



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Experimentação Tridimensional



LARISSA FERRARO GRYBOGI
MAYARA RIBEIRO CASTANHEIRA DE ALMEIDA

ANÁLISE DE PROJETOS JOIAS ATRAVÉS DA IMPRESSÃO 3D

CURITIBA
2022

LARISSA FERRARO GRYBOGI
MAYARA RIBEIRO CASTANHEIRA DE ALMEIDA

ANÁLISE DE PROJETOS JOIAS ATRAVÉS DA IMPRESSÃO 3D

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Experimentação Tridimensional. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Exatas, Departamento de Expressão Gráfica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan

CURITIBA

2022

RESUMO

A manufatura aditiva tem transformado os processos de fabricação e produção, sendo muito utilizado no ramo da indústria, medicina, odontologia, arquitetura e em desenvolvimento de produtos para quem deseja empreender. Esse processo tem como objetivo transformar um arquivo digital 3D em objeto real, sendo possível, em um mesmo equipamento imprimir uma peça mecânica de alta resistência, uma prótese médica ou até mesmo uma peça decorativa, depende da matéria prima utilizada e seus parâmetros de impressão. A pesquisa aqui apresentada, tem como objetivo, explorar o uso de impressoras 3D no ramo de joalheria, com o objetivo de tornar-se uma aliada ao joalheiro, fazendo com que a produção seja mais rápida comparado com o método tradicional, mantendo a técnica da cera perdida mais eficiente, garantindo um produto padrão e possibilitando a produção em larga escala. Isso é devido que a impressora 3D tem a capacidade de imprimir várias jóias em poucos minutos, trabalho que uma pessoa manualmente demoraria horas. Desta maneira, foi realizado testes para identificar a impressão de um anel, o qual foi desenvolvido e modelado em 3D, posteriormente foi impresso em três diferentes tipos de tecnologias de impressoras 3D, como DLP, SLA e LCD. Em seguida as amostras de testes foram escaneadas e comparadas com o arquivo original onde, como resultados, apresentaram alta qualidade e ótima precisão, sendo possível seguir com o fluxo de trabalho para obter a joia final.

Palavras-chave: Joias; Impressão 3D; Tipos de Impressoras; Precisão; Joalheria.

ABSTRACT

Additive manufacturing has transformed manufacturing and production processes, being widely used in the field of industry, medicine, dentistry, architecture and in product development for those who want to undertake. This process aims to transform a 3D digital file into a real object, being possible, in the same equipment, to print a high resistance mechanical part, a medical prosthesis or even a decorative piece, depending on the raw material used and its printing parameters. The research presented here aims to explore the use of 3D printers in the jewelry business, with the objective of becoming an ally to the jeweler, making production faster compared to the traditional method, maintaining the technique of more efficient lost wax, ensuring a standard product and enabling large-scale production. This is because the 3D printer has the ability to print multiple gems in a few minutes, work that a person manually would take hours. In this way, tests were carried out to identify the impression of a ring, which was developed and modeled in 3D, later was printed in three different types of 3D printer technologies, such as DLP, SLA and LCD. Then the test samples were scanned and compared with the original file where, as results, they showed high quality and great precision, being possible to proceed with the workflow to obtain the final jewel.

Keywords: Jewel 1. 3D Printer 2. Types of Printers Techniques 3. Precision 4. Jeweler 5.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA1 – COMPONENTES IMPRESSORA DLP.....	11
FIGURA 2 – COMPONENTES IMPRESSORA SLA.....	12
FIGURA 3 – TECNOLOGIAS DE IMPRESSÃO 3D.....	13
FIGURA 4 - MODELAGEM RHINOCEROS.....	14
FIGURA 5 – ARQUIVO STL.....	15
FIGURA6 – SOFTWARE PREFORM.....	16
FIGURA 7 – PROCESSO CERA PERDIDA.....	19
FIGURA 8 – ARQUIVO MODELADO ANEL.....	22
FIGURA 9 – STL X DLP CORTE PEDRARIA LATERAL.....	23
FIGURA 10 – STL X DLP CORTE PEDRARIA CENTAL.....	24
FIGURA 11 – STL X DLP CORTE DIAMETRO.....	24
FIGURA 12 – STL X SLA CORTE PEDRARIA LATERAL.....	25
FIGURA 13 – STL X SLA CORTE PEDRARIA CENTAL	26
FIGURA 14 – STL X SLA CORTE DIAMETRO.....	26
FIGURA 15 – STL X LCD CORTE PEDRARIA LATERAL.....	27
FIGURA 16 – STL X LCD CORTE PEDRARIA CENTAL.....	28
FIGURA 17 – STL X SLA CORTE DIAMETRO.....	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPARAÇÃO DE PRECISÃO IMPRESSÃO.....	30
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	8
1.3 JUSTIFICATIVA.....	8
1.4 HIPÓTESE.....	9
1.5 OBJETIVO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 MANUFATURA ADITIVA NA LITERATURA.....	10
2.2 ADORNOS CORPORAIS NA LITERATURA	16
3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	21
3.1 MODELAGEM.....	21
3.2 COMPARAÇÕES.....	22
3.2.1 COMPARAÇÃO ENTRE STL ORIGINAL E DLP	22
3.2.2 COMPARAÇÃO ENTRE STL ORIGINAL E SLA.....	25
3.2.3 COMPARAÇÃO ENTRE STL ORIGINAL E LCD	27
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Nos últimos anos a manufatura aditiva vem sendo conhecida pelas impressões em terceira dimensão (3D) e vem ganhando cada vez mais espaço em vários setores produtivos, trazendo algumas facilidades comparada a manufatura tradicional. Segundo Mourão, Miranda e Tavares (2019) no artigo Impacto da Manufatura Aditiva nos Processos Tradicionais de Produção a impressão 3D é uma realidade onde as empresas buscam entregar produtos em menor tempo, com menores custos, primando pela confiabilidade e eficiência tendo a tecnologia trazendo novas formas de produzir e benefícios para os produtores e consumidores.

Na fabricação de joias as joalherias conseguem aplicar a impressão 3D de forma consistente e regular em parte de seu processo de fabricação trazendo peças mais complexas com facilidade, prezando em acabamentos e detalhes, desse modo joalherias de pequeno e grande escalas de fabricação podem utilizar esta tecnologia, em conjunto com um *software computer-aided design* (CAD) responsável pelo design da peça, um *software* de impressão e a impressora no processo de cera perdida na fabricação da joia, a impressão 3D é responsável pelo molde da peça a ser criada.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O consumo das joias mudou no século XX, para a comparar o crescimento das vendas as joias deixaram de ser feitas artesanalmente e passam a serem feitas em larga escala, assim, o profissional tem investido em novas técnicas e tecnologia para aumentar a produtividade e manter a produção padronizada. Com tantas tecnologias no mercado atualmente, tem dificuldade de descobrir a melhor tecnologia para melhor fabricação das peças.

1.3. JUSTIFICATIVA

Ao pensar idealizar uma peça na joalheria mais rápida e com formas geométricas mais complexas é importante pensar na técnica de produção. Neste trabalho temos a intenção de comparar tecnologias da impressão 3D, sendo elas *Tecnologia Digital Light Processing (DLP)*, *STereoLithograph (SLA)* e *Tecnologia Liquid Crystal Display (LCD)*. Assim, descobrir qual tecnologia de impressão é melhor para utilização da técnica de cera perdida na joalheria.

1.4. HIPÓTESE

Para aperfeiçoar a indústria joalheira iremos usar a impressão 3D e descobrir qual a melhor tecnologia de impressão para joias na utilização da técnica cera perdida, tendo uma joia mais fiel ao modelo desenhado no *software*.

1.5. OBJETIVO

No presente trabalho tem-se a proposta de desenvolver um método de análise de projetos de joias, comparando e avaliando as peças de impressão 3D com o modelo digital proposto.

Para isso iremos desenvolver e modelar uma joia, para realizar o processo de fabricação para análise dimensional dos protótipos feitos por impressão 3D, com utilização de escaneamento comparando com cada tecnologia proposta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. MANUFATURA ADITIVA NA LITERATURA

A manufatura aditiva é um processo que vem conquistando novas aplicações diariamente, ela tem sido aliada por conseguir produzir quase todo tipo de geometria, além de auxiliar na redução de custos e diminuição das etapas, conseqüentemente reduzindo o tempo de produção, permitindo também uma fácil personalização.

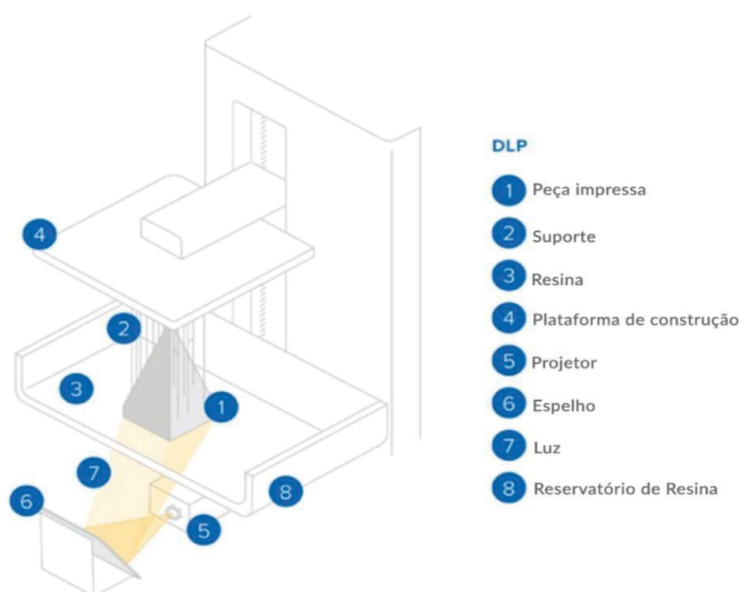
As impressoras 3D auxiliam no processo de escalabilidade, elas foram desenvolvidas na década de 80, sendo um equipamento que possui a capacidade de transformar um objeto virtual em real; Em uma realidade onde as empresas buscam entregar produtos em menor tempo, com menores custos, primando pela confiabilidade e eficiência para se manterem competitivos no mercado, enxergamos as tecnologias, cada vez mais, auxiliando e criando novas formas de produzir que trazem grandes benefícios tanto para os consumidores quanto para os produtores. (MOURÃO, MIRANDA, e TAVARES, 2019, p 223).

Existem diversos tipos de tecnologias de impressão 3D, o que difere entre elas é o método de impressão, resolução, precisão, velocidade e materiais impressos. Nesta pesquisa iremos analisar três tipos diferentes de impressão sendo a primeira Envisiontec Perfactory VIDA - Tecnologia Digital Light Processing (DLP), nesta tecnologia o processo de impressão começa quando a plataforma de construção desce para um tanque de resina, deixando espaço igual à altura da camada entre a plataforma de construção e a parte inferior do tanque.

As impressoras 3D DLP utilizam uma tela de projeção digital para exibir uma imagem de cada camada em toda a plataforma de uma única vez. Como o projetor é uma tela digital, a imagem de cada camada é composta de pixels quadrados, resultando em uma camada formada a partir de pequenos blocos retangulares chamados voxels. O contato entre a resina e a luz UV do projetor digital é conhecido como a cura da camada. Essa camada servirá como base da próxima a ser curada e conectada assim por diante. Na figura 1 é possível identificar todos os componentes de uma impressora DLP, A imagem a ser impressa, é projetada através do projetor (item 5), refletida no espelho (item 6) e na sequencia projetada no fundo do tanque, possível verificar essa projeção na

imagem abaixo através do item 7; Durante todo o tempo de impressão, a peça ficará grudada na plataforma (item 4), para que a peça tenha apoio e seja impressa com sucesso em alguns casos é necessário suporte (item 2), imagine imprimir o Cristo Redentor, como os braços não ficam apoiados na plataforma seria obrigatório o uso de suporte nesse caso. Algumas impressoras possuem reservatório de resina e dispensa resina de forma automática, nesse caso, está sendo representado pelo item 8.

FIGURA1 – COMPONENTES IMPRESSORA DLP

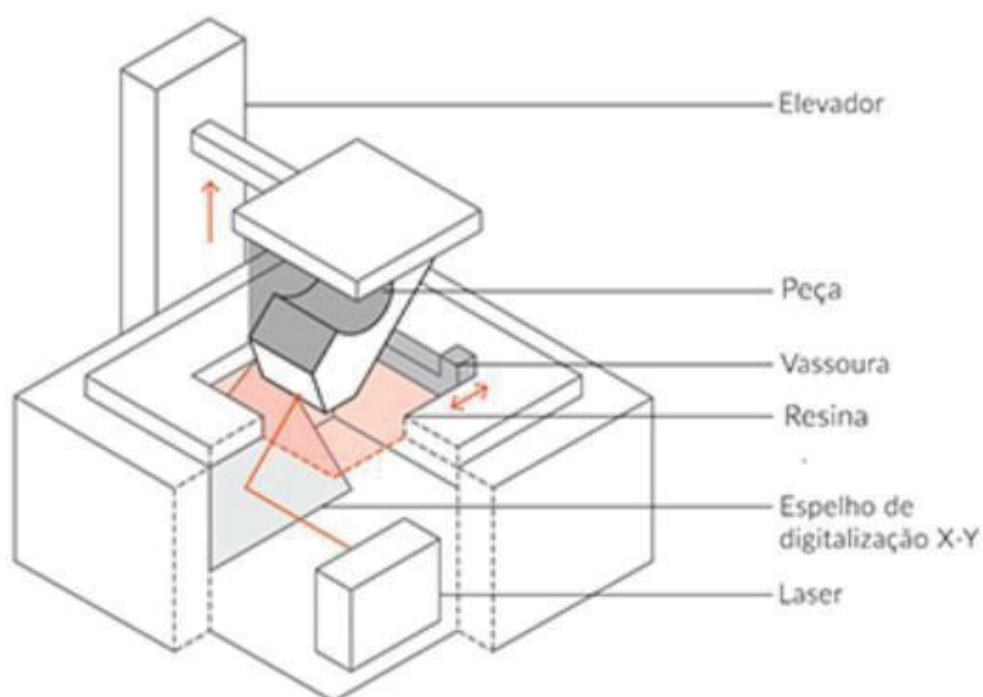


FONTE: 3dlab (2021).

A segunda impressora Formlabs 2, possui tecnologia *StereoLithograph* (SLA), onde a plataforma de construção desce até o tanque de resina a uma distância da altura da camada de impressão. Em seguida, um laser UV cria a próxima camada, curando e solidificando seletivamente a resina fotopolimérica. O feixe de laser é focado no caminho predeterminado usando um conjunto de espelhos, chamados galvos ou espelho de digitalização. Neste caso, o laser passa por todo o projeto da peça como se estivesse desenhando para criar a camada, devido a esse processo o tempo de impressão pode ser um pouco mais demorado comparado com outras técnicas. Na figura 2 é possível identificar todos os componentes da tecnologia SLA. Toda a área de seção transversal do modelo é digitalizada, para que a peça produzida seja totalmente sólida;

Quando uma camada é finalizada a plataforma se move a uma distância segura e a lâmina da varredora reveste a superfície. O processo então se repete até que a peça esteja concluída.

FIGURA 2 – COMPONENTES IMPRESSORA SLA



FONTE:3dlab (2021).

Tendo a terceira impressora a Anycubic Mono SE - Tecnologia Liquid Crystal Display (LCD), a tecnologia de impressão 3D LCD utiliza uma fonte de luz UV proveniente de uma série de LEDs, que são emitidos a partir de um *display* LCD. Assim, a tela atua como uma máscara revelando apenas os pixels necessários para a camada atual, formando todo a cada de uma só vez.

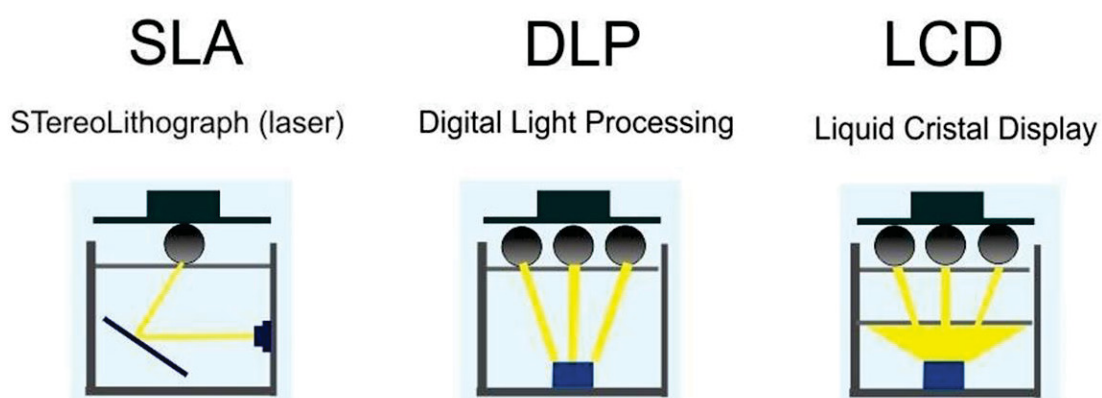
O processo de impressão começa quando a plataforma de construção entra em contato com o tanque de resina. Deixando espaço igual à altura da camada entre a plataforma de construção ou a última camada concluída, e a parte inferior do tanque.

O contato entre a resina e a luz de LED do *display* LCD é o que constrói as camadas de uma única vez, realizando o que conhecemos como cura da camada. Essa camada servirá como base da próxima a ser curada e conectada assim por diante.

Na figura 3 é possível comparar os três métodos de projeção da imagem a ser impressão, verifique que apenas a tecnologia SLA projeta a imagem por etapa, já a DLP

e LCD projeta a imagem de uma única vez, após a projeção da imagem desta camada, também chamada de layers, as três técnicas têm em comum o processo de subir a plataforma e descer para formar uma nova camada. Esse processo se repete por inúmeras vezes, até a conclusão da imagem final.

FIGURA 3 – TECNOLOGIAS DE IMPRESSÃO 3D



FONTE: AUTOR (2022).

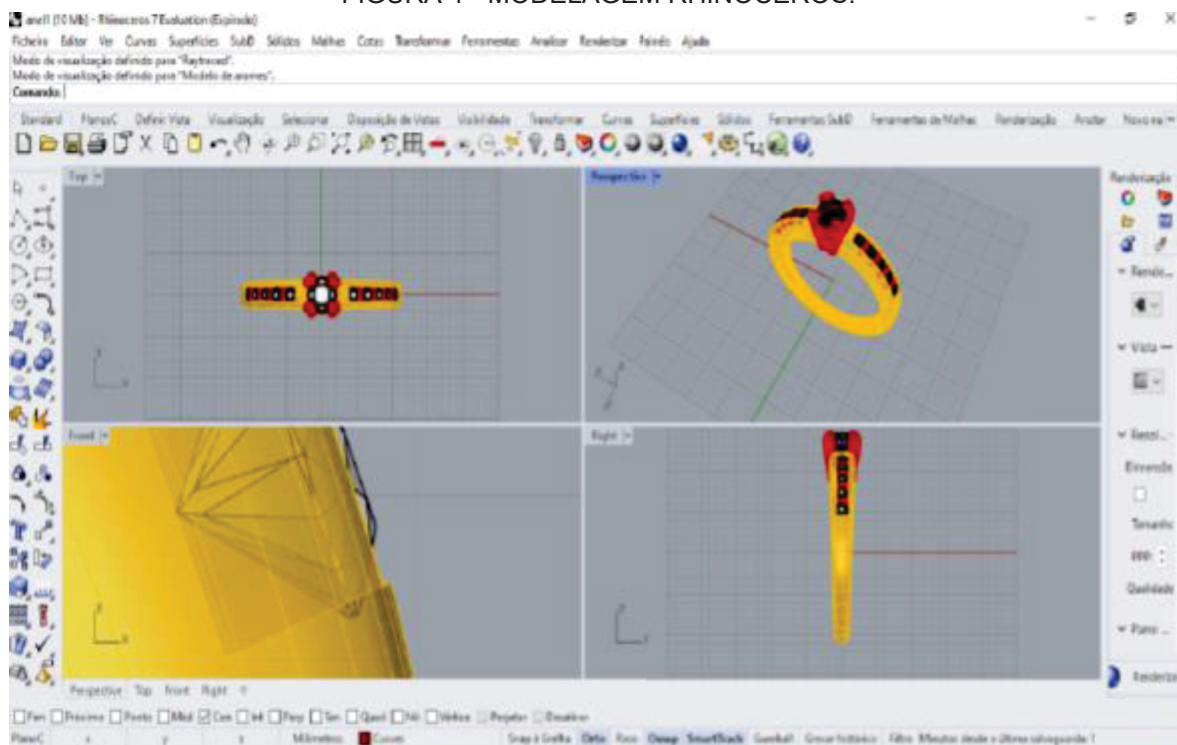
A impressão 3D possui seis etapas a serem seguidas, esses processos são realizados independentemente do tipo de tecnologia utilizada:

1) Modelo 3D

O modelo 3D poderá ser gerado de diversas formas, neste estudo vamos as 3 mais comuns: através de softwares CAD (*Computer Aided Desing*), escaneamentos de objetos e através de sites que possuem uma biblioteca online de arquivos;

Na figura 4 é possível verificar a imagem do software Rhinoceros, utilizado para desenvolver o arquivo presente neste estudo.

FIGURA 4 - MODELAGEM RHINOCEROS.

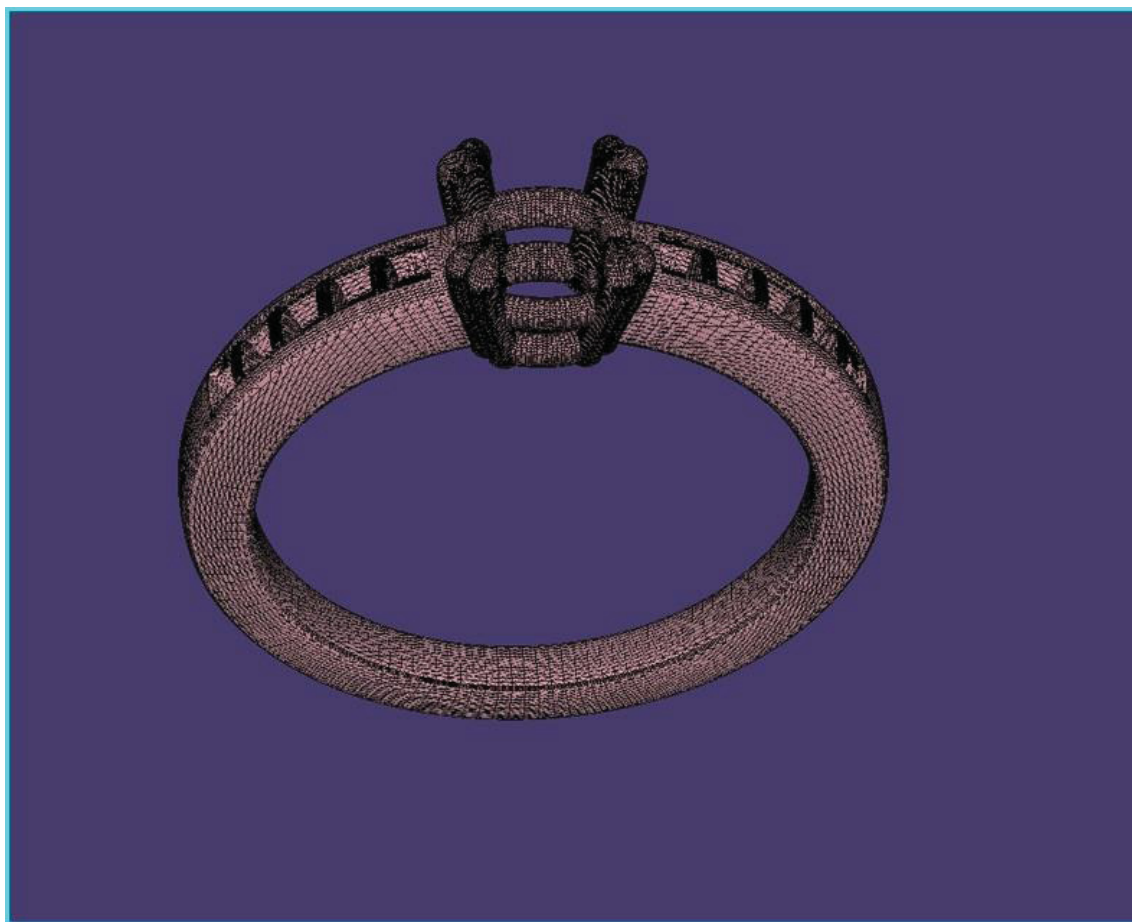


FONTE: AUTOR (2022).

2) Arquivo STL

Nesta etapa é necessário converter o arquivo em formato STL (*Standard Triangle Language*), neste formato o arquivo passa a ter uma série de triângulos vinculados para então criar a geometria do objeto, verificar figura 5. Quanto maior o número de triângulos, maior será o tamanho do arquivo e mais detalhado será o objeto.

FIGURA 5 – ARQUIVO STL

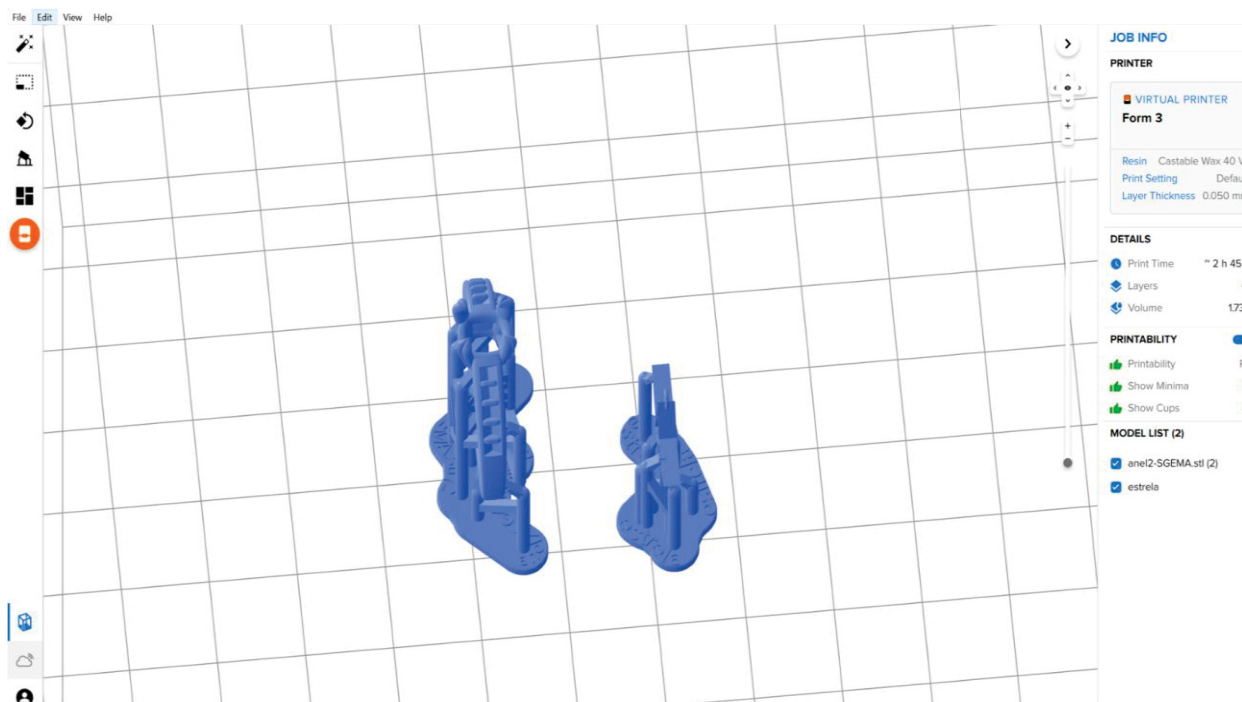


FONTE: AUTOR (2022).

3) Software de Impressão

Alguns fabricantes de impressoras 3D possuem *softwares* exclusivos e também há *softwares* abertos que são compatíveis com diversos tipos de impressoras 3D. O objetivo desta etapa é importar o arquivo STL, posicionar o objeto na plataforma 3D (mesa de impressão), criar suportes (em alguns casos precisamos do suporte que servirão como apoio para que a peça fique fixa na plataforma durante a impressão e evitando distorção), ajustar os parâmetros de impressão e escolher o tipo de material que será impresso. Na figura 6 é possível verificar o software desenvolvido pela fabricante de impressoras 3D Formlabs, chamado *preform*, este *software* é exclusivo para impressoras desta marca.

FIGURA 6 – SOFTWARE PREFORM



FONTE: AUTOR (2022).

4) Impressão do Objeto

Essa é a etapa onde a impressora 3D irá criar o objeto de acordo com as informações inseridas na etapa 3. A impressão é realizada através de layers (camadas ou fatias) que foram configuradas na etapa anterior, quanto maior a quantidade de layers maior serão os detalhes das peças e consequentemente será elevado o tempo de impressão.

5) Pós Impressão

Após a impressão é necessário dar um acabamento na peça, nesta etapa são retirados os suportes que seguram o objeto, realizado a limpeza do objeto (a limpeza depende do material a ser impresso - Em alguns casos é necessário que a limpeza seja realizada com Álcool (Isopropílico) e cura do material (realizada através da incidência de luz).

6) Análise das Peças

Avaliação final da peça produzida de acordo com sua aplicação.

2.2. ADORNOS CORPORAIS NA LITERATURA

Adornos corporais foram registrados em várias fases e povos durante a história da humanidade, um exemplo a registros que na antiga Mesopotâmia por volta de 3000 e 2500 a.C segundo Marques (2013) peças eram feitas para homens, pendentes, peitorais e braceletes, e pra mulheres era feitas anéis, brincos, diademas e adornos de cabeças peças inteiramente em ouro ou em prata.

A história da joalheria acompanha a história da arte, segundo Marques (2013)

Por volta do século XIII, a joalheria europeia serviu de forte influência para todo o mundo. Durante sua trajetória pode-se destacar três grandes estilos: o Gótico, com formas leves e angulares e o surgimento da lapidação, o que estimulou o uso de gemas; o Renascentista, que passou a valorizar as formas humanas representando a mitologia, cenas bíblicas e as histórias da antiguidade ; e o Barroco, o qual representou a essência da Contra Reforma da Igreja Católica, tendo como inspiração animais de pequeno porte como insetos coloridos e brilhantes, tornando-se “mais um símbolo de status devido à grande quantidade de gemas na mesma peça em detrimento do design, que perde sua expressão artística”

Após a segunda guerra mundial, a uma mudança no consumo das joias que além de para o uso de adornos e passa a se tornar um consumo de investimento, pela grande valorização das gemas e pelas peças de design que seguem a tendência de grifes de luxo, segundo Marques, ao mesmo tempo a indústria japonesa começa fazer joias em larga escala, investindo em tecnologia, pois antes joias eram confeccionadas de maneira artesanal. Segundo MOURÃO et al, com o aumento de competitividade no mercado e capacidade tecnológica, a capacidade produtiva também aumenta, assim as formas de produzir vem evoluindo a cada dia.

O processo produtivo das joias não é padronizado no setor, cada produção tem uma maneira de objetivo, realização e produção desejada. Na fabricação das joias há três processos produtivos mais empregados na produção joalheira: o de fundição por cera

perdida, laminação/estamparia e trefilação/corretaria (Domingues et. al. 2019). Porém podem classificar processos definidos na indústria que são artesanais, semiautomáticas e automáticas. O foco do trabalho é nos processos semiautomáticos e automáticos, nestes processos são utilizados maquinários. O a classificação artesanal toda joia passa por um processo artesanal, porém a joias que são confeccionadas por um único ourives, um tipo de joia exclusiva. O processo semiautomático implica em a utilização de máquinas com necessidade de um operador para realizar as funções como Domingues et al (2019) exemplifica derreter o ouro em uma fundidora e injetá-lo no cilindro que contém os modelos das joias em gesso, é necessário que o operador dê o comando para a máquina. Já a classificação do processo automático o processo é todo automatizado com máquinas que necessitam apenas do programador. Estas classificações não são absolutas em todo processo de uma joia, a joias pode passar pelo os três processos.

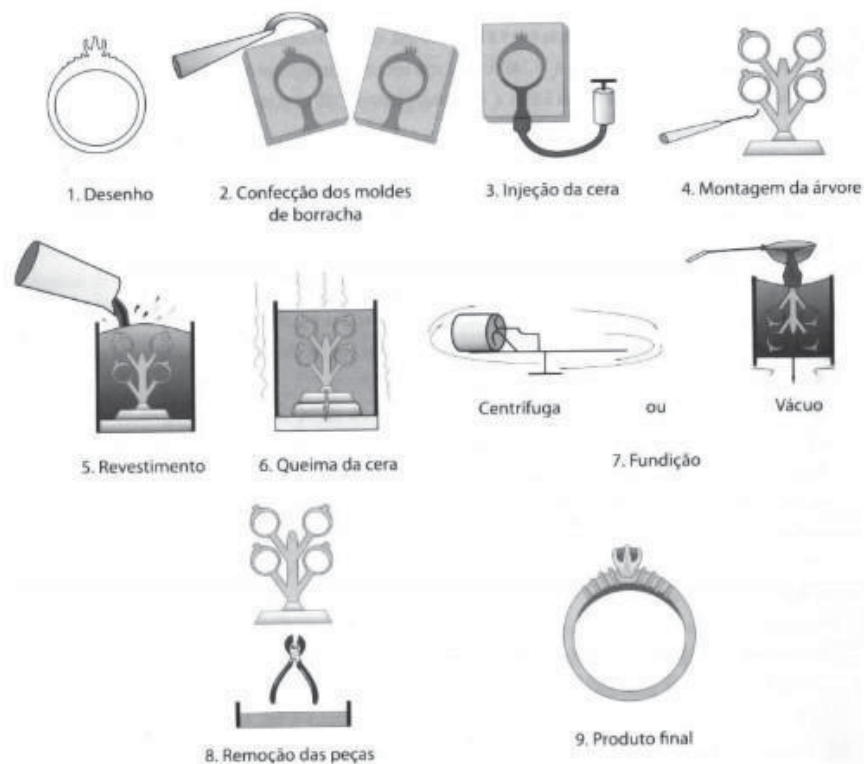
A técnica mais utilizada na indústria é a cera perdida por ser em larga escala, além de ser uma das técnicas mais antigas e utilizadas. Como vemos as etapas na figura 7:

- 1.Criação/ desenho da peça. Desenho realizado a mão com técnica de desenho de joias.
2. Cria-se um molde de borracha da peça. É utilizado um protótipo da peça ou uma peça já finalizada para a criação do molde de borracha.
- 3.Injeção da cera no molde de borracha;
4. Montagem da árvore com a peça em cera; a árvore é uma composição de peças iguais ou diferentes para o melhor aproveitamento do processo.
5. Revestimento da árvore de cera;
6. Queima da cera, resultando em um molde negativo da forma das peças;
7. Fundição do metal precioso no molde negativo;

8. Remoção das peças da árvore;

9. Acabamento e colocação das gemas; esta é a fase final onde a joia sai pronta para o consumidor final.

FIGURA 7 – PROCESSO CERA PERDIDA



FONTE: DOMINGUES ET AL (2019)

Para utilização da técnica de cera perdida em um processo artesanal de uma peça, esta peça é criada em cera e realizando o molde negativo sem a produção da árvore, e todo resto do processo sendo igual.

Ao analisar o processo de criação das joias a parte de modelagem é muito importante pois define o processo todo da criação, segundo Mourão (2019) a etapa da modelagem é de fundamental importância visto que todo o processo reflete o que é feito no molde. Nessa etapa as técnicas artesanais são essenciais, e dependem diretamente do ourives seu conhecimento e sua experiência aplicando-as. Os últimos avanços na indústria da joalheria são na parte de modelagem e na construção do molde do modelo.

O trabalho manual na construção do modelo da jóia é substituído pela prototipagem, especificamente pela impressão 3D. Assim com a impressão 3D pode ser utilizada na impressão dos moldes em borracha e até mesmo na árvore de fundição, com

esta tecnologia as peças são mais detalhadas e os modelos passam a ser mais uniformes, gerando uma melhor qualidade na peça. Mourão et al (2019) ressalta que a impressão 3D reproduz exatamente aquilo que está no design e o dispêndio de material é menor com o uso dessa tecnologia.

3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Temos o objetivo neste trabalho de demonstrar que a impressão 3D pode ser uma tecnologia para a produção de joias.

Portanto, iremos realizar:

- 1) Modelagem de um anel;
- 2) Arquivo em STL do item modelado;
- 3) Software de fatiamento;
- 4) Impressão 3D física;
- 5) Pós Impressão (limpeza);
- 6) Análise e comparação com o arquivo original.

Na quarta etapa será utilizado três tecnologias de impressão 3D, sendo elas: Tecnologia *Digital Light Processing* (DLP), *STereoLithograph* (SLA) e *Liquid Crystal Display* (LCD).

3.1 MODELAGEM

Primeiro passo para fazer a análise para a comparação das impressões é a modelagem da peça, modelamos um anel com 11 gramas, 26.43 x 23.63 mm, no padrão utilizado no Brasil o tamanho seria um anel 18, observando figura 8 o anel tem espaço para 11 gemas.

O anel foi modelado no software *Rhinoceros*, em parte no plugin *Panther*, figura 4. O *Panther* tem as gemas já modeladas em lapidações padrão, assim a visualização final é facilitada e ao finalizar a modelagem já temos o render da peça com exatidão, visualizar a figura 8.

Após a modelagem a peça passou por um *software* de impressão para gerar o arquivo em *Standart Triangle Language* (STL), exclusivo de cada impressora.

Escolhemos as seguintes impressoras para realizar a impressão a *Envisiontec Perfactory VIDA* - Tecnologia *Digital Light Processing* (DLP), *Formlabs 2* - Tecnologia

STereoLithograph (SLA) e *Anycubic Mono SE* -Tecnologia *Liquid Crystal Display (LCD)*, para posterior comparação.

FIGURA 8 – ARQUIVO MODELADO ANEL



FONTE: AUTOR (2022).

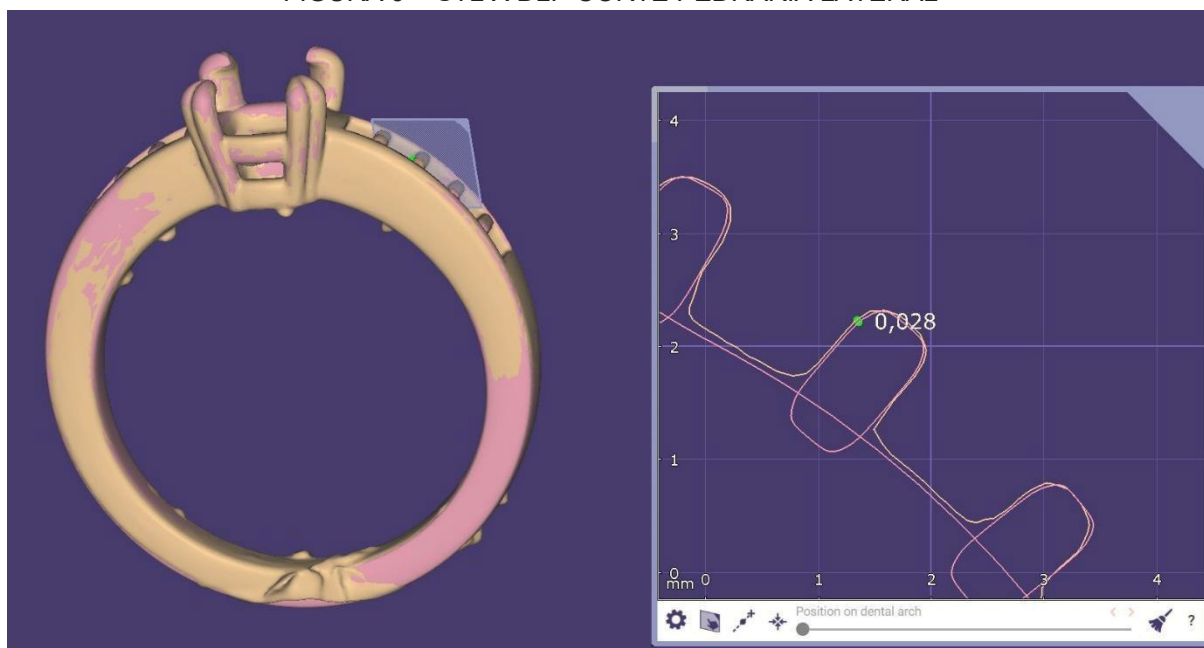
3.2 COMPARAÇÕES

As peças foram preparadas para comparação, após a modelagem, passaram por um software de fatiamento para serem impressas em três diferentes tipos de impressoras, após as impressão e limpeza das peças, elas foram digitalizadas para comparação, sendo o objeto da cor rosa o STL obtido pelo software *Rhinoceros* e a outra cor é o arquivo impresso onde foi escaneado através de um escâner com precisão de 4 microns; Todos os objetos foram escaneados no mesmo dia, para não ocorrer alterações com relação a calibração do escâner.

3.2.1 COMPARAÇÃO ENTRE STL ORIGINAL E DLP

A primeira peça analisada é a impressão por DLP, na figura 9 temos a sobreposição da peça modelada em rosa e a peça impressa em bege, foi realizado um corte virtual para analisar as diferenças das malhas importadas. Este corte foi realizado nas regiões de pedrarias laterais e identificamos uma diferença de 0,02mm a mais na peça impressa comparado com a original modelada.

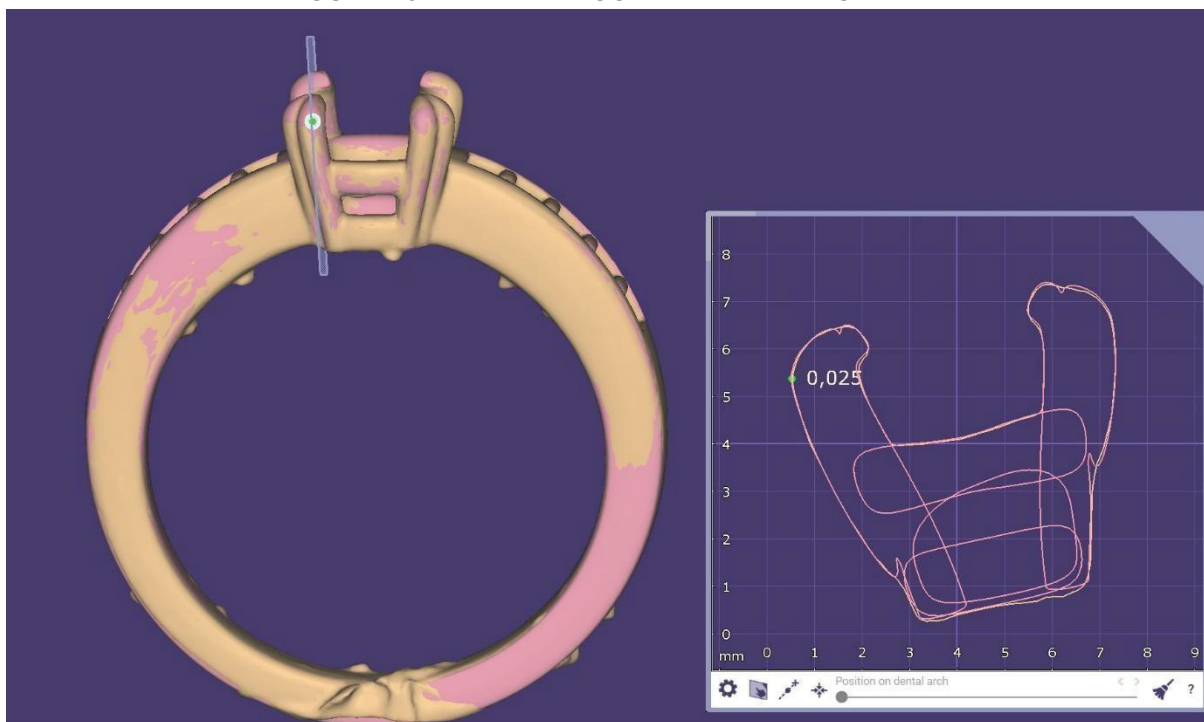
FIGURA 9 – STL X DLP CORTE PEDRARIA LATERAL



FONTE: AUTOR (2022)

Na sequência temos a figura 10, com as comparações da pedraria central da peça, com uma diferença de 0,02mm

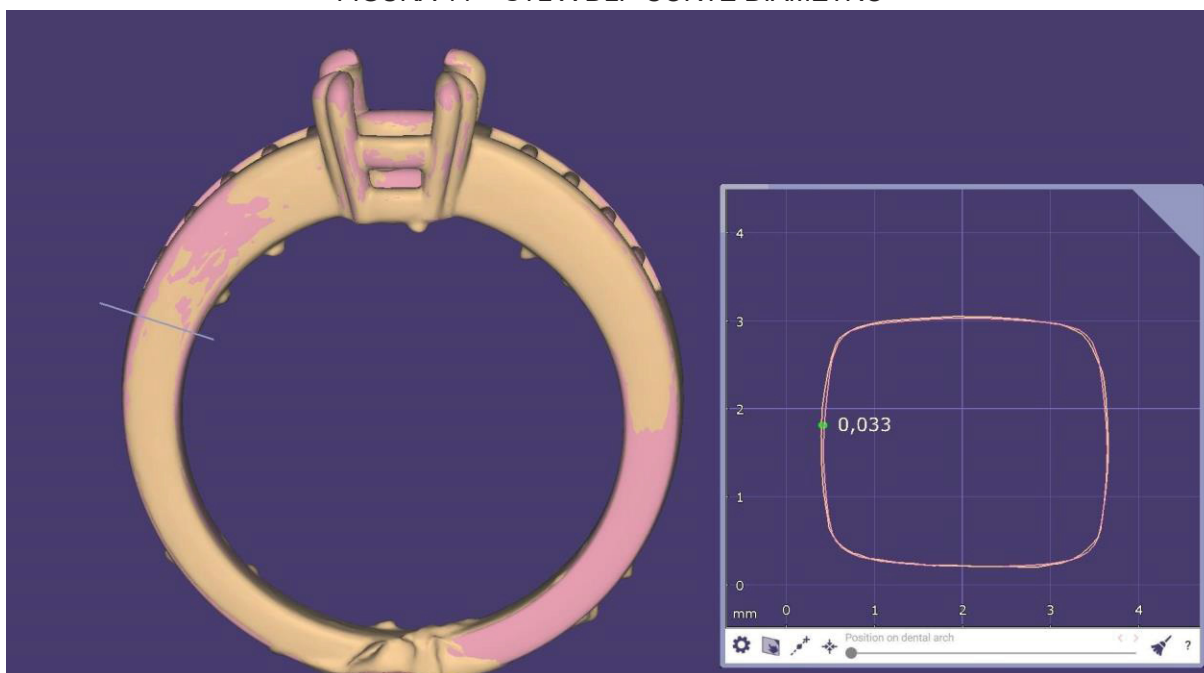
FIGURA 10 – STL X DLP CORTE PEDRARIA CENTAL



FONTE: AUTOR (2022)

Seguido pela figura 11 comparando o diâmetro do anel, neste encontramos uma diferença de 0,033mm.

FIGURA 11 – STL X DLP CORTE DIAMETRO

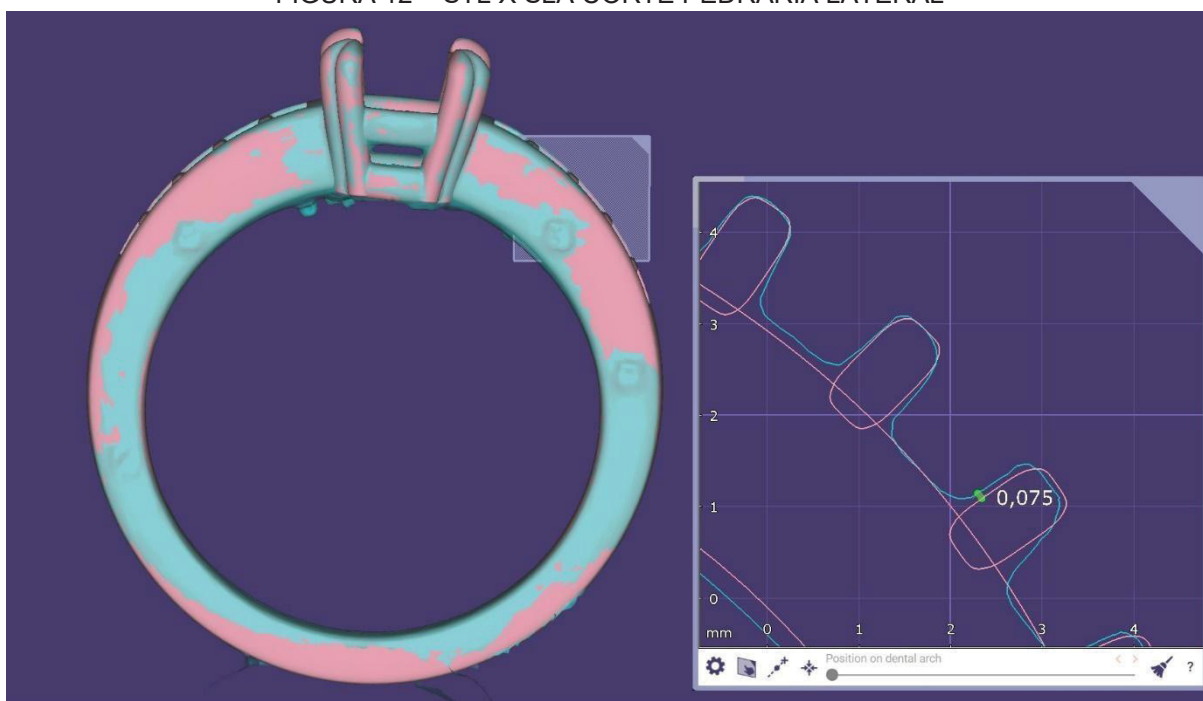


FONTE: AUTOR (2022)

3.2.2 COMPARAÇÃO ENTRE STL ORIGINAL X SLA

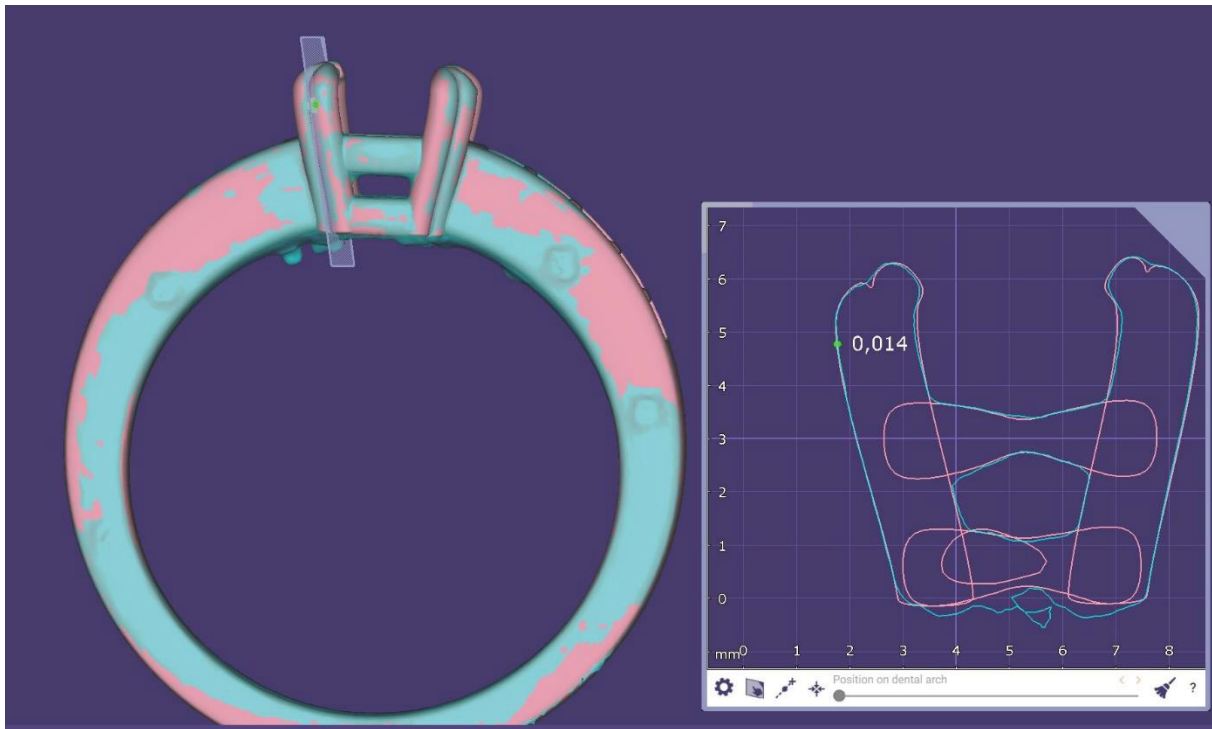
Ao fazermos as comparações com o modelo original STL e com o objeto impresso na tecnologia *STereoLithograph* (SLA), na figura 13 foi realizado um corte da pedraria lateral, onde obtivemos uma diferença de 0,075mm a mais na peça do modelo impresso. Já nas figuras 14 e 15 aconteceu uma diferença de sobreposição, sendo a diferença da figura 14 foi de 0,014mm e na figura 15 foi de 0,033mm.

FIGURA 12 – STL X SLA CORTE PEDRARIA LATERAL



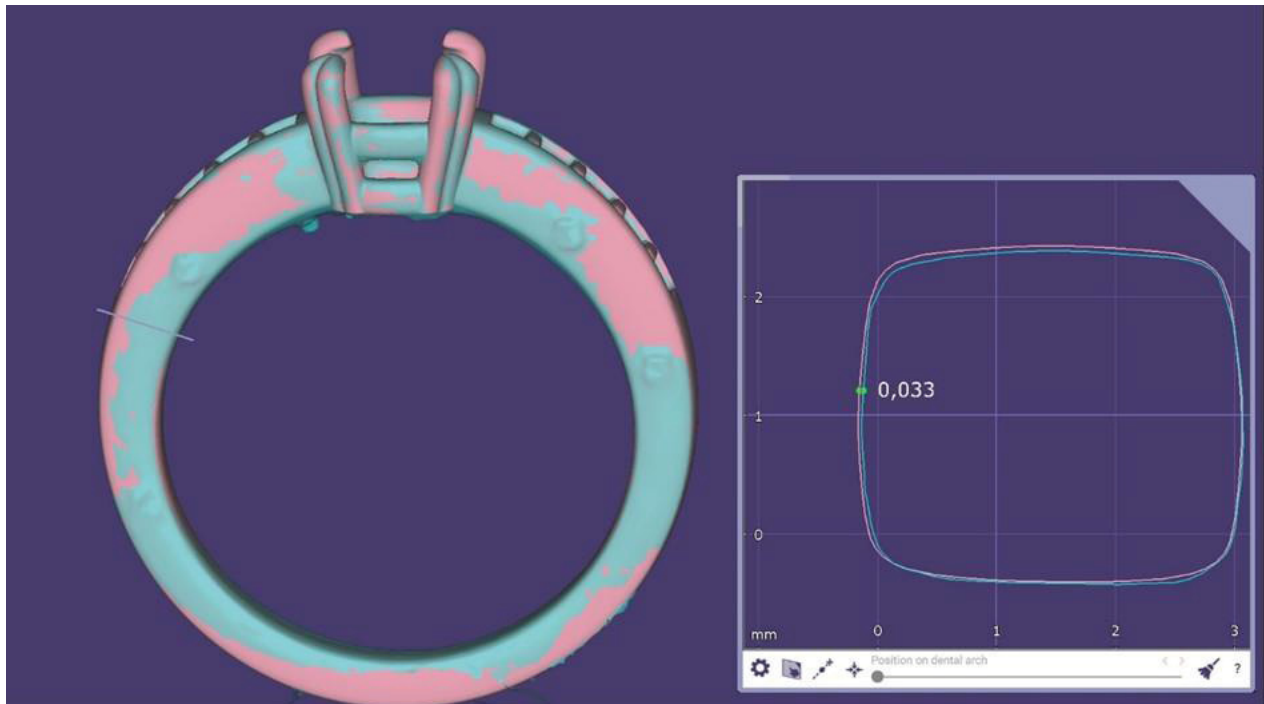
FONTE: AUTOR (2022)

FIGURA 13 – STL X SLA CORTE PEDRARIA CENTAL



FONTE: AUTOR (2022)

FIGURA 14 – STL X SLA CORTE DIAMETRO



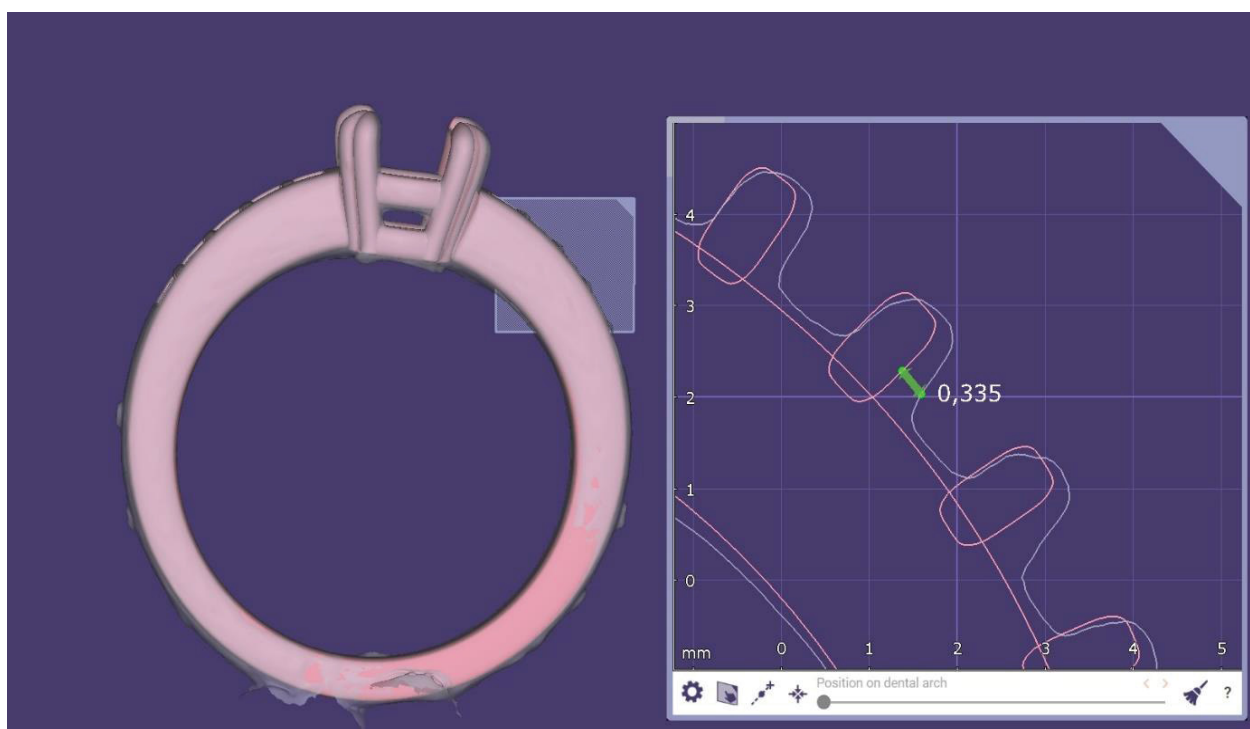
FONTE: AUTOR (2022)

3.2.3 COMPARAÇÃO ENTRE STL ORIGINAL X LCD

Realizado a comparação do arquivo original em STL e o arquivo impresso na tecnologia LCD. Nas regiões de pedrarias laterais encontramos uma diferença de 0,335mm a mais na peça impressa comparado com a original, conforme mostra na figura 16.

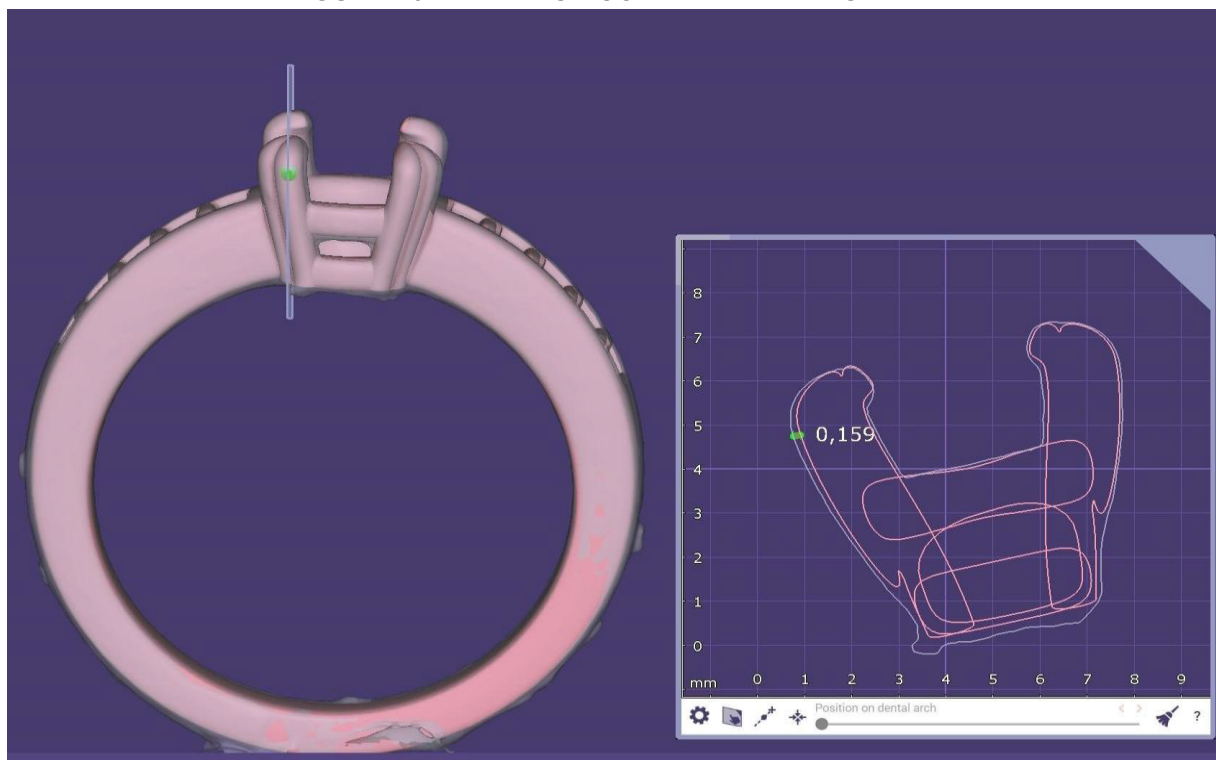
Na figura 17 é possível identificar uma diferença de 0,159mm entre a região da pedraria central e com relação ao diâmetro do anel, encontramos uma diferença de 0,158mm, conforme figura 18.

FIGURA15 – STL X LCD CORTE PEDRARIA LATERAL



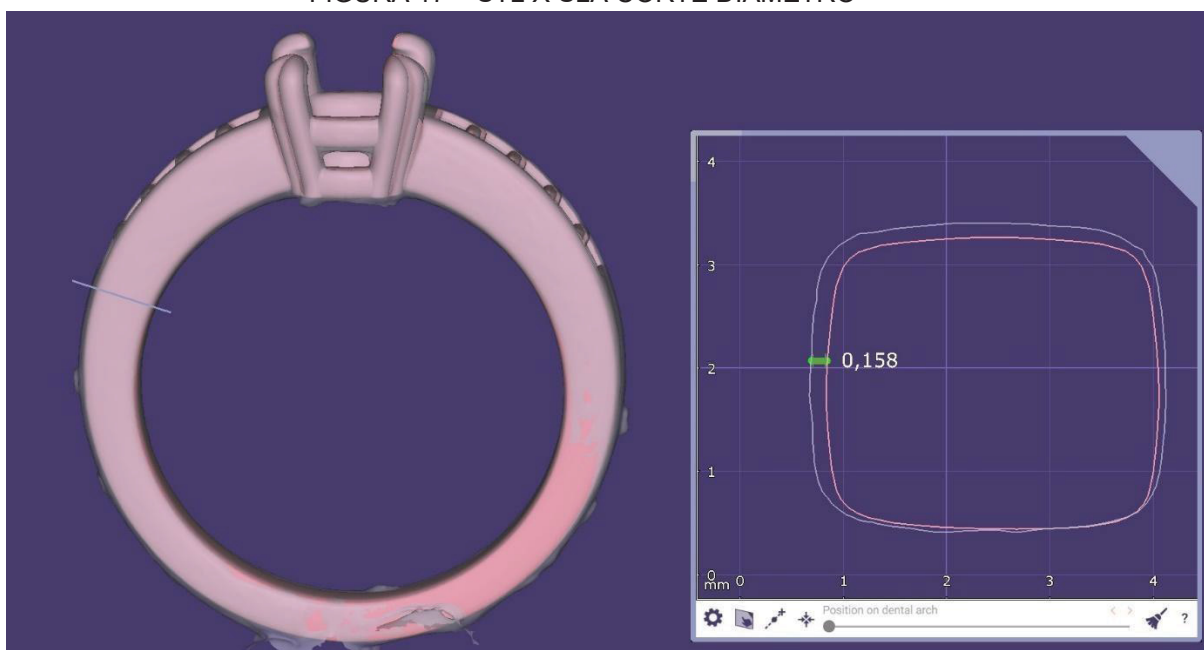
FONTE: AUTOR (2022)

FIGURA 16 – STL X LCD CORTE PEDRARIA CENTAL



FONTE: AUTOR (2022)

FIGURA 17 – STL X SLA CORTE DIAMETRO



FONTE: AUTOR (2022)

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 é possível comparar as diferenças com relação a modelagem original do anel, para referência um fio de cabelo humano possui 0,075 microns, qualquer item abaixo de 0,045 micros torna-se impossível enxergá-los sem o auxílio de um microscópio. Todos os testes impressos apresentarão um aumento imperceptível com relação ao arquivo original, o que justifica uma leve expansão, totalmente aceitável e invisível a olho nu.

TABELA1 – COMPARAÇÃO DE PRECISÃO IMPRESSÃO

	DLP (μm)	SLA (μm)	LCD (μm)
Pedras	0,028	0,075	0,335
Pedra Central	0,025	0,014	0,159
Diametro	0,033	0,033	0,158

A impressora 3D vem sendo um forte aliado no ramo da joalheria, podendo ser um apoio para o joalheiro individual e também para as grandes empresas devido sua produção em grande escala.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi identificar e conhecer as principais tecnologias de impressoras 3D, comparando para o uso na produção de joias. Ao desenvolver a proposta um método de análise de projetos de joias. Para isso desenvolvemos um peças e modelamos uma joia, ao realizar o processo foi decidido continuar uma peça para a impressão e análise dimensional dos protótipos feitos, com utilização de escaneamento comparando com cada tecnologia proposta.

Ao escolhemos três impressoras diferentes para a realização da mesma peça no intuito de comparar qualquer alteração entre a modelagem e impressão, assim temos impressões com a impressora Envisiontec Perfactory VIDA - Tecnologia DLP, a Formlabs 2 – Tecnologia SLA e Anycubic Mono SE - Tecnologia LCD. Cada uma se mostrou eficiente para a técnica de cera perdida na joalheria. A utilização da impressão 3D para este segmento é totalmente viável, ao fazer o design da joia, realizar a modelagem pode se calcular a espessura da peça, pois após a impressão o processo de cera perdida, é realizado o acabamento onde a joia é polida que também se perde metais preciosos, assim podendo ter um processo mais preciso. Segundo Mourão, Miranda e Tavares (2019) o processo de impressão 3d mais cera perdida é o mais viável economicamente atualmente, porém com o avanço em demandas para a joalheria impressoras com melhores custos para impressão diretamente no metal precioso. Reforçando a necessidade do profissional ourives, pois os acabamentos e polimentos manuais.

No projeto inicial foi desenhado um anel e um pingente, porém o pingente não foi mencionado durante as avaliações pois não obtivemos sucesso na impressão do mesmo, para estudos futuros o pingente deve possui uma argola mais grossa, pois durante as impressões de avaliação não obtivemos sucesso ao imprimir esta região. E para futuros projetos seria interessante a comparação das peças já acabas em metais, tendo assim, as pecas em STL qual modelado, a impressão e a peça finalizada em metal precioso. Sendo os valores demonstrados neste estudo mostram diferenças de acordo com as técnicas utilizadas nas impressoras 3D, indicamos uma continuidade neste estudo, com a finalidade de fazer o processo da cera perdida em cima das peças impressas e verificar o resultado final.

REFERÊNCIAS

COELHO, ARTHUR WILSON FONSECA. Estudo do Processo e da Qualidade de Peças Fabricadas por Estereolitografia/. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016.

DOMINGUES, ROSELY MANA; PAULINO, SONIA REGINA. Potencial Para Implantação Da Produção Mais Limpa Em Sistemas Locais De Produção: O Polo Joalheiro De São José Do Rio Preto, Gest. Prod., São Carlos, v. 16, n. 4, p. 691-704, out.-dez. 2009e

VILELA, RODOLFO ANDRADE DE GOUVEIA; FERREIRA, MARCOS ANTONIO LIBARDI Nem tudo brilha na produção de jóias de Limeira – SP. Produção, v. 18, n. 1, p. 183-194, Jan./Abr. 2008

MARQUES, ANA CLAUDIA. Brasilidade Em Uma Coleção De Adornos Corporais. 2013.127 F. Trabalho De Conclusão De Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Curitiba, 2013.

MOURÃO, L. B.; MIRANDA, C. A. S.; TAVARES, P. H. C. P. Impacto da Manufatura Aditiva nos Processos Tradicionais de Produção: Um Estudo de Caso em Joalheria Artesanal. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 14, n.3, p. 222 - 233, 2019. DOI: 10.15675/gepros.v14i3.2622

<https://3dlab.com.br/impressora-3d-dlp/> data de acesso dez/2021