identificada.

De acordo com CATAPAN (2014) constatamos com a pesquisa “Análise antropométrica da cabeça humana para dimensionamento de capacetes balísticos”, embora com finalidade bem específica, aproveitamos para adequarmos aos procedimentos para o escaneamento pela fotogrametria, uma vez que o interesse da monografia está baseada em trabalhar técnicas para a digitalização do indivíduo para a posterior ajustes e utilização da impressora 3D. Para essa finalidade, conforme BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA (2010), o equipamento pode ser portátil, para proceder a digitalização. Os autores ainda explicam sobre o procedimento para a digitalização pode ser ilustrado quando observamos a Figura 6.

FIGURA 6 - DIGITALIZAÇÃO DO INDIVÍDUO.



FONTE: Adaptado de BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA, (2010)

Para compreendermos, BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA (2010), definem quatro digitalizações para o indivíduo, para posterior processamento das nuvens de pontos. Posteriormente, o arquivo poderá ser exportado em formato STL (Stereolithography).

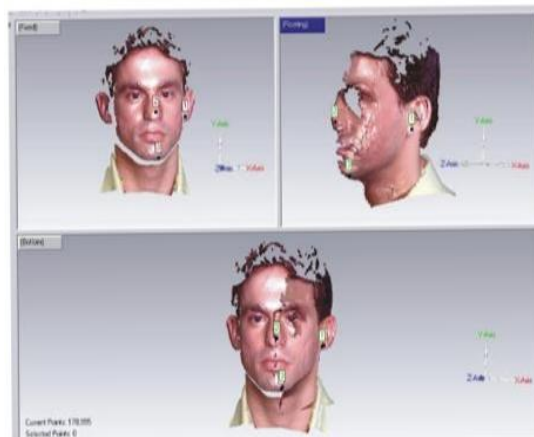
### 3.1.1. Digitalização 3D aplicada na confecção de armação de óculos

Para a fundamentação do estudo e para a digitalização 3D aplicada a confecção de armação de óculos, relacionamos o estudo de FERRARI et al (2010) que desenvolveram pesquisa acerca da Impressão 3D e Tecnologia Assistiva através de estudo sobre os últimos dez anos e a produção científica, de caráter bibliométrico. Ainda para completar, considerando que o foco é a digitalização 3D, recorreremos ao trabalho de BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA (2010) enfatizam e apresentam proposta sobre os procedimentos para a digitalização 3D a Laser, no sentido de poder funcionar como uma ferramenta para a customização de armações de óculos, exatamente tendo apresentando elementos teóricos para a construção do trabalho, incluindo elementos normativos para a concepção e uso do produto.

Ainda nesse sentido, DA SILVA; DUARTE; ROLDO; KINDLEIN JR (2010) apresentaram trabalho que enfatiza a “A Digitalização Tridimensional Móvel e sua aplicação no Design de Produto”, o que também orientou o desenvolvimento da monografia ao aos conceitos impressão 3D, completam o foca da digitalização 3D. Assim, focalizamos as armações de óculos e hastes fabricados com impressora 3D, tal que, sejam respeitados os aspectos ergonômicos da armação de óculos e das hastes, para garantir o processo de obtenção de dados e construção do modelo, para a confecção de protótipo,

A Figura 7 apresenta de modo ilustrativo, conforme BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA (2010), mostra “a montagem das nuvens de pontos para a geração do modelo tridimensional digital do rosto do indivíduo e a sobreposição entre as nuvens de pontos”.

FIGURA 7 - MONTAGEM DA NUVEM DE PONTOS.



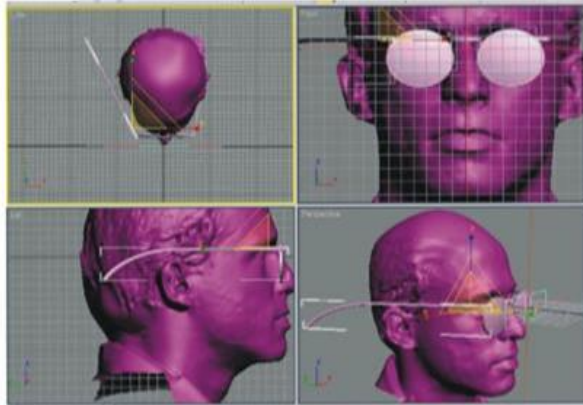
FONTE: Adaptado de BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA, (2010)

Importante acrescentar que conforme BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA (2010), a norma ISO 8624 “estabelece uma determinada proporção entre as medidas de uma armação de óculos.”

### 3.2. Arquivos STL para o Sistema Mastercontrol

Na sequência o produto foi concebido com esse procedimento para posterior transformação digital da armação. Então nesse caso a Figura 8 apresenta a ilustração. Desse modo, o arquivo tridimensional pode ser gerado o modelo para o protótipo

FIGURA 8 - IMAGEM PARA AJUSTE NAS HASTES.



FONTE: Adaptado de BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA, (2010)

Para a execução do projeto e posteriormente configuramos a impressora 3D de acordo com as figuras descritas na sequência. Para introduzir as etapas do planejamento de manufatura e desenvolver as configurações para a impressora 3D Cloner ST, Carbon e Catapani (2021) explica que a Manufatura Aditiva tem variedade de aplicações, haja vista sua interação entre áreas profissionais.

Observamos que o escaneamento 3D é o processo de transformação de peça física para a sua versão digital, podendo nesse caso ser a peça transformada pelo uso de scanner 3D, através de diferentes formas de escaneamento. Já a fotogrametria pode ser definida como um método que trabalha a partir da utilização de fotos 2D, em torno do objeto em foco valendo-se de diferentes ângulos, para posteriormente uma imagem tridimensional 3D, demandando software para o manuseio. Segundo DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M. MÜLLER FILHO, A. (2015), comparamos as tecnologias para Escaneamento 3D a Laser, Fotogrametria E Modelagem em função do interesse da monografia.

A proposta da digitalização prevê a obtenção da imagem demonstrada na Figura 9.

FIGURA 9 - IMAGEM DA ARMAÇÃO EM FONTE "STL".



FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

O dado digital é transformado em dado físico que pode ser observado nas Figura 13 e na Figura 10.

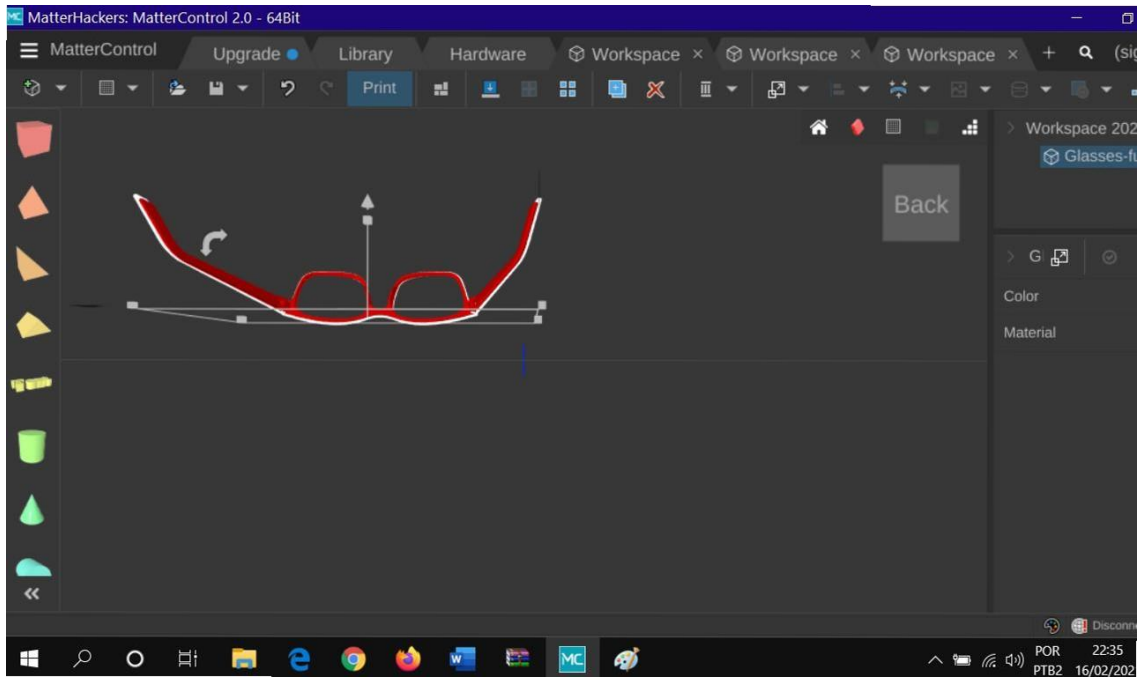
FIGURA 10 - IMAGEM DA HASTE EM FONTE "STL".



FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

Nesse caso, detalhamos que previamente houve a utilização do "link <https://www.thingiverse.com/>" para baixar o modelo 3D (filtrado com a extensão stl).

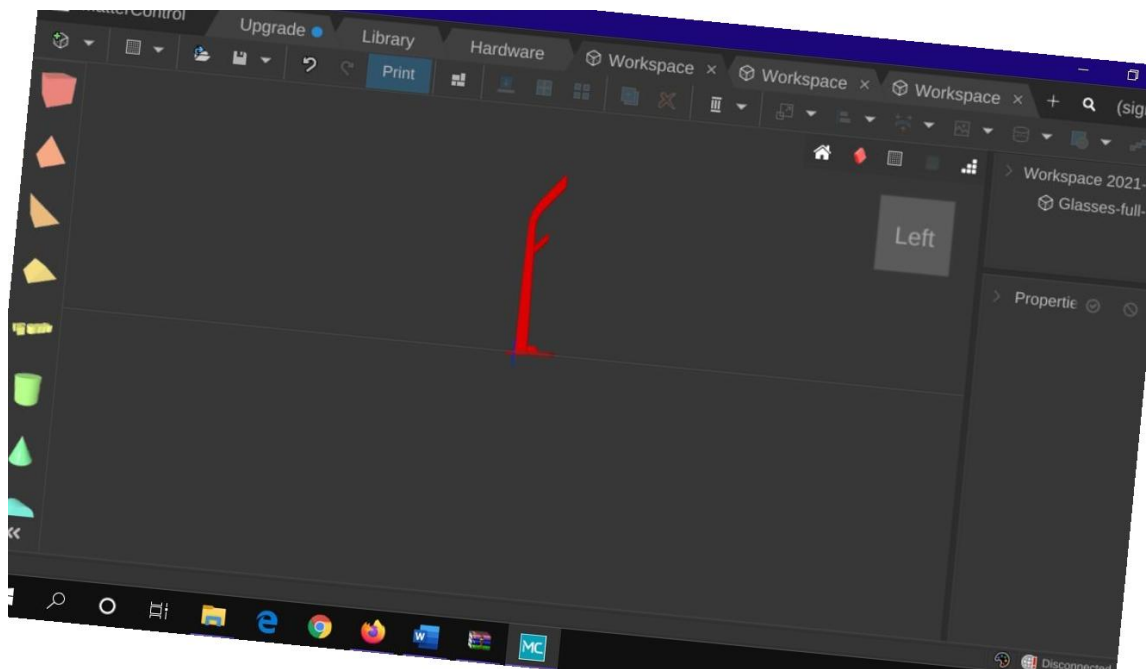
FIGURA 11 - IMPORTAÇÃO "STL".



FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

Nessa etapa, na Figura 11 houve a Identificação das partes que necessitam de suporte.

FIGURA 12 - FILTRO COM EXTENSÃO "STL".



FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

Nessa etapa, na Figura 12 ampliamos a a Identificação da peça completa. Portanto, podemos exportar os arquivos STL para o sistema “MasterControl” que irá trabalhar as configurações para a impressão 3D. Para a impressão 3D partimos do modelo digital para o modelo físico, ou seja, do desenho em formato “stl”, depois o modelo é fatiado.

### 3.3. Planejamento do processo de Manufatura Aditiva

A impressão entendida pela impressora 3D é um arquivo “Código G”. Desse modo, dentro do software de fatiamento a impressora é capaz de ler e processar a impressão Carbon e Catapani (2021). De acordo com Carbon e Catapani (2021), um conceito importante é a definição dos *steps*, com a resolução da impressão. Quanto mais fina a camada, mais fina a impressão. Com isso, menos evidente ficam as camadas. Para isso, a gradação de preenchimento tem relação com a resistência de material, economia da peça. Com a diminuição de filamentos tem-se a diminuição de custo. Conforme Carbon e Catapani (2021), compreende-se que quanto mais material ocorre alteração na temperatura. Quanto mais material poderá ocorrer essa variação.

Quanto mais preenchimento, mais qualidade da peça produzida. Para aumentar a qualidade com relação ao preenchimento para o acabamento da peça. Por exemplo, até a posição da impressão, há uma relação com a qualidade da peça com implicações na geometria da base da mesma. Os suportes são essenciais para garantir o apoio da peça na mesa com a impressão em FDM ( Fused Deposition Modeling).

Na argumentação de Carbon e Catapani (2021), observamos que quanto menos suportes a peça tiver, menos ação de retrabalho com menos tempo após o processamento da peça. Além disso, a quantidade de suportes afeta a qualidade da peça. O ângulo de impressão tem o limite de 45 graus para a impressão. São importantes as considerações sobre pós impressão, eventual continuidade de tratamento em maquetaria ou tratamento da peça, desse modo é essencial definir a espessura da camada, suportes e ângulos.

#### 3.3.1. Configuração para a impressora 3D Cloner ST

Através do Manual de utilização da Impressora 3DCloner, destacamos os cuidados e principais procedimentos acerca das configurações da temperatura atual e a temperatura do extrusor, na sequência a temperatura atual e a temperatura da mesa aquecida, considerando a operação dentro do contexto de uma operação térmica. Lembramos que o software pode conectar várias impressoras, além da 3D Cloner ST. Desse modo, tratamos do planejamento de Manufatura Aditiva para definir os parâmetros da impressora, que podem ser configurados como porcentagem de camadas, fatiamento, tipo de preenchimento, tempo de impressão. quantidade de material, e temperatura de impressão. Ou seja, precisamos definir preenchimento da espessura, perímetro e velocidade, por exemplo, preenchimento “*insider perimeter*” e preenchimento no “*outsider perimeter*”.

Conforme Justino Neto (2015), “As impressoras 3D que utilizam tecnologia FDM geralmente são constituídas por uma plataforma de construção e um cabeçote com um bico de extrusão que se movimentam em uma estrutura que pode ser em forma de pórtico ou caixa. A ilustração é apresentada na Figura 13.

FIGURA 13 - ILUSTRAÇÃO DA IMPRESSORA 3D CLONER.



FONTE: Adaptado de JUSTINO NETTO, 2015 (Disponível em: <http://repositorio.eesc.usp.br/handle/RIEESC/6133>)

Precisamos definir o número de camadas inteiras e o tempo de impressão é proporcional ao número de camadas, ou seja, a altura. Ou seja, todos os procedimentos são necessários, por exemplo, com o prévio aquecimento da mesa quando consideramos as questões de aderência. Utilizamos o software “MATTERCONTROL” é completo, apresentando como “*open source*” e gratuito, permitindo projetar, fatiar,

organizar e gerenciar suas impressões 3D. Com o software trabalhamos nas configurações para poder fatiar usando uma variedade de configurações para geração de suporte personalizado. A Figura 14 apresenta a ilustração acerca do número de camadas.



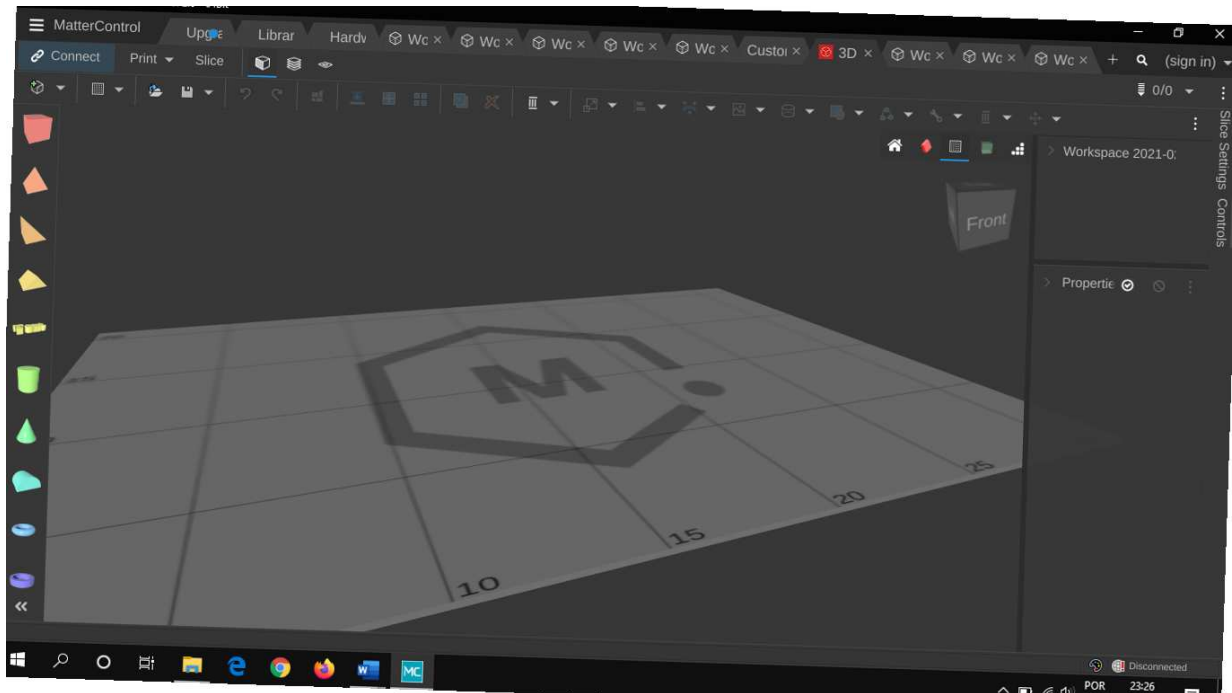
FONTE: Adaptado de JUSTINO NETTO, 2015 (Disponível em: <http://repositorio.eesc.usp.br/handle/RIEESC/6133>)

Com os recursos é possível obtermos controle total com opções para criar suportes personalizados, impressões de extrusão dupla de ajuste fino. O software permite trabalhar com projetos e organização das informações básicas para a impressão 3D.

Apesar da simplicidade, o software da 3D Cloneer é bem básico, porém obviamente permite a configuração básica. O principal interesse da monografia concentra-se no foco da geração da informação digitalizada para a operação de impressão 3D. Por exemplo, precisamos considerar a altura da peça e o número de camadas sólidas para o preenchimento da peça. Consideremos também as porcentagens de preenchimento que desejamos utilizar.

Na Figura 15 o observa-se a necessidade de carregar a imagem digitalizada em arquivo “STL”, que precisa ser importado para a primeira visualização na mesa.

FIGURA 15 - MATTERCONTROL.



FONTE: Adaptado de Carbon e Catapani (2021).

O arquivo “GCPDE” descreve todas as superfícies fatiadas em um único arquivo que é interpretado pela maioria das impressoras 3D. A linguagem “GCPDE” tem diversos dialetos para cada tipo de aplicação específica. E.G. se é possível imprimir com atributo cores, há um adendo na linguagem para a escolha da cor. A Figura 16 apresenta um exemplo de arquivo “GCPDE”.

A impressão é o processo de interpretar a linguagem “GCPDE” que instrui a impressora a imprimir linha a linha, superfície a superfície, até obter o objeto desejado. Outro procedimento pode ser obtido com o uso conjunto de scanners 3D, onde ao invés de se desenhar a figura desejada, captura-se a imagem tridimensional de um objeto existente e em seguida imprime-se usando os procedimentos citados anteriormente.

A definição da temperatura tem relação com os dados do fabricante do filamento, além das condições de temperatura do ambiente. Consideramos os insumos PLA e ABS para as simulações com a finalidade de gerar o “GCPDE” visualizado na Figura 16, após a obtenção do número de camadas para a peça. O código conversa com a impressora, através de um código que pode ser editado em texto. Carbon e Catapani (2021).

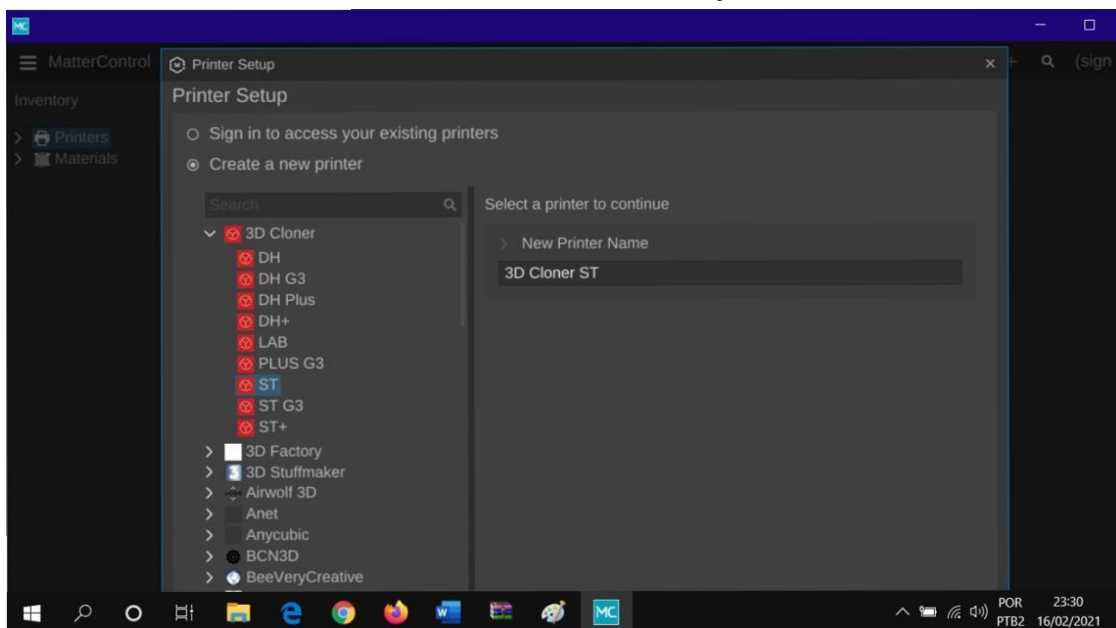
FIGURA 16 - EXEMPLO "GCODE".

M90	G00	Z-0.5
G90	G00 X6.0394 Y12.3386	
G75	G00	Z-0.1
G00 X6.0394 Y6.0394	G01 Z0.4 F1.333	
<b>M38</b> Lowers the drill	G00	Z-0.5
<b>bank</b> into place and turns	G00 X6.0394 Y13.5984	
<b>on</b> the drill motor	G00	Z-0.1
G00 X6.0394 Y6.0394 Z-	G01 Z0.4 F1.333	
0.5 Moves X and Y so	G00	Z-0.5
that boring drill one is	G00 X6.0394 Y14.8583	
centered at X = 6.0394 Y	Z-0.5	
= 6.0394 and Z is 0.5	<b>G98 P300 D480</b> Engages	
inches above the materials	drills 6, 7, 8, and 9.	
surface.	G00	Z-0.1
<b>G98 P300 D496</b> Engages	G01 Z0.4 F1.333	
drills 5, 6, 7, 8, and 9.	G00	Z-0.5
G00 Z-0.1 Slew Move in	G00 X6.0394 Y16.1181	
Z to .1 inches above the	Z-0.5	
material	<b>G98 P300 D448</b> Engages	
<b>G01 Z0.4 F1.333</b> Plunge	drills 7, 8, and 9.	
the Z axis .4 inches into	G00	Z-0.1
the material at 80 IPM	G01 Z0.4 F1.333	
G00 Z-0.5 Slew Move in	G00	Z-0.5
Z to .5 inches above the	G00 X6.0394 Y17.378 Z-	
material	0.5	
G00 X6.0394		
Y8.5591 Move X and Y		
and continue to drill more		
holes with the same		

FONTE: O autor (2021)

Consideramos que *Features* precisam ser consideradas no momento das definições para a prototipagem da peça. Lembrando que todo processo de manufatura aditiva exigem um planejamento antes do processo a ser executado. Ao pensarmos sobre o uso da peça para as definições de camada, suporte e ângulos são definidos nas impressões em ABS e PLA. Cada uma desses materiais permite condições de acabamento e pintura.

FIGURA 17 - ESCOLHA CONFIGURAÇÃO DA IMPRESSORA.

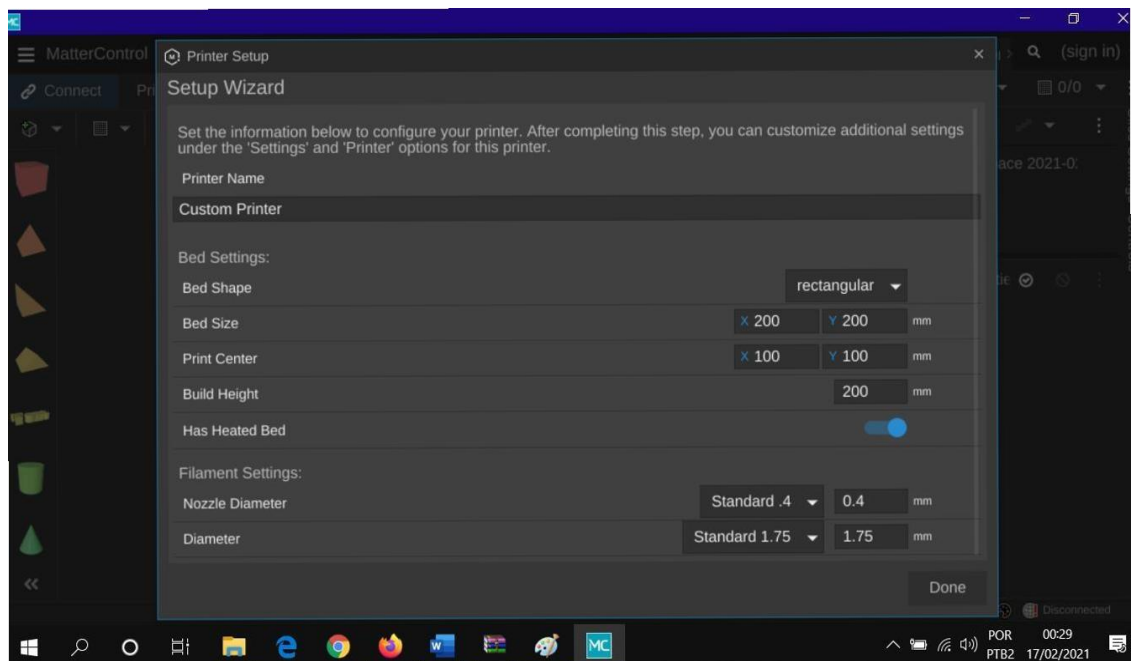


FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

Nesse caso da Figura 17, por exemplo, até a posição da impressão, há uma relação com a qualidade da peça com implicações na geometria da base da mesma. Isso traz implicações na configuração da impressora.

Inicialmente no caso da Figura 18, é importante destacar que os suportes são essenciais para garantir o apoio da peça na mesa com a impressão em FDM (Fused Deposition Modeling). Então, a definição de contato com a mesa, pois isso tem implicação com a orientação da peça na mesa. Observamos as implicações são trabalhadas para que a posição da impressão trabalha em relação com as questões de qualidade da peça.

FIGURA 18 - AMPLIAÇÃO CONFIGURAÇÃO DA IMPRESSORA.



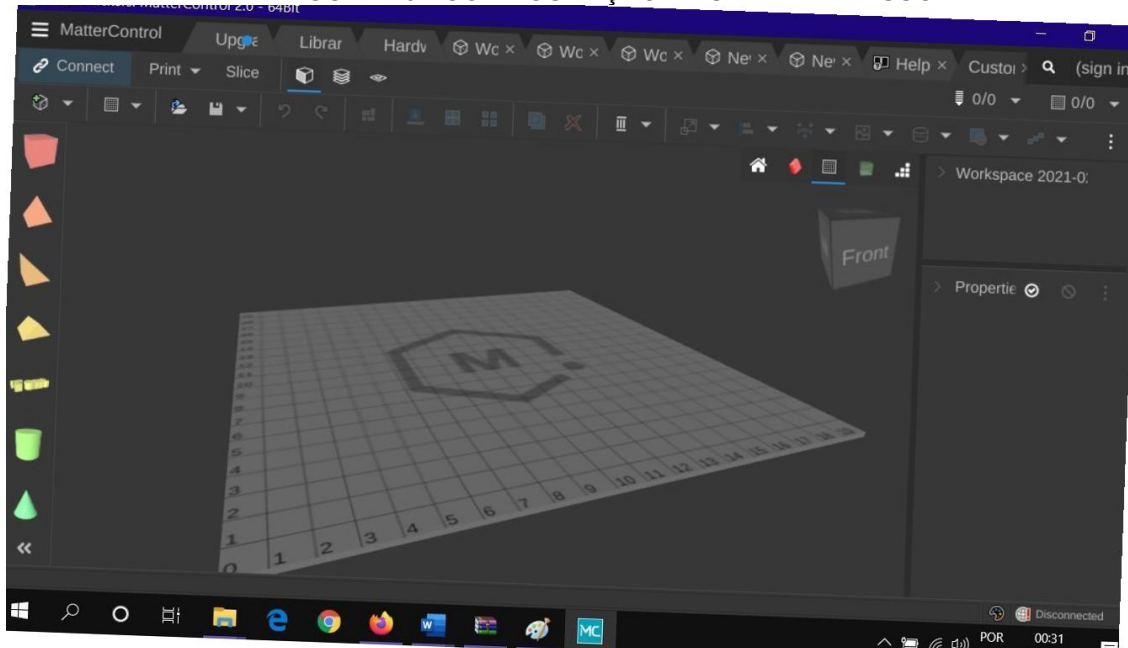
FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

Nesse contexto, Carbon e Catapani (2021), argumenta que após a retirada do suporte da peça, a qualidade é afetada. É importante a definição de contato com a mesa que depende da orientação da peça na mesa. As especificações e a limitação da máquina têm relação com essa definição, por exemplo, de altura para a impressão. Ou seja, a orientação precisa ser definida pelo planejamento da impressão.

Nesse contexto, Carbon e Catapani (2021), argumenta que após a retirada do suporte da peça, a qualidade é afetada. É importante a definição de contato com a

mesa que depende da orientação da peça na mesa. As especificações e a limitação da máquina têm relação com essa definição, por exemplo, de altura para a impressão. Ou seja, a orientação precisa ser definida pelo planejamento da impressão. Na sequência ilustramos na Figura 19, parâmetros da configuração da impressora.

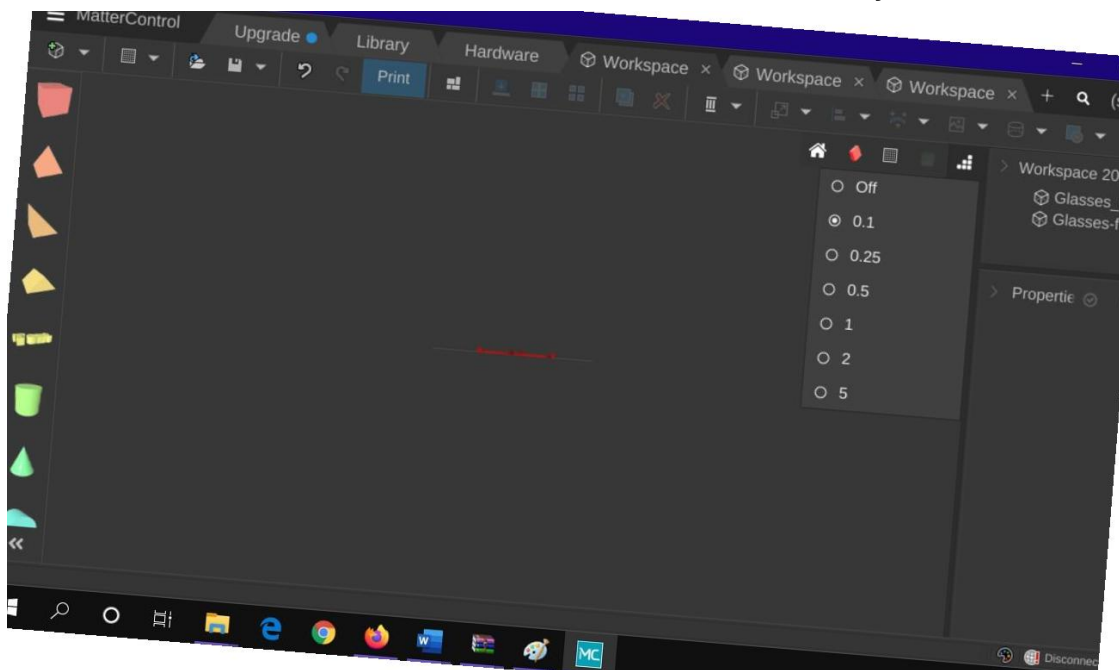
FIGURA 19 - CONFIGURAÇÃO MESA DA IMPRESSORA.



FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

Do mesmo modo, a Figura 20 após a utilização do “link <https://www.thingiverse.com/>” para baixar o modelo 3D (filtrado com a extensão stl), trabalhamos a CALIBRAÇÃO para as partes individuais -

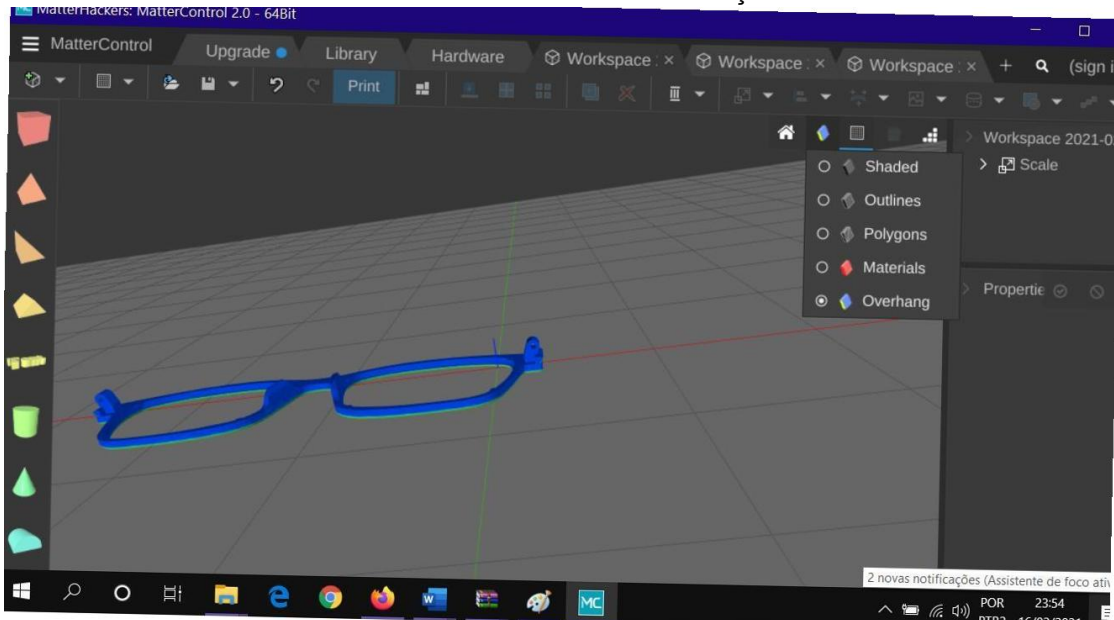
FIGURA 20 - PARTES INDIVIDUAIS – CALIBRAÇÃO.



FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

Na Figura 21, trabalhamos com as especificações e a limitação da máquina 3D Cloner ST, sendo que nesse caso há uma relação com essa definição, quando consideramos a altura para a impressão.

FIGURA 21 - FORMAS DE VISUALIZAÇÃO – OVERHANG-.

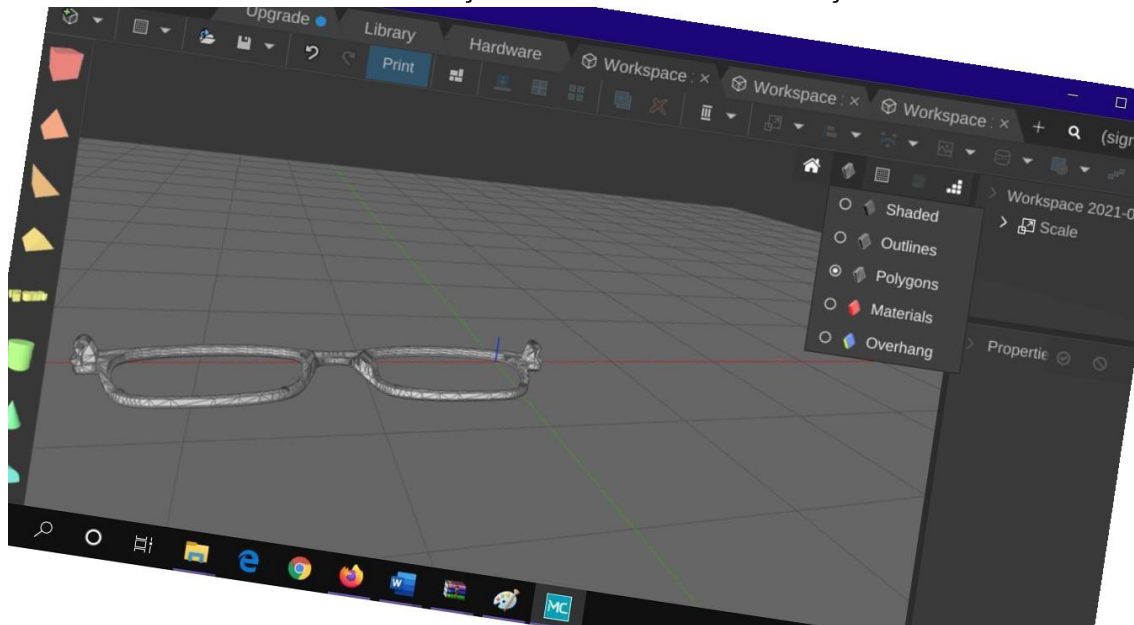


FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

Apresentamos a Figura 22 pra enfatizar que o ângulo de impressão tem o limite de 45 graus para a impressão. São importantes as considerações sobre pós impressão,

eventual continuidade de tratamento em maquetaria ou tratamento da peça, desse modo é essencial definir a espessura da camada, suportes e ângulos.

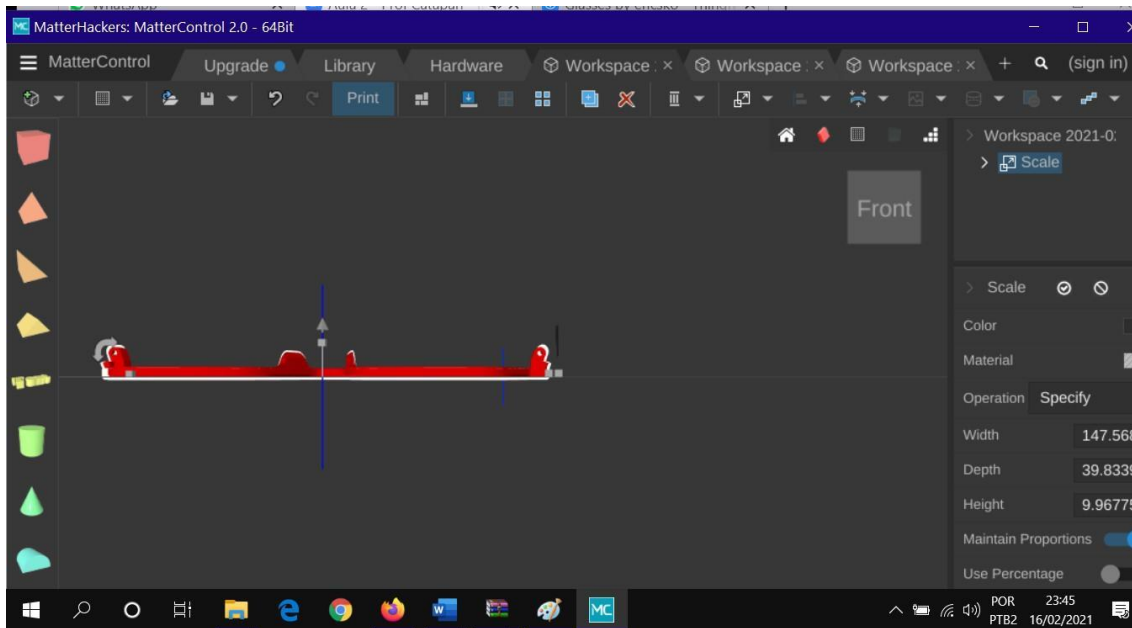
FIGURA 22 - AMPLIAÇÃO FORMAS DE VISUALIZAÇÃO - POLYGONS.



FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

No caso da Figura 23 observamos as formas de visualização “Lay flat”. Consideramos que o “Lay flat” implica posição da peça encostada na mesa com a calibração para o nivelamento da mesa. Desse modo, estamos impondo as condições de calibragem.

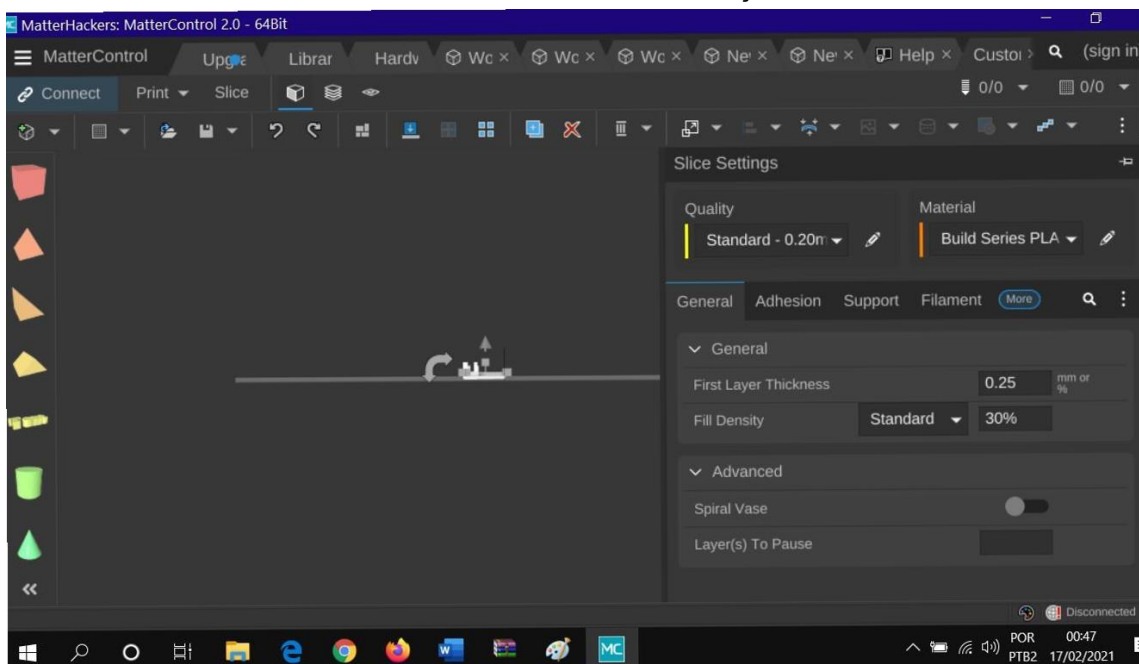
FIGURA 23 - FORMAS DE VISUALIZAÇÃO – LAY FLAT.



FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

Na Figura 24, apresentamos as “Features” e enfatizamos que precisam ser considerados no momento das definições para a prototipagem da peça. Lembrando que todo processo de manufatura aditiva exige um planejamento antes do processo a ser executado.

FIGURA 24 - SLICE SETTINGS CONFIGURAÇÕES DE FATIAMENTO.



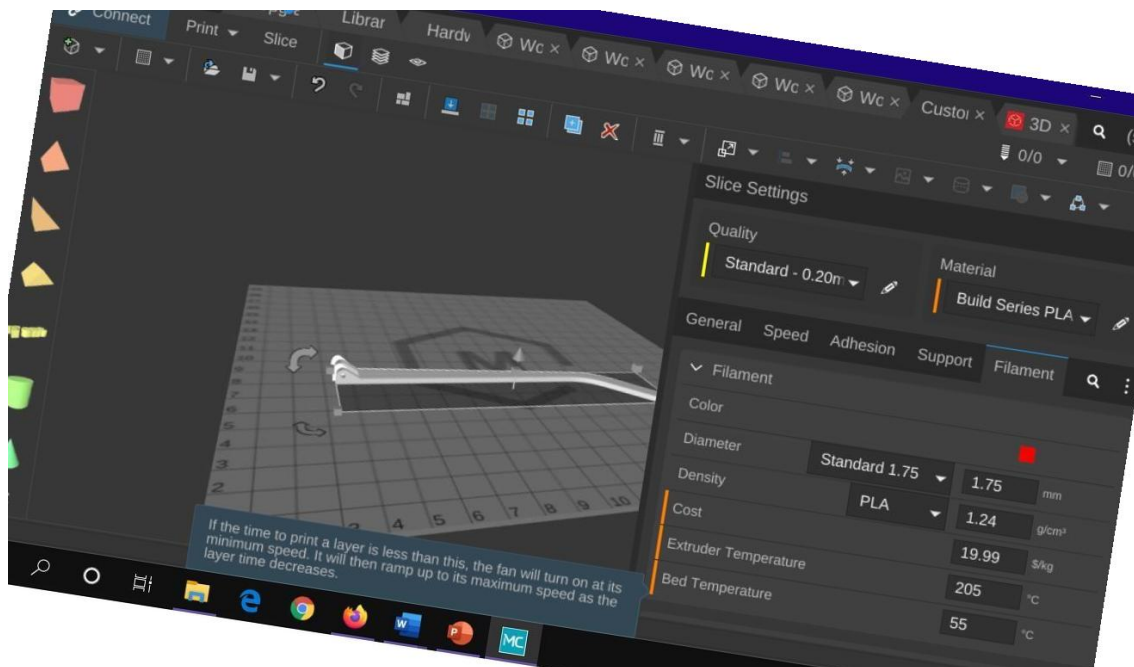
FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

### 3.4. Tecnologia de impressão por modelagem por fusão e deposição (FDM)

De acordo com VOLPATO (2018, p. 146), afirma que dentre “as tecnologias de manufatura aditiva [...] baseadas na extrusão de material, que, em grande parte, derivam da primeira tecnologia comercial, denominada modelagem por fusão e deposição (Fused Deposition Modeling), FDM.”

Na Figura 25, tratamos sobre o uso da peça para as definições de camada, suporte e ângulos são definidos nas impressões em ABS e PLA.

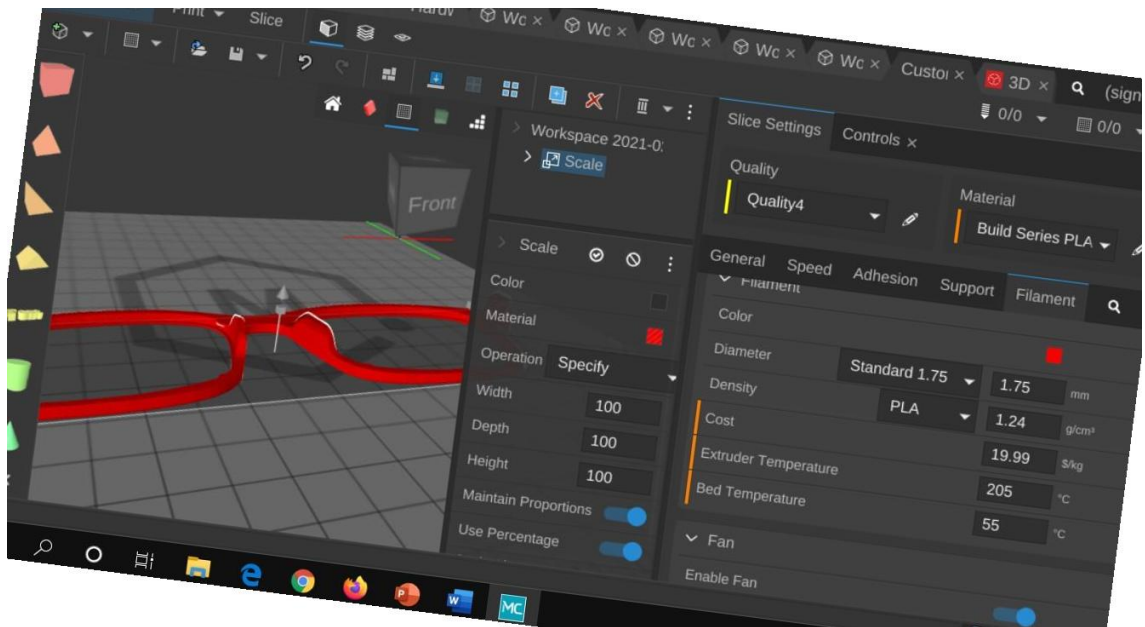
FIGURA 25 - SELEÇÃO TIPO DE MATERIAL.



FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

Para a continuidade sobre o uso de matéria, a Figura 26 trata também sobre a impressão em ABS e PLA.

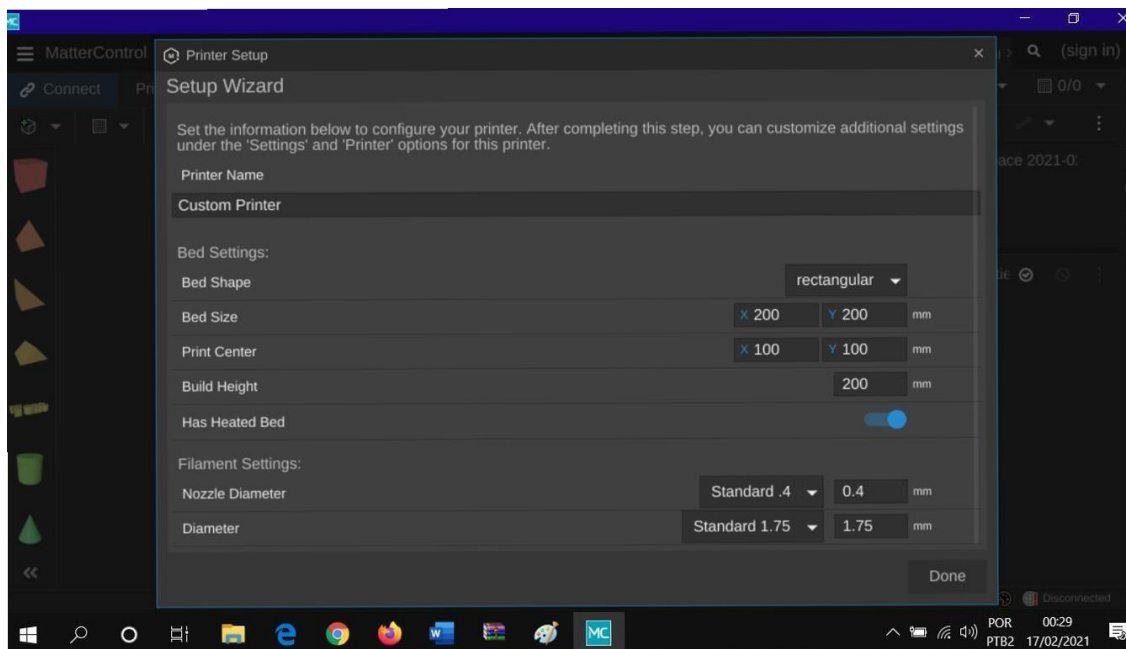
FIGURA 26 - AMPLIAÇÃO SELEÇÃO TIPO DE MATERIAL.



FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

No caso da Figura 27, observamos que quanto menos suportes a peça tiver, menos ação de retrabalho com menos tempo após o processamento da peça, uma vez que a quantidade de material influi nessa variação.

FIGURA 27 - DADOS DA IMPRESSÃO.



FONTE: Adaptado de AUTOR (2021).

### 3.5. Análise do Pós-Processamento

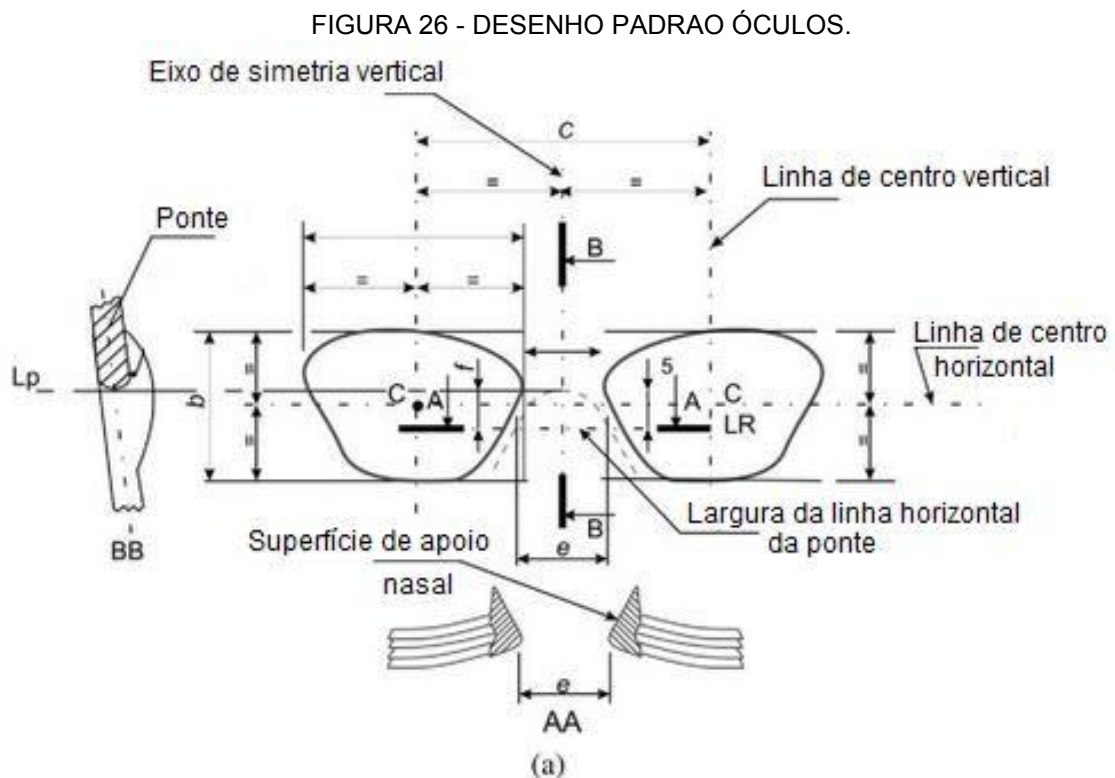
Para a concepção da análise do pós-processamento, destacamos que e acordo com VOLPATO (2018, p. 99),

As principais etapas do processo da manufatura aditiva são similares às de outros processos tradicionais de fabricação e incluem: a obtenção de modelo geométrico 3D, o planejamento do processo, a fabricação no equipamento AM e o pós-processamento para a obtenção da peça final.

Nesse sentido, ainda conforme VOLPATO (2018, p. 99), explica sobre o modelo geométrico, que o mesmo é

gerado o modelo geométrico 3D da peça a ser fabricada, e é preparada a geometria em um formato adequado para a manufatura aditiva, que pode ser nos padrões STereoLithography (STL), additive manufacturing format [...] ou outro formato 3D aceito pelo equipamento específico.

Observamos conforme BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA (2010), que em função da norma NBR 1499 “existe uma determinada proporção entre as medidas de uma armação de óculos na Figura 26 onde são contempladas as medidas guia para o projeto das armações de óculos.”

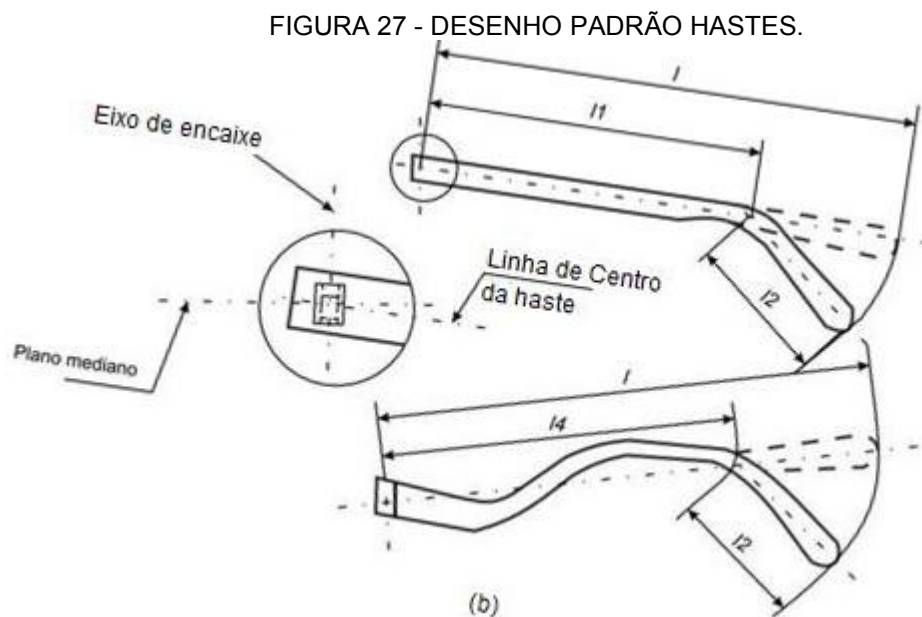


FONTE: Adaptado de BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA, (2010).

Considerando BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA (2010),desse modo, complementamos que o monitoramento e detalhamentos precisa levar em consideração que “diversos ajustes devem ser realizados nas partes da armação que se permitem para tal, como as hastes e o apoio do nariz”, o que irá configurar pleno alcance do objetivo para a proposta do protótipo a sem impresso em 3D.

Ainda de acordo BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA (2010), podemos observar na Figura 27 a apresentação esquemática do sistema de medição para as lentes:

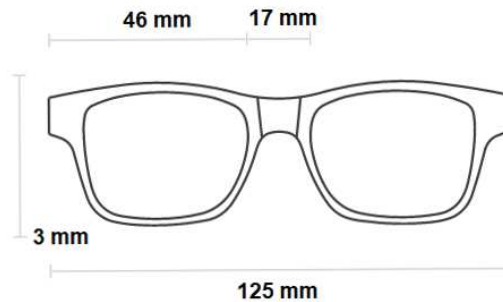
(A), identificando os pontos de dimensão horizontal da lente (a), dimensão vertical da lente (b), distância entre os centros (c), distância entre as lentes (d); e em (B) referentes ao comprimento total da haste: comprimento total da haste (I), comprimento para dobrar (I1), comprimento para descer (I2), tamanho da ponte (e) e altura da ponte (f) Modificado de: NBR 14993.”



FONTE: Adaptado de BERTOL; DUARTE; KINDLEIN JÚNIOR; SENNA, (2010)

As hastes, a ponte nasal ou a armação dos óculos, convivem com diversos critérios que são cruciais para uma visão ideal, uma vez que os óculos perfeitamente ajustados, pois as laterais podem pressionar as têmporas ou a ponte nasal está desconfortável (GRUPO ZEISS, 2017).

FIGURA 28 - MODELO 1 DE ARMAÇÃO



FONTE: Adaptado de [https://www.oticaecia.com.br/wp-content/uploads/2016/09/oculos\\_desenho\\_tecnico.svg](https://www.oticaecia.com.br/wp-content/uploads/2016/09/oculos_desenho_tecnico.svg)

Para o esboço de uma análise do pós-processamento, por exemplo, observamos na Figura 28 um conjunto de medidas demonstrado no modelo 1 para a armação de óculos, sendo que essas medidas devem orientar o protótipo proposto e possibilitar os eventuais ajustes e correções.

FIGURA 29 - MODELO 2 DE ARMAÇÃO.

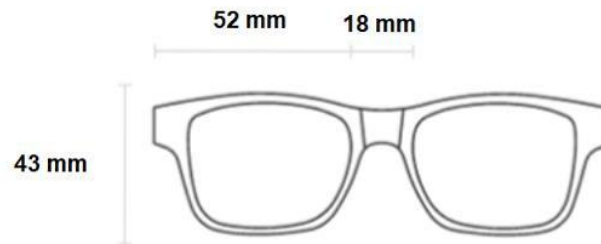


FONTE: Adaptado de [https://www.oticaecia.com.br/wp-content/uploads/2016/09/oculos\\_desenho\\_tecnico.svg](https://www.oticaecia.com.br/wp-content/uploads/2016/09/oculos_desenho_tecnico.svg)

Para ampliar as comparações do protótipo com as situações reais, na Figura 29 do mesmo modo podemos observar um conjunto de medidas demonstrado no modelo 2 para a armação de óculos.

Desse modo, essas medidas também devem servir de orientação para o protótipo proposto e possibilitar os eventuais ajustes e correções.

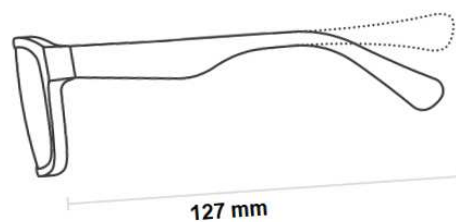
FIGURA 30 - MODELO 3 DE ARMAÇÃO.



FONTE: Adaptado de [https://www.oticaecia.com.br/wp-content/uploads/2016/09/oculos\\_desenho\\_tecnico.svg](https://www.oticaecia.com.br/wp-content/uploads/2016/09/oculos_desenho_tecnico.svg)

Na Figura 30 é demonstrada outro conjunto de medidas que pode servir de comparações com o protótipo. No caso, o modelo 3 também está configurado para a armação de óculos.

FIGURA 31 - MODELO 1 DE HASTE.



FONTE: Adaptado de [https://www.oticaecia.com.br/wp-content/uploads/2016/09/oculos\\_desenho\\_tecnico.svg](https://www.oticaecia.com.br/wp-content/uploads/2016/09/oculos_desenho_tecnico.svg)

Na Figura 31, com os mesmos fundamentos já observamos podem servir para a comparação com o conjunto de medidas com o modelo 1 para as hastes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os problemas de visão podem representar prejuízos nas atividades da vida diária de indivíduos com baixa visão, pois a interação do homem com o meio se faz pela visão. Por isso é extremamente importante o investimento em equipamentos que auxiliam a baixa visão. Utilizando as configurações da impressora 3D descritas na seção 3 deste trabalho, espera-se conseguir um protótipo como o exemplo da figura 26 acima.

### 4.1. Identificação de restrição

Com o uso da Tecnologia Assistiva, fica fácil a inclusão da pessoa com visão subnormal a uma rotina normal de atividades.

Apesar de considerarmos as questões da Tecnologia Assistiva, em hipótese alguma a proposta desse protótipo de recurso óptico pode ter aplicação sem a diretriz, análise e decisão sob os rigores da orientação médica.

O protótipo discutido nesse trabalho, visa facilitar a pessoa com essa deficiência para que consiga enxergar e ter uma visão quase “normal”.

### 4.2. Insumo utilizado

O material da armação personalizada é feito em PLA, um termoplástico muito leve e com alta resistência térmica e mecânica. O modelo pesa menos de 100g (dependendo da lente e da lupa), fato que faz com que os óculos sejam extremamente confortáveis.

### 4.3. Evidências observadas

A partir da verificação da solução para a formulação do problema, foram realizadas buscas em óticas e centros oftalmológicos e não foi encontrado nenhum produto com as condições de personalização semelhantes ao protótipo proposto no trabalho. O que, pode-se dizer que há um mercado a ser explorado e que a procura

pode ser grande, visto que segundo o IBGE tem-se mais de 6 milhões de brasileiros que sofrem com essa deficiência.

#### 4.4. A proposta do protótipo

Na proposta do protótipo a ideia é adequar de modo completamente personalizado o uso de lentes ou lupas corretivas, por exemplo, para leitura de perto. Ou seja, nesse caso a adaptação da lupa em conjunto com a lente tradicional poderia ser adaptada com a lupa proposta pelo diagnóstico médico do oftalmologista. A armação exige estrutura especial com medidas completamente adequadas ao rosto incluindo a DP e DNP.

#### 4.5. Avaliação do protótipo e a indústria traciona

É necessário considerar que o protótipo não incorpora os aspectos e atributos de moda quando observado os produtos dessa indústria tradicional para as armações de óculos. Nesse contexto, é recomendável após o desenvolvimento da proposta do protótipo ainda avaliar o processo de manufatura aditiva, por exemplo, com os processos de usinagem e injeção de plásticos. No entanto, é válido explicitar que o protótipo cumpre o papel de funcionar como um auxílio óptico que atende às condições técnicas para a sua personalização.

#### 4.6. Comparação da proposta do protótipo com recurso óptico manual

Constatamos, por exemplo, que um suportes de leitura, ou mesmo um auxílio óptico pode impedir a livre utilização das mãos.

FIGURA 32 - MODELO DE LUPA MAANUAL.



FONTE: Adaptado de (<https://www.fcm.unicamp.br/fcm/auxilios-opticos/os-auxilios-opticos>).

A Figura 32 apresenta um modelo de lupa manual. Tal modelo implica que a sua utilização impede a total liberação das mãos.

Por outro lado, a Figura 33 apresenta um modelo do protótipo, sendo que de modo diferente, a sua utilização oferece a total liberdade das mãos. Nesse caso, embora, seja um auxílio óptico a sua funcionalidade é equivalente ao modelo de óculos tradicional.

FIGURA 33 - EXEMPLO DE PROTÓTIPO IMPRESSO NA IMPRESSORA 3D.



FONTE: Adaptado de (<https://www.fcm.unicamp.br/fcm/auxilios-opticos/os-auxilios-opticos>).

Portanto, o uso do recurso óptico comparado ao uso manual de lupas reverte em mais liberdade para o uso das mãos. No entanto, em hipótese não trabalhamos com nenhuma proposta de uso do protótipo de recurso óptico pode ter aplicação sem a prescrição médica associada ao teste da visão subnormal.

#### 4.7. Dificuldades do processo de escaneamento e fotogrametria

Após o detalhamento dos procedimentos para o escaneamento e a fotogrametria na abordagem das tecnologias disponíveis, as mesmas precisam ser novamente avaliadas num item crucial. Ou seja, no que diz às questões que envolvem o custo do equipamento para as finalidades de geração de dados 3D e a adequada modelagem 3D

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho cumpriu com os objetivos de estudar os conceitos de manufatura aditiva, impressão 3D e aplicações da tecnologia assistiva e para desenvolver um protótipo para auxiliar a leitura a pessoas com visão subnormal.

Alguns problemas visuais, como é o caso da visão subnormal com degeneração macular, não pode ser curada com cirurgias e as pessoas com essa deficiência possuem grande dificuldade para enxergar e principalmente para a leitura. Apesar do avanço da medicina e da tecnologia, não é possível encontrar hoje um modelo de óculos padrão que auxilie a visão para esses casos.

A criação deste protótipo irá contribuir para a inclusão dessas pessoas nas suas rotinas e a uma vida normal, onde podem realizar atividades simples, como a leitura de um livro.

Espera-se que com esse protótipo os aspectos sociais e econômicos possam ser mais explorados para que mais modelos de aperfeiçoamento de instrumentos óticos surjam para contribuir e facilitar a vida das pessoas com visão subnormal.

### 5.1. Sugestões de trabalhos futuros

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

- Tentar aproximar da Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva: ações integradas entre Engenharia Mecânica e Design da UFPR, para aprofundar conhecimento e conhecer novas técnicas;
- Ampliar a pesquisa para trabalhar processos de menor custo para a geração da imagem digital;
- Ampliar as simulações para a impressão 3D com outros insumos;
- Incorporar processo de acompanhamento para a análise de medidas estatísticas;

- Analisar estatisticamente os resultados das medições obtidos após o escaneamento e fotogrametria das áreas de acomodação da armação de óculos e das hastes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3DCloner. **Manual de utilização da Impressora 3DCloner.** s.d. Disponível em:<<http://3dcloner.ind.br/upload/20200724170856r7ginb.pdf>>. Acesso em: 19 de junho de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6022: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação.** Rio de Janeiro, 2003, 5p. Disponível em:<<https://nelic.paginas.ufsc.br/files/2019/04/NBR-6022-Artigos.pdf>>; Acesso em: 20 de junho de 2021.

AFONSO, Bianca Tasso et al. **Análise bibliométrica das principais tecnologias que permitem a indústria 4.0.** XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO “Os desafios da engenharia de produção para uma gestão inovadora da Logística e Operações” Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019. Disponível em:<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_WPG\\_000\\_1668\\_37134.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_000_1668_37134.pdf)>. Acesso em: 24 de junho de 2021.

BERSCH, Rita. **Introdução à tecnologia assistiva.** Porto Alegre: CEDI, v. 21, 2017. Disponível em:<[https://ntmmacae.com/site/files/Educa%C3%A7%C3%A3o%20Inclusiva/Tecnologia%20Assistiva/Introducao\\_Tecnologia\\_Assistiva.pdf](https://ntmmacae.com/site/files/Educa%C3%A7%C3%A3o%20Inclusiva/Tecnologia%20Assistiva/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf)>. Acesso em: 15 de junho de 2021.

BERTOL, Liciane Sabadin; DUARTE, Lauren; KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; Senna, Carlos. A Digitalização 3D a Laser como Ferramenta para a Customização de Armações de Óculos. In: **DESIGN, 2010. 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2010, São Paulo.** Disponível em:<<https://docplayer.com.br/5479699-A-digitalizacao-3d-a-laser-como-ferramenta-para-a-customizacao-de-armacoes-de-oculos.html>>. Acesso em: 01 de julho de 2021.

BIGGS, Simon. **The future of 3D printing in education.** Disponível em:<<https://goo.gl/m2XxJ1>>. Acesso em: 27 de junho de 2021.

BORGES, André Fiel et al. **Dispositivo óptico vestível para o auxílio de deficientes visuais na sala de aula.** Research, Society and Development, v. 9, n. 9, p. e930997623-e930997623, 2020. Disponível em:<<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7623/7213>>. Acesso em: 25 de junho de 2021.

BERTOLA, Gessika; MARTINS, Luan Roberto Estrada. **Apostila Impressão 3D.** UTFPR. – Câmpus Curitiba. 2016. Disponível em:<<https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/utfpr-ct-arcaz-files/original/64faa29d0fcd85b0ccd9399c8bae0df8.pdf>>. Acesso em 15 de junho de 2021.

CARBONI, Márcio Henrique de Sousa; CATAPAN, Márcio Fontana. **Aula 2 - Catapan - Materiais Inteligentes.** UFPR, 2021. Disponível em:< [https://zoom.us/rec/play/WFK-yTOc7h2P-TdADGA0pSLS5Fo7XCCmKwY6DTnPwEsD9WCWLGy3EfYqTw9y-BD1y8fYDQBN8otdaew.YGaHQAQqOrQqdaXM?continueMode=true&\\_x\\_zm\\_rtaid=213xaJsoSLu7-wlFEebjtQ.1626032179130.ee72f5aea351f691cb5a3e27b1dafc77&\\_x\\_zm\\_rhtaid=731](https://zoom.us/rec/play/WFK-yTOc7h2P-TdADGA0pSLS5Fo7XCCmKwY6DTnPwEsD9WCWLGy3EfYqTw9y-BD1y8fYDQBN8otdaew.YGaHQAQqOrQqdaXM?continueMode=true&_x_zm_rtaid=213xaJsoSLu7-wlFEebjtQ.1626032179130.ee72f5aea351f691cb5a3e27b1dafc77&_x_zm_rhtaid=731)>. Acesso em: 20 de junho de 2021.

CATAPAN, Márcio Fontana. **Análise antropométrica da cabeça humana para dimensionamento de capacetes balísticos**. Tese Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Curitiba, 2014. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/36867>>. Acesso em: 25 de junho de 2021.

CENTRO DE TECNOLOGIA E INFORMAÇÃO - CTI RENATO ARCHER I **Simpósio Internacional de Tecnologia Assistiva**. Campinas-SP: CNRTA-CTI, 2014.— 90 p. Disponível em: <[https://snct.cti.gov.br/sites/default/files/images/cnrta\\_livro\\_150715\\_digital\\_final\\_segunda\\_versao.pdf#page=39](https://snct.cti.gov.br/sites/default/files/images/cnrta_livro_150715_digital_final_segunda_versao.pdf#page=39)>. Acesso em: 25 de junho de 2021.

DA SILVA, F. P.; DUARTE, L. C.; ROLDO, L., KINDLEIN JR, W. **A Digitalização Tridimensional Móvel e sua aplicação no Design de Produto**. In: Design & Tecnologia – 01 – 2010. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26376/000745087.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 01 de julho de 2021.

DA SILVA, Jorge Vicente Lopes; MAIA, Izaque Alves. Desenvolvimento de dispositivos de tecnologia assistiva utilizando impressão 3D. **CNRTA-CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM TECNOLOGIA ASSISTIVA (Organizador)**, p. 33, 2014. Disponível em: <[https://snct.cti.gov.br/sites/default/files/images/cnrta\\_livro\\_150715\\_digital\\_final\\_segunda\\_versao.pdf#page=39](https://snct.cti.gov.br/sites/default/files/images/cnrta_livro_150715_digital_final_segunda_versao.pdf#page=39)>. Acesso em: 25 de junho de 2021.

DE CARLI, P. C.; DELAMARO, Maurício César. **Implantação da Manufatura Digital numa Empresa: Identificando os Fatores Críticos de Sucesso**. Proceedings of XVII Encontro Nacional da Engenharia de Produção, p. 1-10, 2007. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007\\_tr570438\\_9950.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr570438_9950.pdf)>. Acesso em: 23 de junho de 2021.

DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M.; MÜLLER FILHO, A. **Escaneamento 3D a Laser, Fotogrametria E Modelagem da Informação da Construção para Gestão e Operação de Edificações Históricas**. *Gestão & Tecnologia De Projetos*, 10(2), 113-124. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102710>>. Acesso em: 03 de julho de 2021.

DUARTE, João Paulo Amaral. **Desenvolvimento de uma plataforma de impressora 3D acoplada a um scanner 3D**. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Elétrica Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22505/1/DesenvolvimentoPlataformaImpressora.pdf>>. Acesso em: 25 de junho de 2021.

FEITOSA, Amanda Duarte; SILVA, Antonio Luis Araujo; ALBUQUERQUE, Ramses Moreira de; XAVIER, Amanda da Silva. Manufatura aditiva: Caracterização e comparação com os processos de produção existentes. In: **XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO “A Engenharia de Produção e suas contribuições para o desenvolvimento do Brasil” Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de outubro de 2018**. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_WIC\\_264\\_516\\_35268.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_264_516_35268.pdf)>. Acesso em: 23 de junho de 2021.

FERRARI, Ana Lya Moya et al. **Impressão 3D e Tecnologia Assistiva: um estudo de análise da produção científica nos últimos dez anos.** HFD, Human Factors in Design, v. 8, n. 16, p. 051-063, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.udesc.br/index.php/hfd/article/view/2316796308162019051/10665>>. Acesso em: 25 de junho de 2021.

FERREIRA, F. M. R. M., BORTOLUS, M. V., NOLASCO, Áquila L., MELO, E. R. de, Viotti, M. B., LOPES, R. M., & Van Petten, A. M. V. N. (2015). **Suporte de Leitura: desenvolvimento de um protótipo para auxílio a pessoas com baixa visão – testes preliminares.** *Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo*, 26(2), 288-293. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rto/article/view/79651/101766>>. Acesso em: 24 de junho de 2021.

GRUPO ZEISS. **Quando os óculos ficam muito apertados.** Disponível em: <<https://www.zeiss.com.br/vision-care/melhor-visao/saude-e-prevencao/quando-os-oculos-ficam-muito-apertados-as-melhores-dicas-para-uma-visao-confortavel-e-o-ajuste-perfeito-.html>>. Acesso em: 23 de junho de 2021.

IAKSCH, J. S., VOLPATO, N., BORSATO, M., VAINÉ, A., SHIGUEOKA, M. O. **Planejamento de Processo na Manufatura Aditiva por Extrusão: Uma Análise Bibliométrica e Sistêmica.** Im: 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação 05 a 07 de agosto de 2019, São Carlos, SP, Brasil. Disponível em: <[https://www.academia.edu/download/62191661/Planejamento\\_de\\_processo\\_na\\_Manufatura\\_Aditiva\\_para\\_tecnologias\\_de\\_extrusao\\_de\\_material20200225-36922-1tz4atg.pdf](https://www.academia.edu/download/62191661/Planejamento_de_processo_na_Manufatura_Aditiva_para_tecnologias_de_extrusao_de_material20200225-36922-1tz4atg.pdf)>. Acesso em 22 de junho de 2021.

JUSTINO NETTO, Joaquim Manoel. **Manual de impressão 3d e guia de boas práticas.** EESC. São carlos, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.eesc.usp.br/handle/RIEESC/6133>>. Acesso em: 10 de junho de 2021.

LEAL, Daena Nascimento Barros. **Conceito de Visão Subnormal.** Sociedade Brasileira de Visão Subnormal. On-line, São Paulo, s.d.

LIMA, Faíque Ribeiro; GOMES, Rogério. **Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica.** Rev. Brasileira de Inovação, Campinas (SP), 19, p. 1-30, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8658766>>. Acesso em: 23 de junho de 2021.

LOPES, Ailton et. al. **Impressão 3D: imaginar, planejar e materializar.** Secretaria de Estado da Educação. Paraná. 2018. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/seed\\_lab/caderno\\_impressao\\_3d.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/seed_lab/caderno_impressao_3d.pdf)>. Acesso em: 27 de junho de 2021.

NAKASONE, Fábio Kiei. **Manufatura Aditiva como ferramenta inclusiva no ensino técnico.** CIET: EnPED, 2018. Disponível em: <<https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/57>>. Acesso em: 25 de junho de 2021.

PRODANOV, Cleber; PRODANOV, Ernani Cesar de Freitas **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. – Novo Hamburgo Feevale, 2013.

PINHO, Francisco Victor Alves de. **Utilização da impressão 3D na educação de alunos portadores de deficiência visual**. CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - CONEDU. 2019. Disponível em:<[https://www.editorarealize.com.br/editora/ebooks/conedu/2020/ebook2/TRABALHO\\_EV140\\_MD7\\_SA100\\_ID3824\\_17092020233109.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/ebooks/conedu/2020/ebook2/TRABALHO_EV140_MD7_SA100_ID3824_17092020233109.pdf)>. Acesso em: 25 de junho de 2021.

PIRES, Eduarda dos Santos. **Impressão 3D: recurso para concepção de material didático para educandos com necessidades educativas especiais na visão**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em:<[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24082/1/PG\\_COLIC\\_2019\\_2\\_06.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24082/1/PG_COLIC_2019_2_06.pdf)>. Acesso em: 27 de junho de 2021.

PORTO, Thomás Monteiro Sobrino. **Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3d e da sua aplicação na construção civil**. Projeto de Graduação Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2016. Disponível em:<<http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019793.pdf>>. Acesso em: 25 de junho de 2021.

SCATOLIM, Roberta Lucas et al. **Legislação e tecnologias assistivas: aspectos que asseguram a acessibilidade das pessoas com deficiências**. InFor, v. 2, n. 1, p. 227-248, 2017. Disponível em:< [https:// ojs.ead.unesp.br/index.php/nead/article/view/InFor2120161](https://ojs.ead.unesp.br/index.php/nead/article/view/InFor2120161)>. Acesso em: 10 de julho de 2021.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**/Klaus Schwab; tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo :Edipro, 2016.

SILVA, Patricia Lidiane Carneiro et al. **Aplicação da impressão 3D e reconstrução digital no desenvolvimento de próteses maxilofaciais**. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em:<<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30202/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20PLC%20S.pdf>>. Acesso em: 25 de junho de 2021.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4ª. Edição revisada e atualizada. UFSC, Florianópolis, 2005.

SILVA, B. E. P.; SANTOS, D.D.; BARBOSA. J.B. **Análise comparativa de processos: Manufatura Aditiva X Produção em Massa**. XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO “Os desafios da engenharia de produção para uma gestão inovadora da Logística e Operações” Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019. Disponível em:<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_290\\_1634\\_39070.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_290_1634_39070.pdf)>. Acesso em: 19 de junho de 2021.

SOARES, Juliana Maria Moreira. **Tecnologia Assistiva, Impressão 3D e Indústria 4.0**. 13º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, Univille, Joinville (SC) 05 a 08 de

novembro de 2018 Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Juliana-Soares-6/publication/336957352\\_Tecnologia\\_Assistiva\\_Impressao\\_3D\\_e\\_Industria\\_40/links/5ebb0326458515626ca54f34/Tecnologia-Assistiva-Impressao-3D-e-Industria-40.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Juliana-Soares-6/publication/336957352_Tecnologia_Assistiva_Impressao_3D_e_Industria_40/links/5ebb0326458515626ca54f34/Tecnologia-Assistiva-Impressao-3D-e-Industria-40.pdf)>. Acesso em: 24 de junho de 2021.

**Sociedade Brasileira de Visão Subnormal.** Disponível em: <<http://www.visaosubnormal.org.br/oquee.php>>. Acesso em: 20 de junho de 2021.

SOLARIST PROJECTS. **François Willème's Photosculpture Apparatus Reconstructed at WSA.** 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/9ePwbG>>. Acesso em: 27 de junho de 2021.

SONZA, Andréa Poletto; SALTON, Bruna Poletto; CARNIEL, Everaldo. **Tecnologia assistiva como agenda de inclusão de pessoas com deficiência visual.** Benjamin Constant, Rio de Janeiro, ano 22, edição especial, p. 21-39, 2016. Disponível em: <[http://www.ibc.gov.br/images/conteudo/revistas/benjamin\\_constant/2016/edicao-especial-05-novembro/bc-ed-especial2016.pdf](http://www.ibc.gov.br/images/conteudo/revistas/benjamin_constant/2016/edicao-especial-05-novembro/bc-ed-especial2016.pdf)>. Acesso em: 27 de junho de 2021.

URBANO, Gabriel. Extrusão de Polímeros e Manufatura Aditiva. EESC-USP. s.d., on-line. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=jp2gYgzNHD8->>. Acesso em: 12 de julho de 2021.

TAKAGAKI, Luiz Koiti. **Tecnologia de Impressão 3D.** In: Revista Inovação Tecnológica, São Paulo, v.2, n.2, p.2840, jul./dez.2012. Disponível em: <<https://doczz.com.br/doc/26444/capitulo-3.-tecnologia-de->>. Acesso em: 12 de julho de 2021.

VOLPATO, Neri (org.). **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D.** 1ª edição digital. Editora Edgard Blücher Ltda. 2018.

ZAPAROLLI, Domingos. **O avanço da impressão 3D.** Engenharia, Pesquisa Fapesp, Edição 276 fev. 2019. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/o-avanco-da-impressao-3d/>>. Acesso em: 25 de junho de 2021.

WASEEM, Kainat. KAZMI, Hasnain Alam. QURESHI, Ovais Hussain. Innovation in Education - Inclusion of 3D-Printing Technology in Modern Education System of Pakistan: Case from Pakistani Educational Institutes. **Journal of Education and Practice.** Vol. 8, n. 1, 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/vSkRje>>. Acesso em: 27 de junho de 2021.