

PMR3411 - Projeto de Máquinas

Mecatrônica - EPUSP

Documentação de Projeto de Máquinas

Gilberto F. Martha de Souza

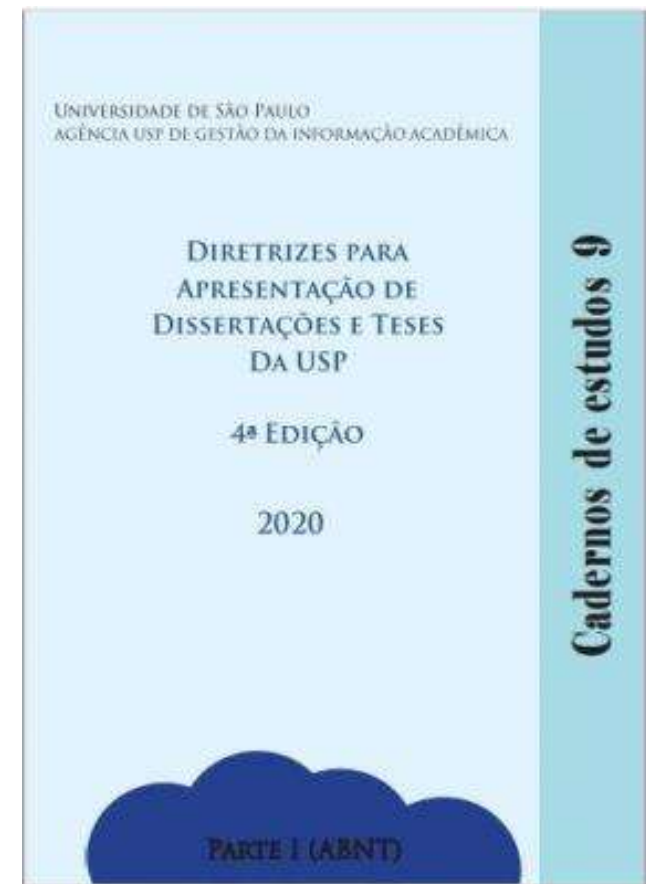
setembro/2023

Documentação de Projeto de Máquinas

- A documentação de projeto envolve a elaboração de um relatório final da disciplina no qual devem constar todas as informações necessárias para a construção da máquina por terceiros (ou seja a reprodução do projeto)

- O relatório final deve ser apresentado seguindo as recomendações das diretrizes de teses e dissertações da USP, disponível no site de Bibliotecas da POLI.

<http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/459>



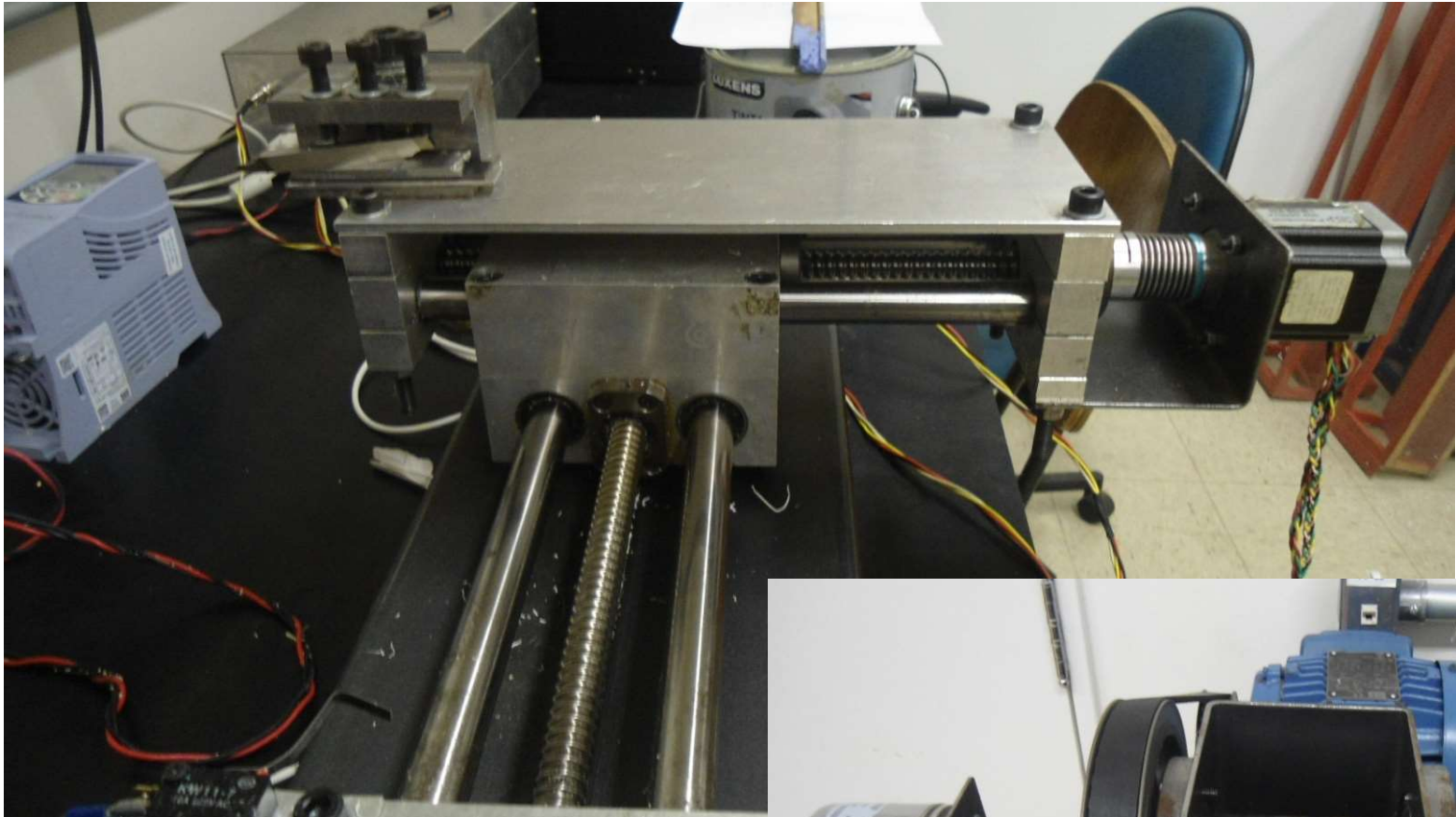
- O índice do relatório deve seguir o seguinte padrão;
 - Capa (título da disciplina, nome dos professores, tipo de máquina desenvolvida e nome dos integrantes do grupo)
 - Resumo (escrever uma síntese do que consiste o trabalho. Não pode passar de uma página)
 - Índice do relatório

- 1. Introdução (neste capítulo deve ser discutido o propósito do trabalho, bem como a forma de organização do mesmos. Deve apresentar como o grupo foi organizado para a elaboração do projeto)
- 2. Especificação do projeto (neste capítulo deve-se apresentar as especificações do projeto em termos de volume de trabalho, velocidades de operação, curso dos eixos, entre outros. Mostrar as estimativas básicas utilizadas para definir as especificações).

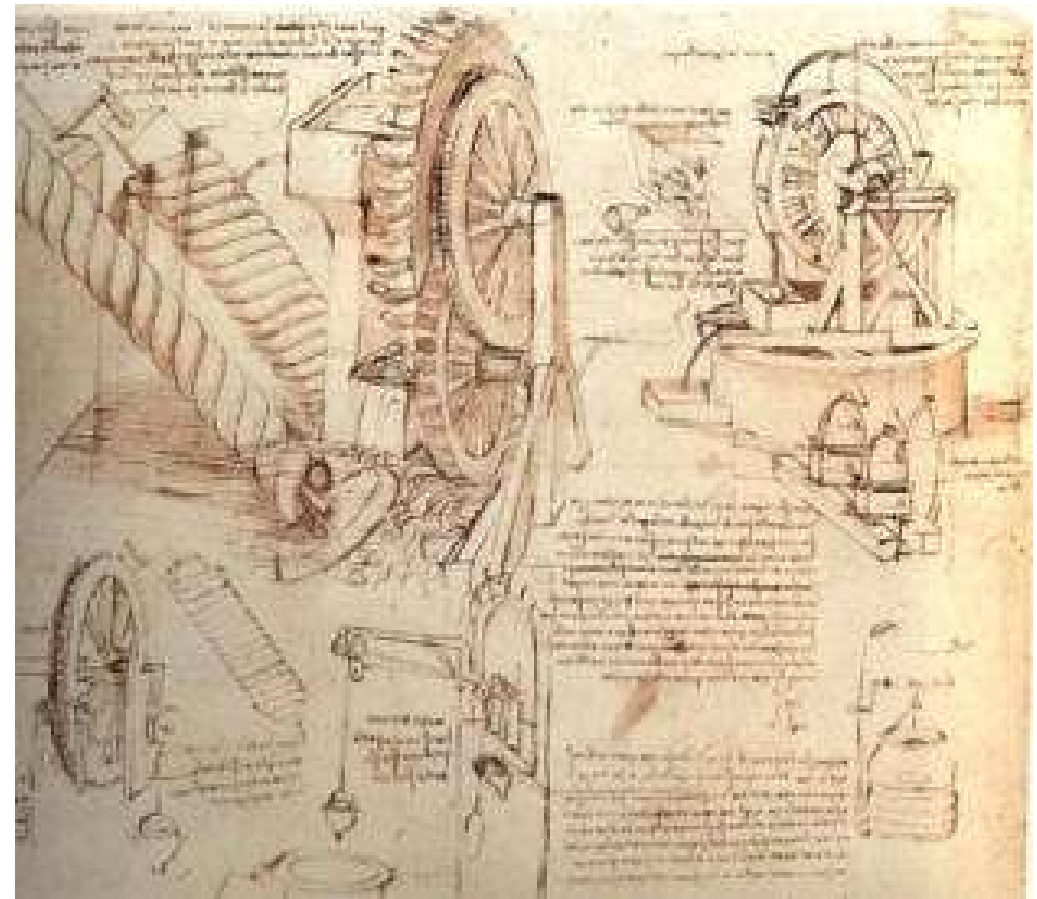
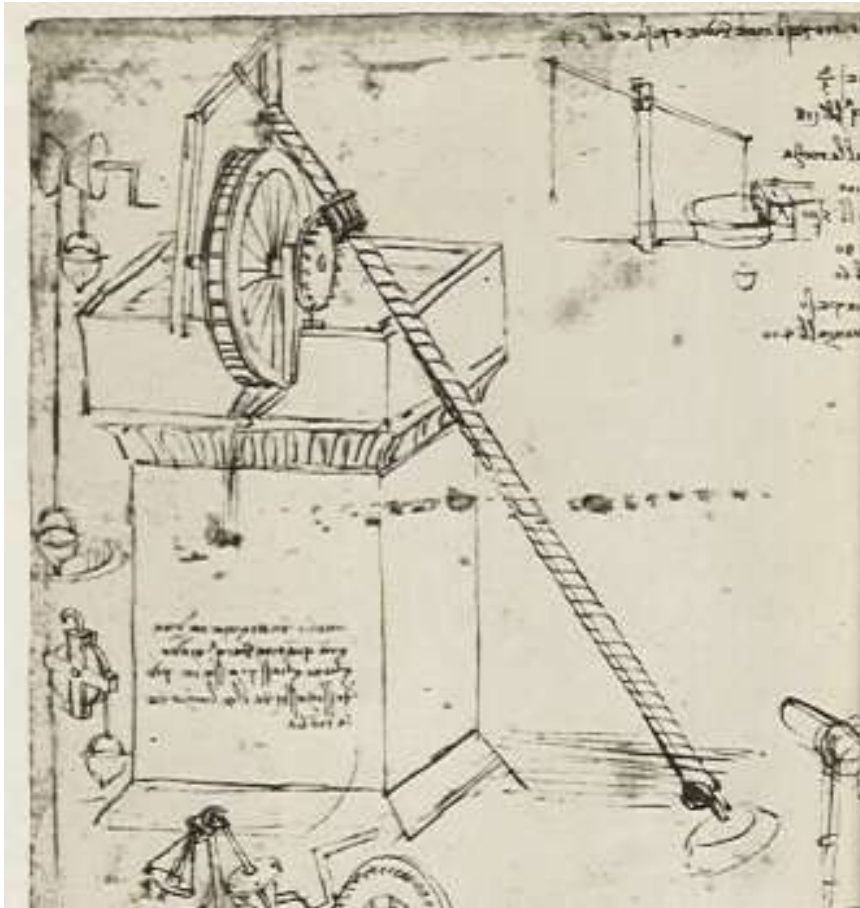
ITEM/MODELO		FEL-1640ENC	FEL-1660 ENC	FEL-1840 ENC	FEL-1860 ENC	FEL-2280 ENC
Diâmetro de Volteio	mm	410	410	460	460	550
Passagem sobre o Carro Transversal	mm	210	210	250	250	325
Distância entre Pontas	mm	910	1.420	900	1.400	1.870
Largura do Barramento	mm	260	260	305	305	345
Nariz do Eixo-Árvore	ASA	A2-5"	A2-5"	A2-6"	A2-6"	A2-8"
Cursos (X - Z)	mm	172/710	172/1.220	230/850	230/1.350	300/1.780
Avanço Rápido	m/min.	5,0/7,5	5,0/7,5	7,5/10	7,5/10	7,5/10
Contraponto	MT	4	4	4	4	5
Acionamento do Mangote/Placa/Torre	mod.	Hidráulico	Hidráulico	Hidráulico	Hidráulico	Hidráulico
Peso Aproximado (líquido)	kg	2.150	2.250	2.350	2.600	4.800

– 3. Estudo de Viabilidade

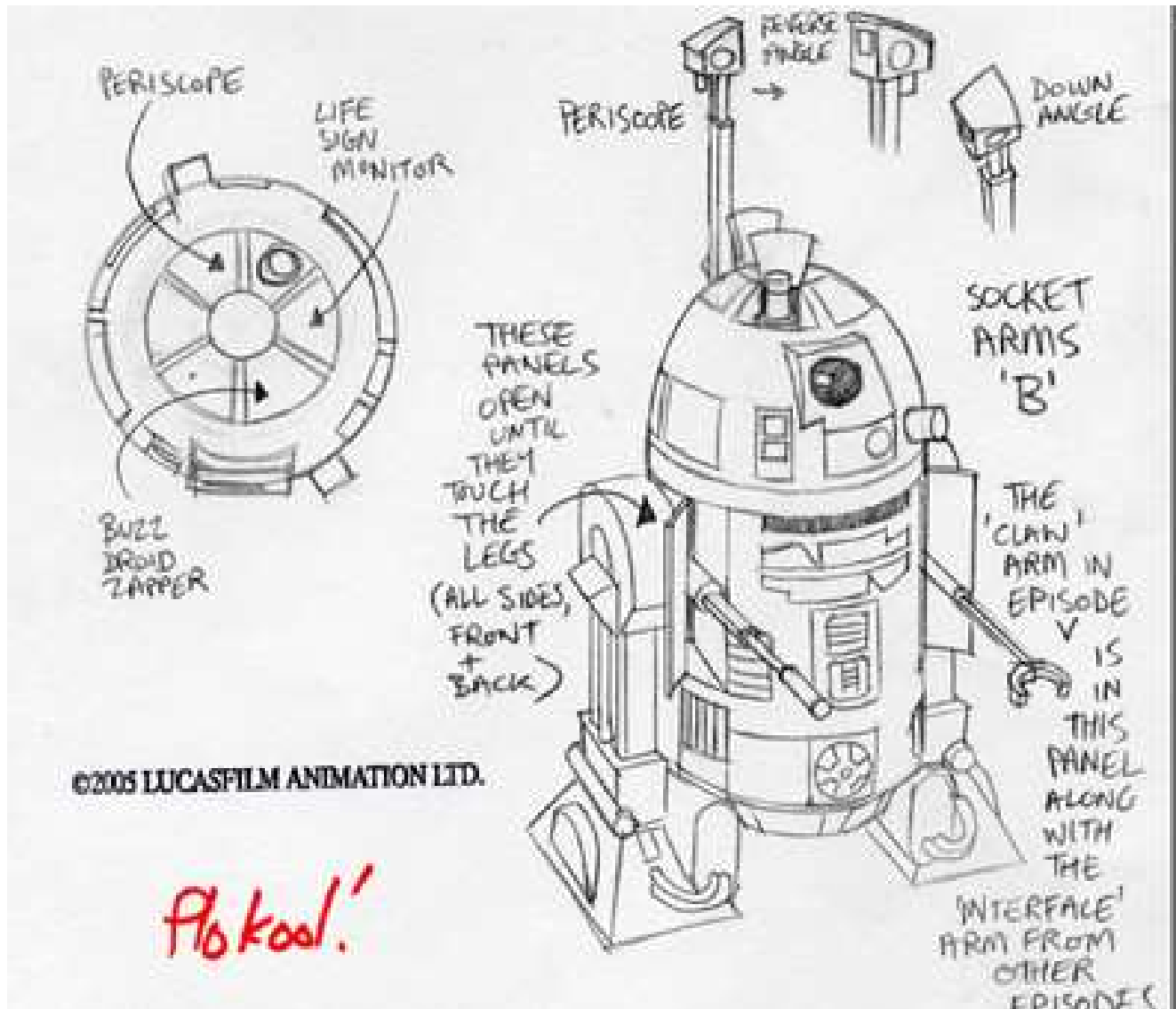
- Definir os parâmetros de projeto (que possam ser calculados para cada uma das soluções, para permitir a comparação das mesmas): rigidez do laço estrutural, frequência natural, peso da estrutura, velocidade máxima, volume de trabalho, outros.
- Apresentar as possíveis soluções para o problema. (apresentar na forma de esboços, com explicação de funcionamento).
- Fazer os cálculos associados com os parâmetros de projeto.



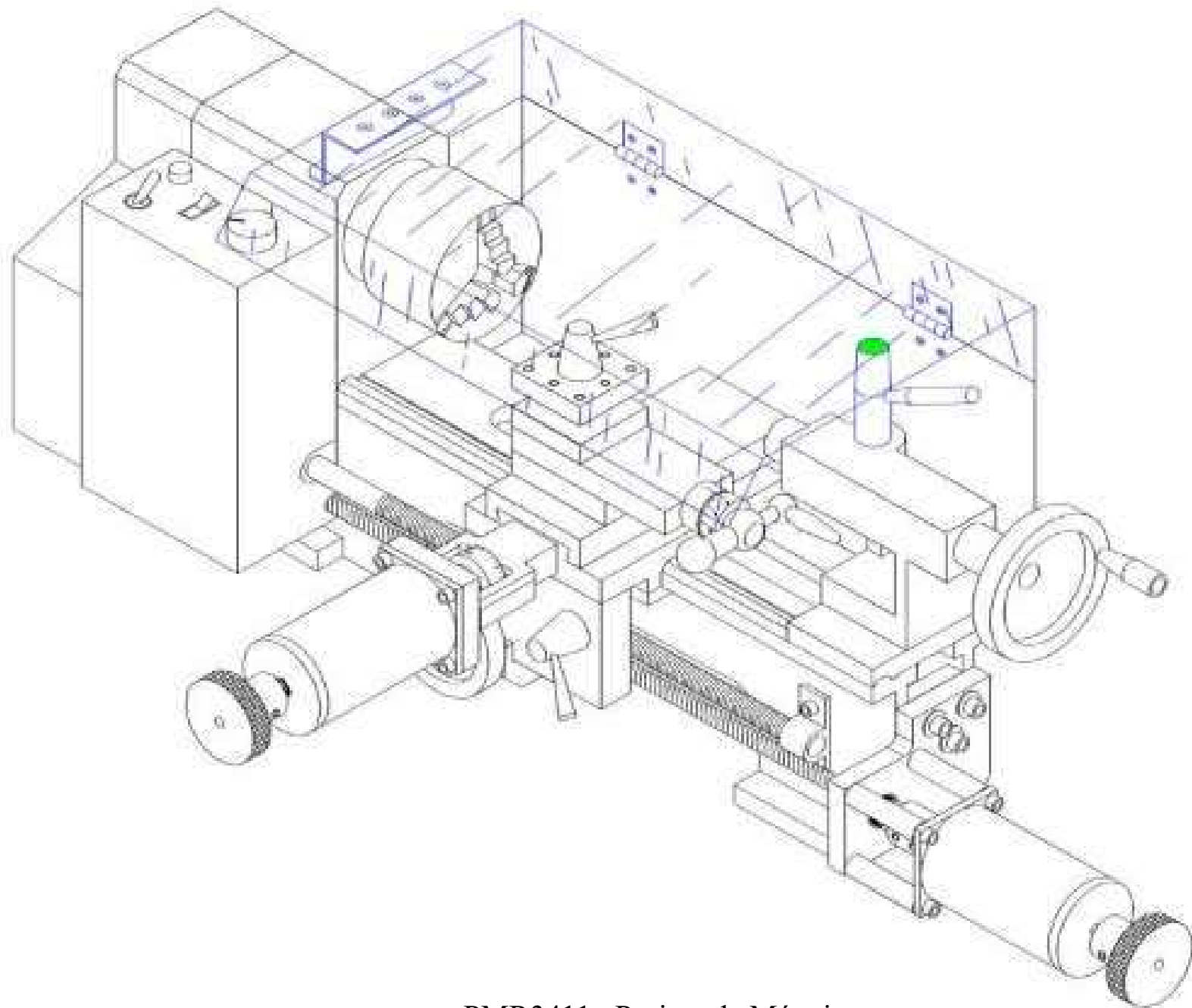
Exemplos de Esboços: Roda d'água e Elevatória d'água, de Da Vinci



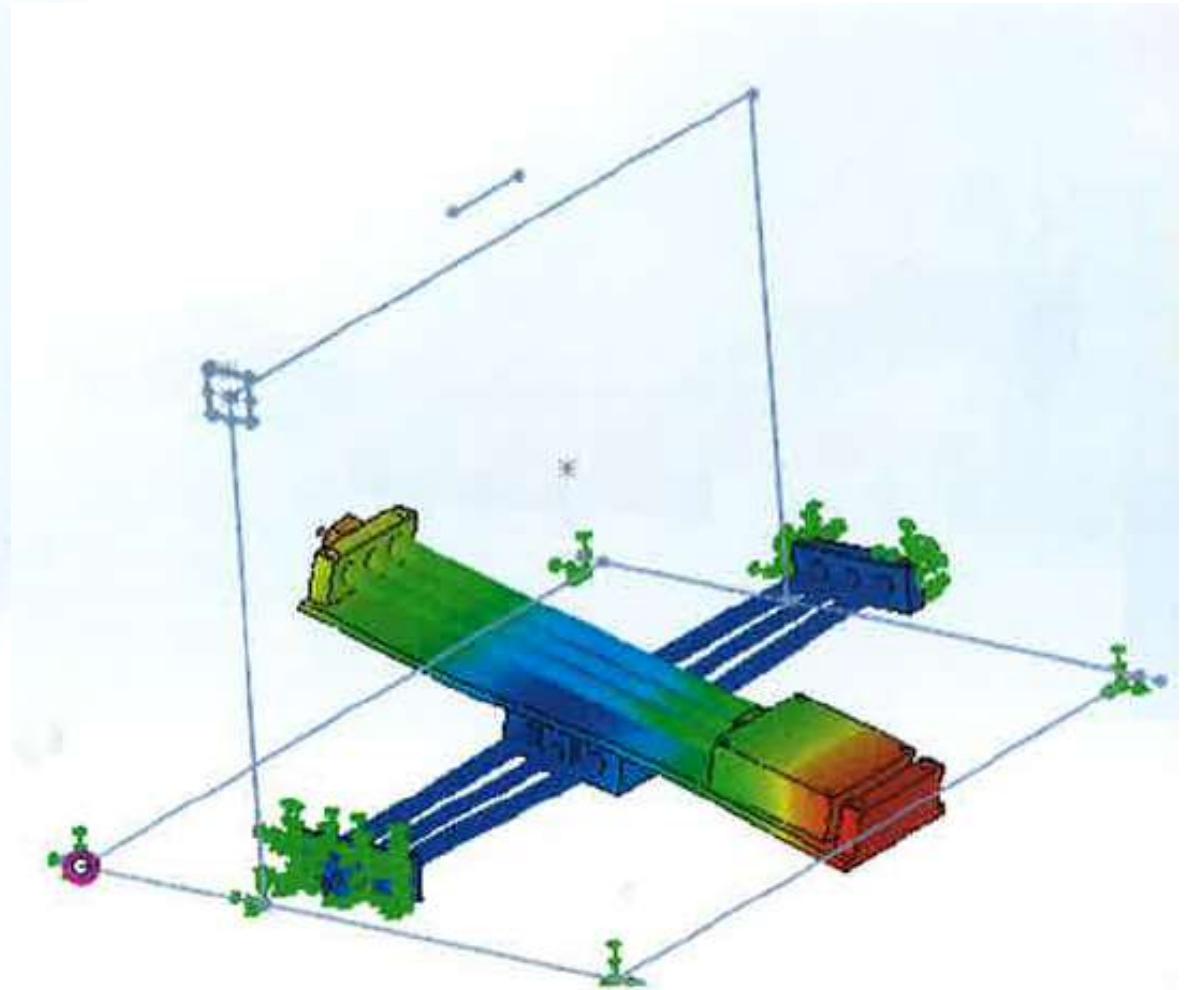
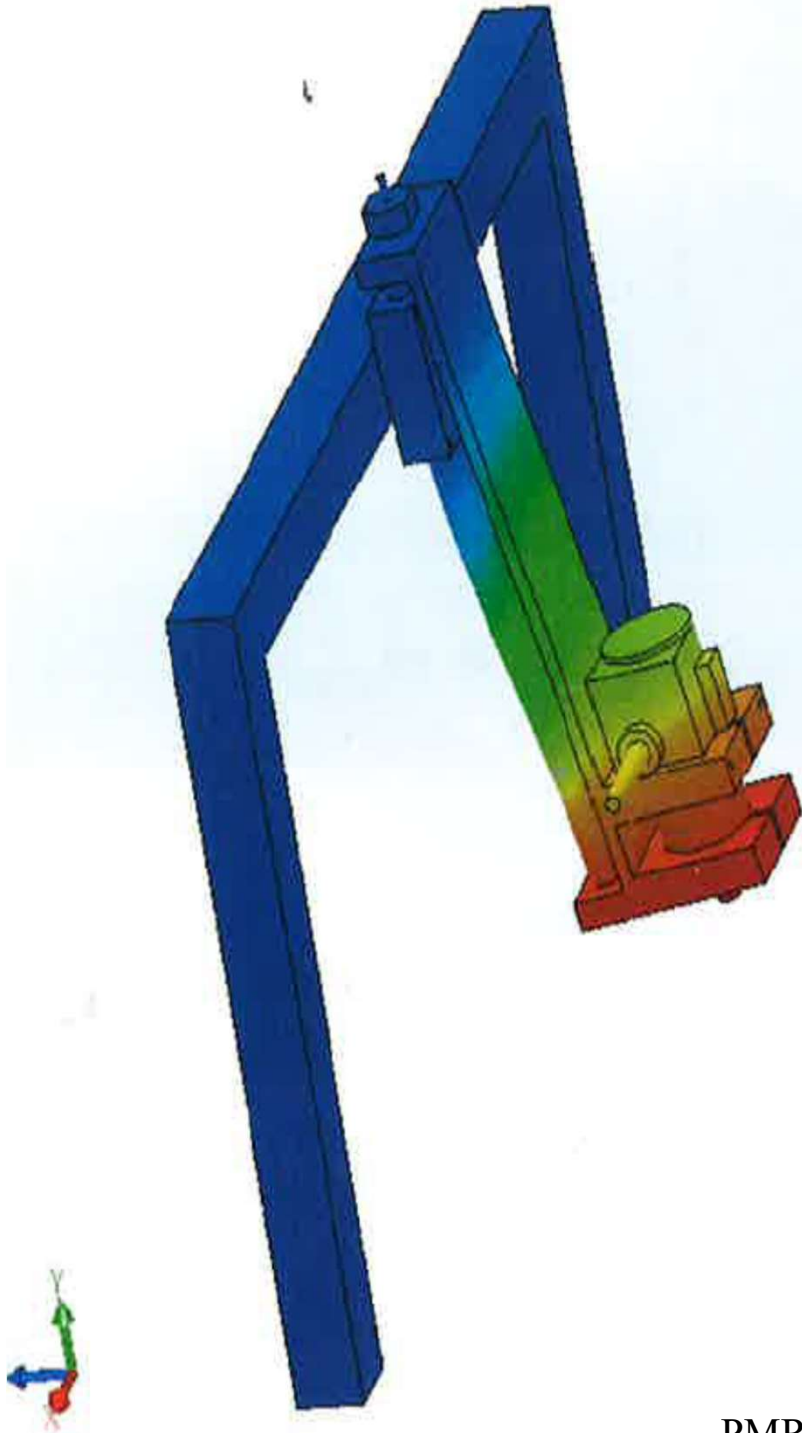
Esboço

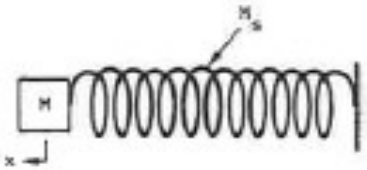
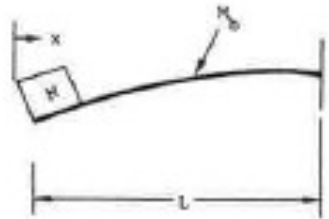
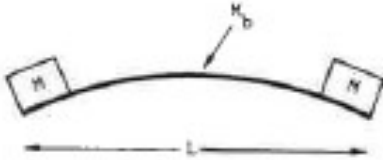
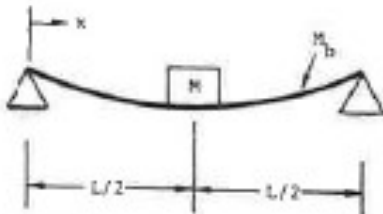


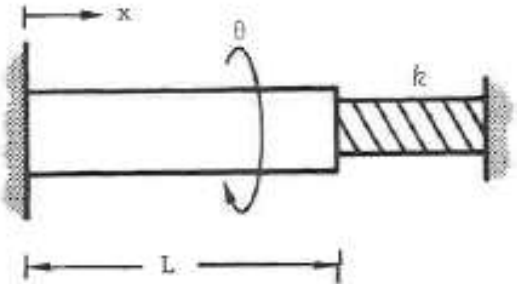
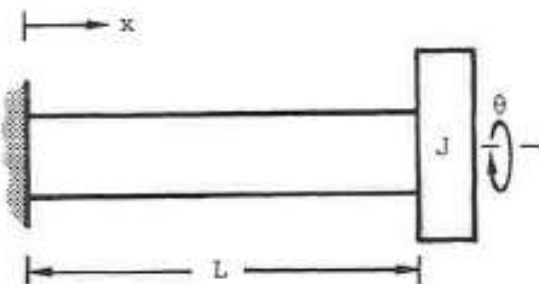
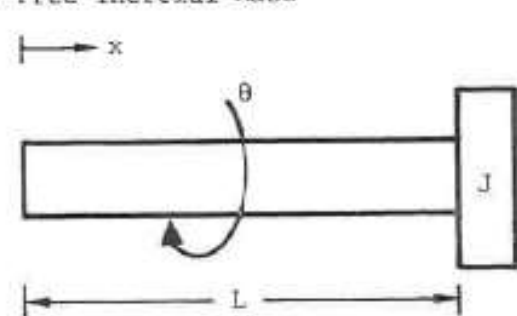
O esboço pode conter texto explicativo como no exemplo.



Avaliação de frequência natural



Description	Fundamental Natural Frequency, f_1 (hertz)	Mode Shape, $\bar{y}(x)$
<p>1. Mass, Helical Spring</p> 	$\frac{1}{2\pi} \left(\frac{k}{M + 0.33 M_s} \right)^{1/2}$	<p>k = spring constant (Table 6-1) M_s = mass of spring See Frame 4 of Table 8-17 for exact solution.</p>
<p>2. Mass, Cantilever</p> 	$\frac{1}{2\pi} \left[\frac{3EI}{L^3 (M + 0.24 M_b)} \right]^{1/2}$	$\left(\frac{x}{L} \right)^3 - 3 \left(\frac{x}{L} \right) + 2$ <p>See Refs. 8-13, 8-14, 8-15 for higher modes.</p>
<p>3. End Masses, Free-Free Beam</p> 	$\frac{1}{2} \left\{ \frac{EI}{L^3 M_b} \left[1 + \frac{5.45}{1 - 77.4 (M/M_b)^2} \right] \right\}^{1/2}$	<p>-- See Ref. 8-14 for higher modes.</p>
<p>4. Center Mass, Pinned-Pinned Beam</p> 	$\frac{2}{\pi} \left[\frac{3EI}{L^3 (M + 0.49 M_b)} \right]^{1/2}$	$3 \frac{x}{L} - 4 \left(\frac{x}{L} \right)^3$ <p>See Ref. 8-15 for second mode.</p>

<p>5. Fixed-Spring</p> 	$\cot \lambda = -\left(\frac{kL}{GC}\right) \frac{1}{\lambda}$ <p>See Fig. 8-24 for λ_1</p>	$\sin \frac{\lambda_i x}{L}; i=1,2,3,\dots$
<p>6. Fixed-Inertial Mass</p> 	$\cot \lambda = \left(\frac{J}{\mu LC}\right) \lambda$ <p>See Fig. 8-23 for λ_1</p>	$\sin \frac{\lambda_i x}{L}; i=1,2,3,\dots$
<p>7. Free-Inertial Mass</p> 	$\tan \lambda = -\left(\frac{J}{\mu LC}\right) \lambda$ <p>See Fig. 8-24 for λ_1</p>	$\cos \frac{\lambda_i x}{L}; i=1,2,3,\dots$

Formulas for Natural Frequency and Mode Shape, Robert D. Blevins, 2000.

– 4. Projeto Básico

- Na fase de projeto básico (ou projeto preliminar), define-se qual concepção do produto será desenvolvida na sequência do projeto, selecionada a partir de um critério de tomada de decisão, como por exemplo a Matriz de Decisão.
- Nesta fase devem ser desenvolvidos desenhos mais elaborados (em perspectiva ou 2D) para definir os subsistemas do produto bem como permitir a fabricação de protótipos funcionais.

Matriz de decisão

Parâmetro	Peso	PROJETO 1	PROJETO 2	PROJETO 3
A	1-4	Peso do parâmetro A x Nota do parâmetro A para o Projeto 1		
B	1-4			
C	1-4		Peso do parâmetro C x Nota do parâmetro A para o Projeto 2	
D	1-4			
...
Nota Final Ponderada:		Σ Notas ponderadas para Projeto 1		

Modelos de engenharia

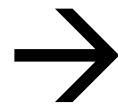
- Um bom modelo deve:
 - Considerar os aspectos essenciais do problema;
 - Desprezar os fatores secundários;
 - Fornecer resultados próximos *o suficiente* das respostas reais.
- Habilidade em modelamento é baseada na visualização do problema físico e relacionamento com o que deseja-se analisar.
- Se as previsões do modelo não estão de acordo com as respostas reais ou esperadas é necessário refinar o modelo:
 - Incluir aspectos inicialmente desprezados.

- Podem ser feitos estudos de otimização de subsistemas visando a avaliação de redução de massa móvel, aumento de rigidez, alterações do laço estrutural, entre outros.
- Uma vez definidas estas avaliações, parte-se para a elaboração do projeto detalhado.

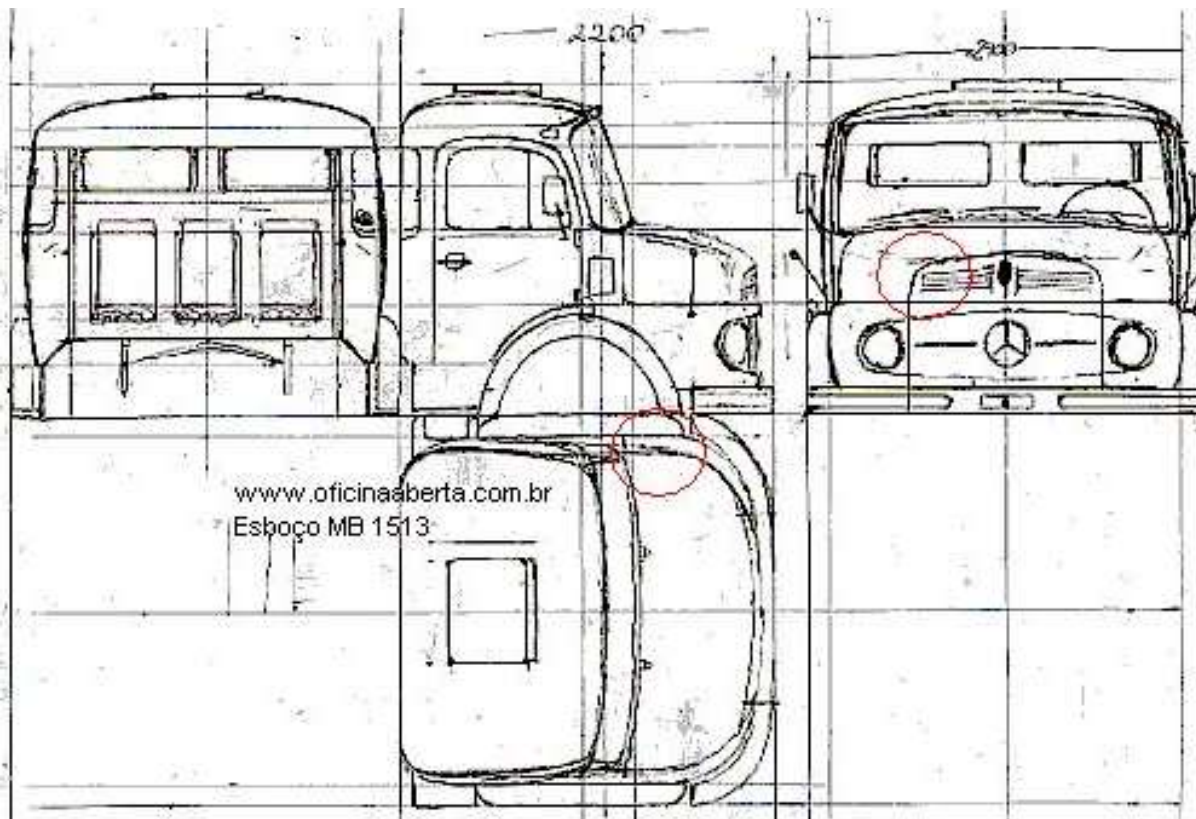
– 5. Projeto Detalhado (ou Projeto Executivo)

- Finalmente na fase de **projeto detalhado** são desenvolvidos todos os desenhos do produto, incluindo **modelos em CAD 3D** (para estudos de resistência mecânica, para verificação do lay-out e estudos de sequência de montagem), **desenho de conjunto e desenhos de fabricação de todos os componentes**, respeitando rigorosamente as normas de desenho técnico vigentes.
- Estes desenhos são utilizados para elaborar os procedimentos de manufatura do produto.

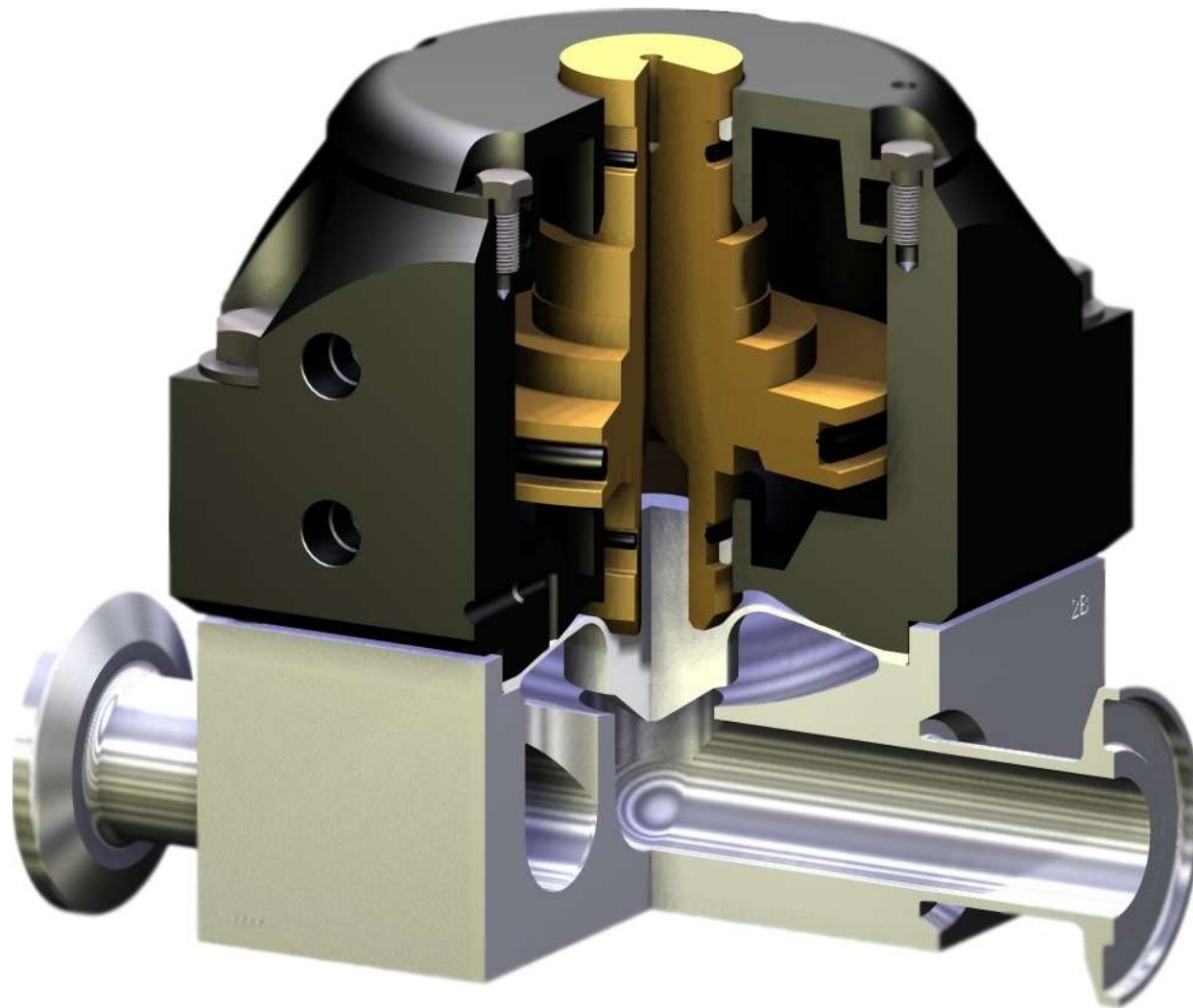
Esboço

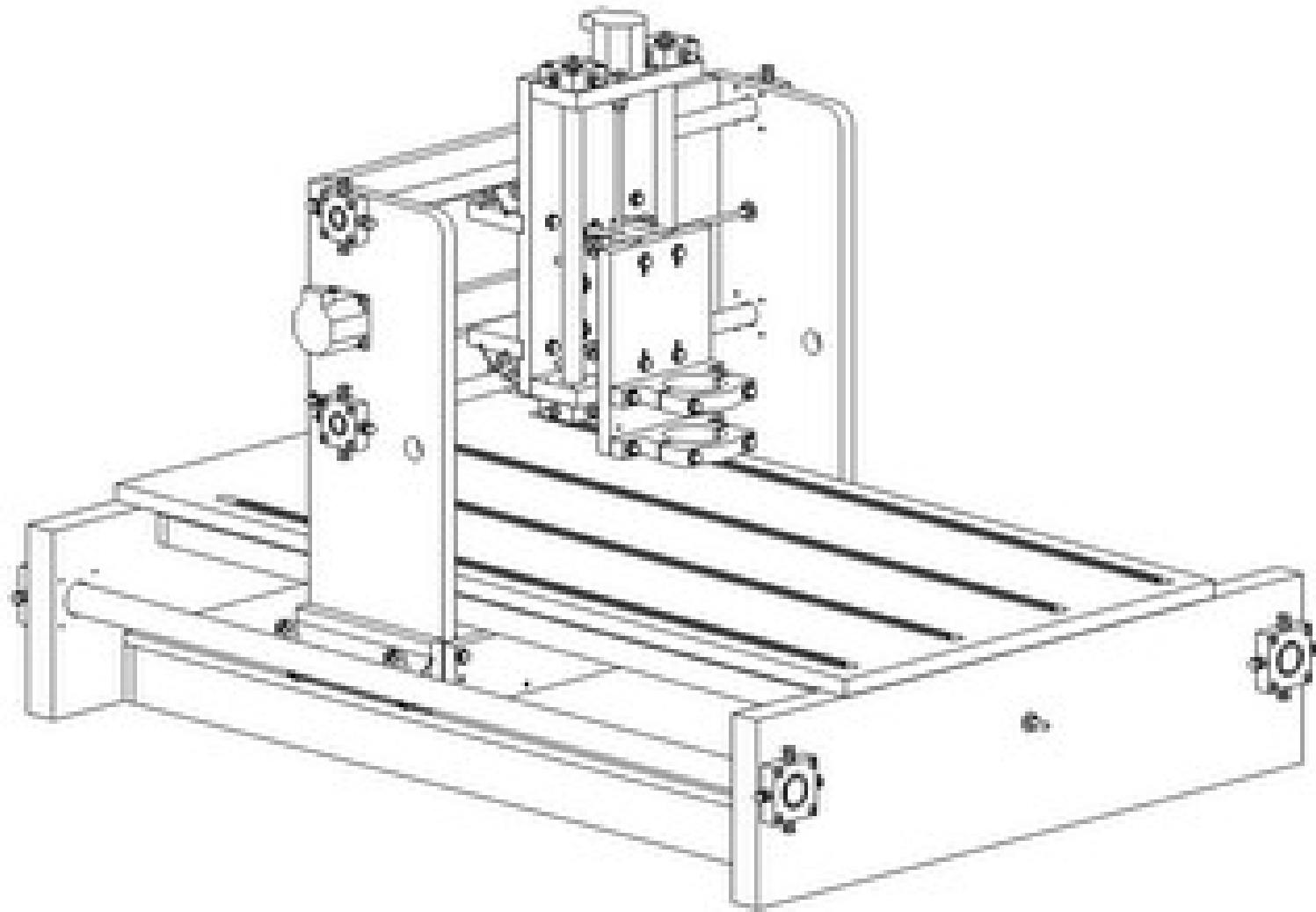


Modelagem

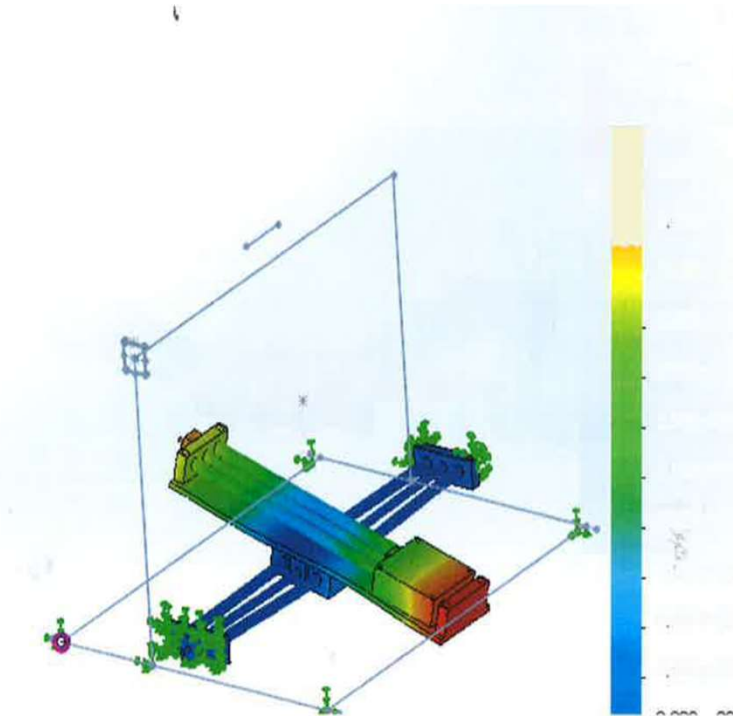
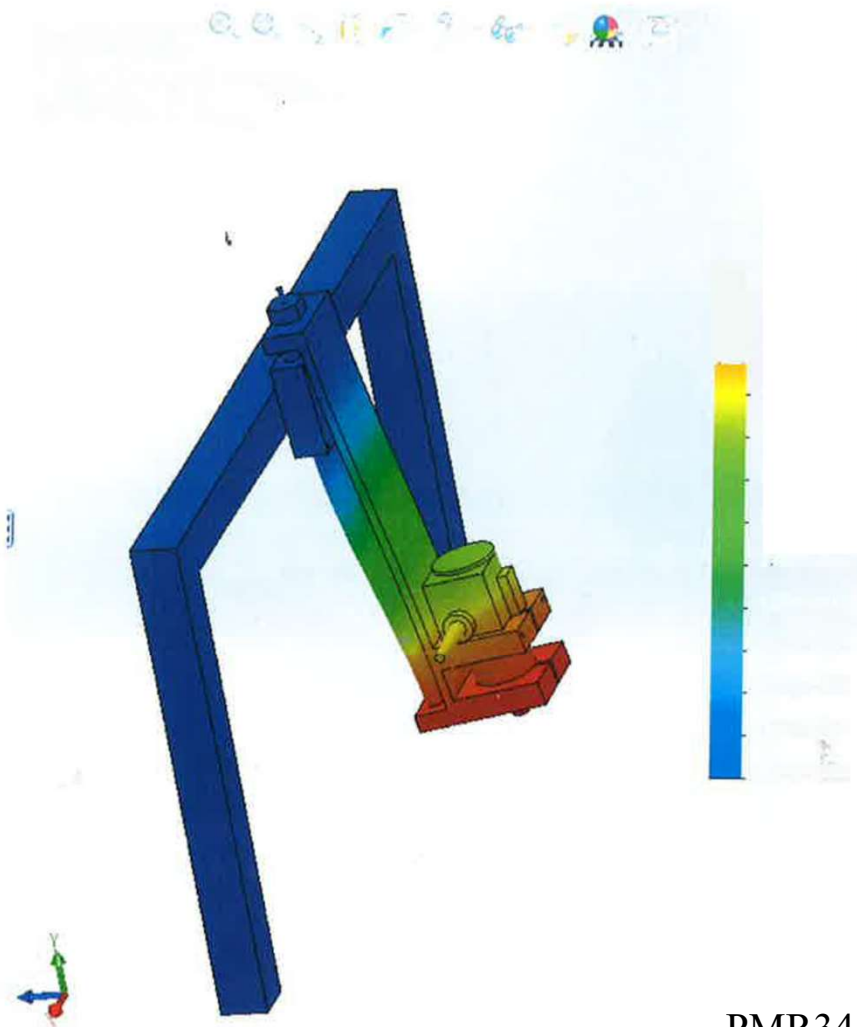


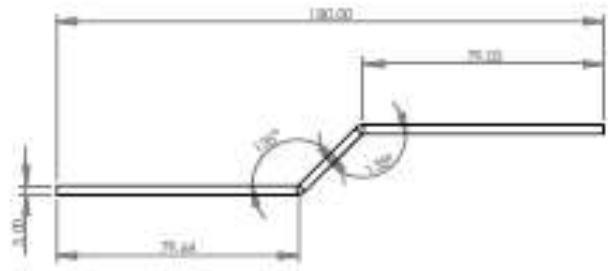
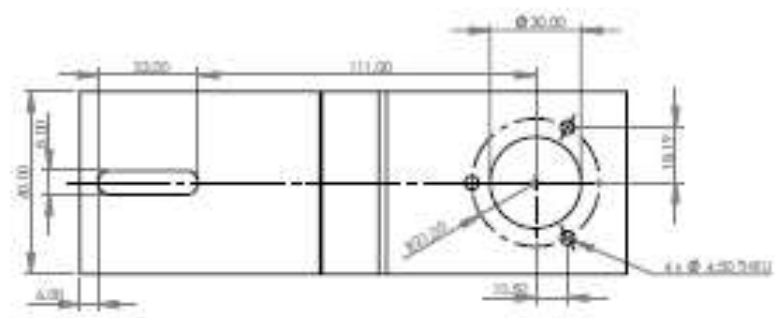
CAD (modelagem)





Verificação das frequências naturais



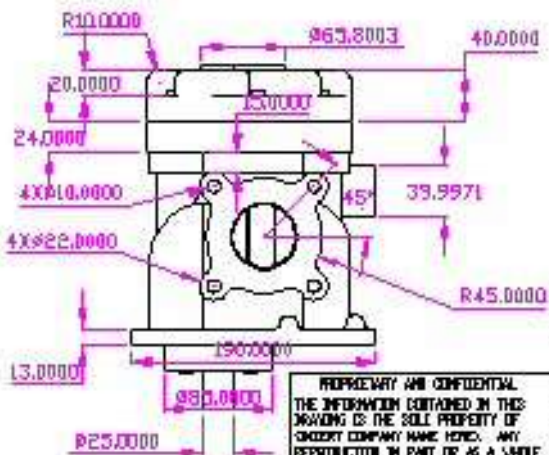
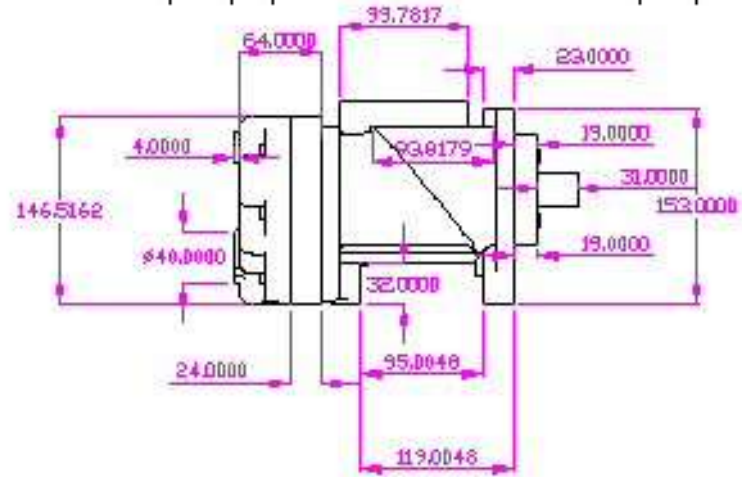
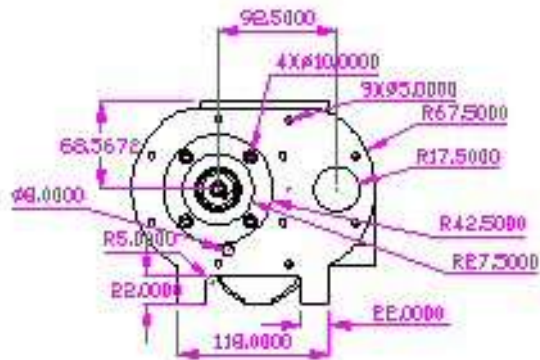


Caballo em aço da real anelada

Tolerância não especificada
NBR ISO 2768 (m)

PDSH		DRAWN AND ENG. SHAF- EDDS		DO NOT CALL DRAWING		REVISION: 01	
				Projemaq			
				TÍTULO Suporte Encoder			
DESIGN	NAME	DESIGNER	DATE	SAE 1020		DWG. NO. 1	
DATE							
APPROV.							
MRG							
CLA							
				MATERIAL: SAE 1020		A4	
				PROJETO		SCALE 1:1	
				PROJETO		SHEET 1 OF 2	

REVISED		DATE	BY
DATE	REV		



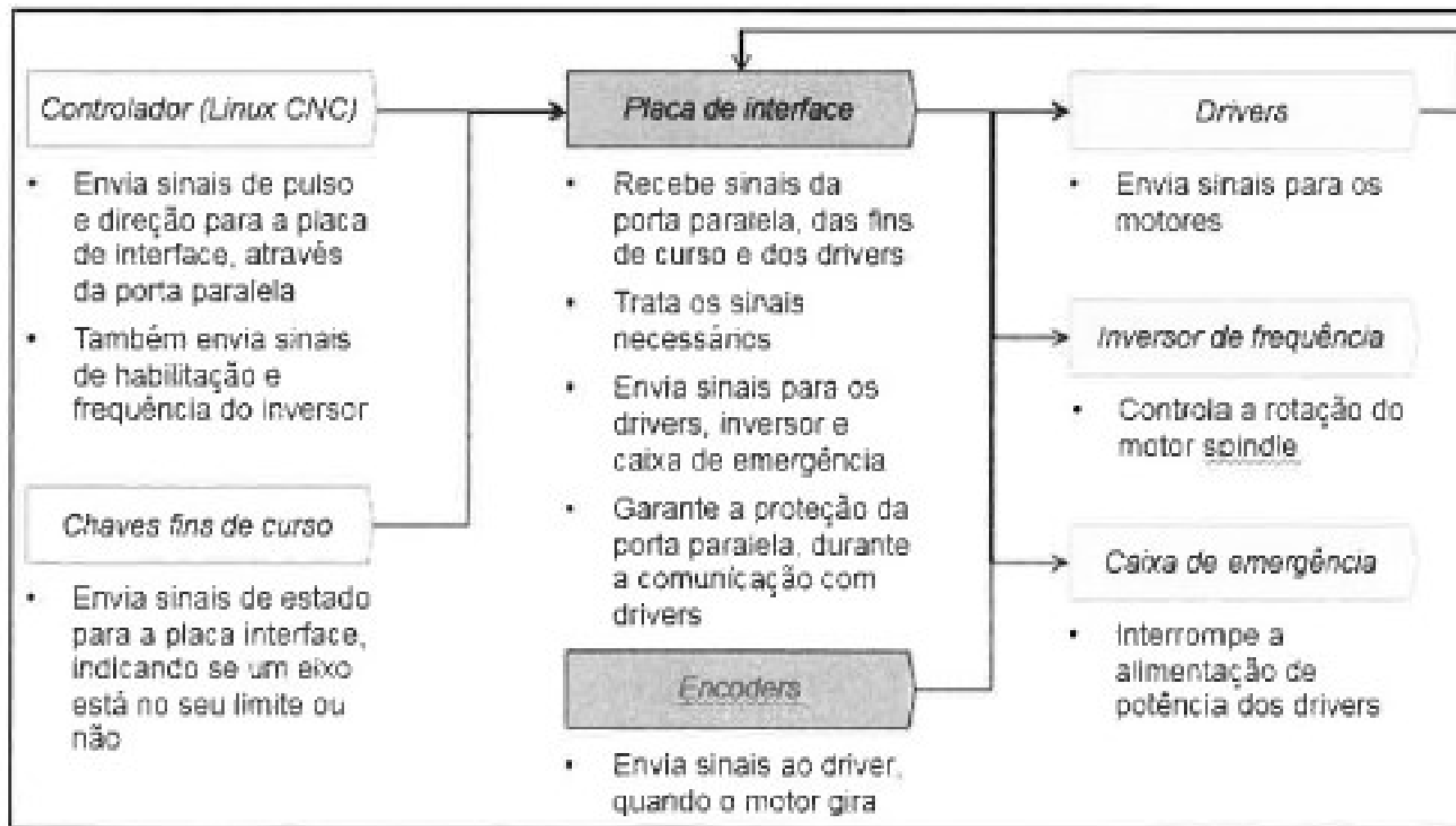
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS
 DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
 CRONERT COMPANY NAME HERE. ANY
 REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE
 WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
 CRONERT COMPANY NAME HERE IS
 PROHIBITED.

CONVERTING: ALL IN INCHES	DATE	BY	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">DRAWN</td> <td rowspan="4"> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">DATE</td> </tr> <tr> <td colspan="2">BY</td> </tr> <tr> <td colspan="2">APP</td> </tr> <tr> <td colspan="2">APP</td> </tr> <tr> <td colspan="2">LA</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>TOLERANCES:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FRACTIONAL:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ANGULAR: MINUS</td> <td>MINUS ±</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TWO PLACE DECIMAL</td> <td>±</td> <td></td> </tr> <tr> <td>THREE PLACE DECIMAL</td> <td>±</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MATERIAL</td> <td>---</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FINISH</td> <td>---</td> <td></td> </tr> <tr> <td>COMMENTS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NEXT ASSY</td> <td>USED ON</td> <td></td> </tr> <tr> <td>APPLICATION</td> <td>DO NOT SCALE DRAWING</td> <td></td> </tr> </table>	DRAWN		<table border="1"> <tr> <td colspan="2">DATE</td> </tr> <tr> <td colspan="2">BY</td> </tr> <tr> <td colspan="2">APP</td> </tr> <tr> <td colspan="2">APP</td> </tr> <tr> <td colspan="2">LA</td> </tr> </table>	DATE		BY		APP		APP		LA		TOLERANCES:			FRACTIONAL:			ANGULAR: MINUS	MINUS ±		TWO PLACE DECIMAL	±		THREE PLACE DECIMAL	±		MATERIAL	---		FINISH	---		COMMENTS			NEXT ASSY	USED ON		APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING	
DRAWN		<table border="1"> <tr> <td colspan="2">DATE</td> </tr> <tr> <td colspan="2">BY</td> </tr> <tr> <td colspan="2">APP</td> </tr> <tr> <td colspan="2">APP</td> </tr> <tr> <td colspan="2">LA</td> </tr> </table>		DATE			BY		APP		APP		LA																																	
DATE																																														
BY																																														
APP																																														
APP																																														
LA																																														
TOLERANCES:																																														
FRACTIONAL:																																														
ANGULAR: MINUS	MINUS ±																																													
TWO PLACE DECIMAL	±																																													
THREE PLACE DECIMAL	±																																													
MATERIAL	---																																													
FINISH	---																																													
COMMENTS																																														
NEXT ASSY	USED ON																																													
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING																																													
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">DATE</td> <td>REV.</td> </tr> <tr> <td>DATE</td> <td>REV.</td> <td></td> </tr> </table>			DATE		REV.	DATE	REV.																																							
DATE		REV.																																												
DATE	REV.																																													
<table border="1"> <tr> <td>SCALE</td> <td>WEIGHT</td> <td>SHEET 1 OF 1</td> </tr> </table>			SCALE	WEIGHT	SHEET 1 OF 1																																									
SCALE	WEIGHT	SHEET 1 OF 1																																												

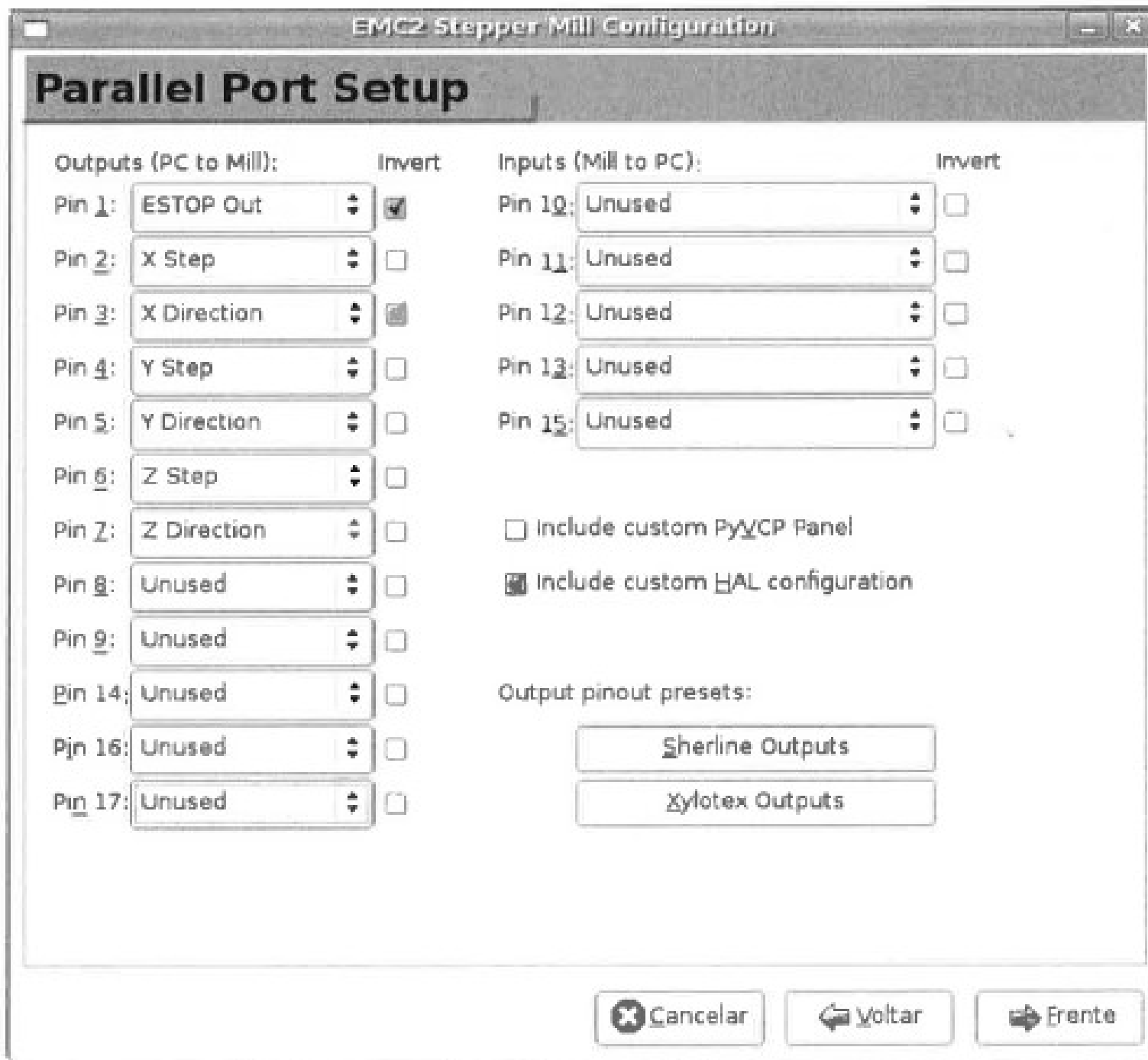
- Deve ser discutido o acionamento da máquina, envolvendo o cálculo detalhado das inércias.
- Devem ser especificadas as velocidades máximas de operação em usinagem e e em movimento de avanço rápido.
- Apresentar os cálculos de curva de aceleração.

– 6. Integração de Motores, Drivers e Controlador

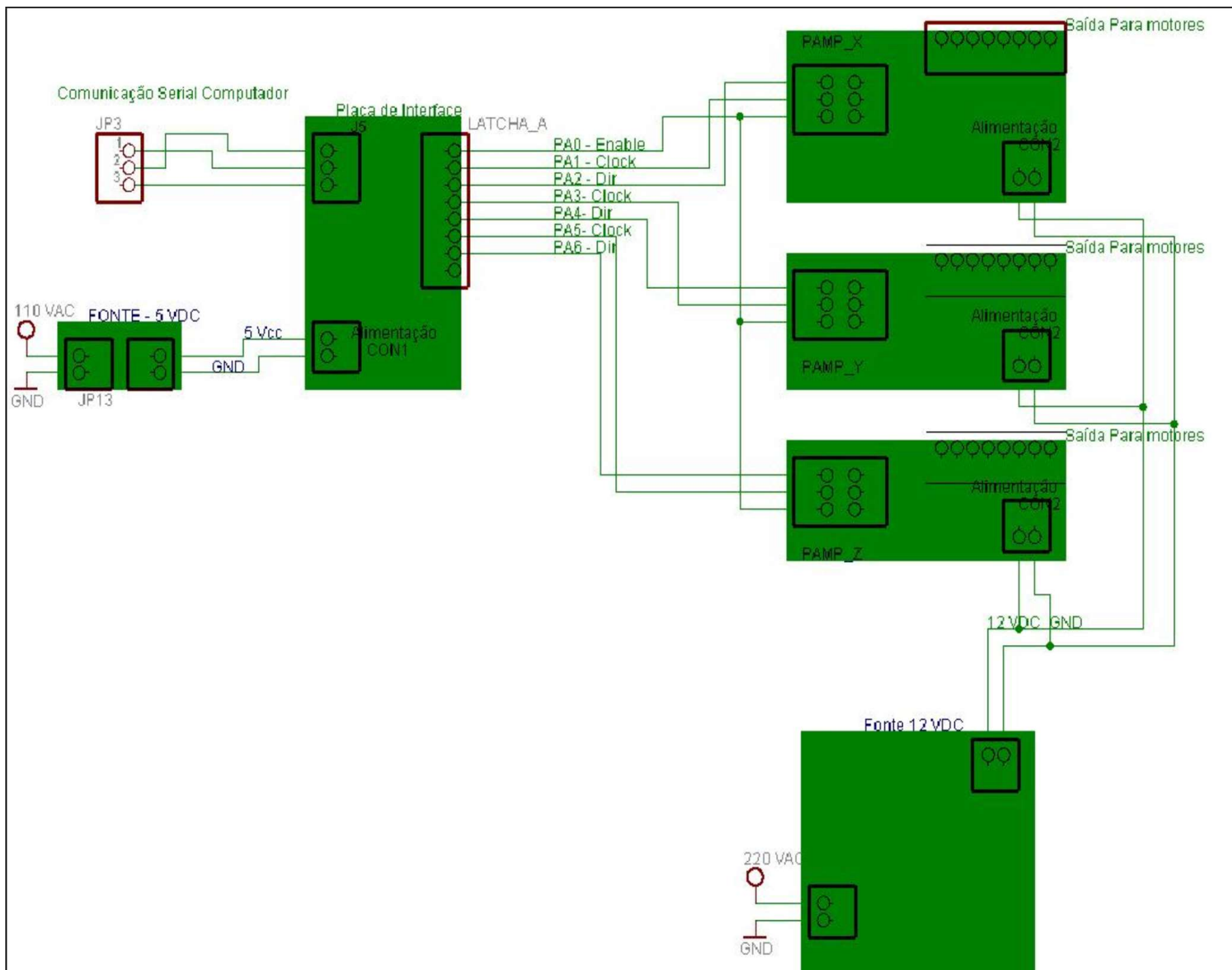
- Requisitos de instalação do Linux CNC (tipo de processador, memória RAM, capacidade de disco rígido, placa de vídeo).
- Configuração de Porta Paralela.
- Apresentar a lógica simplificada da eletrônica de projeto.
- Apresentar esquema elétrico.



Souza, H. M. “Fresadora CNC de Três Eixos para Confecção de Modelos de Embarcação”, TF EPSUP, 2015



Souza, H. M.
“Fresadora CNC de
Três Eixos para
Confecção de Modelos
de Embarcação”, TF
EPSUP, 2015



– 7. Desenvolvimento de Software

- Caso seja desenvolvido algum software deve ser apresentada toda documentação associada ao seu desenvolvimento.

Tipos de Documentação

Documentação do processo

- É produzida para que o processo de desenvolvimento do software seja administrável
- Registram os processos de desenvolvimento e manutenção do software

Documentação do produto

- Descreve o software que está sendo desenvolvido
- É muito utilizada depois que o sistema é implementado, mas é essencial também para a administração do processo de desenvolvimento

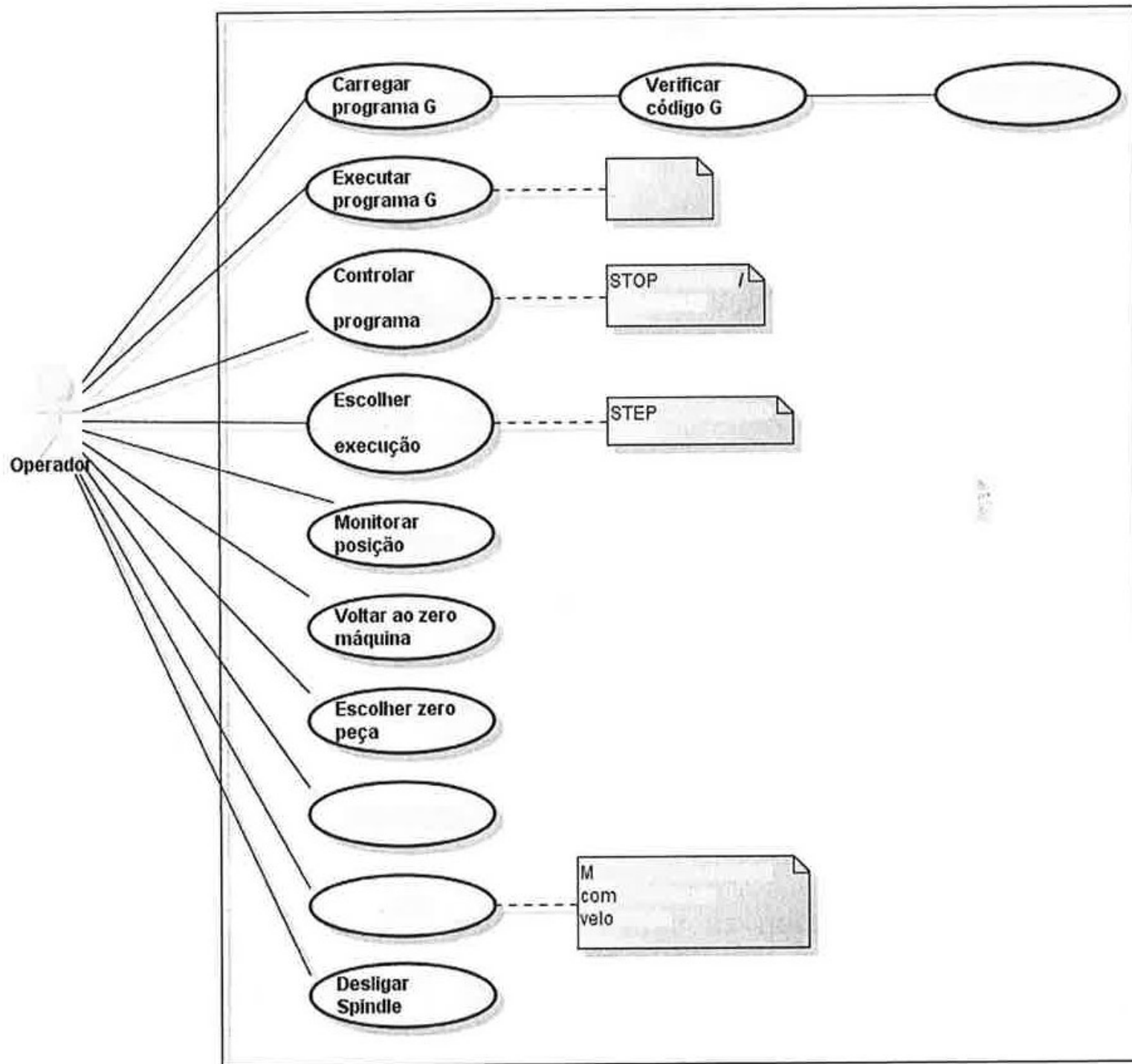
Documentação do Usuário

● Descrição funcional do sistema

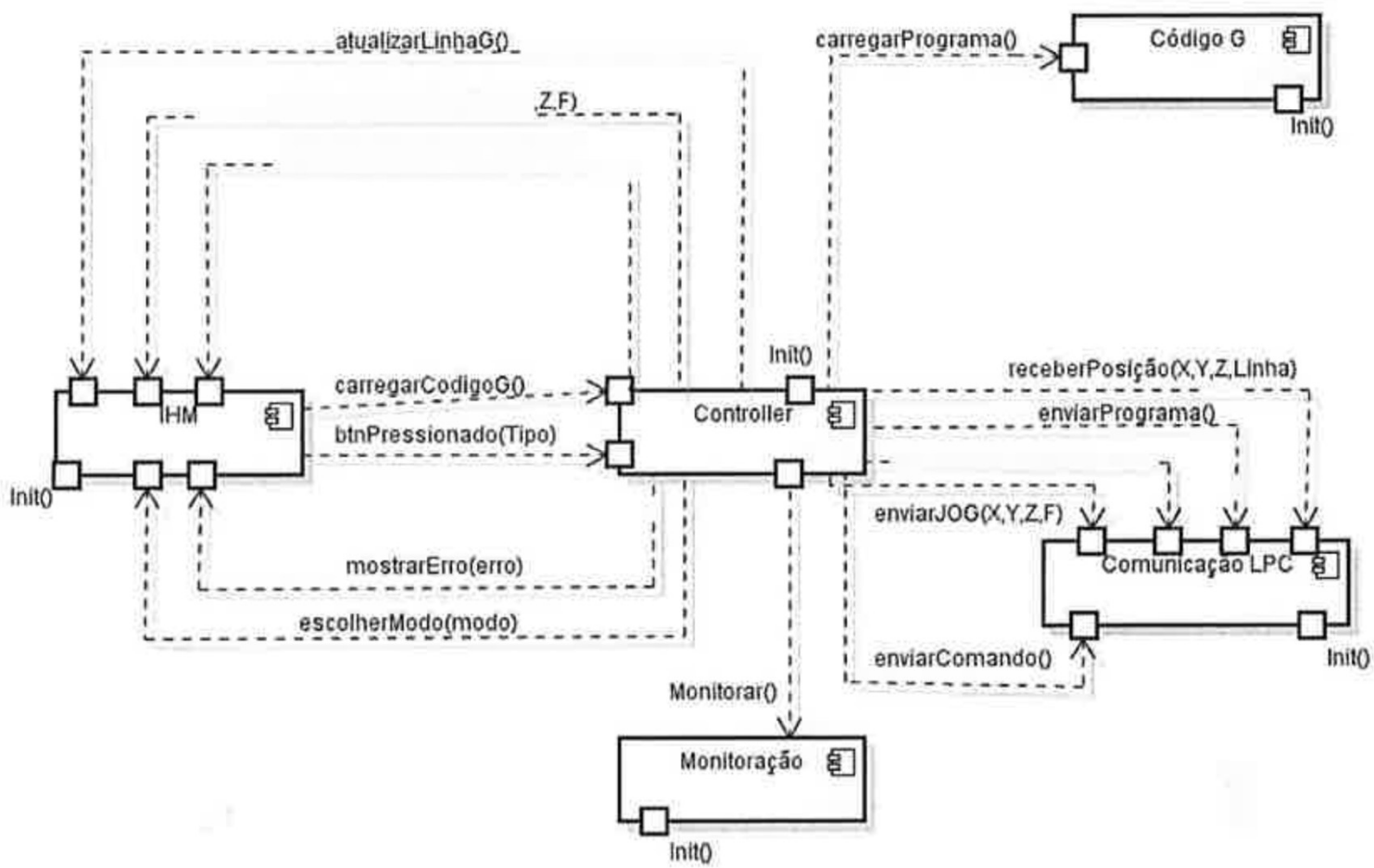
- Requisitos gerais do sistema
- Serviços fornecidos por ele

● Manual de introdução

- Apresenta uma introdução *informal* do sistema e descreve seu uso *normal*
- Deve explicar como começar a usar o sistema e como os usuários podem utilizar as facilidades oferecidas pelo sistema



PC



● Manual de referência

- Descreve as facilidades do sistema e seu uso
- Fornece uma lista das mensagens de erro e descreve como agir quando os erros ocorrerem
- Deve ser completo e técnicas de descrição formal podem ser utilizadas

● Documento de instalação

- Descreve como instalar o sistema
- Especifica a plataforma mínima necessária à sua instalação

Documentação do Sistema

- Documento de *requisitos*
- Descrição da arquitetura do *sistema*
- Descrição da arquitetura de cada um dos *programas*
- Listagens do código fonte dos programas
- Documentos de validação, descrevendo
 - Como cada programa é validado
 - Como estas informações se relacionam com os requisitos
- Guia de manutenção
 - Problemas já identificados
 - Partes do sistema que são dependentes do hardware e software utilizados

– 8. Testes da Máquina

- Neste capítulo devem ser apresentados todos os testes executados com a máquina, incluindo a apresentação das peças usinadas, simulações em softwares para preparação da usinagem (por exemplo o CNC SIMULATOR), programação da usinagem no LINUX CNC, resultados dos testes.
- Nos resultados verificar se a máquina atingiu as especificações de projeto, verificar a qualidade da usinagem, entre outros. Comentar as eventuais discrepâncias e as suas causas.

N10G90G17T1S1000M03	; absolutas, PlanoXY, Ferramenta1, Fuso1000rpm, horário
N20G00X-37.5Y-44.5Z5	; avanço rápido ponto entrada
N30G01Z-15F96M08	; interpolação linear,profundidade quadrado, avanço 96mm/min, liga refrigerante
N40Y37.5	; interpolação linear lado quadrado
N50X37.5	
N60Y-37.5	
N70X-37.5	
N80Z-10	; recuo profundidade círculo
N90G00X-42.5Y0	; avanço rápido posicionamento desbaste círculo, entrada tangente para evitar marcas
N100G02X-42.5Y0I42.5J0	; interpolação circular desbaste círculo, centro incremental
N110G01Y37.5	
N120X0	
N130G02X0Y37.5I0J-37.5	; interpolação circular acabamento círculo, incremental
N140G01X5	; saída tangente para evitar marcas
N150G00X0Y56.5Z-5	; posicionamento triângulo
N160G01X48.93Y-28.25	; desbaste triângulo
N170X-48.93	
N180X0Y56.5	
N190G01Y42.5	
N200X36.81Y-21.25	; acabamento triângulo
N210X-36.81	
N220X0Y42.5	
N230G00Z100M09	; avanço rápido posição troca, desliga refrigerante
N240M30	; fim de programa, desliga o fuso, retorna ao início

– 9. Conclusões

- Devem ser apresentadas as conclusões do trabalho, incluindo discussões sobre a viabilidade do processo de gerenciamento do projeto adotado, resultados obtidos, erros cometidos, entre outros.

- 10. Referências Bibliográficas

Atividades de Projeto

- Os grupos devem selecionar os itens de material listados no edisciplinas:
 - Dois motores de passo,
 - Dois blocos deslizantes,
 - Dois acoplamentos,
 - Inversor de frequência.
 - Uma correia dentada
- Os grupos devem conversar entre si para evitar duplicidade de seleção.

Especificação do torno

Eixo árvore

Potência

Rotação (lembrar que tem um inversor para variar a rotação)

Tipo e dimensões da placa para fixar a peça

Dimensões máximas da peça: diâmetro, comprimento (sem uso de contra ponta) (depende da castanha e da guia que permite o maior comprimento).

Cursos e velocidades dos eixos

Tipo de sincronização entre os eixos

Especificações elétricas: tensão; corrente

Dimensões e peso da máquina

Controlador

Resolução: lembrar que será usado um driver de motor de passo tipo micro passo com 2000 posições/volta

Estudo de possíveis topologias da máquina

Ergonomia

Rigidez (loop estrutural)

Frequência natural

Dimensões

Consumo de materiais na estrutura da máquina