

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS**

CAMPUS DIVINÓPOLIS

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA

Julie Correia Miranda
Valeri Rodrigues e Costa

**Desenvolvimento de uma Máquina de Estamparia Digital –
*SILK DIGITAL***

Divinópolis.

2018.

Julie Correia Miranda
Valeri Rodrigues e Costa

Desenvolvimento de uma Máquina de Estamparia Digital – *SILK DIGITAL*

Relatório final de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Graduação em Engenharia Mecatrônica como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Engenheiro Mecatrônico.

Áreas de integração: Mecânica e Eletrônica.

Orientador: Prof. Dr. Christian Gonçalves
Herrera

Co-orientador: Prof. Me. Marlon Henrique
Teixeira

Divinópolis.

2018.

(Catalogação - Biblioteca Universitária – Campus Divinópolis – CEFET-MG)

M672d Miranda, Julie Correia.

Desenvolvimento de uma máquina de estamparia digital – *Silk Digital*. / Julie Correia Miranda; Valeri Rodrigues e Costa. - Divinópolis, 2018.

91f.; il.

Orientador: Prof. Dr. Christian Gonçalves Herrera.

Coorientador: Prof. Me. Marlon Henrique Teixeira.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Colegiado de Graduação em Engenharia Mecatrônica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas.

1. Estamparia. 2. Impressora Têxtil. 3. *Silk Digital*. 4. Impressão DTG. I. Herrera, Christian Gonçalves. II. Teixeira, Marlon Henrique. III. Costa, Valeri Rodrigues e. IV. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. V. Título.

CDU: 62(043)



Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CEFET-MG / Campus Divinópolis
Curso de Engenharia Mecatrônica

Monografia intitulada “Desenvolvimento De Uma Máquina De Estamparia Digital – *Silk* Digital”, de autoria dos graduandos Julie Correia Miranda e Valeri Rodrigues e Costa, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Christian Gonçalves Herrera- CEFET-MG / Campus Divinópolis - Orientador

Prof. Dr. Wagner Custódio de Oliveira - CEFET-MG / Campus Divinópolis

Prof. Me. Lucas Silva de Oliveira - CEFET-MG / Campus Divinópolis

Prof. Dr. Lúcio Flávio Santos Patrício
Coordenador do Curso de Engenharia Mecatrônica
CEFET-MG / Campus Divinópolis

Divinópolis - Dezembro de 2018

RESUMO

As técnicas de estamparia em tecidos para fins de vestuário estão em constante desenvolvimento, principalmente após a revolução industrial. Desde então os métodos de estampagem vêm sendo aprimorados, buscando o aumento da produção, qualidade das cores, novos métodos para fixação da tinta e definição do desenho, além da diminuição do custo de produção e do desperdício de recursos, como água e substâncias químicas utilizadas no pré-tratamento dos tecidos e fabricação de telas. Com isto, a estamparia digital, ou *silk* digital, é uma técnica alternativa que permite alta qualidade de impressão e boa velocidade, sem a necessidade de criação de telas ou pré-tratamento dos tecidos, além de possuir flexibilização no tamanho da estampa, podendo-se produzir em largas e pequenas escalas. Entretanto, este método possui a desvantagem de utilizar maquinário de alto custo, impossibilitando o emprego desta técnica por pequenas e médias empresas. A cidade de Divinópolis está inserida em um cenário com alto número de empresas relacionadas à moda, podendo a automação ser um avanço tecnológico para esta área. Este trabalho apresenta o projeto e fabricação de uma impressora de *silk* digital de baixo custo, que realiza estampas monocromáticas com tamanho máximo A4, com possibilidade de expansão para formatos maiores. O desenvolvimento deste projeto engloba as áreas de mecânica e eletrônica. Como resultado final, foi obtido um protótipo de uma impressora digital com custo significativamente inferior às comercializadas atualmente e que promove a redução de desperdício de recursos no processo de estampagem, contribuindo para a difusão da técnica de *silk* digital. Foram realizados testes do protótipo (utilizando cabeçote de impressão para papel) e verificou-se o correto funcionamento do equipamento.

Palavras-chave: Estamparia, impressora têxtil, *silk* digital, impressão DTG.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	9
1.1- DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	10
1.2- MOTIVAÇÃO.....	10
1.3- OBJETIVO GERAL	10
1.4- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.5- ESTADO DA ARTE	11
1.6- ESCOPO DO TRABALHO	12
2- REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1. – PROCESSOS DE ESTAMPARIA.....	13
2.1.1. – SERIGRAFIA POR CILINDROS ROTATIVOS	13
2.1.2. – SERIGRAFIA POR QUADROS OU <i>SILK SCREEN</i>	14
2.1.3. – SUBLIMAÇÃO.....	15
2.1.4. – <i>SILK DIGITAL</i> OU IMPRESSÃO DTG (<i>DIRECT TO GARMENT</i>).....	15
2.2. – IMPRESSÃO A JATO DE TINTA	16
2.2.1. – IMPRESSÃO EM TECIDOS	17
2.2.2. – PROCESSO DE ESTAMPAGEM COM IMPRESSORA DTG	17
2.2.2.1. – PRÉ-TRATAMENTO.....	17
2.2.2.2. – TRANSFERÊNCIA DA IMAGEM	18
2.2.2.2.1. – CABEÇA DE IMPRESSÃO	19
2.2.2.2.2. – TECNOLOGIAS DA CABEÇA DE IMPRESSÃO	19
2.2.2.2.3. – IMPRESSÃO A JATO CONTÍNUO DE TINTA (CIJ)	20
2.2.2.2.4. – IMPRESSÃO DOD (<i>DROP ON DEMAND</i>)	23
2.2.2.3. - PÓS-TRATAMENTO	28
2.2.3. – TINTAS	29
2.2.4. – QUALIDADE DA ESTAMPA E TESTES	29
2.3. – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	30
2.3.1. – ELETRÔNICA	30

2.3.3. – MECÂNICA	32
2.3.3.1. – EIXO RETIFICADO LISO.....	32
2.3.3.2. – <i>PILLOW BLOCKS</i>	33
2.3.3.3. – CONJUNTO ENGRENAGEM E CORREIA.....	34
2.3.3.4. – MANCAIS FIXOS	34
2.3.4. – <i>SOFTWARE RIP (RASTER IMAGE PROCESSOR)</i> E INFLUÊNCIA DO FORMATO DE ARQUIVOS NA QUALIDADE DA ESTAMPA	35
3- METODOLOGIA	37
3.1 – ESTRUTURA MECÂNICA.....	37
3.1.1 – DIMENSIONAMENTO DOS EIXOS.....	37
3.1.2. – DIMENSIONAMENTO DOS MOTORES.....	39
3.1.3. – PROJETO ESTRUTURAL	39
3.2. – ELETRÔNICA.....	41
3.3. – <i>SOFTWARE RIP</i>	43
4- TESTES E RESULTADOS	48
4.1 – TESTE DE LAVAGEM.....	52
4.2 - COMPARAÇÃO DE CUSTOS.....	60
5- CONCLUSÕES.....	63
6- PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	64
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
8 - APÊNDICES	72
APÊNDICE A - SIMULAÇÃO DOS ESFORÇOS NA ESTRUTURA DA IMPRESSORA.....	72
APÊNDICE B - DESENHOS TÉCNICOS	77

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - IMPRESSORA DTG (ANAJET, 2018).....	12
FIGURA 2.1 - SERIGRAFIA POR CILINDROS ROTATIVOS (SILK SCREEN CURSOS E OFICINAS, 2015).....	14
FIGURA 2.2 - SILK SCREEN (GRAPHICA CARIOCA, 2018).....	15
FIGURA 2.3 - IMPRESSORA PARA SUBLIMAÇÃO (EPSON, 2018).....	16
FIGURA 2.4 - IMPRESSORA DTG (EPSON, 2018).....	16
FIGURA 2.5 - TECNOLOGIAS DOS CABEÇOTES DE IMPRESSORA À JATO DE TINTA (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).....	20
FIGURA 2.6 - PRINCÍPIO DA IMPRESSÃO A JATO CONTÍNUO - MÉTODO BINÁRIO (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).....	22
FIGURA 2.7- PRINCÍPIO DA IMPRESSÃO A JATO CONTÍNUO - MÉTODO RASTER-SCAN (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).....	22
FIGURA 2.8 - PRINCÍPIO DA IMPRESSÃO A JATO CONTÍNUO - MÉTODO DE HERTZ (UJIE, 2006).....	23
FIGURA 2.9 - PRINCÍPIO DA IMPRESSÃO <i>DROP ON DEMAND</i> (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).....	24
FIGURA 2.10 - PRINCÍPIO DA IMPRESSÃO DOD - MÉTODO <i>BUBBLE JET</i> <i>ROOF SHOOTER</i> (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).....	25
FIGURA 2.11 - OUTRA VISTA DO PRINCÍPIO DA IMPRESSÃO DOD - MÉTODO <i>BUBBLE JET SIDE SHOOTER</i> (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).....	25
FIGURA 2.12 - PRINCÍPIO DA IMPRESSÃO DOD - MÉTODO PIEZOELÉTRICO <i>SQUEEZE TUBE</i> (UJIE, 2006).....	26
FIGURA 2.13 - PRINCÍPIO DA IMPRESSÃO DOD - MÉTODO PIEZOELÉTRICO <i>BEND TUBE</i> (UJIE, 2006).....	27
FIGURA 2.14 - PRINCÍPIO DA IMPRESSÃO DOD - MÉTODO PIEZOELÉTRICO <i>PUSH MODE</i> (UJIE, 2006).....	27
FIGURA 2.15 - PRINCÍPIO DA IMPRESSÃO DOD - MÉTODO PIEZOELÉTRICO <i>SHEAR MODE</i> (UJIE, 2006).....	28
FIGURA 2.16 - ESQUEMÁTICO DA TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÕES DE UMA IMPRESSORA (FONSECA, 2018).....	32
FIGURA 2.17 - FITA ENCODER (MERCADOLIVRE, 2018).....	31
FIGURA 2.18 - FUNCIONAMENTO DO SENSOR FITA ENCODER (INSTITUTO NCB, 2018).....	32

FIGURA 2.19 - EIXO RETIFICADOS LISO (KALATEC, 2018).....	33
FIGURA 2.20 - PILLOW BLOCKS (AMAZON, 2018).....	33
FIGURA 2.21 - CONJUNTO ENGRENAGEM CORREIA (LUPULLEY OFICIAL STORE, 2018).	34
FIGURA 2.22 - MANCAL FIXO (IMPORTS, 2018).....	35
FIGURA 3.1 – DIAGRAMA DE CORPO LIVRE DO EIXO RETIFICADO LISO.....	38
FIGURA 3.2 – ESTRUTURA DO PROJETO.....	40
FIGURA 3.3 – TENSÃO MÁXIMA NA ESTRUTURA.....	41
FIGURA 3.4 - OUTRA VISTA DA SIMULAÇÃO REALIZADA NO <i>SOFTWARE</i> <i>ANSYS</i>	42
FIGURA 3.5 – PLACA ELETRÔNICA.	43
FIGURA 3.6 – TELA INICIAL DO <i>SOFTWARE</i>	44
FIGURA 3.7– JANELA DE CONFIGURAÇÕES DA IMPRESSORA.....	45
FIGURA 3.8 – CONFIGURAÇÕES DO PAPEL.	46
FIGURA 3.9 – CONFIGURAÇÕES DO LAYOUT DE IMPRESSÃO.	47
FIGURA 4.1 - ESTRUTURA DO PROJETO CONSTRUÍDA.....	48
FIGURA 4.2 – VISTAS SUPERIOR (À ESQUERDA) E FRONTAL (À DIREITA) DA MÁQUINA CONSTRUÍDA.....	49
FIGURA 4.3- IMPRESSÃO EM PAPEL PARA AVERIGUAÇÃO DO ALINHAMENTO DA CABEÇA DE IMPRESSÃO.	49
FIGURA 4.4 - ESTAMPA EM PAPEL.	50
FIGURA 4.5 – ESTAMPAS REALIZADAS NO TECIDO DE POLIÉSTER.	51
FIGURA 4.6 - ESTAMPAS REALIZADAS NO TECIDO DE ALGODÃO.	51
FIGURA 4.7 - ESTAMPA REALIZADA COM AJUSTE EM <i>SOFTWARE</i> RIP (À ESQUERDA) E ESTAMPA REALIZADA SEM AJUSTE DE QUALIDADE (À DIREITA).....	52
FIGURA 4.8A – TECIDO ESTAMPADO POR SUBLIMAÇÃO ANTES DO TESTE DE LAVAGEM.....	53
FIGURA 4.8B – TECIDO ESTAMPADO POR SUBLIMAÇÃO APÓS A PRIMEIRA LAVAGEM.....	53
FIGURA 4.8C – TECIDO ESTAMPADO POR SUBLIMAÇÃO APÓS A TERCEIRA LAVAGEM.....	53
FIGURA 4.8D – TECIDO ESTAMPADO POR SUBLIMAÇÃO APÓS A QUINTA LAVAGEM.....	53

FIGURA 4.9A – TECIDO ESTAMPADO POR SILK SCREEN ANTES DO TESTE DE LAVAGEM.....	54
FIGURA 4.9B – TECIDO ESTAMPADO POR SILK SCREEN APÓS A PRIMEIRA LAVAGEM.....	54
FIGURA 4.9C – TECIDO ESTAMPADO POR SILK SCREEN APÓS A TERCEIRA LAVAGEM.....	54
FIGURA 4.9D – TECIDO ESTAMPADO POR SILK SCREEN APÓS A QUINTA LAVAGEM.....	54
FIGURA 4.10A – TECIDO ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL ANTES DO TESTE DE LAVAGEM.....	55
FIGURA 4.10B – TECIDO ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL APÓS A PRIMEIRA LAVAGEM.....	55
FIGURA 4.10C – TECIDO ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL APÓS A TERCEIRA LAVAGEM.....	55
FIGURA 4.10D – TECIDO ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL APÓS A QUINTA LAVAGEM.....	56
FIGURA 4.11A – TECIDO DE ALGODÃO ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL, PELA MÁQUINA PROJETADA, ANTES DO TESTE DE LAVAGEM.....	56
FIGURA 4.11B – TECIDO DE ALGODÃO ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL, PELA MÁQUINA PROJETADA, APÓS A PRIMEIRA LAVAGEM.....	57
FIGURA 4.11C – TECIDO DE ALGODÃO ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL, PELA MÁQUINA PROJETADA, APÓS A TERCEIRA LAVAGEM.....	57
FIGURA 4.11D – TECIDO DE ALGODÃO ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL, PELA MÁQUINA PROJETADA, APÓS A QUINTA LAVAGEM.....	58
FIGURA 4.12A - TECIDO DE POLIÉSTER ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL, PELA MÁQUINA PROJETADA, ANTES DO TESTE DE LAVAGEM.....	59
FIGURA 4.12B - TECIDO DE POLIÉSTER ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL, PELA MÁQUINA PROJETADA, APÓS A PRIMEIRA LAVAGEM.....	59
FIGURA 4.12C - TECIDO DE POLIÉSTER ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL, PELA MÁQUINA PROJETADA, APÓS A TERCEIRA LAVAGEM.....	60
FIGURA 4.12D - TECIDO DE POLIÉSTER ESTAMPADO POR <i>SILK</i> DIGITAL, PELA MÁQUINA PROJETADA, APÓS A QUINTA LAVAGEM.....	60

LISTA DE ABREVIações

DTG	<i>Direct To Garment</i>
MG	Minas Gerais
CIJ	Impressão a Jato contínuo de Tinta
DOD	<i>Drop On Demand</i>
PIXEL	Aglutinação de Picture Elements
TIJ	Formação Térmica do jato de Tinta
°C	Graus Celsius, unidade de temperatura
PIJ	Formação Piezoelétrica do Jato de Tinta
AATCC	<i>American Association of Textile Chemists and Colorists</i>
RIP	Raster Image Processor
SMD	<i>Surface Mount Device</i>
RAM	Random-Access Memory
PROM	Programmable Read-Only Memory
CC	Corrente Contínua
DPI	Dots Per Inch
PPI	Pixel Por Polegada
CMYK	Cyan Magenta Yellow Black
TIFF	<i>Tagged Image File Format</i>
EPS	<i>Encapsulated Postscript File</i>
PCL	<i>Printer Command Language</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
kg/m ³	Kilograma por metros cúbicos, unidade de densidade
N	Newton, unidade de força
m/s ²	Metros por Segundos, unidade de velocidade
g	Gramma, unidade de massa
SMD	<i>Surface Mounting Devices</i>
V	Volts, unidade de tensão elétrica
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
mA	Miliampères, unidade de corrente elétrica
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>

1- INTRODUÇÃO

A estamparia em tecido com fins de vestuário é o processo que consiste nos procedimentos utilizados para se obter um tema em uma ou mais cores que se repetem com regularidade sobre um fundo (POMPAS, 1994, *apud* YAMANE, 2008). Esse processo possui relevância para indústrias têxteis de grande porte e para pequenas empresas de personalização de tecidos. Entretanto, existem poucos estudos recentes realizados a respeito deste tema, o que não favorece a divulgação e aplicação da técnica.

Atualmente a novidade na automatização da estamparia têxtil se dá pelo *silk* digital, também conhecida por impressão DTG (*direct to garment*, direto no tecido), que, conforme Levinbook (2008), é considerada um tipo de estamparia a jato de tinta, sendo caracterizada por imprimir digitalmente os desenhos através de impressoras, compostas por tinteiros que cobrem vasta gama de cores. Este processo de estampagem utiliza apenas 10% da água necessária em relação aos processos tradicionais (como por exemplo, a serigrafia por telas), uma vez que não é necessário realizar a lavagem dos quadros, pois não há praticamente desperdícios de corante e de metais para a construção das molduras, (LEVINBOOK, 2008 *apud* NEVES, 2000). Pode-se dizer que a estamparia a jato de tinta consiste em uma alternativa sustentável que garante a qualidade na combinação de cores, sendo dependente da qualidade do arquivo digital e do equipamento. Como vantagem, também permite realizar o processo em pequena escala, o que não ocorre com os métodos convencionais utilizados na indústria de maneira geral. Apesar de suas potencialidades, esse processo tem alto custo, principalmente para empresas de pequeno porte.

A região de Divinópolis - MG é caracterizada pela alta concentração de empresas do ramo têxtil, o que motiva projetos nesta área, criando oportunidade de desenvolver um maquinário de baixo custo que utiliza a técnica de estamparia a jato de tinta, com todas as suas vantagens de qualidade de impressão e economia de recursos e tempo. Isto pode possibilitar às pequenas e médias empresas utilizarem esta técnica, melhorando, assim, sua produção.

1.1- DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O problema abordado neste trabalho é a dificuldade de acesso ao maquinário de *silk* digital disponível no mercado para as pequenas empresas do ramo de estampa. Dificuldade esta que se relaciona com os altos custos dos equipamentos atualmente disponíveis.

1.2- MOTIVAÇÃO

A motivação deste trabalho se dá pela percepção do potencial ecológico da impressão DTG, além da redução do custo inicial para a customização de estampas em camisetas. O método convencional mais utilizado para estampa, *silk screen*, possui elevado desperdício de água e tinta, além de necessitar de grande esforço físico do usuário para realizar o processo de transferência da imagem. Já a impressão DTG dispensa a geração de telas para cada nova estampa e cor, preservando os investimentos iniciais constantes, evitando desperdícios de tintas e reduzindo a poluição. Com isso, esse processo se diferencia do método tradicional de serigrafia por telas, com sua constante lavagem das telas após o uso.

1.3- OBJETIVO GERAL

Projetar e construir uma máquina de estampa digital monocromática de baixo custo, para impressão de estampas com tamanho máximo ABNT A4 (210 x 297 mm), que dispensa a utilização de telas no processo de *silk screen*.

1.4- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um estudo sobre as tecnologias e métodos utilizados relacionados ao tema proposto;
- Projetar e construir a estrutura física da impressora;
- Interligar o equipamento projetado a um computador para possibilitar a transferência da imagem a ser impressa.

1.5- ESTADO DA ARTE

A Anajet, uma das empresas que mais se destacam no ramo de impressão têxtil, lançou em 2018 uma máquina que automatiza todo o processo de estamparia: o pré-tratamento do tecido, a impressão da estampa e a cura da mesma. Isto representa um grande avanço no processo de produção, já que as impressoras anteriores não efetuam a primeira e a última etapa. A Tabela 1.1 contém as especificações do equipamento e a Figura 1.1 mostra a impressora.

Tabela 1.1: Características da impressora DTG Anajet RICOH Ri 100. Fonte: FABRIPRINT (2018) e RICOH (2017).

Tamanho da área imprimível	Bandeja padrão: 291 x 204 mm Bandeja pequena: 204 x 142 mm
Velocidade de impressão	Modo de velocidade: 1 minuto 20 segundos ou menos Modo fino: 2 minutos 30 segundos ou menos
Cores de alimentação	Ciano, magenta, amarelo e preto
Resolução de impressão	600 x 600 dpi ou 1200 x 1200 dpi
Custo de aquisição	R\$ 10.598,46
Custo de utilização	R\$ 2,10 por impressão



Figura 1.1 - Impressora DTG (ANAJET, 2018).

Percebe-se ainda que atualmente tem-se como preocupação, de modo geral, a estética, a facilidade de operação e o tamanho do maquinário para que este seja atrativo e aceito pelos usuários.

1.6- ESCOPO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 7 capítulos, sendo que o primeiro introduz o tema a ser abordado e especifica os objetivos do trabalho. No capítulo 2 apresenta-se a revisão dos artigos, trabalhos e estudos anteriores que proporcionam conhecimento do processo de estampa digital com seus prós e contras. O capítulo 3 contém descrição do local, dos materiais, máquinas, ferramentas e recursos utilizados para realização do projeto. No capítulo 4 são discutidos os resultados obtidos após a finalização do projeto. No capítulo 5 são apresentadas as conclusões sobre o produto deste trabalho e no capítulo 6 são propostos trabalhos futuros.

2- REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo são apresentados os estudos realizados sobre os processos de estamparia existentes na atualidade, suas variáveis e os componentes eletrônicos e mecânicos que são utilizados no projeto.

2.1. – PROCESSOS DE ESTAMPARIA

De acordo com Pezzolo (2009), os processos de estampagem tiveram início antes mesmo da invenção do tecido, com a produção de pinturas, com corantes naturais, sobre a pele e o couro. Nos séculos V e VI a.C., surgiram as primeiras técnicas de estamparia com a utilização de substâncias ácidas e corantes naturais. Desde então, as técnicas de estamparia têxtil são estudadas e aprimoradas, sendo as mais utilizadas atualmente: *silk screen*, para produção em pequena escala, e serigrafia por cilindros rotativos, para grande escala. Todavia, novas tecnologias surgiram para atender à demanda de um mercado em rápida transformação com preocupações ambientais (RUTHSCHILLING; LASCHUK, 2013). Como exemplo dessas tecnologias cita-se a sublimação e a estamparia digital.

2.1.1. – SERIGRAFIA POR CILINDROS ROTATIVOS

Este processo consiste em transferir sob pressão para o tecido, o desenho gravado nos cilindros microperfurados, geralmente compostos de níquel. Os cilindros são encaixados sobre uma esteira ou tapete, onde o tecido se movimenta em alta velocidade. A tinta especial para estamparia é bombeada para dentro dos cilindros e, com a utilização de uma régua, escoam para os furos específicos de cada cor, sendo levada para fora do cilindro e entrando em contato com o tecido (LEVINBOOK, 2008). Este método é ilustrado na Figura 2.1.



Figura 2.1 - Serigrafia por cilindros rotativos (SILK SCREEN CURSOS E OFICINAS, 2015).

2.1.2. – SERIGRAFIA POR QUADROS OU *SILK SCREEN*

Neste processo de serigrafia são utilizados quadros, compostos por moldura e tela, para transferência da imagem ao tecido. As telas são gravadas por um processo fotográfico, no qual pequenos furos são realizados de acordo com o motivo desejado. A impressão é realizada através da passagem de uma régua sobre o quadro contendo tinta por cima da superfície que se deseja estampar. Portanto, é necessário que seja fabricada um quadro para cada cor da estampa desejada (LEVINBOOK, 2008). A Figura 2.2 mostra o processo de transferência da imagem *silk screen*.



Figura 2.2 - Silk screen (GRAPHICA CARIOCA, 2018).

2.1.3. – SUBLIMAÇÃO

Este processo necessita da impressão da estampa desejada em papéis especiais (*transfers*) com pigmentos sublimáticos. Com isto, o papel é colocado em contato direto com o tecido e aquecido em uma prensa térmica até que a estampa seja totalmente transferida ao tecido. A alta temperatura faz com que o pigmento seja vaporizado e transferido ao tecido. Em indústrias com produção em larga escala, o *transfer* é impresso por processo gráfico *offset* (semelhante à impressão por cilindros rotativos), já para pequenas escalas, é mais comumente utilizada a impressão a jato de tinta. Existem, atualmente, impressoras desenvolvidas especialmente para a sublimação que realizam acabamento especial (RUTHSCHILLING; LASCHUK, 2013). A Figura 2.3 mostra uma impressora de sublimação.



Figura 2.3 - Impressora para sublimação (EPSON, 2018).

2.1.4. – SILK DIGITAL OU IMPRESSÃO DTG (*DIRECT TO GARMENT*)

Silk digital é uma tecnologia sem contato, na qual micro gotículas de pigmento líquido são ejetadas através de microjatos para impactar um substrato em um local preciso e se criar uma imagem (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005). A impressão é realizada diretamente no tecido.

De acordo com Ruthschilling e Laschuk (2013), a impressão DTG apresenta como vantagens: velocidade de materialização da estampa do computador para o tecido, habilidade de impressão de indeterminado número de cores e detalhes, ausência de gastos com matrizes, resposta rápida à demanda do mercado, versatilidade na alteração de padrões e cores e impacto reduzido ao meio ambiente. A Figura 2.4 mostra uma impressora DTG.



Figura 2.4 - Impressora DTG (EPSON, 2018).

2.2. – IMPRESSÃO A JATO DE TINTA

Segundo Ujiie (2006), a primeira patente de um sistema de impressão a jato de tinta, denominado *Receiving or Recording Instruments for Electric Telegraphers*, foi feita em 1867 por Lord Kelvin, cujo sistema utilizava forças eletrostáticas para controlar a liberação de gotas de tinta no papel para registrar mensagens telegráficas. Os estudos dos anos seguintes se voltaram para a reprodução de imagens utilizando o princípio da eletrografia, que, posteriormente, originaram as impressoras à laser. Então, somente em 1951 foram obtidos registros de novos avanços na impressão a jato de tinta com o primeiro dispositivo comercial desenvolvido por Rune Elmqvist.

Posteriormente, novas patentes de dispositivos que utilizam o método contínuo de impressão a jato de tinta com alta resolução foram realizadas por Carl Hertz e Sven Simonsson. Este método se baseia na repulsão contínua de gotas de tintas carregadas eletricamente. Assim, é possível obter-se alta resolução da imagem, entretanto tem-se como desvantagens: baixa velocidade de impressão, dispersão de gotículas e complicações inerentes à recirculação de gotas de tinta não impressas. (UJIIE, 2006).

A fim de resolver estes problemas, em 1977, Zoltan, Kyser e Sears inventaram o método de impressão *Drop on demand*, o qual consiste na produção apenas das gotículas de tinta necessárias à formação da imagem. Em 1984, a empresa Hewlett-Packard comercializou a primeira impressora a jato de tinta de baixo custo com a tecnologia *Bubble Jet* ou *Thermal Ink Jet* (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005), cujo princípio de funcionamento é similar ao *drop on demand*,

diferenciando-se na utilização de tintas aquosas, que, quando aquecidas, formam bolhas que facilitam o controle de tintas.

Na década de 70, a Epson lançou a tecnologia de cristais *piezo* para cabeças de impressão (CIE, 2015). Esta tecnologia, que continua sendo utilizada nos dias atuais, consiste na emissão de pulsos elétricos que forçam o cristal piezoelétrico a se deformar, permitindo que a tinta saia da cabeça de impressão, controlando, desta forma, o volume por gota de tinta.

2.2.1. – IMPRESSÃO EM TECIDOS

A primeira impressão realizada diretamente no tecido ocorreu em 1975, quando a empresa americana Milliken desenvolveu uma impressora digital para estampar carpetes (UJIIE, 2006). A partir deste momento, novos estudos foram feitos para melhoria na qualidade das estampas nos mais diversos tipos de tecidos.

2.2.2. – PROCESSO DE ESTAMPAGEM COM IMPRESSORA DTG

O processo de estampagem utilizando impressora DTG pode ser dividido em três partes: pré-tratamento do tecido, transferência da imagem e pós-tratamentos ou cura da estampa.

2.2.2.1. – PRÉ-TRATAMENTO

De acordo com Noppakundilograt *et al.* (2010), o pré-tratamento de tecidos com um agente químico adequado é necessário para impressão DTG, pois limita a dispersão excessiva e controla a migração e penetração de tinta nas fibras do tecido. Ligantes em formulações de tinta fixam os pigmentos, e revestimentos de polímero diminuem a suscetibilidade de contaminação da superfície a ser impressa por sujeira, poeira e outros contaminantes. (PHATTANARUDEE; CHAVATTANATHAM; KIATKAMJORNWONG, 2008). Devido à importância do pré-tratamento na qualidade da estampa impressa, muitos estudos são realizados testando-se vários compostos de substâncias químicas em diversos tipos de tecido, como seda, algodão, poliéster, linho, entre outros. (Gorgani e Shakib,

2012; Liao e Chen, 2011; Noppakundilograt *et al.*, 2010; Yue *et al.*, 2007). Os tecidos pré-tratados apresentam, geralmente, melhores características de cores, flexibilidade, fixação da tinta.

2.2.2.2. – TRANSFERÊNCIA DA IMAGEM

Controlar a disposição de tinta no tecido de maneira que seja formada uma imagem específica implica no controle das seguintes características: forma e volume da gota de tinta, velocidade e retidão do jato de tinta (CIE, 2015).

A forma da tinta que deixa a cabeça de impressão não é um círculo, mas sim uma gota, com cabeça (a parte onde o maior volume é concentrado) e cauda (local mais fino onde a tinta se separou) (Carr *et al.*, 2006 *apud* CIE, 2015). Uma cauda muito longa pode representar perda da velocidade da gota e, nesse caso, a cauda pode se separar da cabeça, formando uma nova gota menor. Dependendo da viscosidade e tensão superficial da tinta, esta nova gota pode se dividir em outras menores que caem ao redor da imagem, diminuindo a clareza e qualidade da impressão (Wijshoff, 2007 *apud* CIE, 2015).

Segundo Carr *et al.* (2006, *apud* CIE, 2015), o volume da gota de tinta influencia na resistência à lavagens e qualidade da estampa. Assim, um volume insuficiente de tinta pode causar baixa resistência e volume demasiadamente grande implica em maior dispersão de tinta e menor definição da estampa.

De acordo com CIE (2015), a velocidade do jato de tinta varia de acordo com a formulação da tinta utilizada e com o mecanismo utilizado para ejetá-la. Já a velocidade do ciclo de ejeção, carregamento e ejeção deve ser alta e, ao mesmo tempo, mais consistente possível. A velocidade desse ciclo impacta diretamente a produtividade e qualidade do equipamento.

Normalmente, uma cabeça de impressão possui várias saídas de tinta. Assim, todas devem ser alinhadas na direção ideal para aplicação da tinta no tecido e devem estar alinhadas, também, entre si, para se obter uma imagem consistente. O ângulo e retidão do jato de tinta sobre o tecido afetam a precisão e qualidade da estampa. Deste modo, texturas superficiais ou costuras na faixa de impressão do tecido influenciam na fidelidade da imagem estampada. Idealmente, cada jato de tinta deve estar ao lado do outro, sem sobreposição ou falhas.

Fatores ambientais, como a temperatura, também influenciam no alinhamento do jato de tinta (CIE, 2015).

2.2.2.2.1. – CABEÇA DE IMPRESSÃO

As funções de uma cabeça de impressão são filtrar, formar a gota e ejetar o jato de tinta (CIE, 2015). Uma cabeça de impressão é composta por:

- Câmara de tinta: a câmara de tinta tem a função de reservatório. Pode possuir sensores, para monitoramento de nível e temperatura da tinta, filtros, para retirar bolhas de ar indesejáveis, e, em alguns casos, atuador térmico, para deixar a tinta na temperatura ideal de trabalho.
- Canais de tinta: os canais de tinta guiam a tinta até a área de formação de gotas e aos bocais de saída (*nozzles*). Estes canais devem ser projetados para maximizar o fluxo de tinta e minimizar áreas de formação de bolhas de ar. Em cabeças de impressão do tipo piezoelétrico, os canais tem função de atuadores e são feitos de material piezoelétrico.
- *Nozzles*: os *nozzles* são orifícios microscópicos por onde a tinta sai para o tecido. Afetam diretamente a forma e o tamanho das gotas de tinta. São facilmente bloqueados por poeira ou outros detritos contidos na tinta e por tinta seca.

2.2.2.2.2. – TECNOLOGIAS DA CABEÇA DE IMPRESSÃO

A impressão da imagem pode ser realizada de diversas maneiras dependendo da tecnologia da cabeça de impressão utilizada. Segundo Ujiie (2006), as tecnologias para impressão à jato de tinta podem ser classificadas em dois grandes grupos de acordo com a ejeção de tinta ao tecido: jato de tinta contínuo (CIJ), no qual a tinta é ejetada continuamente, e jato de tinta *drop on demand* (DOD), no qual a tinta é ejetada somente quando necessário. Cada um

destes pode ser dividido em vários métodos de formação da gota de tinta, como mostra a Figura 2.5.

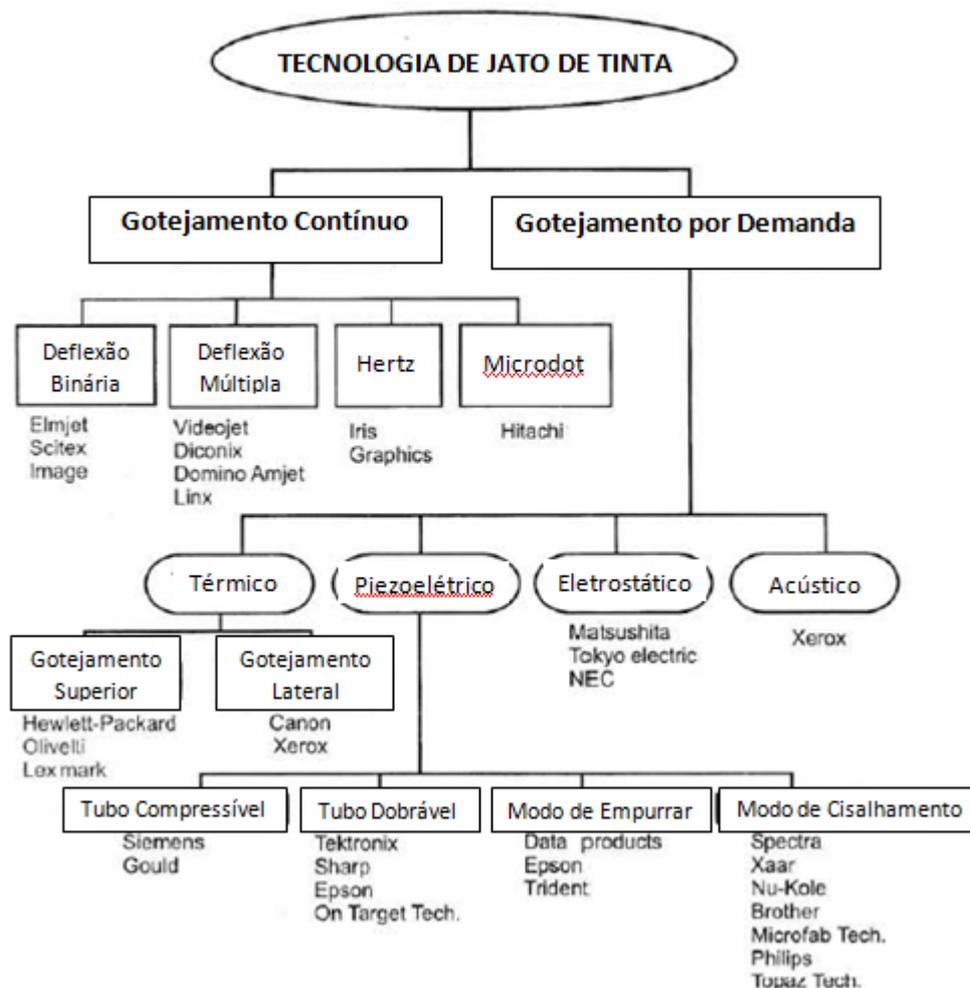


Figura 2.5 - Tecnologias dos cabeçotes de impressora à jato de tinta (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).

2.2.2.2.3. – IMPRESSÃO A JATO CONTÍNUO DE TINTA (CIJ)

Também chamada de técnica síncrona de ejeção de gotas, a CIJ é caracterizada pela ejeção de tinta continuamente durante toda a impressão da imagem (UJIIE, 2006). Isto é feito por meio da aplicação de alta pressão constante no cabeçote de impressão que faz com que a tinta seja ejetada à velocidade constante. Naturalmente, a tinta se divide em gotas de variados tamanhos no momento que sai da cabeça de impressão. Então, o cabeçote é excitado com determinada frequência para que, por vibração, o tamanho das gotas de tinta seja determinado. Estas gotas devem ser controladas para que a

imagem seja formada corretamente. Assim, algumas gotas são carregadas eletricamente de acordo com a imagem a ser estampada e passam por um campo elétrico criado por meio da aplicação de alta tensão entre um par de eletrodos. As gotas carregadas são defletidas para uma calha de recirculação de tinta e as não carregadas são depositadas no tecido.

Em geral, a cabeça de impressão possui *nozzles* com diâmetro de aproximadamente 15 μm , o que permite que a imagem possua resolução de até 2880 dpi (dot per inch – pontos por polegada). Impressoras a jato contínuo de tinta possuem taxa de ejeção de 50.000 à 1.000.000 de gotas por segundo (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).

De acordo com Cie (2015), problemas com entupimento de *nozzles* (causados por sedimentação e secagem de tinta) são reduzidos devido à rápida e contínua circulação de tinta. Devido à complexidade associada à carga e deflexão das gotas, recirculação de tinta e pressurização, as cabeças de impressão CIJ são mais caras. Além disso, trabalham com pressão e frequência muito maiores que as DOD (*drop on demand*), o que direciona sua utilidade para aplicações industriais.

A formação de gotas de tinta nas impressoras CIJ pode ser feita de quatro maneiras:

- Deflexão binária: nesse método, as gotas de tinta recebem carga elétrica igualmente. As que não estão carregadas são depositadas no tecido e as que receberam carga elétrica são defletidas para a calha de recirculação. A Figura 2.6 ilustra esse processo (CIE, 2015; MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005; UJIE, 2006).

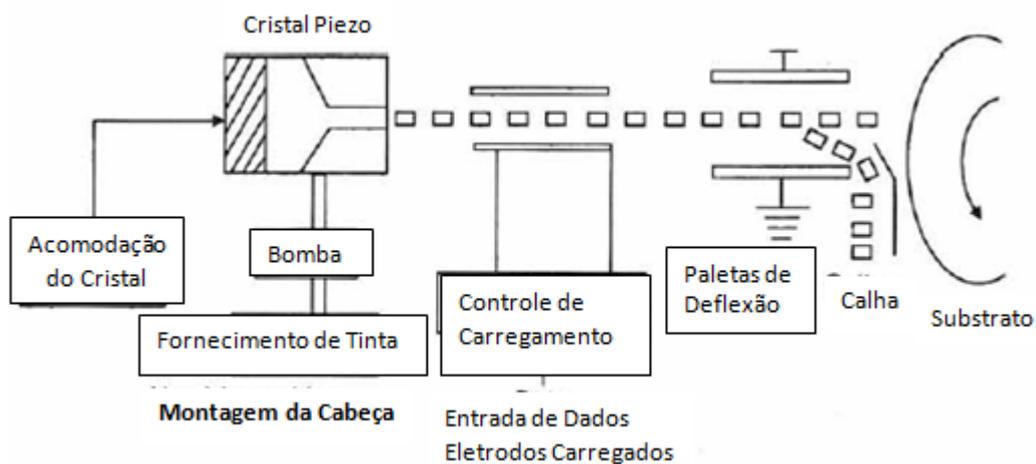


Figura 2.6 - Princípio da impressão a jato contínuo - Método Binário (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).

- **Deflexão múltipla:** também chamado de *raster scan*, este método consiste na concepção de cargas elétricas diferentes para cada gota de tinta impressa. As gotas carregadas são utilizadas para impressão, enquanto as que não receberam carga elétrica são direcionadas para a calha de recirculação de tinta. Assim, o local de cada gota carregada eletricamente é determinado, atingindo diferentes pontos do tecido. Isto pode ser visualizado na Figura 2.7 (CIE, 2015; MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005; UJIIE, 2006).

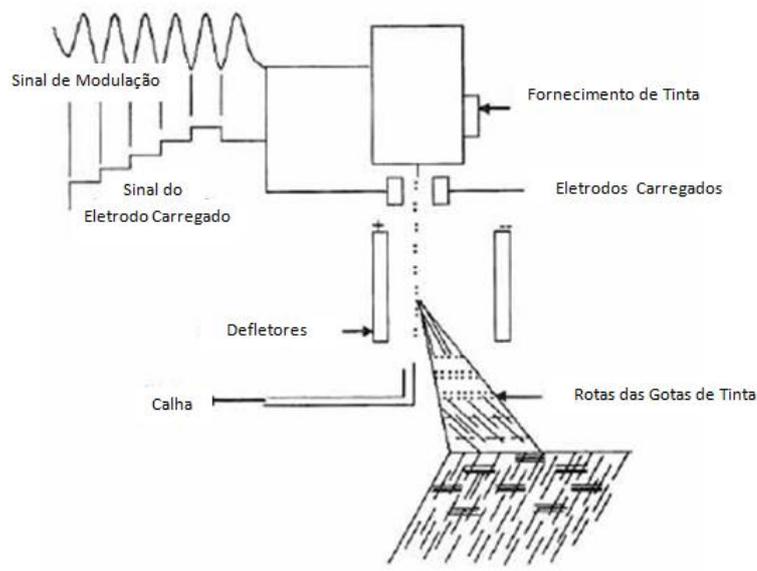


Figura 2.7 - Princípio da impressão a jato contínuo - Método Raster-Scan (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).

- Método de Hertz: neste método, a tinta é dividida em gotas muito pequenas e a quantidade de tinta depositada por *pixel* da imagem é variável. As gotas que são impressas recebem uma pequena carga para que não sejam fundidas até que cheguem ao tecido. Já as gotas de tinta que não são utilizadas recebem maior carga elétrica e são defletidas para a calha de recirculação (UJIIE, 2006). Desta maneira, é possível variar a intensidade da impressão e também, trabalhar com escalas de cinza. (Johansson *et al.*, 1990 *apud* CIE, 2015). A Figura 2.8 ilustra esse processo.

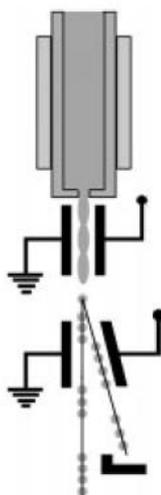


Figura 2.8 - Princípio da impressão a jato contínuo - Método de Hertz (UJIIE, 2006).

- Microdot: esse método é caracterizado pela modulação do tamanho das gotas de tinta. Com isto, permite a variação da intensidade de impressão e das cargas de cada gota (CIE, 2015).

2.2.2.2.4. – IMPRESSÃO DOD (*DROP ON DEMAND*)

A impressão DOD trata-se de uma técnica assíncrona, na qual gotas individuais são ejetadas de acordo com impulsos elétricos enviados. Assim, as gotas de tinta são produzidas apenas quando necessário (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005). Essa técnica elimina a complexidade do sistema de carregamento, deflexão e recirculação das gotas de tinta utilizado no método de jato contínuo. Entretanto, trabalha com menor taxa de produção que a técnica CIJ, cerca de 25.000 gotas por segundo.

O princípio de funcionamento da impressão DOD se dá pela utilização de válvulas solenóides para controlar o fluxo de tinta em um jato de ar, o qual encaminha as gotas de tinta até o tecido. A resolução dos equipamentos que utilizam esta técnica de impressão pode chegar até 2880 dpi, igualando-se às impressoras CIJ (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005). A Figura 2.9 ilustra o princípio de funcionamento da técnica DOD.

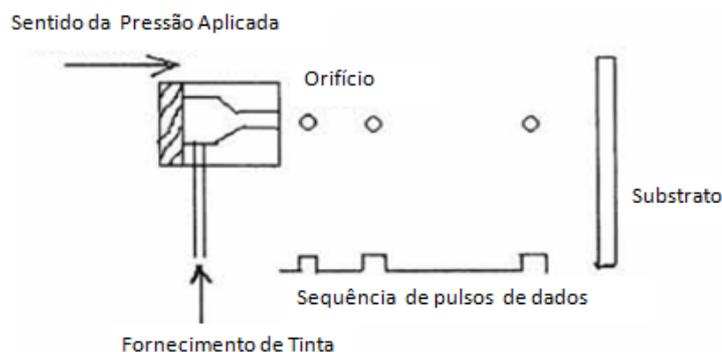


Figura 2.9 - Princípio da impressão *drop on demand* (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).

De acordo com Malik, Kadian e Kumar (2005), a impressão DOD é a técnica mais utilizada nos equipamentos atuais e, como mostrado no diagrama da Figura 6, pode ser dividida em quatro grupos conforme o tipo de ejeção da gota de tinta: térmica, piezoelétrica, eletrostática e acústica. Os dois últimos, eletrostática e acústica, não são descritos nesta ocasião, pois ainda estão em desenvolvimento e, dessa forma, possuem várias patentes, mas já são utilizados em alguns produtos comerciais.

- Formação térmica do jato de tinta (TIJ): também conhecida com *bubble jet*, essa técnica de ejeção da gota de tinta é caracterizada pela utilização de atuador térmico. A partir de um sinal elétrico enviado pelo controlador, uma resistência é aquecida à temperatura maior que 350°C. Essa resistência aquece a tinta do reservatório da cabeça de impressão até que seja formada uma bolha, devido a um componente volátil na composição da tinta. Essa bolha é ejetada para fora do *nozzle* e, devido à menor temperatura do lado externo do cabeçote, se resfria e estoura, depositando a tinta no tecido. Em razão da temperatura de ebulição da água, as tintas mais adequadas a este método são as que possuem base aquosa (FREIRE, 2006 *apud* CIE, 2015; UJIIE, 2006; MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).

Devido ao aquecimento, as cabeças de impressão com tecnologia TIJ possuem menor tempo de vida, porém custam menos que as PIJ (CIE, 2015).

Conforme a localização e quantidade de aquecedores, a tecnologia *bubble jet* é dividida em vários subgrupos, os dois mais comuns são: *roof shooter*, no qual o atuador térmico é localizado perpendicularmente ao canal de tinta, e *side shooter*, no qual encontra-se o aquecedor em posição paralela ao canal de tinta (FREIRE, 2006 apud CIE, 2015; UJIIE, 2006; MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005). As Figuras 2.10 e 2.11 ilustram o princípio de funcionamento dessa técnica.

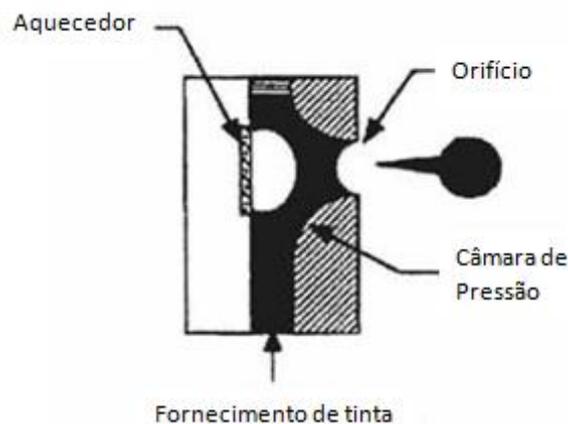


Figura 2.10 - Princípio da impressão DOD - método *bubble jet roof shooter* (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).

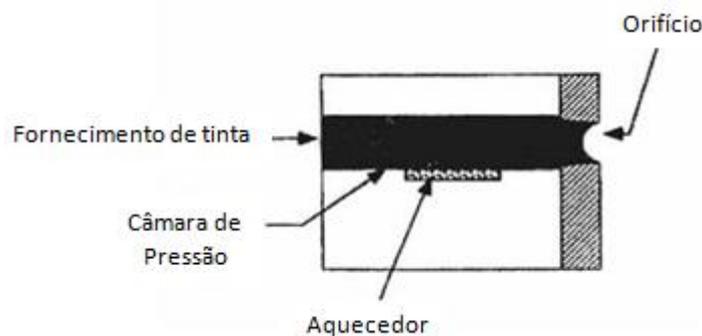


Figura 2.11 - Outra vista do princípio da impressão DOD - método *bubble jet side shooter* (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).

- Formação piezoelétrica do jato de tinta (PIJ): nessa técnica, a câmara contém uma membrana composta por material piezoelétrico (cerâmico) que forma um tipo de parede, ou então a própria câmara é composta por esse material. Ao aplicar-se tensão nos eletrodos do elemento piezoelétrico, o material se contrai na direção do campo elétrico formado e se expande na direção perpendicular. Essa movimentação na forma da membrana ou da câmara de tinta

é transferida à tinta, que é forçada a sair através dos *nozzles* em formato de gota. As cabeças de impressão com tecnologia PIJ também são divididas em subgrupos de acordo com a deformação do material piezoelétrico, os principais são: *squeeze tube*, *bend tube*, *push mode* e *shear mode* (CIE, 2015; UJIIE, 2006; MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005). Sendo cada um deles discutidos a seguir.

a) *Squeeze tube*: técnica na qual o canal de tinta é composto por um tubo oco feito de material piezoelétrico e, ao aplicar-se tensão em seus eletrodos, suas dimensões internas diminuem, forçando a tinta através do *nozzle*. Na ausência de tensão, o material retorna às suas dimensões antigas e o canal de tinta é reabastecido para que a próxima gota possa ser ejetada (FREIRE, 2006 *apud* CIE, 2015; UJIIE, 2006; MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005). A Figura 2.12 ilustra esse funcionamento.

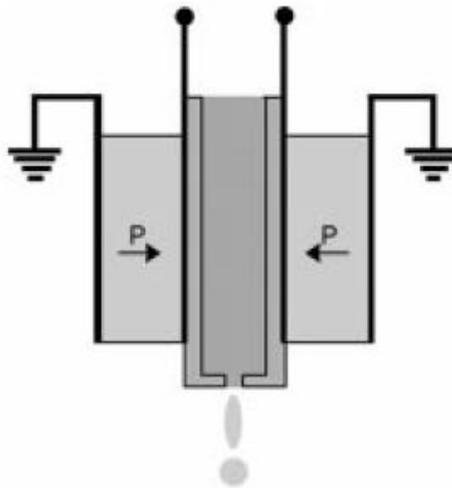


Figura 2.12 - Princípio da impressão DOD - método piezoelétrico *squeeze tube* (UJIIE, 2006).

b) *Bend tube*: técnica que utiliza material piezoelétrico acoplado à membrana na câmara de tinta, formando um transdutor eletromecânico bilaminar. Assim, ao aplicar-se tensão nos eletrodos do material, a membrana se deforma em arco e força a tinta através do *nozzle* (WIJSHOFF, 2010 *apud* CIE, 2015; UJIIE, 2006; MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005). A Figura 2.13 ilustra esse funcionamento.

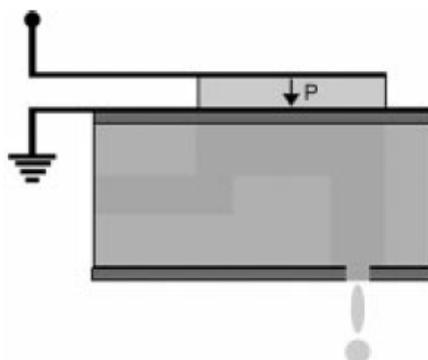


Figura 2.13 - Princípio da impressão DOD - método piezoelétrico *bend tube* (UJIIE, 2006).

c) *Push mode*: nessa técnica, o material piezocerâmico é colocado conforme mostra a Figura 2.14. Assim, ao aplicar-se tensão nos eletrodos do material, este irá se expandir e empurrar a tinta através do *nozzle* (LE, 1998 *apud* CIE, 2015; UJIIE, 2006; MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005).

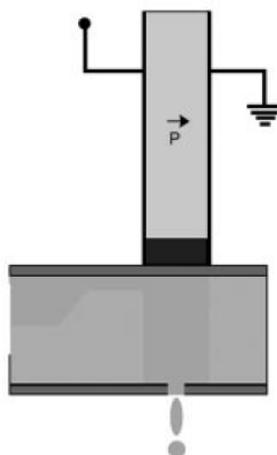


Figura 2.14 - Princípio da impressão DOD - método piezoelétrico *push mode* (UJIIE, 2006).

d) *Shear mode*: nesse modo, o campo elétrico está perpendicular à polarização do material piezoelétrico. Assim, ao aplicar-se tensão nos eletrodos do material, um movimento de cisalhamento é provocado e faz com que a membrana se mova, forçando a tinta através do *nozzle* (CIE, 2015; UJIIE, 2006; MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005). A Figura 2.15 ilustra esse funcionamento.

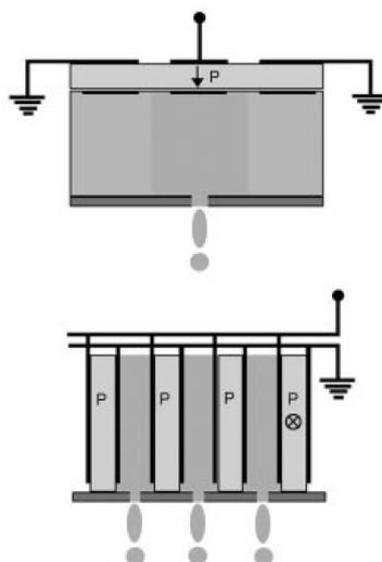


Figura 2.15 - Princípio da impressão DOD - método piezoelétrico *shear mode* (UJIIE, 2006).

2.2.2.3. - PÓS-TRATAMENTO

O pós-tratamento é um recurso utilizado para fixar e melhorar as características de brilho, contraste e nitidez da estampa. Não exclui, portanto, a necessidade do pré-tratamento (CIE, 2015). Assim, a tinta utilizada e o tipo de tecido irão definir o processo de pós-tratamento mais adequado. Segundo Ujiie (2006), esse processo pode ser dividido em duas etapas: fixação e lavagem.

Na etapa de fixação (ou cura da estampa), as ligações atômicas da tinta e as do tecido são facilitadas. Para a impressão DTG, a fixação pode ocorrer aquecendo-se (*dry heat*) a estampa diretamente ou pela exposição do tecido estampado ao vapor de água (*wet heat*) ou, no caso da utilização de tintas à base de pigmento, à luz ultravioleta (CIE, 2015).

Após a fixação, é recomendável realizar-se a lavagem da estampa para que o excesso de tinta seja removido. O tipo de tecido e tinta utilizados determinam o procedimento e produtos necessários para realização desta etapa (CIE, 2015).

2.2.3. – TINTAS

De acordo com Wang e Wang (2009), as tintas utilizadas para impressão DTG podem ser classificadas em duas categorias: tintas a base de corante (*dye based*) e tintas a base de pigmento (*pigment based*).

- *Dye based*: as tintas a base de corante são solúveis em água ou fluido específico. Segundo Cie (2015), as tintas *dye based* mais utilizadas são as reativas, as quais reagem com a fibra do tecido. Para melhor qualidade da estampa, é necessário que se faça o pré-tratamento do tecido corretamente assim como nos processos convencionais de estamparia (MALIK; KADIAN; KUMAR, 2005). Após a impressão, essas tintas necessitam ser fixada com vapor a alta temperatura (de 170°C à 180°C) ou por aquecimento (calor seco) à temperaturas de 190°C à 200°C, seguido por um ciclo de lavagem.

- *Pigment based*: o tecido a ser estampado com tinta a base de pigmento não necessita de tratamentos especiais antes da impressão. As estampas devem ser curadas com pós-tratamentos similares aos necessários para as tintas *dye based*. Contudo, as estampas realizadas possuem, em geral, melhor resistência à água, à fricção e à exposição à luz que as feitas com tintas a base de água (WANG; WANG, 2009). Entretanto de acordo com Ujiie (2006), esse tipo de composição de tinta apresenta maior suscetibilidade à secagem e entupimento da cabeça de impressão. Isto porque o pigmento não se dissolve no meio que o transporta, permanecendo como partículas suspensas no fluido.

2.2.4. – QUALIDADE DA ESTAMPA E TESTES

A *American Association of Textile Chemists and Colorists* (AATCC) apresenta métodos de teste padrão para aferição da qualidade de produtos têxteis. Em relação à estampa, a AATCC apresenta métodos que avaliam a resistência da cor à lavagem e à fricção com outros tecidos.

Esses testes de lavagem visam a avaliar a resistência da estampa à lavagem frequente por meio da verificação da perda de cor e das mudanças de superfície resultantes de cinco lavagens típicas, com ou sem cloro. Já os testes de fricção objetivam determinar a quantidade de cor transferida para outros tecidos, molhados e secos, por meio da fricção dos materiais e comparação com

uma escala de transferência cromática. Ambos os testes são aplicáveis a têxteis feitos de todas as fibras, tingidos, impressos ou de outra forma coloridos (AATCC, 2018).

2.3. – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse tópico são abordados os componentes, que serão utilizados no projeto, divididos em quatro partes: eletrônica, eletromecânica, mecânica e *software* RIP.

2.3.1. – ELETRÔNICA

Para comando das impressoras convencionais de papel, os dados são trabalhados como mostra o esquemático da Figura 2.16. Os dados da imagem a ser impressa são convertidos em *bitmaps* e enviados pelo computador, por meio do barramento de dados, para uma memória de dados. O microcontrolador, através do barramento de endereços, seleciona o endereço de memória dos dados a serem utilizados. Estes são processados e enviados para a memória de programa, a qual intermedia a comunicação entre o microprocessador e os demais componentes (motores, cabeça de impressão e sensor de posição da cabeça). Por meio do barramento de controle, o microcontrolador envia os comandos aos atuadores e recebe a leitura do sensor. *Driver's* e circuitos de interfaceamento são necessários para adequar os sinais lógicos do microcontrolador aos níveis de corrente e tensão necessários para cada atuador/sensor.

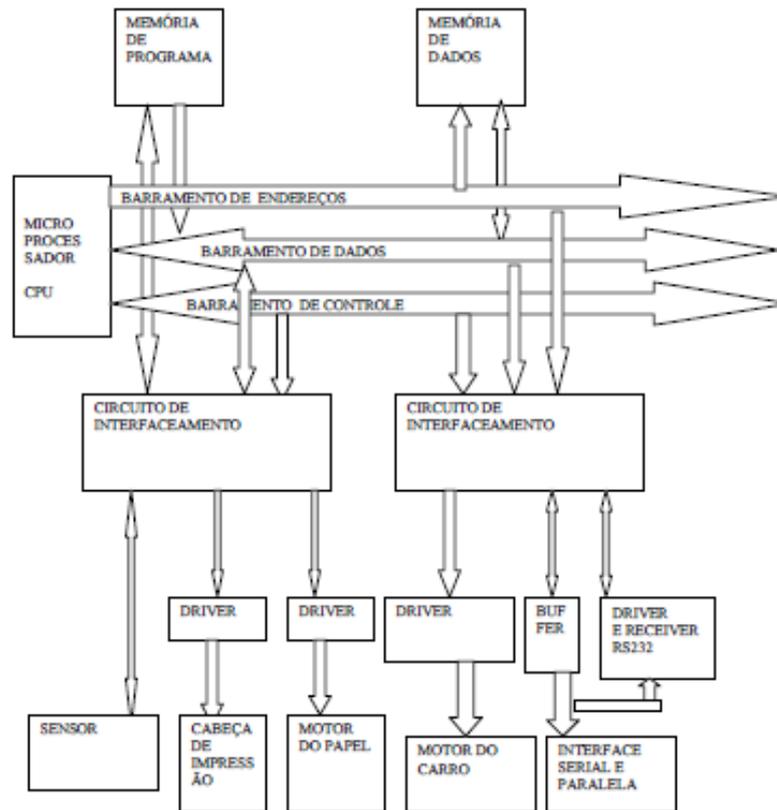


Figura 2.16 - Esquemático da transmissão de informações de uma impressora (FONSECA, 2018).

A posição da cabeça de impressão é monitorada por um sensor *encoder* em fita, como ilustrado na Figura 2.17. Este sensor indica o deslocamento da cabeça em relação à um ponto de referência. É formado por uma fita de plástico transparente gravada com tiras escuras. Assim, é colocado um emissor infravermelho de um lado da fita e um sensor, geralmente fotodiodos ou fototransistores, do lado oposto. Os sinais são obtidos em forma de pulsos elétricos quando as partes claras passam diante do conjunto emissor-receptor de infravermelho. A Figura 2.18 ilustra o funcionamento desse sensor.



Figura 2.17 - Fita *encoder* (MERCADOLIVRE, 2018).

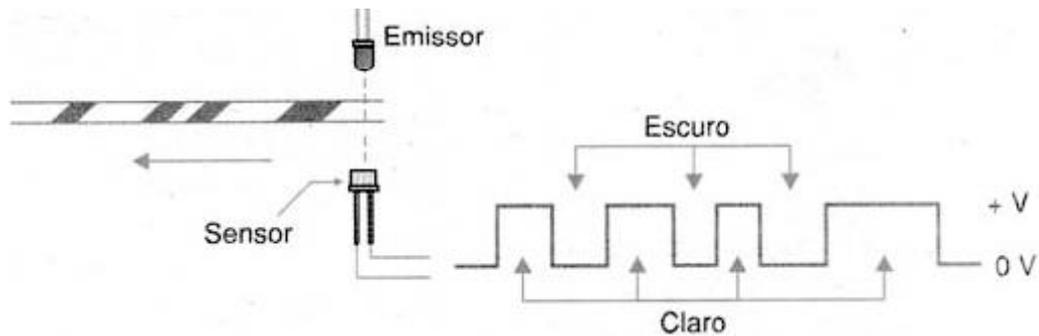


Figura 2.18 - Funcionamento do sensor fita *encoder* (INSTITUTO NCB, 2018).

O controle do motor CC foi realizado com a utilização de *encoder* para transformar posição em sinal elétrico digital. O *encoder* funciona como um gerador de pulso PWM (*Pulse Width Modulation*) e é utilizado para parar o motor. A interrupção do feixe de luz causada pela passagem do eixo do motor permite a contagem do número de pulsos e a determinação da velocidade e da posição do motor. Os pulsos são enviados para o microcontrolador que por sua vez os envia para um CI integrado à placa de comando da cabeça de impressão que possui o circuito da ponte H internamente.

Ponte H é um circuito simplificado, capaz de controlar motores de corrente contínua diretamente a partir de sinais elétricos, permitindo desde o controle do sentido de giro até o controle de potência e velocidade (ROBOLIV.RE, 2013). Este circuito é responsável pela reversão da polaridade do motor, fazendo com que ele pare na posição desejada. Para esta aplicação, o erro mecânico relacionado à inércia é desconsiderado devido à pequena carga a que o eixo do motor é submetido, fazendo com que o motor possa parar na posição desejada assim que recebe o sinal do microcontrolador (TECNOLOGIA, 2017).

2.3.3. – MECÂNICA

A seguir são descritos os elementos de máquinas utilizados para construção da estrutura mecânica do projeto.

2.3.3.1. – EIXO RETIFICADO LISO

Eixo retificado liso é um componente feito de aço vastamente utilizado para permitir o movimento de translação, como em equipamentos mecatrônicos,

hidráulicos, pneumáticos, agrícolas e automobilísticos. (KALATEC, 2018). Exemplos de eixos retificados lisos são mostrados na Figura 2.19.



Figura 2.19 - Eixo retificados liso (KALATEC, 2018).

2.3.3.2. – *PILLOW BLOCKS*

Os *pillow blocks* são mancais de rolamentos de fixação rápida autocompensadores compostos pela combinação de rolamentos de esferas de fixação rápida blindada e de um mancal de ferro fundido pronto para a montagem e aplicação. O conjunto de mancais e rolamentos *pillow block* pode variar em forma e tamanho e admite um desalinhamento no eixo de $\pm 5^\circ$. Além disto, possui um canal de lubrificação ideal, definido e posicionado para suportar um deslocamento de $\pm 2^\circ$. Os *pillow blocks*, ilustrados na Figura 2.20, são travados no eixo por meio de rolamentos com fixação por parafusos e proporcionam uma solução prática para diversas aplicações (VISÃO, 2018).



Figura 2.20 - Pillow blocks (AMAZON, 2018).

2.3.3.3. – CONJUNTO ENGRENAGEM E CORREIA

Engrenagens são elementos rígidos utilizados para transmitir movimentos rotativos entre eixos, por meio de dentes fabricados em cilindros. A principal característica para que ocorra a transmissão por meio destes elementos é que não haja diferença de velocidades entre pontos em contato quando da transmissão do movimento (SANTOS JUNIOR, 2002).

As correias são, basicamente, anéis de material flexível que correm em torno de dois eixos visando a transmitir o movimento de rotação através de polias ou engrenagens. Existem diversos tipos de correias para transmissão de potência e movimento, como as planas, trapezoidais e dentadas. As correias dentadas são utilizadas para transmitir potência, em conjunto com engrenagens. (ABECOM, 2017). A Figura 2.21 exemplifica um conjunto de engrenagens e correia.



Figura 2.21 - Conjunto engrenagem correia (LUPULLEY OFICIAL STORE, 2018).

2.3.3.4. – MANCAIS FIXOS

Também chamados de mancais de apoio, os mancais fixos têm a finalidade de dar suporte ao eixo onde a superfície de montagem é paralela ao sentido do eixo (VISÃO, 2018). A Figura 2.22 mostra o mancal de apoio fixo.



Figura 2.22 - Mancal fixo (IMPORTS, 2018).

2.3.4. – SOFTWARE RIP (*RASTER IMAGE PROCESSOR*) E INFLUÊNCIA DO FORMATO DE ARQUIVOS NA QUALIDADE DA ESTAMPA

O RIP (*Raster Image Processor*) é um *software* que permite o controle de uma impressora, podendo substituir ou incrementar o *driver* original de fabricante e acrescentando funções como o agrupamento. Função esta que une automaticamente vários formatos de arquivos predefinidos em apenas um. Além disto, o RIP apresenta vantagens como análise dos arquivos e da impressão final, melhores taxa e qualidade de ampliação da imagem impressa, possibilidade de criar arquivos próprios de linearização e melhoria na gestão de cor (CANSON, 2018). Além disto, esse *software* é capaz de controlar a cabeça da impressora, para definir a posição para se depositar a tinta e a resolução de impressão (dpi), possibilitando que o usuário controle a quantidade de tinta utilizada, renderização, tamanho e orientação da imagem. (COMPUTER, 2018).

Assim, principalmente em ambientes industriais, faz-se necessária a utilização de um *software RIP* adequado à produção, para aumento da eficiência, com ajustes de velocidade, qualidade de impressão e gerenciamento de impressoras e volume de estampas, e diminuição do desperdício de tinta, com o ajuste de cores e volume de tinta utilizado. Todavia, quanto mais funcionalidades o *software* possui, mais se eleva seu preço.

Uma imagem *raster* é composta por pixels, cuja definição é dada por uma marca de tinta feita pela cabeça de impressão (COMPUTER, 2018). Para que seja possível a compreensão da imagem por um dispositivo eletrônico, esta é traduzida em *bitmaps*, também conhecidos como mapas de bits, os quais representam uma imagem por meio de uma grade bidimensional, onde cada ponto ou bit corresponde a uma cor, de modo que todos os pontos vistos juntos

correspondem à imagem desejada. Assim, o *pixel* é a unidade mínima de formatação da imagem bitmap (IMPRESUL, 2018).

A qualidade de uma imagem é definida pela quantidade de *pixels* que cabe em uma polegada quadrada, que é geralmente chamada de PPI (*pixel* por polegada). Desde modo, quanto maior o PPI, maior a qualidade da resolução da imagem. A maior resolução vista a olho nu é de 480 PPI, embora que tem casos que é necessário o uso de uma resolução maior para poder prevenir distorções (IMPRESUL, 2018). Após a imagem *bitmap* estar pronta para ser inserida no arquivo de peças, na resolução correta com os ajustes e retoques, a mesma é convertida em CMYK - que é um sistema de cores subtrativas formado por *Cyan* (ciano), *Magenta* (magenta), *Yellow* (amarelo) e *Key* (preto) - e em seguida salva num formato adequado para saída em impressora. Entre os diversos tipos de formatos para imagens *bitmap*, existem apenas dois tipos que são usados profissionalmente: TIFF (*Tagged Image File Format*) e o EPS (*Encapsulated Postscript File*) (IMPRESUL, 2018).

Os arquivos TIFF têm como características a capacidade de carregar as informações de cor, resolução, máscaras e detalhes de imagem, que é assimilada pelos programas de paginação, além de permitir um *preview*. Já os arquivos EPS, possuem quase todas as características dos TIFF, mas são limitados em impressoras com a linguagem de programação PCL (*Printer Command Language*). Além disto, quando importados em outros programas não preservam as camadas e transformam os textos em curvas que geram distorções. Embora os arquivos EPS preservem as características vetoriais de uma imagem, ao ser aberto em programas como o *Photoshop* o EPS tem suas informações rasterizadas, ou seja, transformadas em *bitmap* (IMPRESUL, 2018).

O outro formato que também é muito utilizado é o JPEG (*Joint Photographic Experts Group*), mas devido a sua limitação não é recomendado e geralmente não é aceito pelos fornecedores de serviços gráficos devido ao seu método de compressão, o qual caracteriza este formato de arquivo como mais leve que o TIFF, mas provoca perda de qualidade da imagem (IMPRESUL, 2018).

3- METODOLOGIA

Esse capítulo apresenta a metodologia utilizada neste trabalho.

3.1 – ESTRUTURA MECÂNICA

A mecânica consiste no projeto e construção da estrutura física da máquina. Para isto, procura-se atender os seguintes requisitos de projeto:

- Deve ser possível a movimentação nos eixos X e Y para que a estampa seja impressa no tamanho ABNT A4 (210 mm x 297 mm);
- A estrutura física deve suportar o peso dos componentes e o torque dos motores;
- Repetibilidade;

Para atender aos requisitos acima listados começa-se o dimensionamento dos elementos da máquina.

3.1.1 – DIMENSIONAMENTO DOS EIXOS

Para o dimensionamento dos eixos, é necessário estimar o peso dos componentes que são apoiados sobre os mesmos. Estão apoiados sobre os eixos da parte inferior da impressora os seguintes componentes: mesa e *pillow blocks*.

Para atender às especificações desejadas de tamanho da estampa, escolheu-se para a mesa as dimensões de 250 mm x 350 mm x 5 mm. Sabe-se que a densidade do material MDF (*Medium Density Fiberboard*) é de aproximadamente 610 kg/m³, logo, tem-se que o peso da mesa é igual 2,67N, considerando a gravidade 10m/s².

Os *pillow blocks* possuem massa de aproximadamente 100 g (LAB, 2018), o que lhes confere o peso de 1N. A Figura 3.1 ilustra o diagrama de corpo livre representando as forças que atuam sobre o eixo retificado liso, sendo as forças $F_A = F_B = R_A = R_B = 1,75N$.

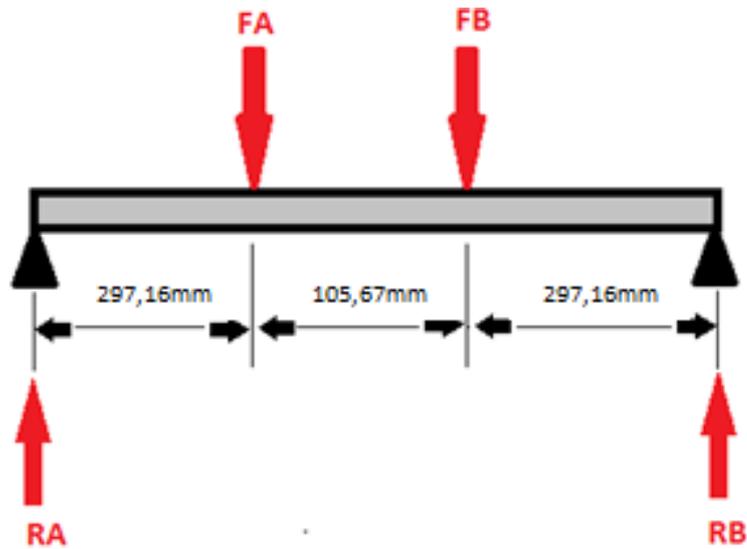


Figura 3.1 – Diagrama de corpo livre do eixo retificado liso.

Após calculadas as forças de reação, RA e RB, calculou-se o momento máximo ($M_{m\acute{a}x}$), que é causado pelo maior esforço aplicado no eixo. De acordo com Hibbeler (2010):

$$M = F \cdot d \quad (1)$$

Onde:

M = Momento (N.m);

F = Força (N);

d = Deslocamento (m);

Obtém-se o valor de $M_{m\acute{a}x} = 1,225$ N.m.

Para coeficiente de segurança (CS) igual a 5, calculou-se a tensão admissível (σ_{adm}) a partir do limite de escoamento (σ_e) do aço ABNT 1045, material da composição do eixo retificado liso, pela equação 2 (HIBBELER, 2010).

$$\sigma_{adm} = \sigma_e / CS \quad (2)$$

Com estes dados, foi calculado o diâmetro (d) do eixo para que suportasse as tensões sobre ele aplicadas, a partir da equação 3 (HIBBELER, 2010).

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot |M_{m\acute{a}x}|}{\pi \cdot \sigma_{adm}}} \quad (3)$$

O valor encontrado é de aproximadamente 5,86 mm. O valor comercial mais próximo é de 8 mm. Este diâmetro é utilizado para todos os eixos do projeto,

visto que não são encontrados esforços superiores aos que foram considerados nos cálculos descritos acima.

3.1.2. – DIMENSIONAMENTO DOS MOTORES

Visando aproveitar os motores que os alunos já dispunham, sendo estes um motor de passo M49SP-3KA com torque máximo igual a 1,65Kg.cm (mitsumi, 2018) e um motor DC RS-385SH (MABUCHIMOTOR, 2018) com torque máximo igual a 0,43Kg.cm, fez-se então o dimensionamento para verificar se os mesmos atendem os requisitos do projeto.

Como o peso da mesa é maior que do cabeçote de impressão, optou-se por verificar se o motor de passo atende o torque necessário para movimentação do eixo Y e o motor DC atende o torque necessário para movimentação do eixo X.

Com isto, cacula-se o torque necessario para os motores a partir da equação 4 (ELETRIC, 2003).

$$T_l = w \cdot g \cdot \mu \cdot r \quad (4)$$

Em que:

T_l = Torque de carga (Kgf.cm);

g = Aceleração da gravidade (m/s²);

w = Massa da carga (Kg);

μ = Coeficiente de de fricção entre 2 superfícies;

r = Raio da engrenagem (cm).

Encontra-se, assim, $T_l \cong 0.8$ Kgf.cm para a movimentação da mesa e $T_l \cong 0.3$ Kgf.cm para movimentação da cabeça de impressão, o que permite a utilização dos motores supracitados.

3.1.3. – PROJETO ESTRUTURAL

Deste modo, desenvolveu-se, no *software* Solid Works, o projeto da impressora mostrado na Figura 3.2, no qual tem-se uma mesa, para acomodação e fixação do tecido, que se movimenta no eixo Y, e suporte para o cabeçote de impressão, que se movimenta no eixo X. Para definição do material das peças que compõem a estrutura da máquina, foram realizadas simulações no *software* Ansys, utilizando o critério de falha de von Mises, de forma a verificar a

adequabilidade de materiais à tensão máxima a qual a estrutura será submetida. As Figuras 3.3 e 3.4 ilustram os resultados da simulação. O Apêndice A contém outras imagens das simulações realizadas.

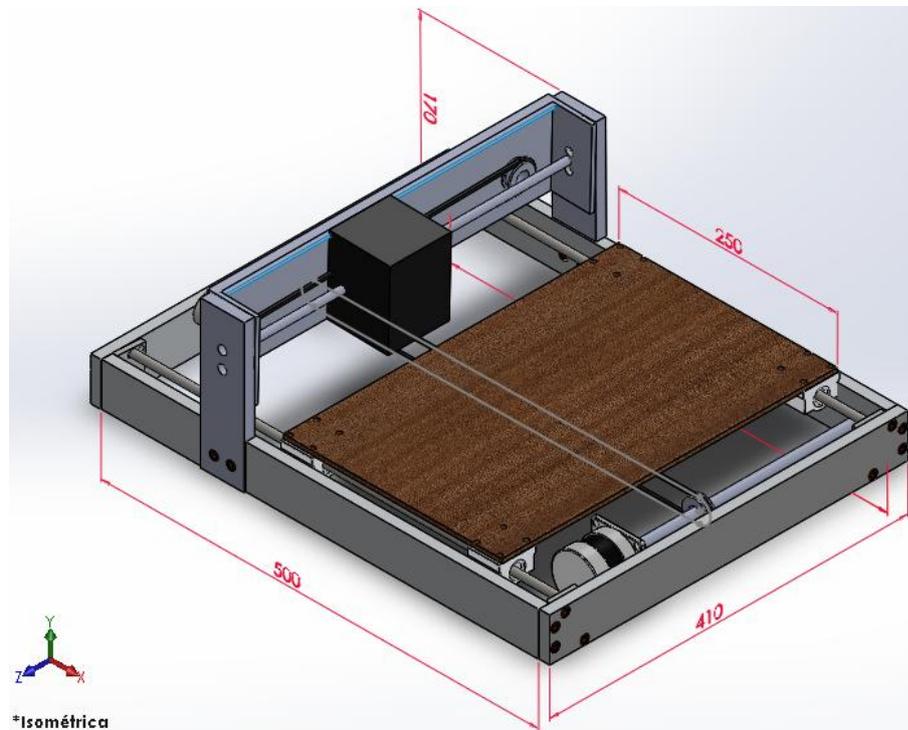


Figura 3.2 – Estrutura do projeto.

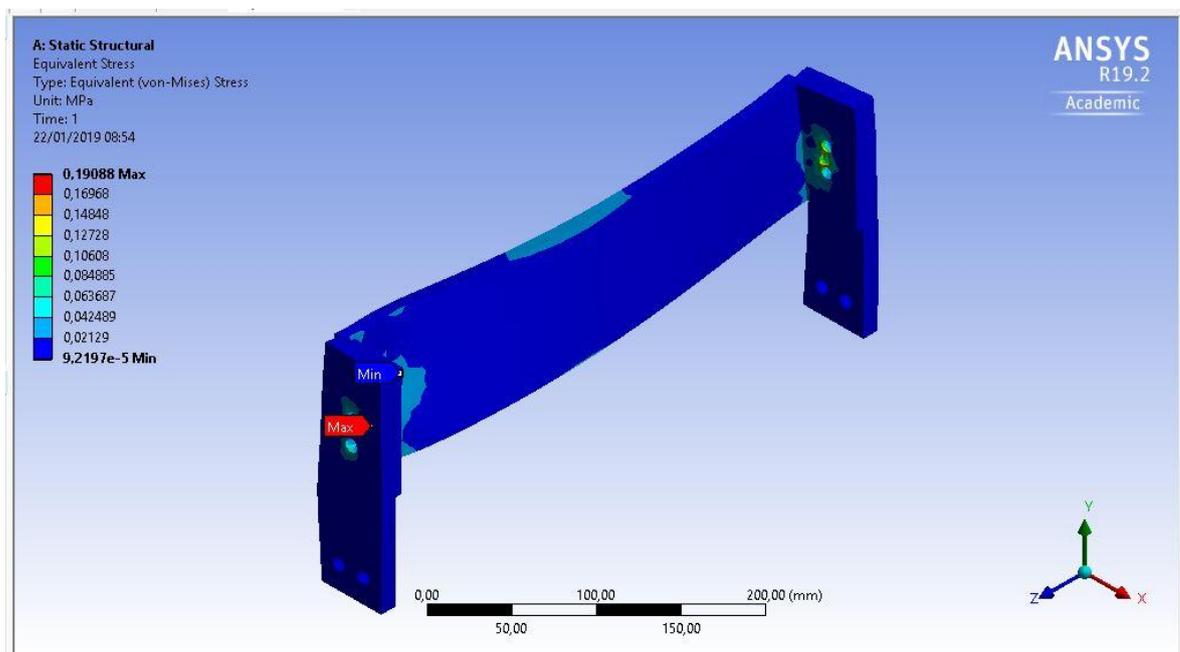


Figura 3.3 - Tensão máxima na estrutura.

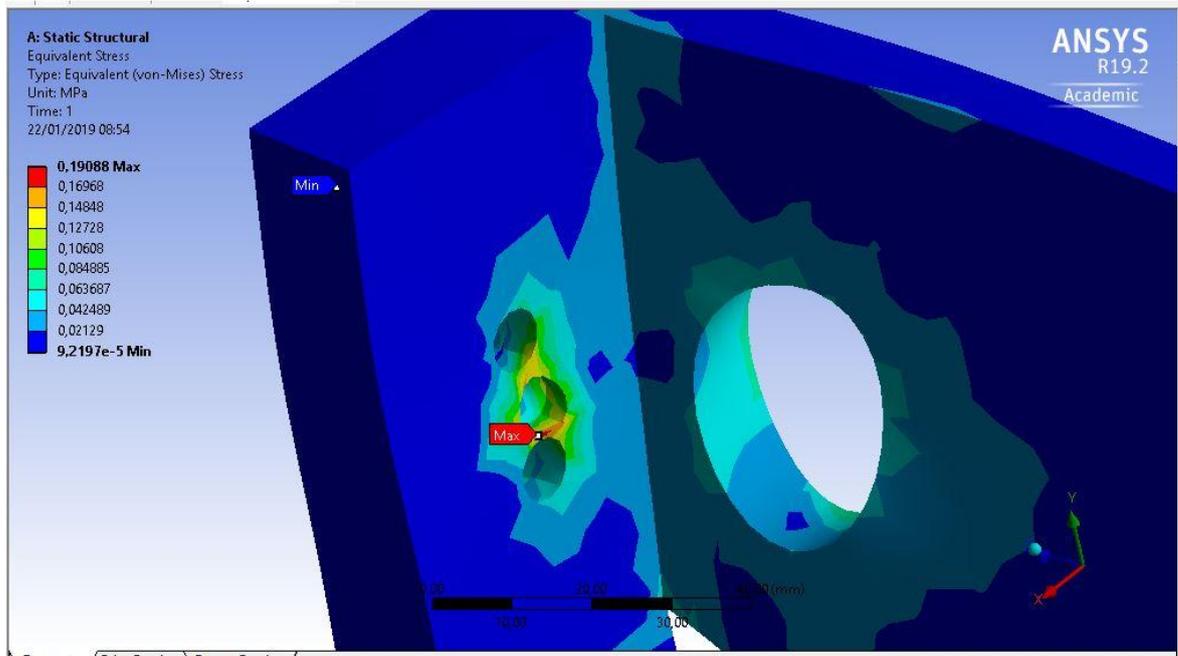


Figura 3.4 - Outra vista da simulação realizada no *software* Ansys.

Optou-se por construir a estrutura em alumínio devido às características de dureza, resistência à vibrações, alta relação resistência/peso e durabilidade deste material (ABAL, 2018). Utilizando coeficiente de segurança igual a 5 e a equação 2 explicitada no Capítulo 3.1.1, obteve-se a tensão máxima admissível para o alumínio a partir do limite de escoamento do material – 12,7 MPa (ABAL,2018):

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_e}{CS} = \frac{12,7}{5} = 2,54 \text{ MPa} \quad (6)$$

Verifica-se que a tensão máxima a qual a estrutura está submetida (0,191 MPa) é inferior à suportada pelo alumínio e, portanto, o material adotado é adequado às necessidades.

O Apêndice B contém os desenhos técnicos do projeto da máquina, detalhando cada componente do equipamento.

3.2. – ELETRÔNICA

O principal elemento da eletrônica é a placa de comando do cabeçote de impressão. Cada empresa desenvolve uma placa de circuito eletrônico específica para o comando de cada modelo de cabeçote produzido. Dessa forma, os alunos utilizaram a placa da marca *Lexmark* para o cabeçote de impressão térmica do

modelo X1270. A placa possui multicamadas, entre as quais estão dispostos componentes com encapsulamentos convencionais e componentes SMD (*Surface Mounting Devices* – Dispositivos de Montagem na Superfície).

A placa é alimentada por uma fonte de tensão de 30V DC, seguida por um circuito de proteção composto por capacitores, diodos, resistores. A transmissão de dados de comunicação entre o computador e o processador é realizada por meio de uma entrada USB (*Universal Serial Bus*). Assim, para alimentação de todo o circuito lógico, tem-se um regulador de tensão (CI SN105125), o qual é capaz de entregar até 1,2 V e 150 mA em sua saída. Além disto, este CI possui proteção à sobreaquecimento, que pode ser causado por curtos ou mal funcionamento de componentes adjacentes (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED, 2002).

Para isolamento da parte de comunicação de dados e do circuito de alimentação dos motores (que precisa de tensão relativamente elevada), é utilizado um circuito composto por amplificador operacional, diodos zenner e capacitores. O *clock* para processamento de dados é dado por um circuito RLC. Além disto, tem-se o CI ATMEL702-24C01A que consiste em uma memória EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*) (ATMEL CORPORATION, 2007) utilizada para conter os dados de processamento temporariamente e compensar a diferença de velocidade entre o microprocessador da placa e o computador.

Por fim, tem-se o microprocessador *Lexmark 18k0205* responsável por receber os dados da imagem a ser impressa, enviar comando ao motor que movimenta a mesa, enviar sinais de comando ao cabeçote de impressão e acionar o gotejamento de tinta quando necessário, além de receber informar dados da posição da mesma providos pelo sensor encoder em fita. Também estão dispostos na placa conectores do tipo fêmea para ligação dos motores e conector para o cabo *flat* da cabeça de impressão. A Figura 3.5 mostra a placa eletrônica descrita.



Figura 3.5 – Placa eletrônica.

3.3. – SOFTWARE RIP

Estudou-se um *software RIP* direcionado para impressão em papel pois este comunica-se com a placa lógica utilizada. Trata-se de programa intuitivo, de fácil acesso e com desempenho adequado à proposta do trabalho que foi implementado pelo fabricante da placa juntamente ao *driver* de comunicação entre o computador e as placas lógicas de mesmo modelo. Este *software* possui funções que possibilitam a configuração de detalhes de impressão, podendo ser utilizado por profissionais ou iniciantes. A imagem da Figura 3.6 apresenta o ambiente inicial.

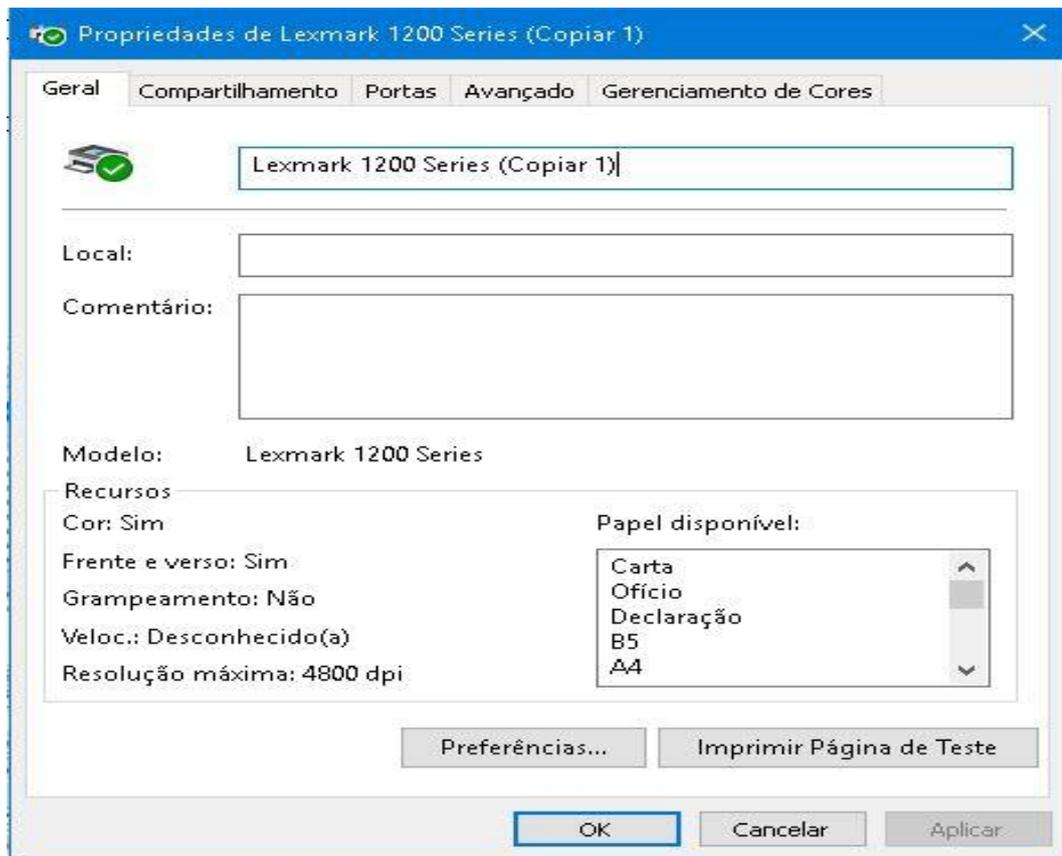


Figura 3.6 – Tela inicial do *software*.

Após a abertura do programa, tem-se a opção de “Preferências”, cujas funções possibilitam ajustes da qualidade, configuração de tamanho e layout de impressão. A Figura 3.7 ilustra o ambiente de “Configurações”. Na aba “Qualidade/Cópias” encontram-se duas opções que permitem o ajuste da velocidade em função da qualidade e definição da quantidade de cópias da estampa que se deseja realizar. A seleção de melhor qualidade implica na redução da velocidade de impressão.

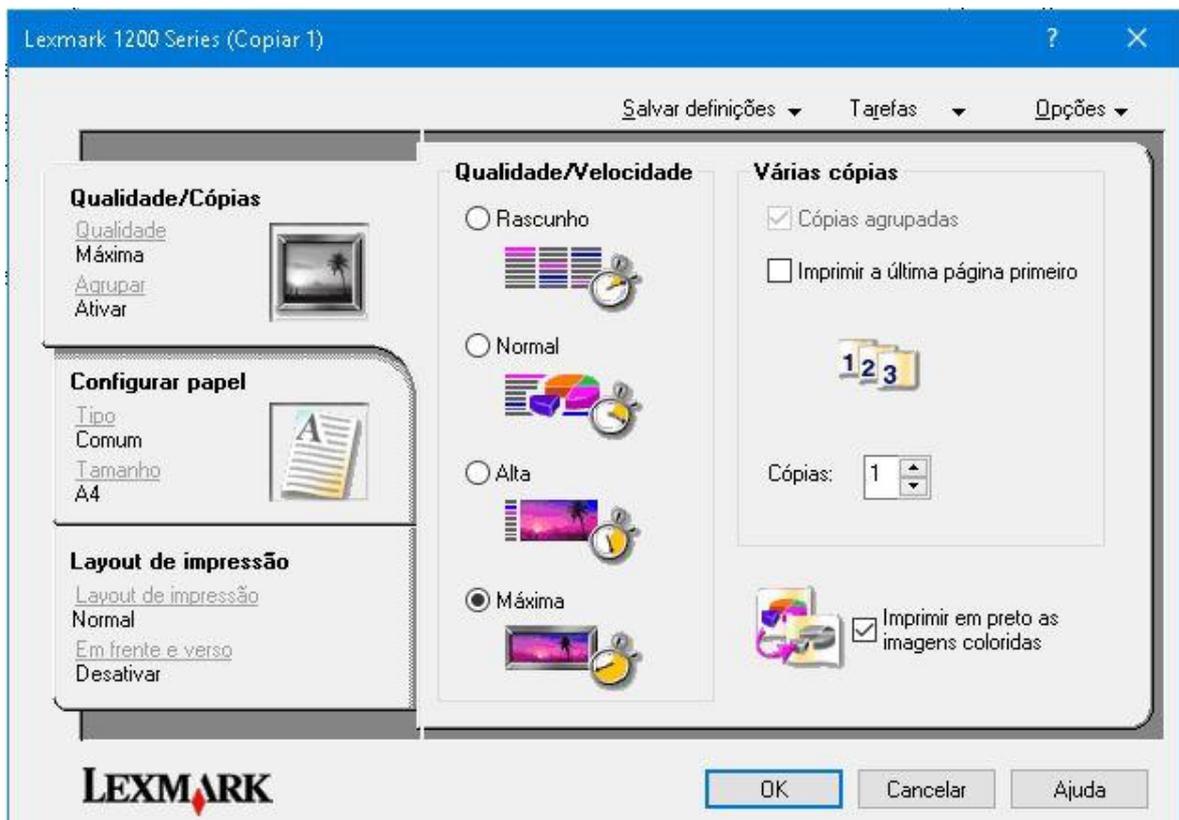


Figura 3.7 – Janela de configurações da impressora.

A aba “Configurar papel”, apresentada na Figura 3.8, foi utilizada para definir o tamanho máximo da estampa.

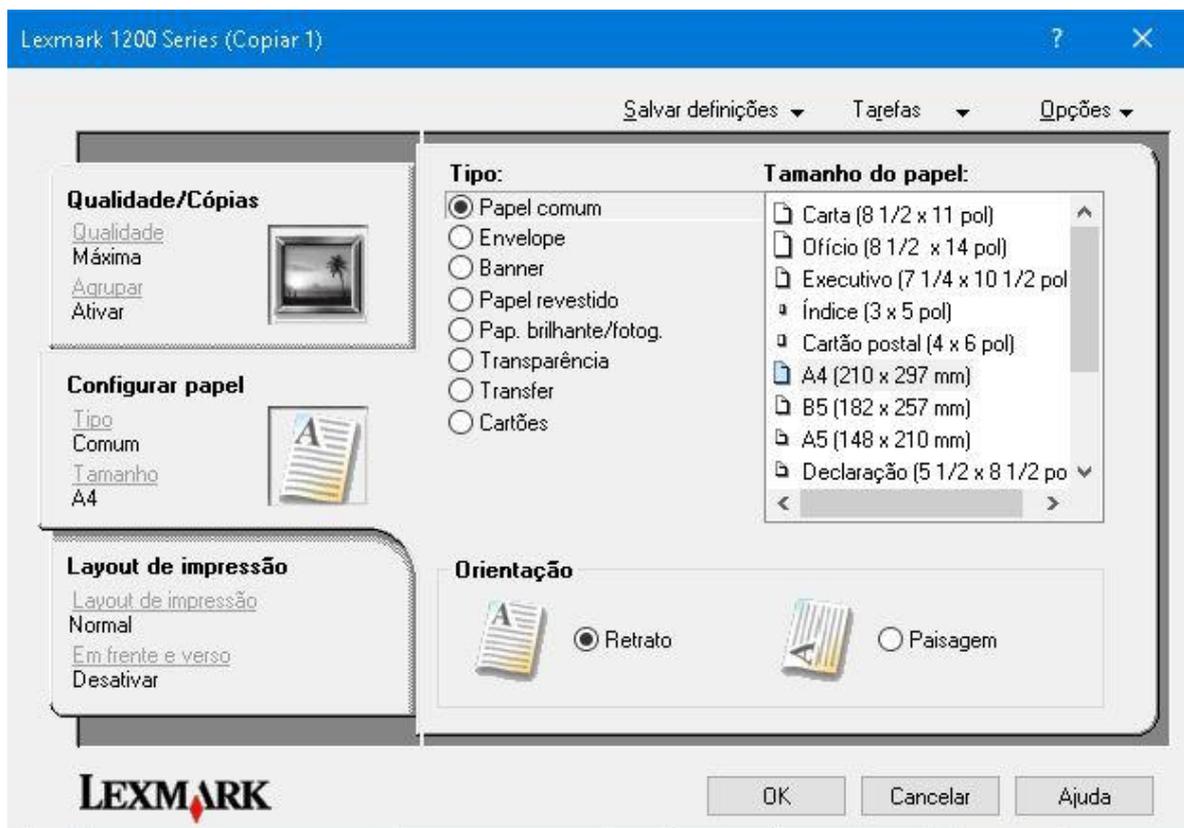


Figura 3.8 – Configurações do papel.

A terceira aba de configuração denomina-se “Layout de impressão”. Nesta, é possível escolher o modelo de impressão a ser realizada, sendo a opção “Espelhado” indicada para a técnica de estamperia por sublimação, conforme apresentado na Figura 3.9.



Figura 3.9 – Configurações do layout de impressão.

Além disto, o *software* permite o monitoramento das estampas a serem realizadas e da quantidade de tinta existente nos reservatórios.

4- TESTES E RESULTADOS

Nesse capítulo são descritos os resultados obtidos em cada etapa do trabalho.

Após o projeto, foi construída a máquina apresentada nas Figuras 4.1 e 4.2. Nesta, estão dispostos os componentes mecânicos e eletrônicos previstos. Devido ao alto custo da cabeça de impressão específica para tecidos, utilizou-se cabeçote para impressão em papel, a qual não é a mais adequada mas mostrou-se suficiente para validação da máquina projetada. Assim, a fim de averiguar o funcionamento do que foi montado, foram realizados testes de movimentação da máquina de acordo com a imagem a ser impressa. Os resultados foram favoráveis, o que indica que a mecânica se comunica com o computador através da eletrônica de forma bem sucedida e adequada ao propósito do projeto.

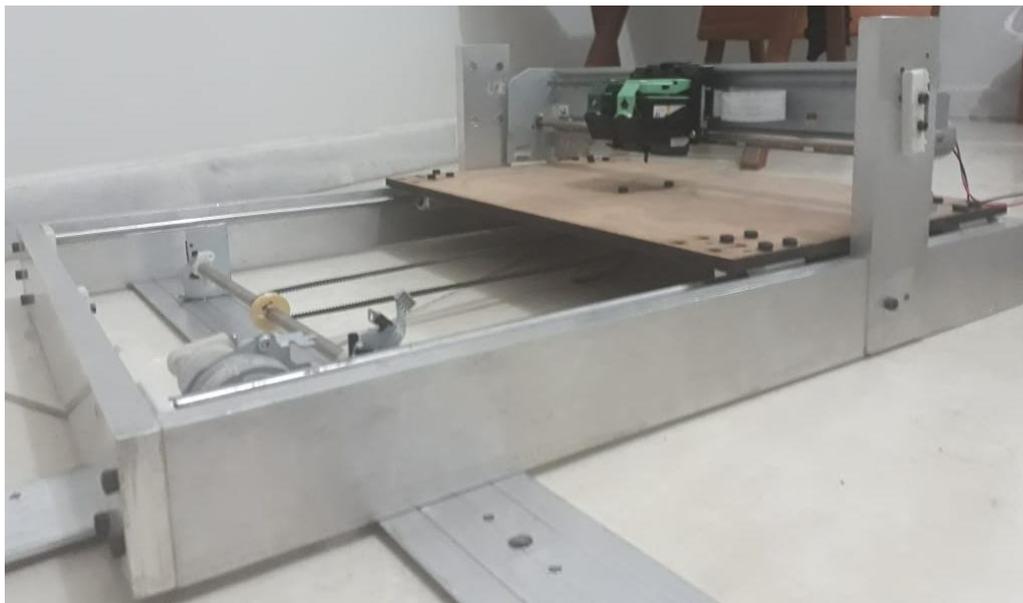


Figura 4.1 - Estrutura do projeto construída.



Figura 4.2 – Vistas superior (à esquerda) e frontal (à direita) da máquina construída.

A calibração do cabeçote de impressão foi realizada por meio da impressão de uma página de teste que permite visualizar os efeitos do alinhamento dos *noozles* com a mesa. Um desalinhamento causa erros na impressão de linhas horizontais e verticais. Ao analisar a impressão mostrada na Figura 4.3, percebe-se que o alinhamento da cabeça de impressão foi bem sucedido, pois não houve erros significativos ou manchas na imagem.

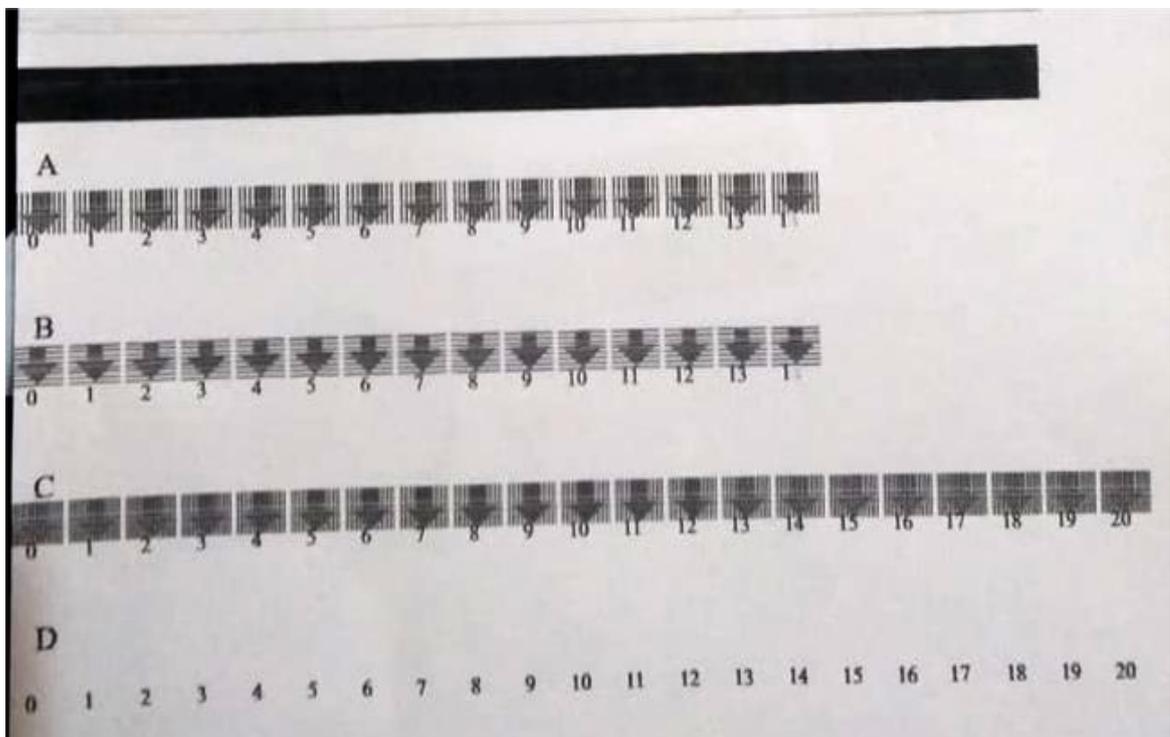


Figura 4.3 - Impressão em papel para averiguação do alinhamento da cabeça de impressão.

Deste modo, fez-se a estampa mostrada na Figura 4.4 no papel para fins de teste, já que a cabeça de impressão e tinta utilizadas são próprias para impressão em papel. Neste teste, ocorreram manchas na estampa e pequenas distorções nos contornos que foram corrigidos posteriormente com o nivelamento da mesa e esticamento da correia de movimentação da cabeça de impressão.



Figura 4.4 - Estampa em papel.

Após correção dos erros que apareceram na impressão no papel, foram realizados testes de estampas em tecidos de algodão e poliéster. Os tecidos estampados são apresentados nas Figuras 4.5 e 4.6. Avaliando essas estampas, pode-se perceber que existem manchas nos tecidos, principalmente no algodão. Essas manchas se devem à inadequação da tinta utilizada e cabeça de impressão para impressão em tecidos, juntamente com erros no ajuste da distância do tecido até o cabeçote de impressão. A utilização desses materiais inadequados resulta na formação da gota de tinta diferente, em questões de cabeça e cauda, do que a gota formada com o uso de cabeçote e tinta de tecidos, o que influencia no espalhamento da tinta ao tocar o tecido e, conseqüentemente, na definição dos contornos da imagem. Todavia, as distorções nos contornos foram suficientemente pequenas para que se obtivesse nitidez e definição da cor preta utilizada, sendo que as estampas impressas em algodão ficaram mais escuras que as impressas em poliéster, mas os contornos das estampas deste ficaram mais bem definidos que os do tecido de algodão. Como era de se esperar, a impressão nos tecidos ficou mais clara que no papel.



Figura 4.5 – Estampas realizadas no tecido de poliéster.



Figura 4.6 - Estampas realizadas no tecido de algodão.

Para visualização da influência de um *software* de gerenciamento de impressoras e das cores, fez-se a comparação de uma estampa realizada em condições normais com uma estampa, cuja qualidade foi maximizada pelo *software*. O resultado mostrado na Figura 4.7 enfatiza a melhoria da qualidade e nitidez da estampa com a utilização do *software*, já que com a utilização do *software* obteve-se melhoria na cor e definição dos contornos, além de diminuição nas manchas no tecido. Também pôde-se variar o tempo de impressão desejado, para impressão sem ajuste foi gasto cerca de 30 min e em máxima qualidade cerca de 01min44s.



Figura 4.7 - Estampa realizada com ajuste em *software* RIP (à esquerda) e estampa realizada sem ajuste de qualidade (à direita).

Além disto, foram realizados testes de comparação de qualidade das estampas mostradas anteriormente com estampas realizadas com as técnicas de *silk* digital, *silk screen* e sublimação, estampadas por empresas externas para validação da eficiência da técnica de *silk* digital, conforme apresentado a seguir.

4.1 – TESTE DE LAVAGEM

O teste de lavagem, conforme apresentado no capítulo 2.2.4 deste trabalho, objetiva aferir a qualidade e resistência da estampa à lavagem. Dessa forma, os tecidos estampados foram submetidos a cinco lavagens manuais com utilização de sabão neutro, de forma a obter resultado similar ao dos testes recomendados pela AATCC.

As Figuras 4.8a a 4.8d apresentam, respectivamente, a estampa original (sem lavagem), e os resultados da primeira, terceira e quinta lavagem realizadas no tecido estampado por sublimação. Destaca-se a alteração da qualidade da estampa desde a primeira lavagem, com desbotamento da tinta. A partir da terceira lavagem torna-se perceptível a ocorrência de manchas no tecido e a redução da nitidez da estampa. Após a quinta lavagem a estampa apresentou qualidade muito inferior à da estampa original, com tonalidade fraca e ocorrência de manchas.



Figura 4.8a – Tecido estampado por sublimação antes do teste de lavagem.



Figura 4.8b – Tecido estampado por sublimação após a primeira lavagem.



Figura 4.8c – Tecido estampado por sublimação após a terceira lavagem.



Figura 4.8d – Tecido estampado por sublimação após a quinta lavagem.

As Figuras 4.9a a 4.9d apresentam o resultado das lavagens sucessivas do tecido estampado por silk screen. Diferentemente da estampa de sublimação, não houve alteração perceptível da qualidade da estampa até a quarta lavagem. Na quinta lavagem notou-se a ocorrência de uma pequena falha na estampa e manchas ao redor (destacadas por círculos em vermelho na Figura 50).



Figura 4.9a – Tecido estampado por silk screen antes do teste de lavagem.



Figura 4.9b – Tecido estampado por silk screen após a primeira lavagem.



Figura 4.9c – Tecido estampado por silk screen após a terceira lavagem.

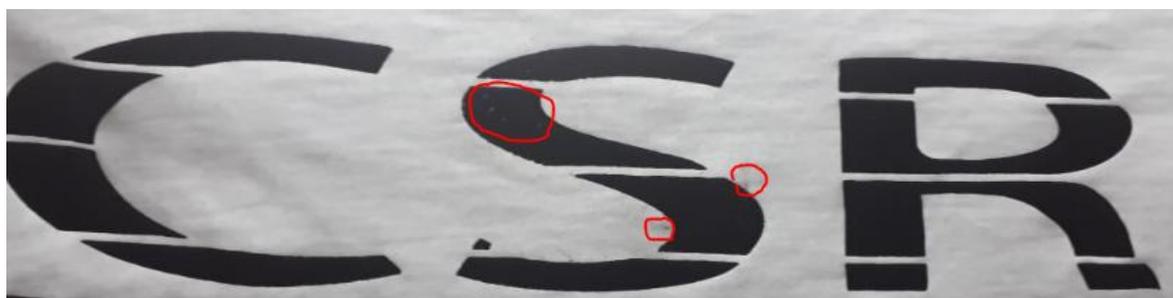


Figura 4.9d – Tecido estampado por silk screen após a quinta lavagem.

As Figuras 4.10a a 4.10d apresentam os resultados do teste de lavagem realizado para o tecido estampado pela tecnologia de *Silk Digital*. Nota-se que, quando comparada às duas tecnologias apresentadas anteriormente, a estampa

desse processo apresentou resultado superior em relação àquela produzida por sublimação, vez que o desbotamento e a ocorrência de manchas foram menores e resultado pouco inferior ao do processo de *Silk Screen*. Nesse último caso, a estampa oriunda do *Silk Digital* apresentou menor ocorrência de manchas e desbotamento ligeiramente superior, conforme mostrado nas figuras 51 a 54.



Figura 4.10a – Tecido estampado por *silk* digital antes do teste de lavagem.



Figura 4.10b – Tecido estampado por *silk* digital após a primeira lavagem.



Figura 4.10c – Tecido estampado por *silk* digital após a terceira lavagem.

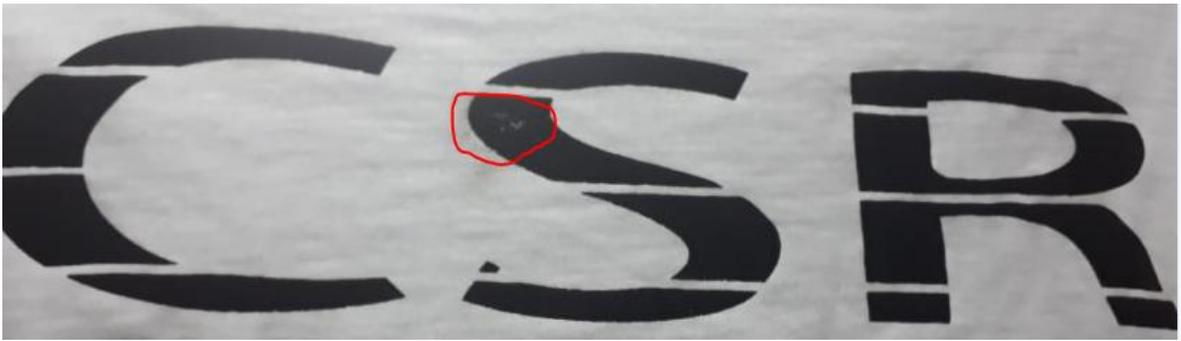


Figura 4.10d – Tecido estampado por *silk* digital após a quinta lavagem.

Já as Figuras 4.11a a 4.11d apresentam, respectivamente, a estampa original (sem lavagem), e os resultados da primeira, terceira e quinta lavagem realizadas no tecido de algodão estampado por *Silk* Digital pela máquina construída durante este trabalho. Comparando a Figura 55 com as estampas realizadas por empresas antes do teste de lavagem, percebe-se que a impressão da máquina projetada apresentou tonalidade mais fraca que as demais. Destaca-se, ainda, a alteração da qualidade da estampa desde a primeira lavagem, com o desbotamento da estampa e alteração da cor. Os resultados das lavagens seguintes foram o clareamento da estampa com acentuação da cor verde. Assim, após o ciclo de lavagem a estampa apresentou qualidade muito inferior à da estampa original, com tonalidade fraca, ocorrência de manchas e alteração da cor. Este resultado já era previsto devido à utilização da tinta para papel no tecido.



Figura 4.11a – Tecido de algodão estampado por *silk* digital, pela máquina projetada, antes do teste de lavagem.



Figura 4.11b – Tecido de algodão estampado por *silk* digital, pela máquina projetada, após a primeira lavagem.



Figura 4.11c – Tecido de algodão estampado por *silk* digital, pela máquina projetada, após a terceira lavagem.



Figura 4.11d – Tecido de algodão estampado por silk digital, pela máquina projetada, após a quinta lavagem.

As Figuras 4.12a a 4.12d apresentam, respectivamente, a estampa original (sem lavagem), e os resultados da primeira, terceira e quinta lavagem realizadas no tecido de poliéster estampado por *Silk Digital* pela máquina construída durante este trabalho. Comparando a Figura 59 com as estampas realizadas por empresas antes do teste de lavagem, percebe-se que a impressão da máquina projetada em poliéster também apresentou tonalidade mais fraca que as demais. Destaca-se, ainda, a alteração da qualidade da estampa desde a primeira lavagem, com o desbotamento praticamente completo da estampa. Assim, após o ciclo de lavagem a estampa desapareceu do tecido. Este resultado já era previsto devido à utilização da tinta para papel no tecido.



Figura 4.12a - Tecido de poliéster estampado por *silk* digital, pela máquina projetada, antes do teste de lavagem.



Figura 4.12b - Tecido de poliéster estampado por *silk* digital, pela máquina projetada, após a primeira lavagem.



Figura 4.12c - Tecido de poliéster estampado por *silk* digital, pela máquina projetada, após a terceira lavagem.



Figura 4.12d - Tecido de poliéster estampado por *silk* digital, pela máquina projetada, após a quinta lavagem.

4.2 - COMPARAÇÃO DE CUSTOS

Visando a verificar o custo da máquina projetada, foi elaborada a Tabela 4.1 que contém o preço unitário dos materiais utilizados na construção da impressora e o custo total do equipamento projetado/construído.

Tabela 4.1 - Custo da impressora projetada. Fonte: PLOTTER, 2018.

Material	Quantidade	Preço unitário (R\$)
Motor de passo	1	60,00
Motor DC	1	70,00
Placa eletrônica	1	69,90
Mancal fixo	4	12,00
Eixo retificado Lixo	3	17,00
<i>Pillow blocks</i>	4	16,40
Conjunto Engrenagem Correia	2	60
Barra chata (retangular) de alumínio	3	68
Cabeça de impressão para papel	1	79,29
MDF	2	4,20
Parafuso	20	1,95
Cabeça de impressão DTG	1	1990,00
Custo total do equipamento construído	-	815,19
Custo total do equipamento projetado (com a cabeça de impressão DTG)	-	2.725,90

Para a validação do maquinário proposto foi realizada análise de mercado e verificou-se que existem duas grandes empresas atuando na área de impressoras têxteis. Assim, foram selecionadas máquinas com tecnologia semelhante à da impressora projetada para comparação de preços, conforme apresentado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Comparação do valor das principais impressoras DTG comerciais e a impressora projetada. Fontes: FABRIPRINT (2018) e EPSON (2018).

Impressoras	Preço R\$
Projetada	2.725,90
Epson	68.604,20
Anajet	10.598,46

Com os preços apresentados, pode-se constatar que o equipamento projetado apresenta custo inferior aos modelos encontrados no mercado, atendendo ao objetivo do trabalho.

5- CONCLUSÕES

O estudo apresentado neste trabalho apontou a viabilidade da tecnologia de *Silk* digital e da construção de uma impressora com objetivo de reduzir custos do processo de estamparia, uma vez que o projeto elaborado e o funcionamento da máquina construída apresentaram resultados satisfatórios.

A qualidade de imagem das estampas realizadas se mostrou adequada para validação da máquina. As alterações de qualidade relacionadas à regulagem da distância entre a mesa e o cabeçote de impressão (que varia de acordo com a espessura do tecido) e à utilização de cabeçote e tinta próprios para impressão em papel – que também influenciou a fixação da estampa no tecido – são aspectos que indicam a possibilidade de aprimoramento do equipamento.

Em relação ao teste de comparação das estampas produzidas por empresas externas em diferentes tecnologias, resultou comprovada a adequabilidade da tecnologia de *Silk* Digital para a produção de estampas em tecidos, já que o desempenho desta tecnologia nos testes realizados foi próximo ao da tecnologia de *Silk Screen* e superior ao da tecnologia de sublimação. Destaca-se que a maior praticidade e menor dispêndio de tempo para o processo de estamparia por *Silk* Digital, em relação ao *Silk Screen*, constitui uma vantagem dessa tecnologia que a consolida como uma boa alternativa para a confecção de estampas.

A comparação do custo de fabricação da impressora projetada neste trabalho com o das impressoras comerciais comprovou a viabilidade econômica do projeto, vez que este apresentou custo muito inferior ao dos equipamentos comercializados atualmente.

Por fim pôde-se evidenciar a importância do *software* na gestão e eficiência do processo de estamparia, e para a melhor regulagem das cores e qualidade da estampa. Assim, conclui-se que foram cumpridos todos os objetivos (geral e específicos) propostos para este trabalho.

6- PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, propõe-se alternativas que permitam o aprimoramento do equipamento desenvolvido neste trabalho, como:

- Implementação de um equipamento capaz de utilizar maior diversidade de cores, com tecnologia que permita ao usuário imprimir em tecidos de outras tonalidades;
- Agregar outras partes do processo de estamaria, como o pré-tratamento principalmente para tecidos coloridos, e o pós-aquecimento;
- Aumento do tamanho de impressão da estampa, para permitir processos de estamaria em larga escala;
- Implementar circuito de controle da mesa que dê mais liberdade ao usuário de forma automatizada;
- Automatizar o ajuste da distância entre a mesa e a cabeça de impressão de acordo com a espessura do tecido utilizado.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AATCC. **AATCC Standards**. Disponível em: <<https://www.aatcc.org/test/methods/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

ABAL. Associação Brasileira do Alumínio. **Vantagens do Alumínio**. Disponível em: <<http://abal.org.br/aluminio/vantagens-do-aluminio/#accordion1>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

ABECOM. **Transmissão de potência nos sistemas de transmissão mecânica**. 2017. Disponível em: <<https://www.abecom.com.br/transmissao-de-potencia/>>. Acesso em: 01 out. 2018.

AÇO ESPECIAL. **Aço SAE 1045 E Suas Propriedades**. Disponível em: <<http://www.acoespecial.com.br/aco-sae-1045-propriedades>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

AMAZON. **Bloco de descanso**. Disponível em: <<https://www.amazon.com/Thomson-supported-applications-self-aligning-Diameter/dp/B001VY00ZY>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

ANAJET. **The Ricoh Ri100**. Disponível em: <<https://anajet.com/ri100/>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

ARDUINO E CIA. **Como usar o driver A4988 com motor de passo Nema 17**. 2015. Disponível em: < <https://www.arduinoecia.com.br/2015/03/driver-a4988-com-motor-de-passo-nema-17.html> > . Acesso em: 23 mar. 2018.

ATMEL CORPORATION. **Two-wire Serial EEPROM: AT24C01A**. 2007. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc0180.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

BRITES, Felipe Gonçalves; SANTOS, Vinicius Puga de Almeida. **Motor de Passo**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2008. 15 p.

CARLOS, Leonardo Haddad. **Tutoriais Arduino #6: Introdução ao Arduino**. 2016. Disponível em: <<http://hardwarelivreusp.org/2016/11/20/arduino-6intro/>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

CIE, Cristina. **Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 161: Ink Jet Textile Printing**. Cambridge: Elsevier, 2015. 188 p.

CITISYSTEMS. **Motor CC**. 2017. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/motor-cc/>>. Acesso em 11 de novembro de 2018.

ELETRIC, Superior. **STEP MOTORS**. Charlotte: Danaher Motion, 2003.

ELETRONICA PT. **Motores de passo (passo a passo)**. Disponível em: <<https://www.electronica-pt.com/motores-passo>>. Acesso em: 15 maio 2018.

EMBARCADOS. **Arduíno uno**. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

ENCOPEL. **Comercio de rolamentos e peças**. Disponível em: <http://www.gtxe.com.br/novosite_encopel/index.php/mancais-de-rolamento/>. Acesso em: 8 jun. 2018.

EPSON. **SureColor F2100**. 2018. Disponível em: <<https://www.epson.pt/products/printers/large-format-printers/surecolor-sc-f2100-5c>>. Acesso em: 23 dez. 2018.

FABRIPRINT. **Especificações RICOH Ri 100**. 2018. Disponível em: <<https://www.fabriprint.pt/blog/impressao-digital/impressao-direta-em-textil/conquistas-da-ricoh-ri-100/>>. Acesso em: 23 dez. 2018.

FIXPAR. **Soluções em furação**. Disponível em: <<https://www.fixpar.com.br/produtos/barra-roscada-unc/205>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

FONSECA, Alcir B. **CURSO DE MANUTENÇÃO DE IMPRESSORAS**. 2018.

GORGANI, Atashed Soleimani; SHAKIB, Najva. Single-phase ink-jet printing onto cotton fabric. **Coloration Technology: Society of Dyers and Colourists**. Tehran, Iran, p. 109-113. Mai. 2012.

GRAPHICA CARIOCA. **Silk Screen Serigrafia Telas Reveladas**. Disponível em: <<https://graficacarioca.mercadoshops.com.br/silk-screen-serigrafia-telas-reveladas>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

HIBBELER, R.c.. **Resistência dos materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010. 659 p.

IMPORTS, Lig. **SUORTE PARA EIXO LINEAR**. Disponível em: <<https://www.ligimports.com.br/suorte-sk16-para-eixo-linear-16mm>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

INSTITUTO NCB. **Como funcionam os encoders (MEC128)**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/5454-mec128>>. Acesso em: 02 out. 2018.

KALATC. **Automação**. Disponível em: <<http://www.kalatec.com.br/produtos/fusos-de-esferas/>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

LAB, 3d. **Pillow Block**. Disponível em: <<https://3dlab.com.br/produto/pillow-block-sc8uu/>>. Acesso em: 28 maio 2018.

LIAO, Shen-kung; CHEN, Huo-yuan. Ink-jet printing of nylon fabric using reactive dyestuff. **Coloration Technology: Society of Dyers and Colourists**. Taiwan, p. 390-395. jun. 2011.

LEVINBOOK, Miriam. **DESIGN DE SUPERFÍCIE: TÉCNICAS E PROCESSOS EM ESTAMPARIA TÊXTIL PARA PRODUÇÃO INDUSTRIAL**. 2008. 105 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://ppgdesign.anhembi.br/wp-content/uploads/dissertacoes/13.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2018.

LUPULLEY OFICIAL STORE (Org.). **Lupulley XL Correia Dentada Polia Conjunto de Redução**: Acessórios Da Máquina de Gravura do NC jogo Da Engrenagem Da Polia. Disponível em: <<https://pt.aliexpress.com/item/LUPULLEY-Timing-Belt-Pulley-XL-Reduction-2-1-30T-15T-Shaft-Center-Distance-100mm-Engraving-Machine/32813681427.html>>. Acesso em: 02 out. 2018

MABUCHIMOTOR. **RS-385SH**. Disponível em: <<http://descargas.cetronic.es/RS-385SH.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

MALIK, S K; KADIAN, Savita; KUMAR, Sushil. **Advances in ink-jet printing technology of textiles**. *Indian Journal Of Fibre & Textile Research*. Bhiwani, India, p. 99-113. mar. 2005. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/bd2d/121bde02929b1c5ae0971e1beec0c538968f.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

MITSUMI (Japão). **Stepping Motors**: M49SP-3KA. Disponível em: <https://www.mitsumi.co.jp/latest/Catalog/pdf/motor_m49sp_3k_e.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2018.

NCB, Instituto. **Como funciona motor elétrico**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/2829-mec060>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

NOPPAKUNDILOGRAT, *Supaporn et al. Modified chitosan pretreatment of polyester fabric for printing by ink jet*. **Elsevier: Carbohydrate Polymers**. Thailand, p. 1124-1135. abr. 2010.

PHATTANARUDEE, S.; CHAVATTANATHAM, K.; KIATKAMJORNWONG, S.. *Pretreatment of silk fabric surface with amino compounds for ink jet printing*. **Elsevier: Progress In Organic Coatings**. p. 405-418. fev. 2008.

PEZZOLO, Dinah Bueno. **Tecidos - História, Tramas, Tipos e Usos**. Senac, 2009.

PLÁSTICOS, Moldes Injeção. **TABELAS COM VALORES PARA APLICAÇÕES DE TERMOPLÁSTICOS**. Disponível em: <<http://moldesinjecaoplasticos.com.br/tabelas-com-valores-para-aplicacoes-de-termoplasticos/>>. Acesso em: 28 mai. 2018.

PLOTTER, Sp. **CABEÇAS DE IMPRESSÃO**. Disponível em: <https://www.spplotter.com.br/cabecas-de-impresao?gclid=Cj0KCQiA7briBRD7ARIsABhX8aBAVi_DtFzinuCHbYMS8eKyi5Dqjd6HWt6hkB4oRRvEPZFqqM_Oo4aAk8OEALw_wcB>. Acesso em: 23 dez. 2018.

RICOH. **Catálogo RICOH Ri 100**. 2017. Disponível em: <<https://www.fabriprint.pt/media/catalog/product/pdf/CatalogoRicoHri100%20DTG-Direct%20toGarment.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2018.

ROBOLIV.RE. **Ponte H**. 2013. Disponível em: <<http://www.roboliv.re/conteudo/ponte-h>>. Acesso em: 05 jan. 2019.

RUTHSCHILLING, Evelise Anicet; LASCHUK, Tatiana. **Processos contemporâneos de impressão sobre tecidos**. 2013. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/5140/514051625004/>>. Acesso em: 01 mai. 2018.

SANTOS JUNIOR, Auteliano Antunes dos. **Engrenagens Cilíndricas de Dentes Retos**. Campinas: UNICAMP, 2002. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~lafer/em618/pdf/Apostila%20Engrenagens%204.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2018.

SIEMENS. **Motores de Corrente Contínua: Guia Rápido Para Uma Especificação Precisa**. 2016. Disponível em:

<http://www.marioloureiro.net/tecnica/electrif/Motores_CC_ind1.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2018.

SILK SCREEN CURSOS E OFICINAS. **Estampa Localizada e Estampa Corrida, saiba qual a diferença e os tipos existentes na serigrafia têxtil.** 2015. Disponível em: <<http://cursodesilkscreen.com.br/estampa-localizada-e-estampa-corrada-saiba-qual-a-diferenca-e-os-tipos-existent-na-serigrafia-textil/>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

TECNOLOGIA, Hi. **Automação Industrial: Encoders.** 2017. Disponível em: <<https://www.hitecnologia.com.br/blog/o-que-%C3%A9-encoder-para-que-serve-como-escolher-como-interfacear/>>. Acesso em: 05 jan. 2019

TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. **SN105125. 150-mA LOW DROPOUT REGULATOR WITH POK** . Disponível em: <<http://www.ti.com/general/docs/lit/getliterature.tsp?genericPartNumber=sn105125&fileType=pdf/>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

UJIIE, H. **Digital printing of textiles.** Cambridge: Woodhead Publishing Limited And Crc Press Llc, 2006. 385 p.

VISÃO. **Rolamentos e acoplamentos.** Disponível em: <<http://www.visaorolamentos.com.br/mancais-rolamentos-pillow-block.php>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

WANG, Chunying; WANG, Chaoxia. Surface Pretreatment of Polyester Fabric for Ink Jet Printing with Radio Frequency O2 Plasma. **Fibers And Polymers.** Wuxi, China, p. 223-228. nov. 2009.

YAMANE, Laura Ayako. **ESTAMPARIA TÊXTEL.** 2008. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Artes Visuais, Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

YUE, C. W. M. et al. A Two-Bath Method for Digital Ink-jet Printing of Cotton Fabric with Chitosan. **Fibers And Polymers**. Hong Kong, China, p. 625-628. nov. 2007.

8 - APÊNDICES

APÊNDICE A - SIMULAÇÃO DOS ESFORÇOS NA ESTRUTURA DA IMPRESSORA

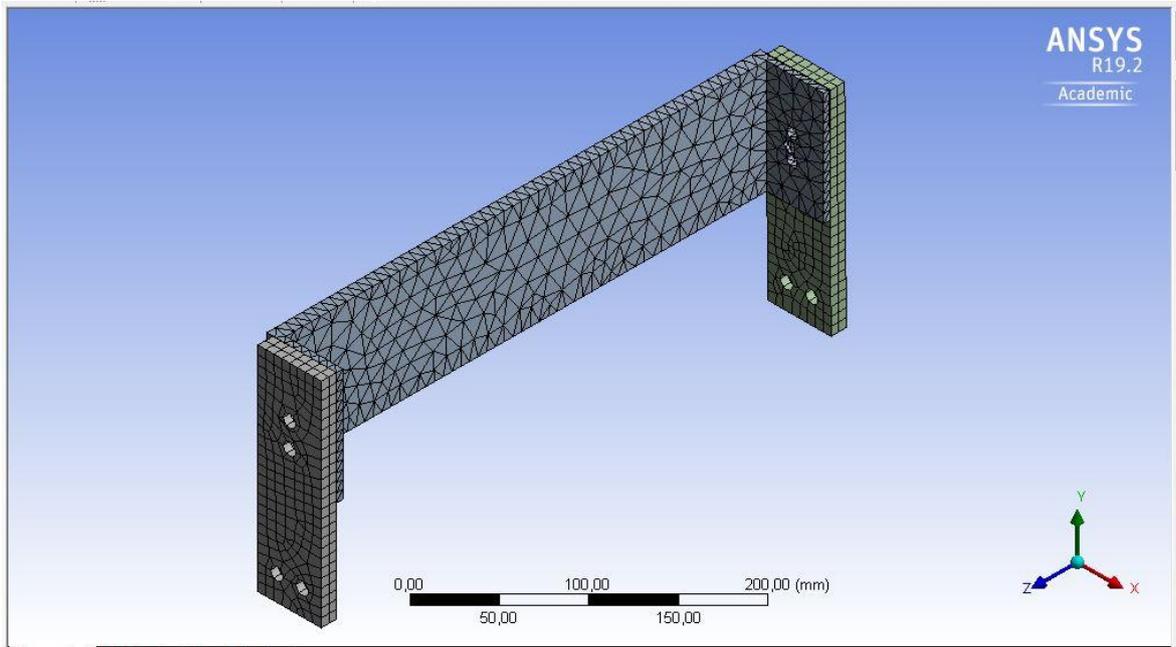


Figura A.1 - Estrutura superior construída para simulação.

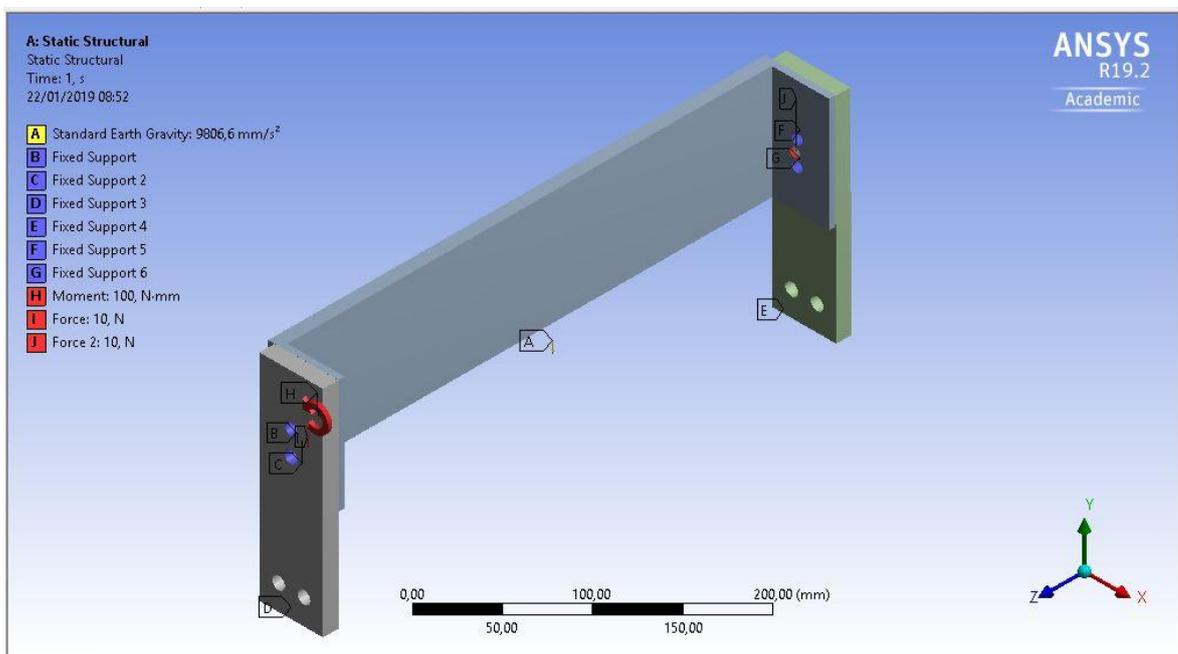


Figura A.2 - Detalhes da simulação realizada.

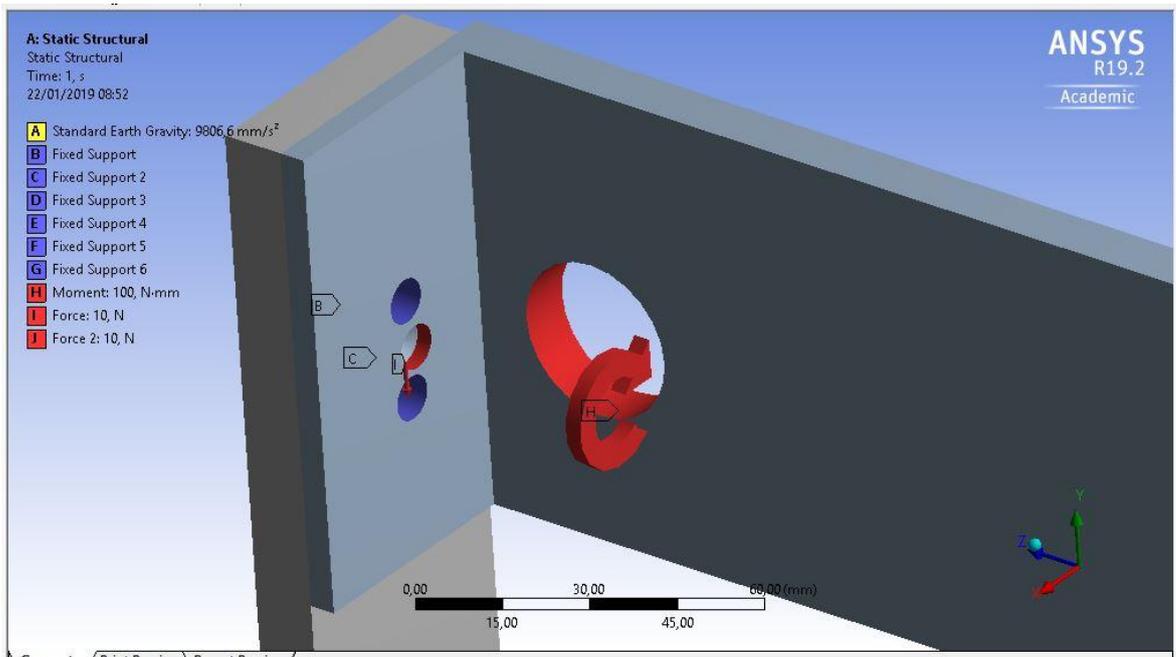


Figura A.3 - Detalhes da simulação realizada.

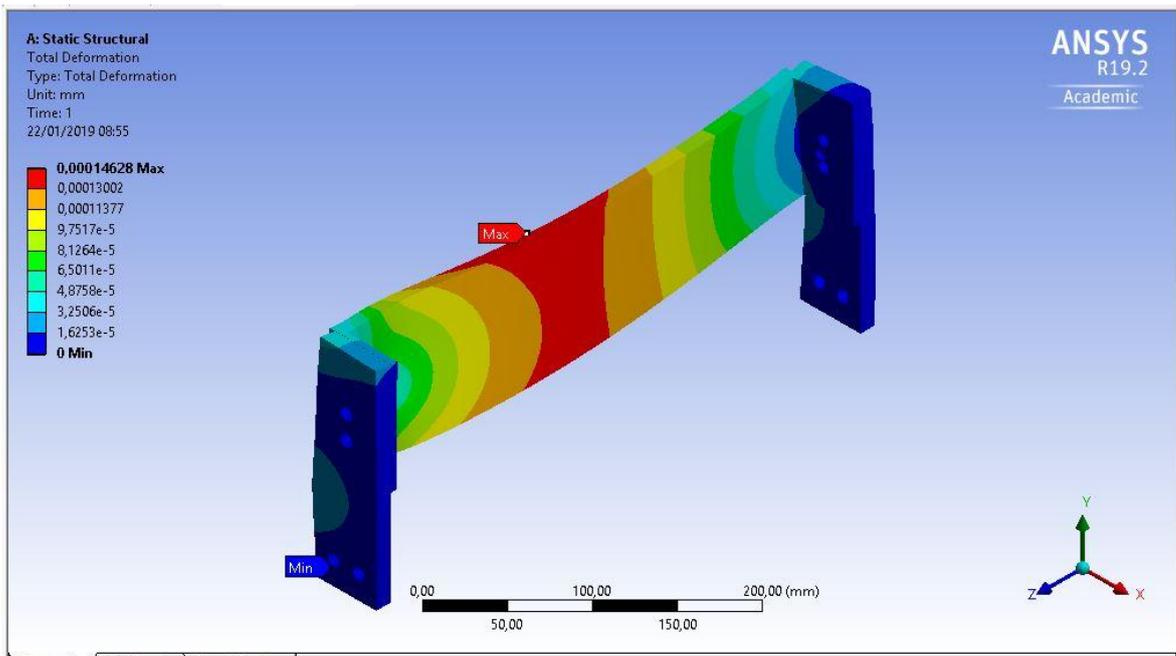


Figura A.4 - Detalhes da deformação na simulação realizada.

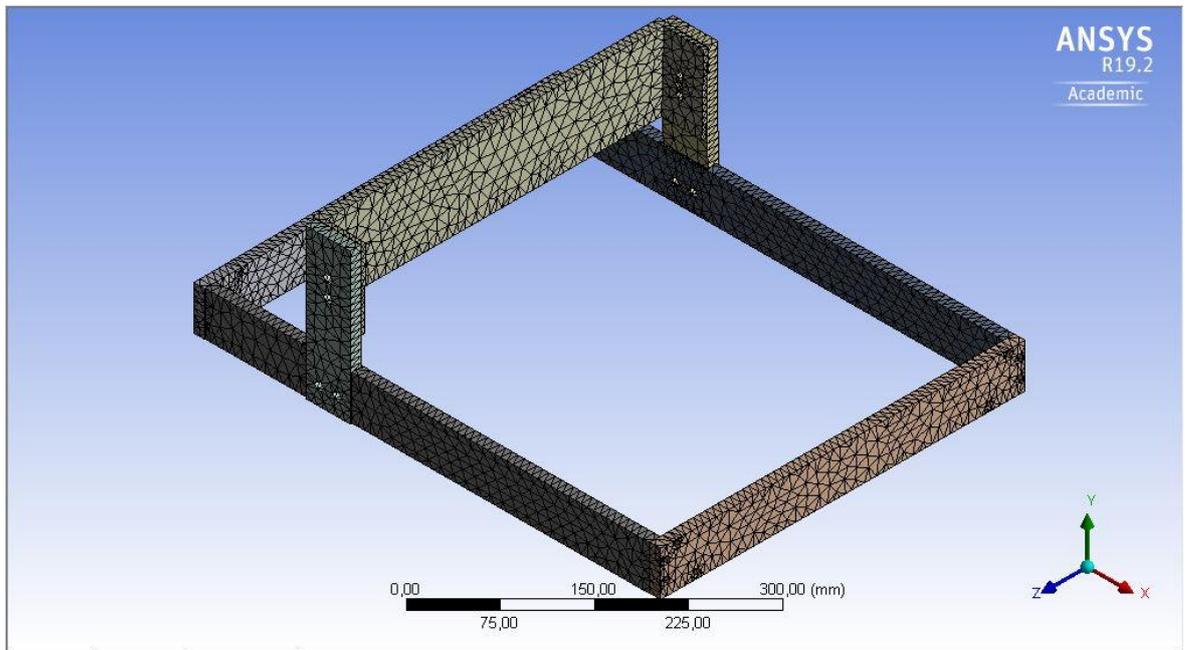


Figura A.5 - Detalhes da malha elaborada para simulação no *software* Ansys.

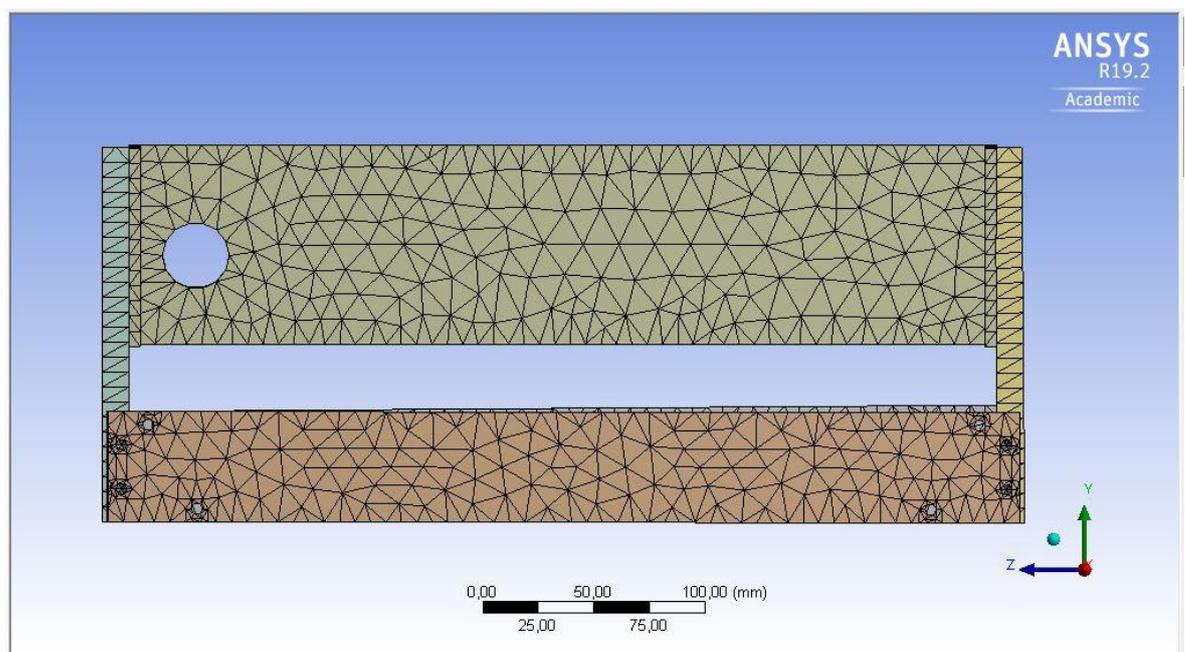


Figura A.6 - Vista traseira da malha elaborada para simulação no *software* Ansys.

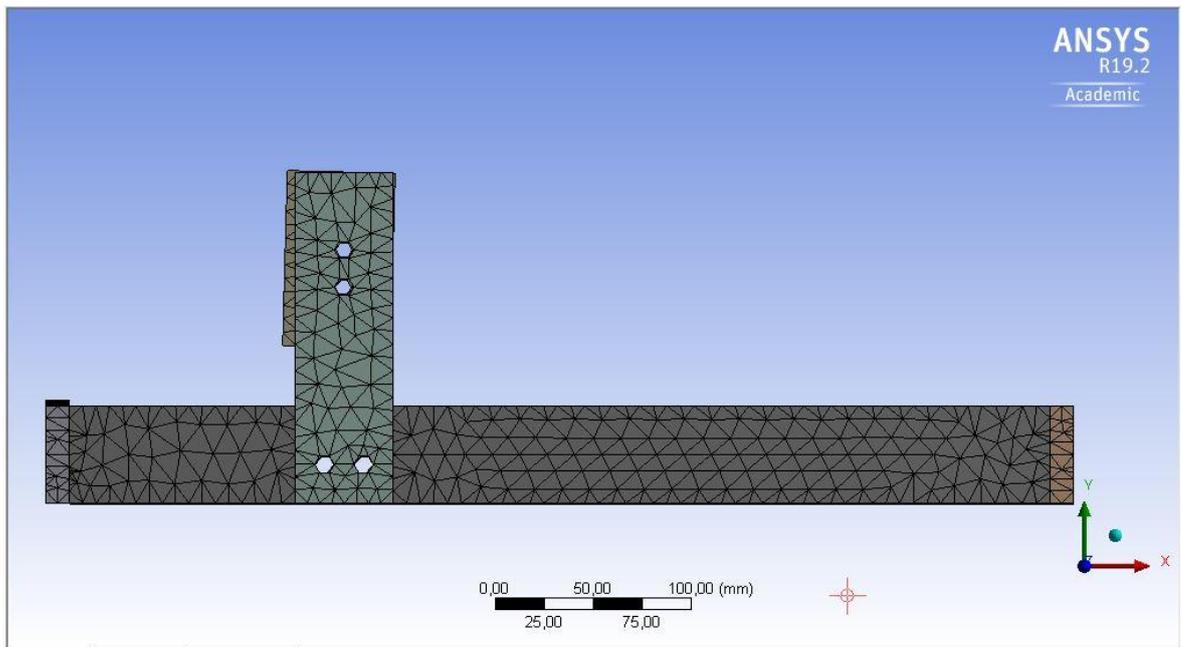


Figura A.7 - Vista lateral da malha elaborada para simulação no software Ansys.

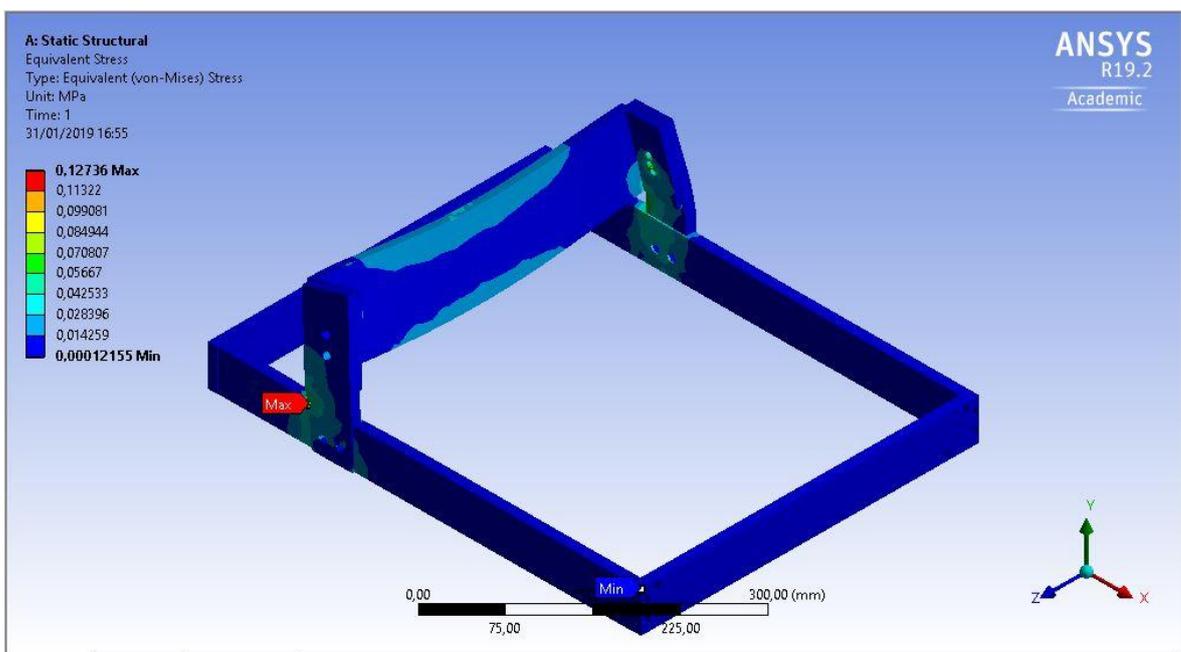


Figura A.8 - Tensão máxima na parte inferior da estrutura – 0,12376 MPa.

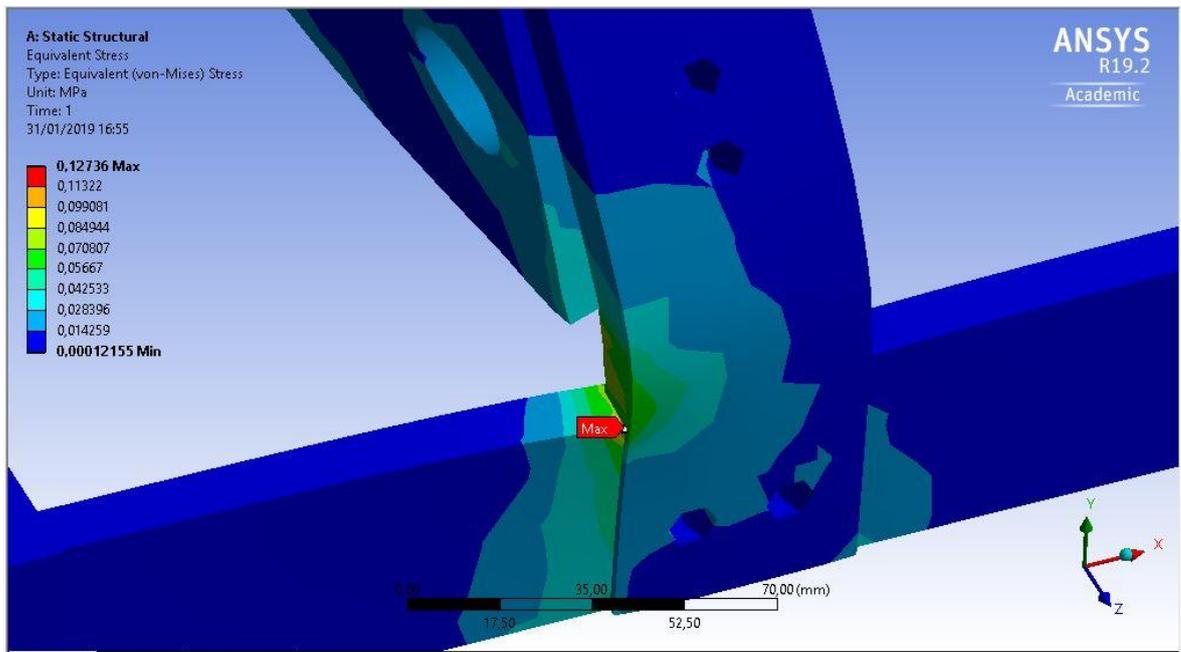
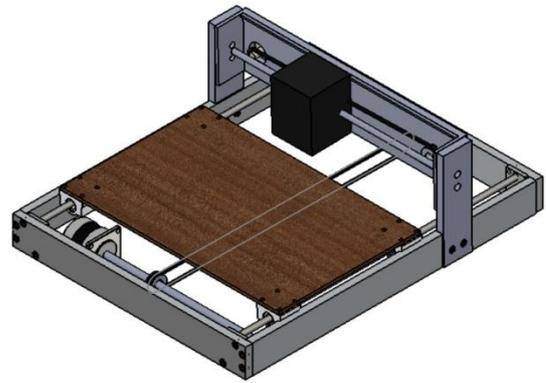
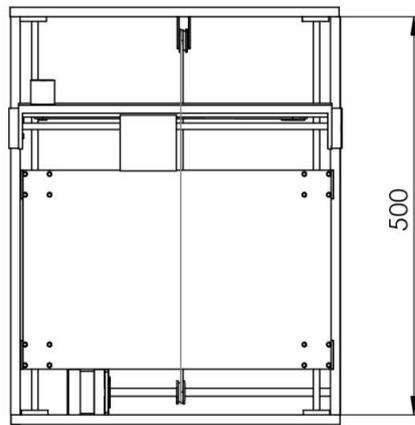
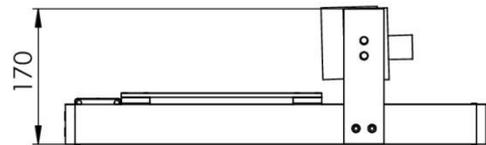
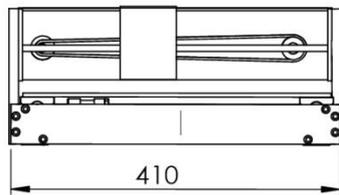


Figura A.9 - Detalhe da figura A.8.

APÊNDICE B - DESENHOS TÉCNICOS

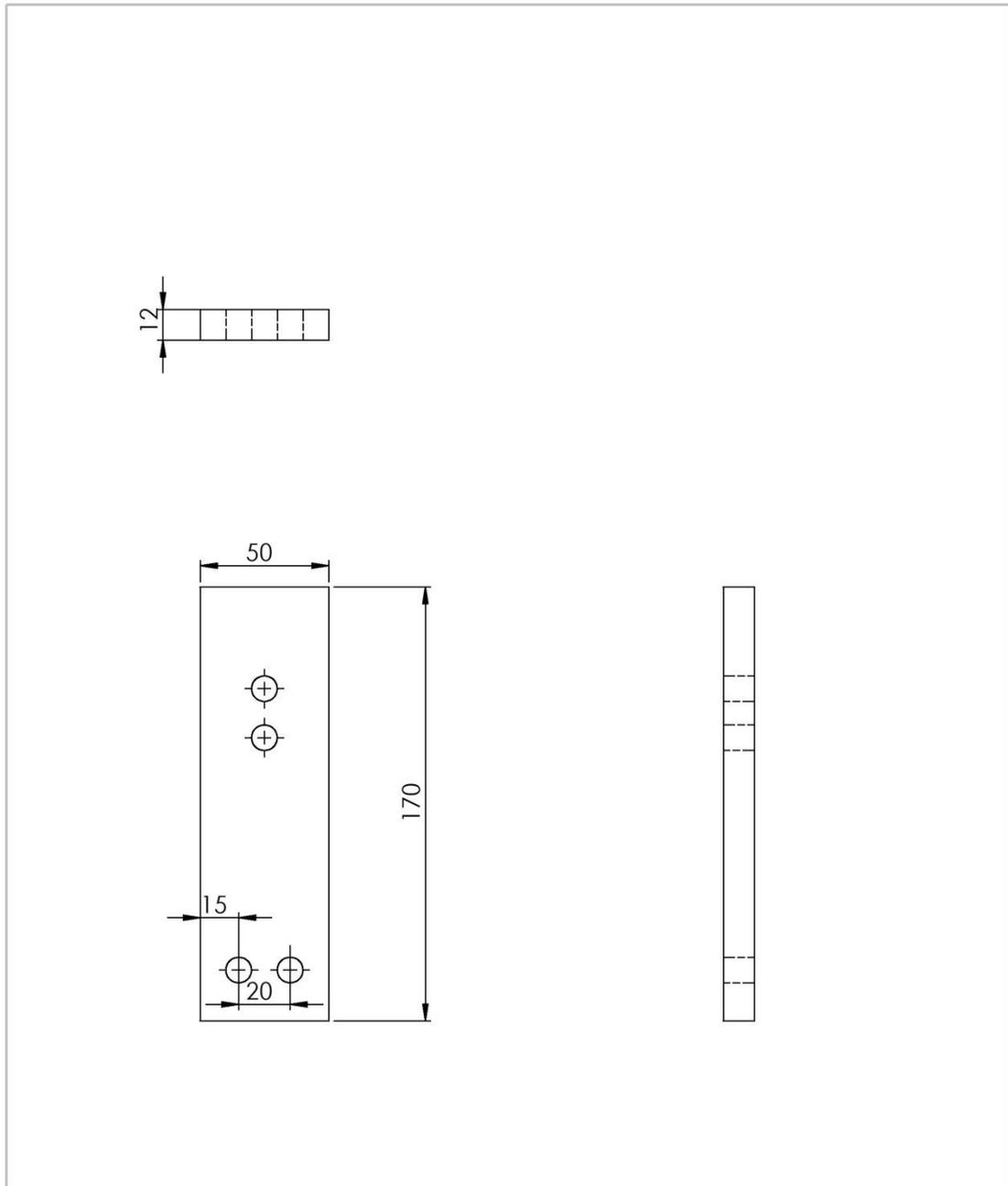


Vista isométrica



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO	
Autores	DATA	TÍTULO: Vista geral	
Julie Correia Miranda	27/12/2019		
Valeri Rodrigues e Costa			
		DES. Nº	A4
		MATERIAL:	01
		PESO:	ESCALA: 1:7
		FOLHA 1 DE 1	

Figura B1 - Desenho técnico da impressora.



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS			NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		
Autores		DATA	TÍTULO:		
Julie Correia Miranda			Apoio Lateral		
Valeri Rodrigues e Costa					
			DES. Nº		A4
		MATERIAL:	02		
		ALUMÍNIO			
		PESO:	ESCALA: 1:2	FOLHA 1 DE 1	

Figura B2 - Desenho técnico do suporte lateral da impressora.

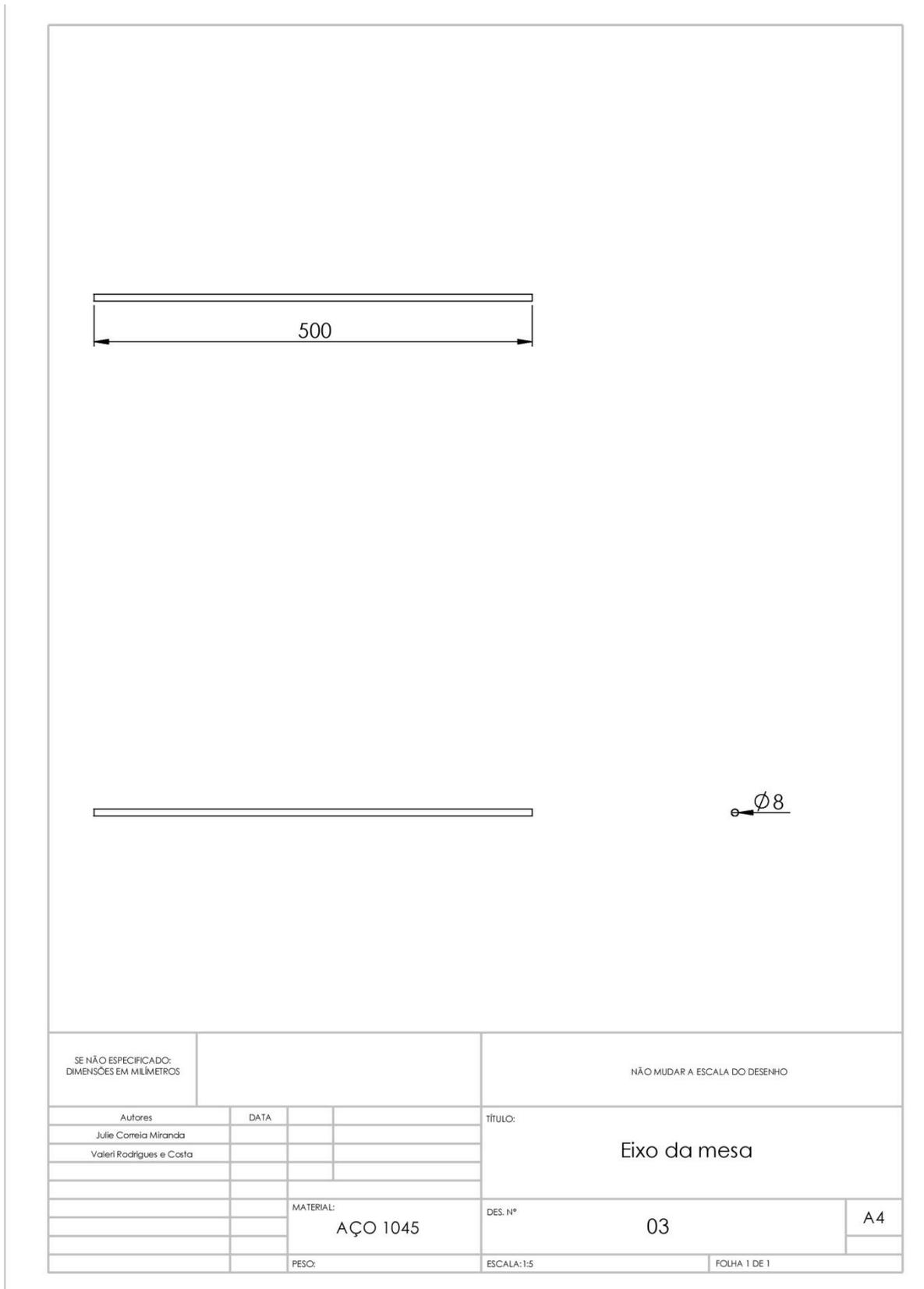


Figura B3 - Desenho técnico do eixo da mesa da impressora.

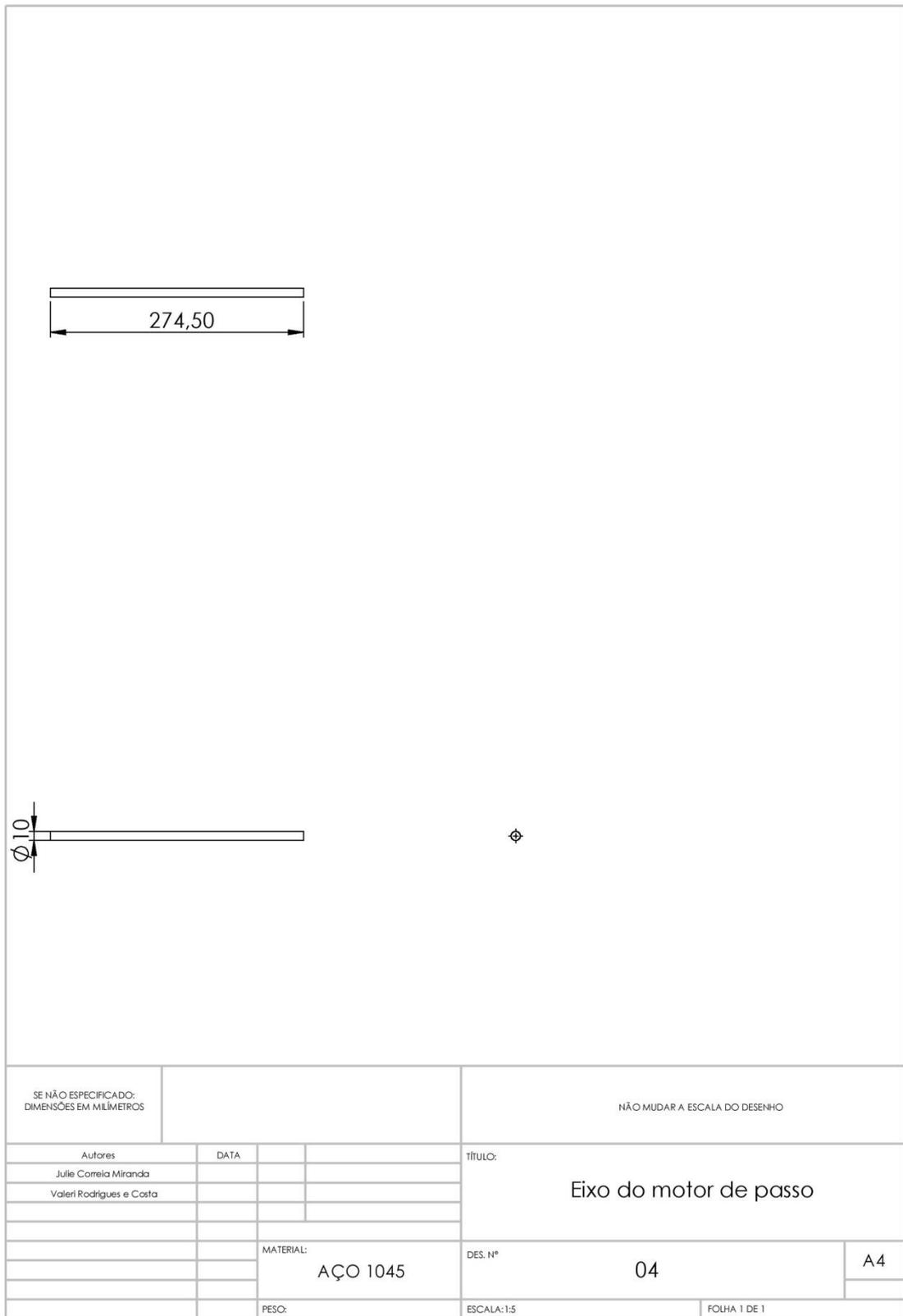


Figura B4 - Desenho técnico do eixo do motor de passo da impressora.

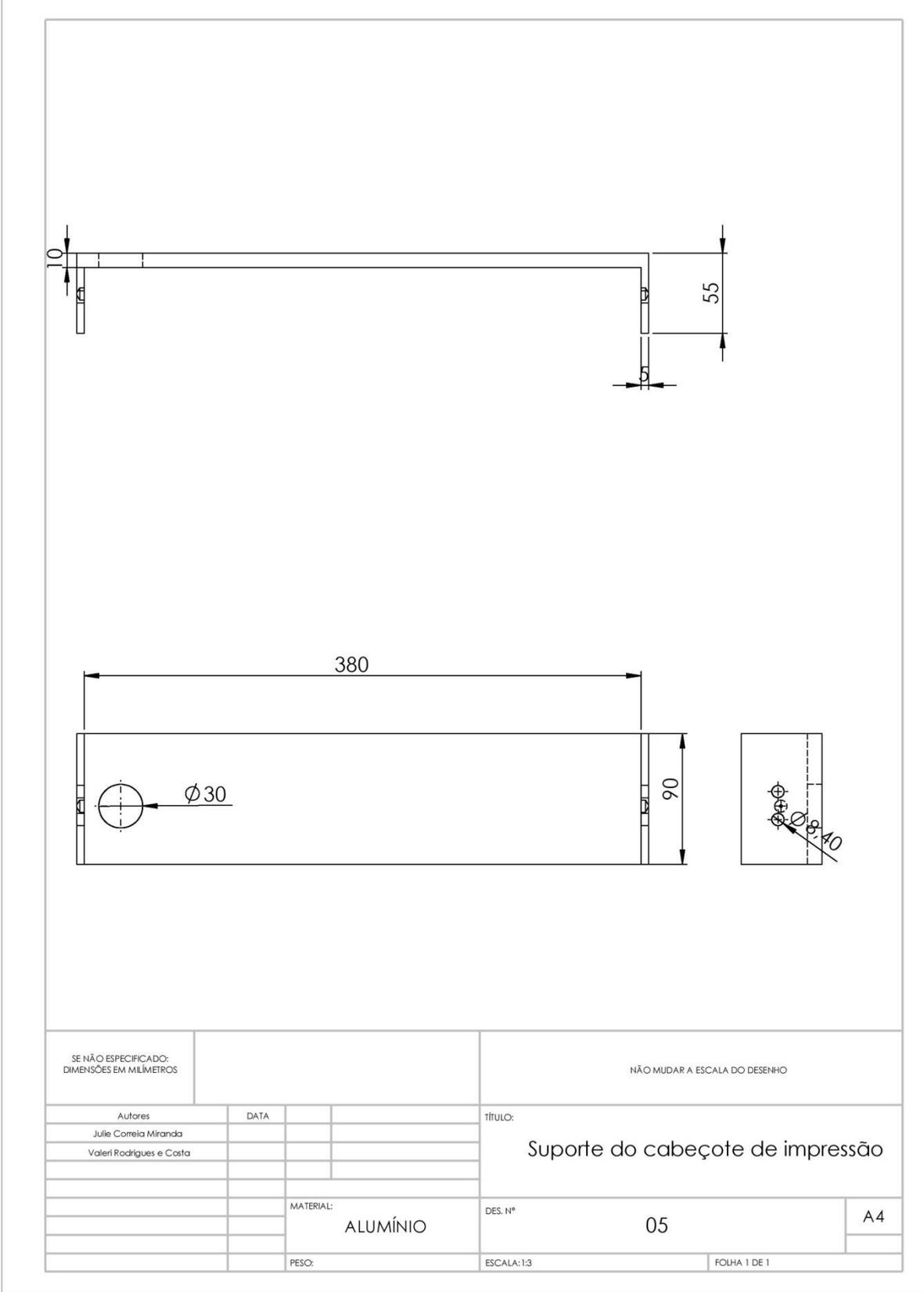
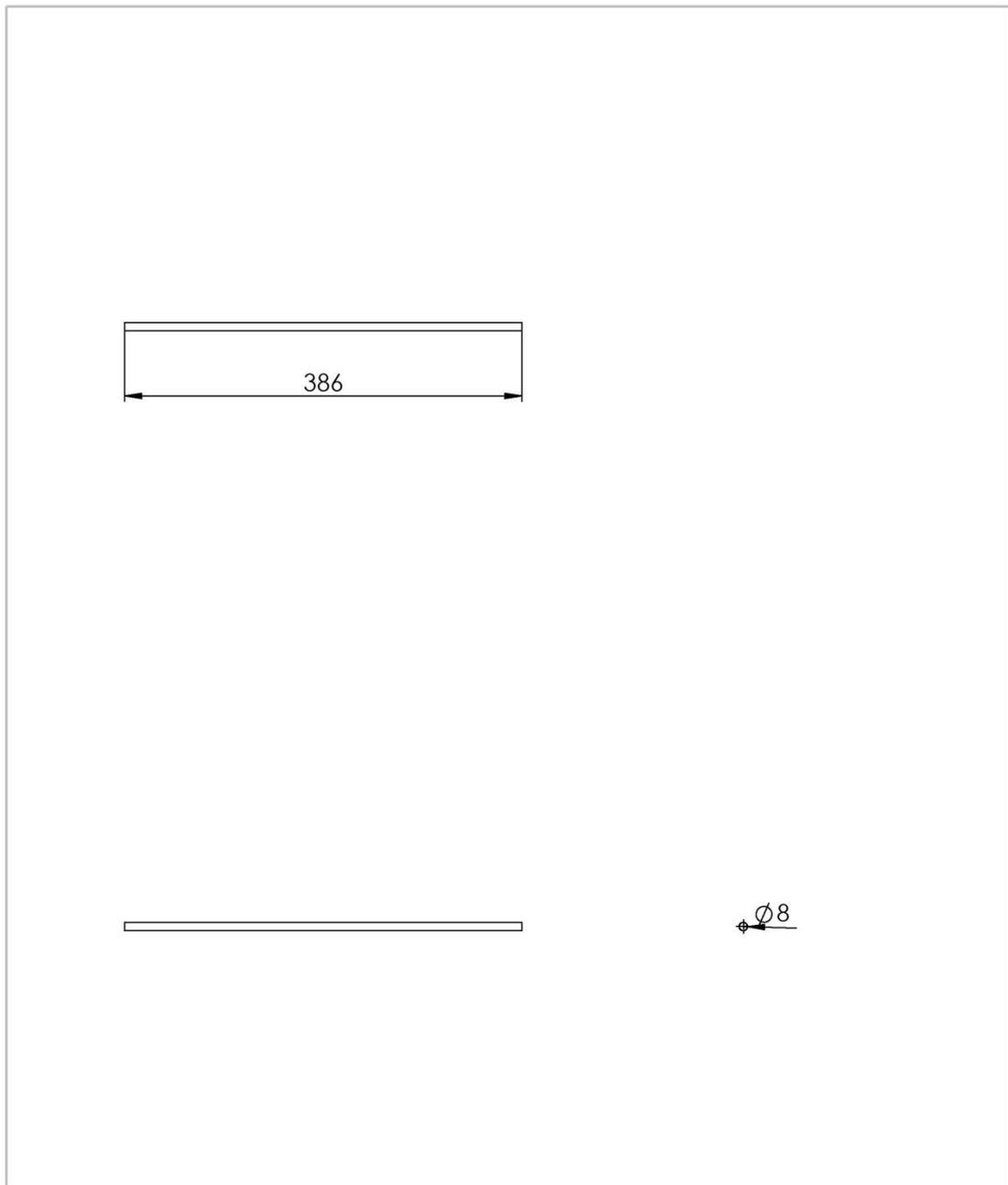
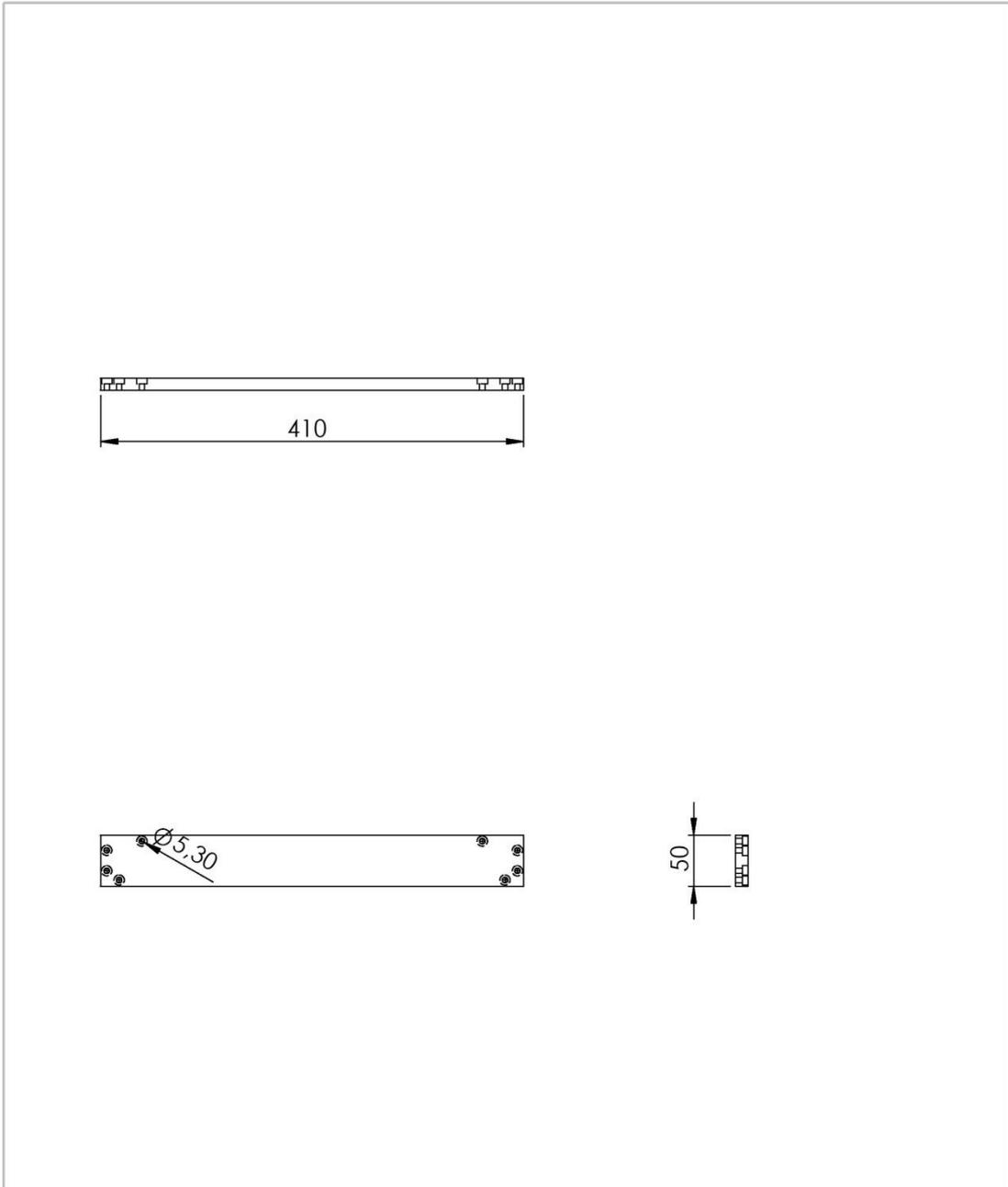


Figura B5 - Desenho técnico do suporte do cabeçote de impressão.



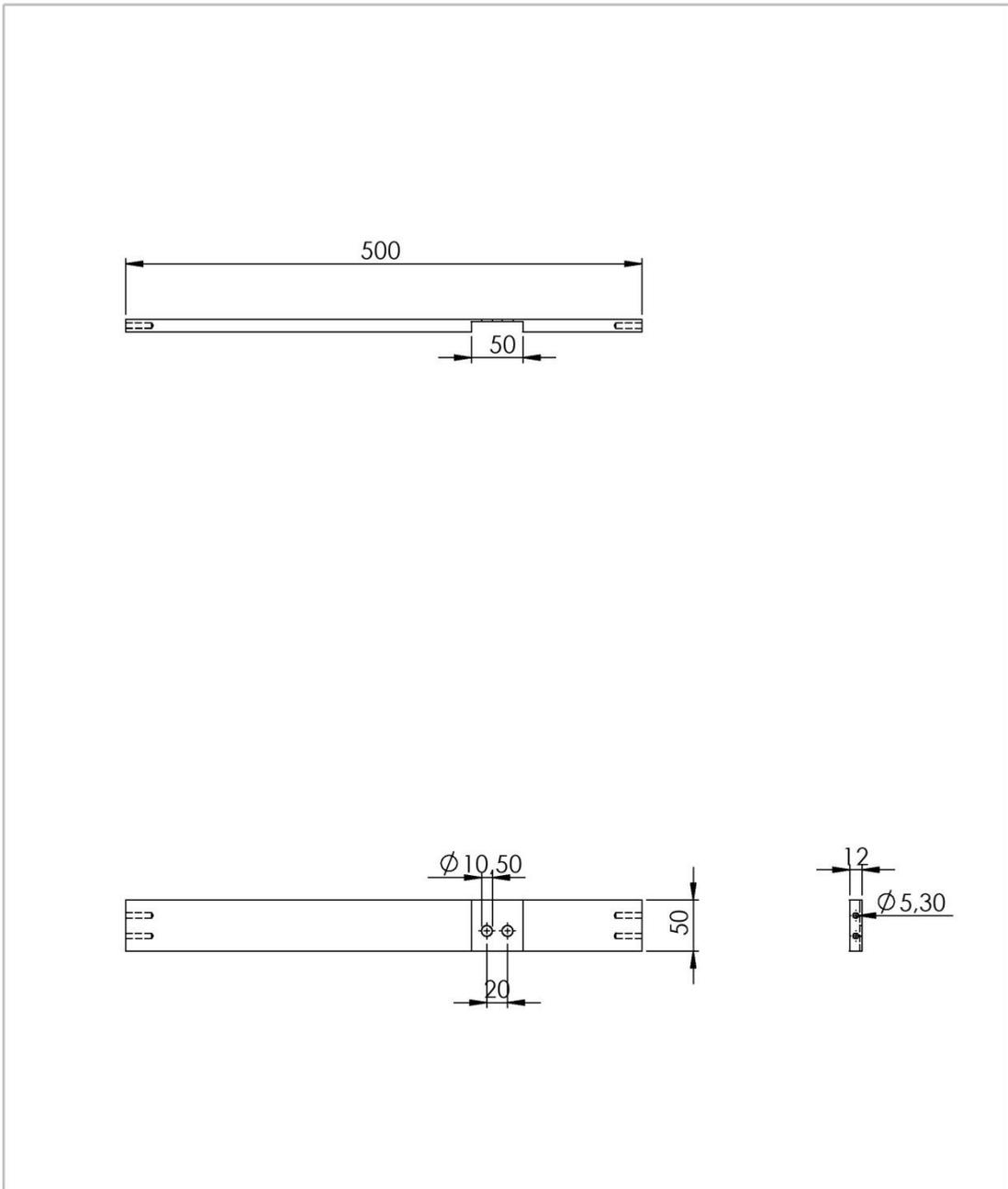
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO	
Autores		DATA	TÍTULO:
Julie Correia Miranda			Eixo do cabeçote de impressão
Valeri Rodrigues e Costa			
		MATERIAL:	DES. Nº
		AÇO 1045	06
		PESO:	A4
		ESCALA: 1:5	FOLHA 1 DE 1

Figura B6 - Desenho técnico do eixo do cabeçote de impressão.



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO	
Autores		DATA	TÍTULO:
Julie Correia Miranda			Base - Largura
Valeri Rodrigues e Costa			
		MATERIAL:	DES. Nº
		ALUMÍNIO	07
		PESO:	A4
		ESCALA: 1:5	FOLHA 1 DE 1

Figura B7 - Desenho técnico da base da impressora - largura.



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS			NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		
Autores		DATA	TÍTULO:		
Julie Correia Miranda			Base - Comprimento		
Valeri Rodrigues e Costa					
			DES. Nº		
		MATERIAL:	08		A4
		ALUMÍNIO			
		PESO:	ESCALA: 1:5	FOLHA 1 DE 1	

Figura B8 - Desenho técnico dabase da impressora - comprimento.

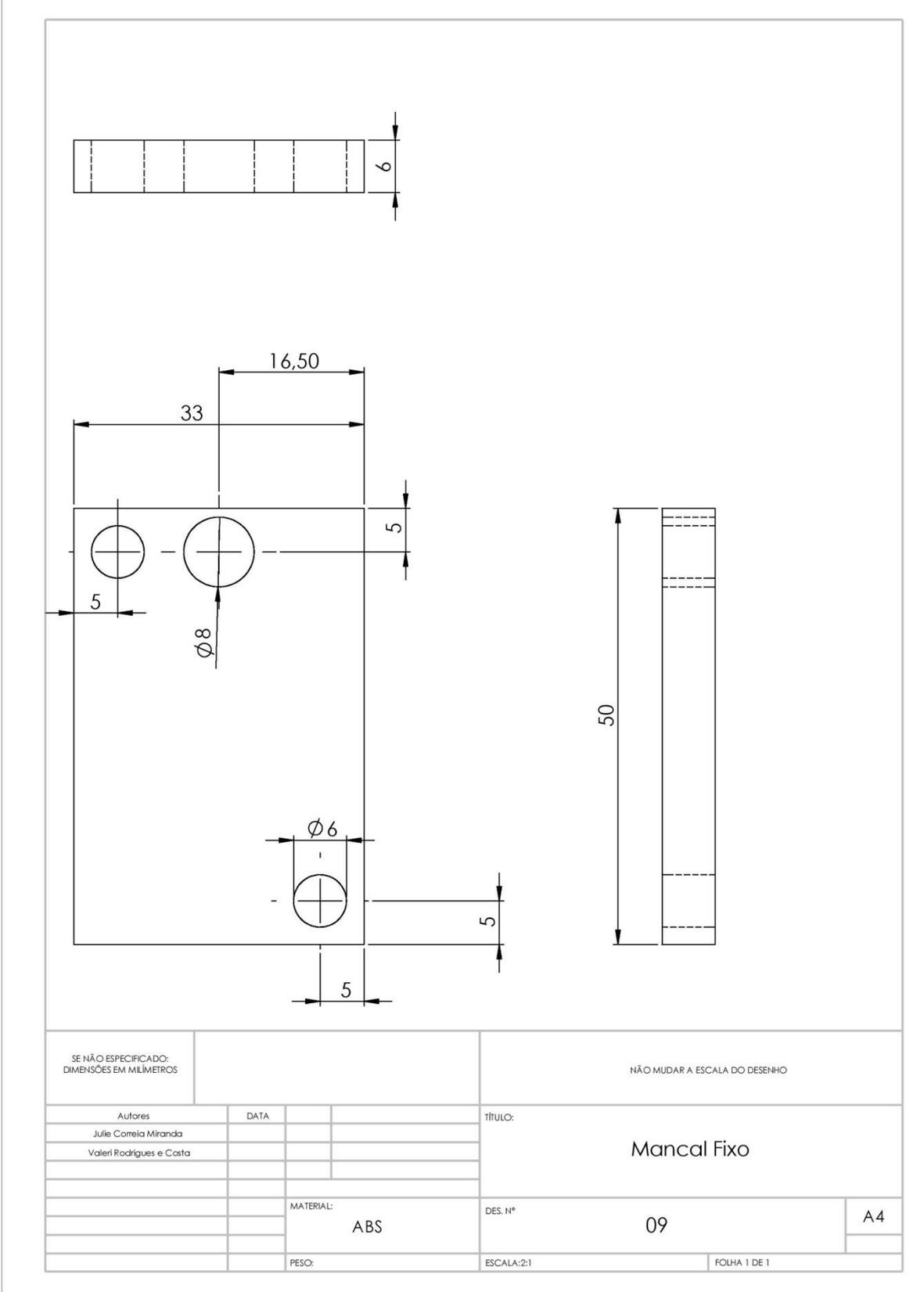
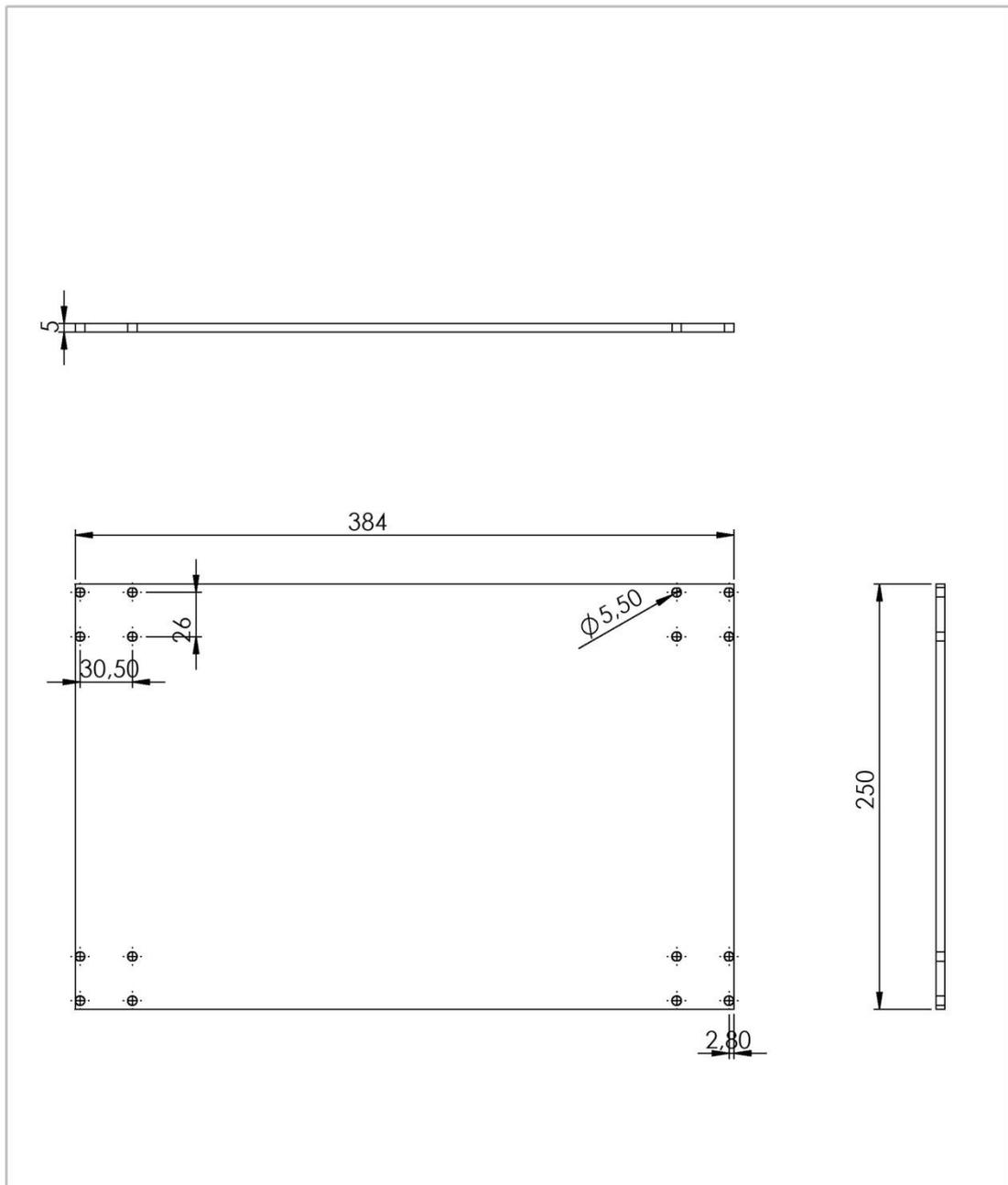
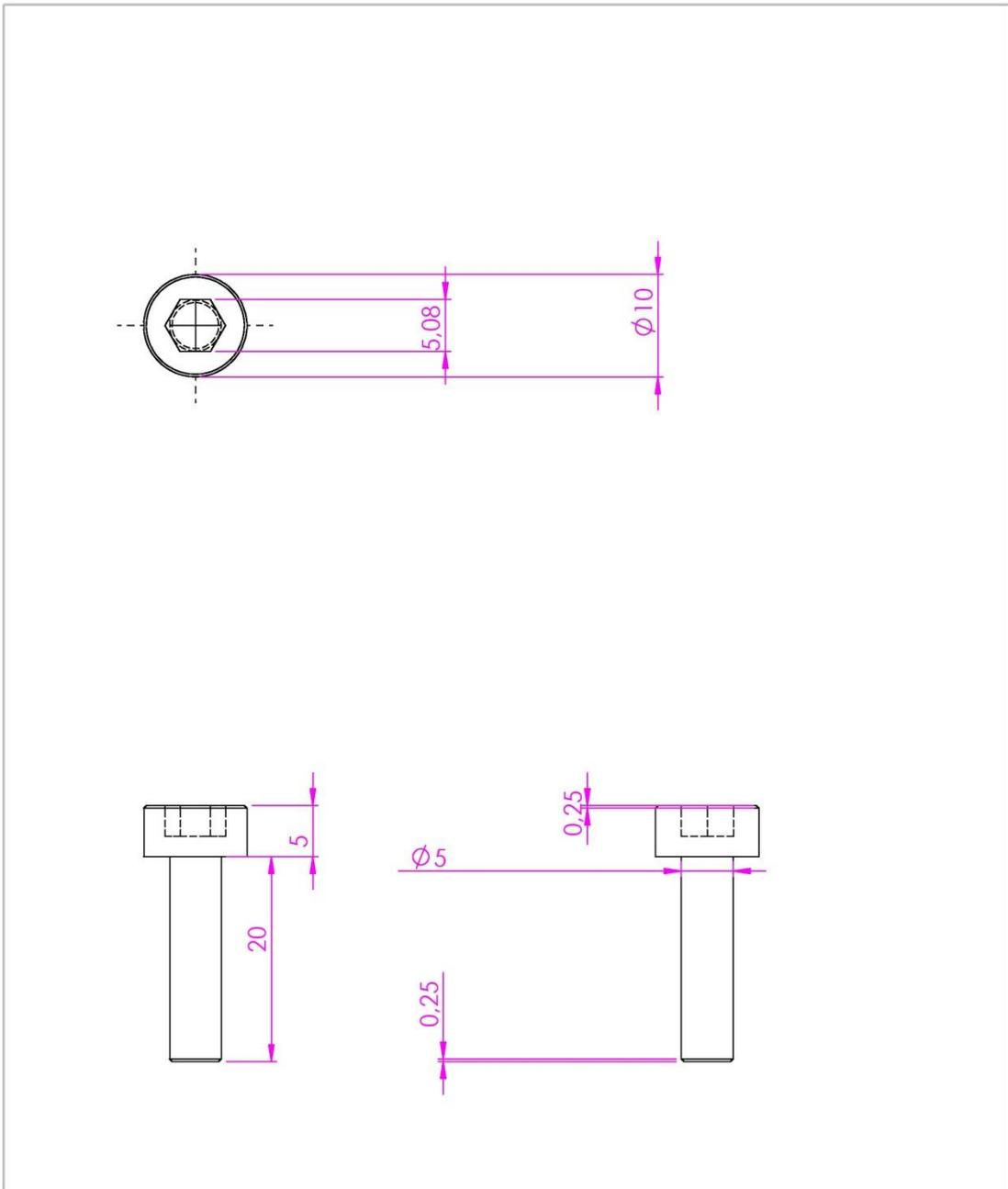


Figura B9 - Desenho técnico dos mancais fixos da impressora.



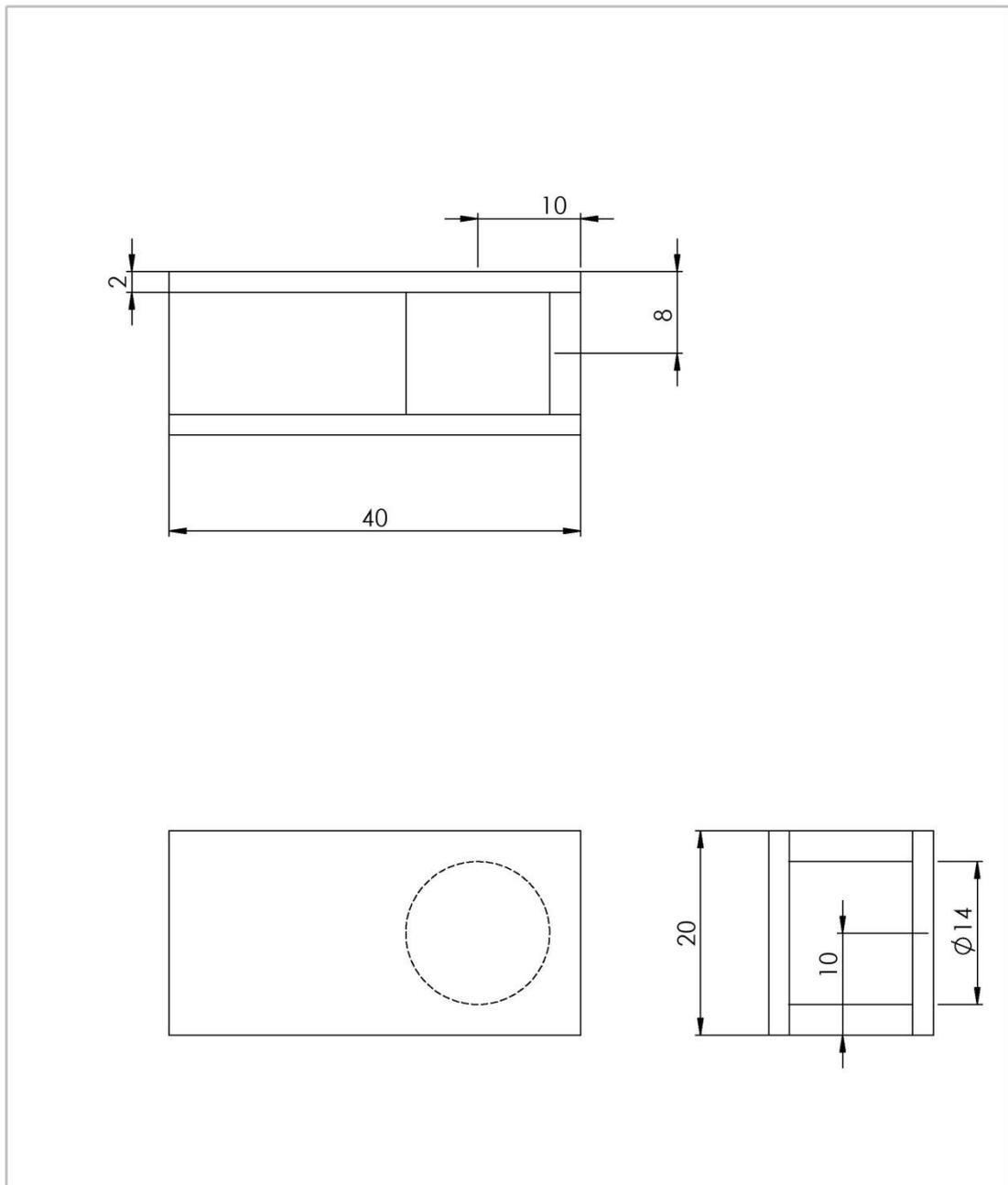
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO	
Autores		TÍTULO:	
Julie Correia Miranda		Mesa	
Valeri Rodrigues e Costa			
DATA		DES. Nº	
		10	
MATERIAL:		A4	
ALUMÍNIO			
PESO:		ESCALA: 1:3	
		FOLHA 1 DE 1	

Figura B10 - Desenho técnico da mesa da impressora.



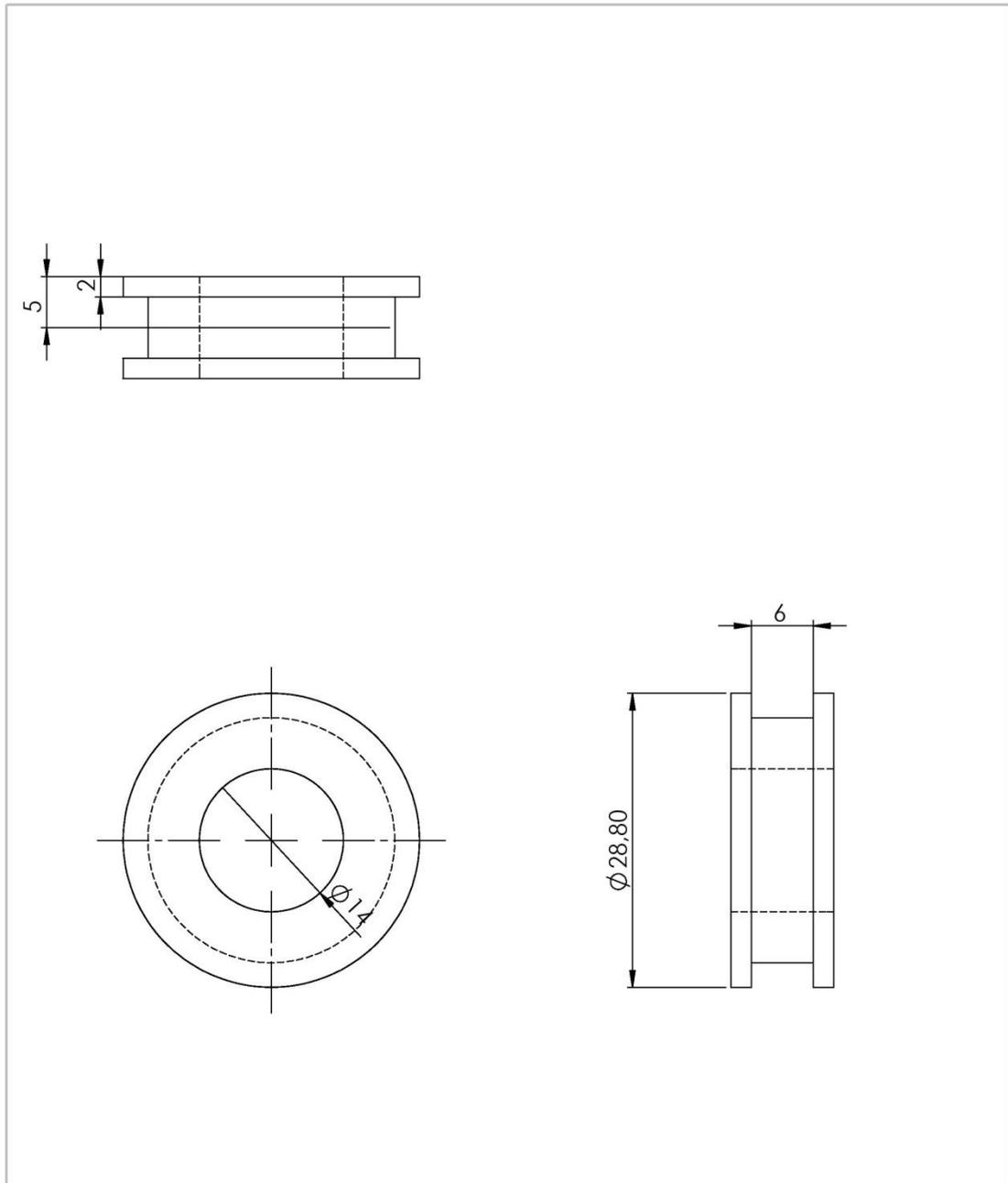
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS			NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		
Autores		DATA	TÍTULO:		
Julie Correia Miranda			Parafusos		
Valeri Rodrigues e Costa					
			DES. Nº		A4
		MATERIAL:	11		
		AÇO	ESCALA: 2:1		FOLHA 1 DE 1
		PESO:			

Figura B11 - Desenho técnico dos parafusos da impressora



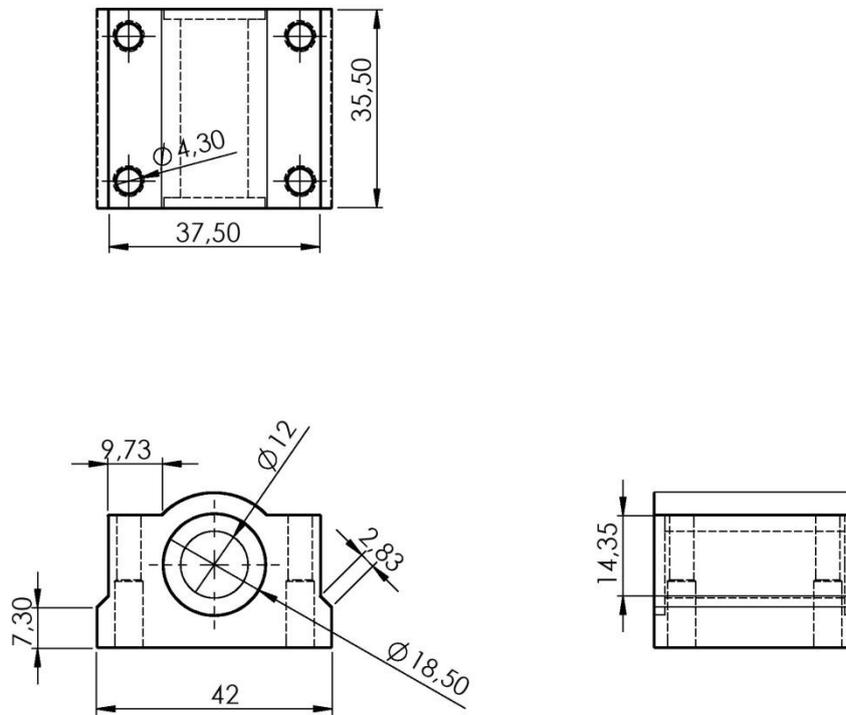
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS			NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		
Autores		DATA	TÍTULO:		
Julie Correia Miranda			Suporte da Polia		
Valeri Rodrigues e Costa					
			DES. Nº		A4
		MATERIAL:	12		
		ABS	ESCALA: 2:1		FOLHA 1 DE 1
		PESO:			

Figura B12 - Desenho técnico do suporte da polia da impressora.



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO	
Autores		DATA	TÍTULO:
Julie Correia Miranda			Tensionador da correia
Valeri Rodrigues e Costa			
		MATERIAL:	DES. Nº
		ABS	13
		PESO:	ESCALA: 2:1
			FOLHA 1 DE 1
			A4

Figura B13 - Desenho técnico do tensionador da correia da impressora.



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS			NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		
Autores		DATA	TÍTULO:		
Julie Correia Miranda			Pillow Block		
Valeri Rodrigues e Costa					
			DES. Nº		A4
		MATERIAL:	14		
		AÇO	ESCALA: 1:1		FOLHA 1 DE 1
		PESO:			

Figura B14 - Desenho técnico dos *Pillow Blocks* da impressora.