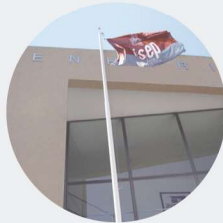




DESENVOLVIMENTO DE NOVO CONCEITO DE EQUIPAMENTO AUTOMÁTICO PARA FABRICO DE CABOS DE COMANDO PARA AUTOMÓVEIS

EDUARDO FERNANDES DE CAMPOS EIRAS

dezembro de 2022



DESENVOLVIMENTO DE NOVO CONCEITO DE EQUIPAMENTO AUTOMÁTICO PARA FABRICO DE CABOS DE COMANDO PARA AUTOMÓVEIS

EDUARDO FERNANDES DE CAMPOS EIRAS

novembro de 2022

DESENVOLVIMENTO DE NOVO CONCEITO DE EQUIPAMENTO AUTOMÁTICO PARA FABRICO DE CABOS DE COMANDO PARA AUTOMÓVEIS

Eduardo Fernandes de Campos Eiras

1121328

2021-2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

DESENVOLVIMENTO DE NOVO CONCEITO DE EQUIPAMENTO AUTOMÁTICO PARA FABRICO DE CABOS DE COMANDO PARA AUTOMÓVEIS

Eduardo Fernandes de Campos Eiras

1121328

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Professor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2021-2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Coordenador com Agregação, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Professor Doutor António Manuel Ferreira Mendes Lopes

Professor Associado com Agregação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto>

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Eng. Francisco Silva, pela sua disponibilidade e apoio incondicional e também, pela partilha da sua experiência e conhecimento, que tanto incentivou durante a realização desta dissertação.

Desejo também agradecer ao Eng. Paulo Rebelo e aos restantes colegas do departamento de Engenharia de Processo e Equipamentos, que me receberam de braços abertos e que partilharam o seu enorme conhecimento comigo.

Por fim, gostaria de deixar um agradecimento especial à minha família, por todo o apoio recebido ao longo do meu percurso académico.

PALAVRAS CHAVE

Indústria Automóvel, Cabos de Comando, Equipamento Automático, Equipamento Flexível, Automatização

RESUMO

A Indústria Automóvel tem como principal característica a elevada competitividade, acompanhada pela alta qualidade. Com o propósito das empresas se manterem competitivas, apostam cada vez mais na automatização dos processos para garantir a sua sobrevivência.

Esta dissertação tem como base uma lacuna detetada numa empresa produtora de componentes para a Indústria Automóvel, onde na sua gama de produtos se encontram os cabos de comando. Estes fazem parte de inúmeros sistemas de interação com o condutor e os ocupantes, sendo um bom exemplo os sistemas de abertura das portas, que os utilizam para realizar a transmissão de movimento do puxador para o fecho da porta.

Atualmente, os processos produtivos encontrados nesta família de produtos representam uma enorme perda para a empresa pela falta de competitividade, tanto pelos equipamentos se encontrarem desatualizados, como pela dependência do uso de mão de obra intensiva.

Nos cabos de comando, o subconjunto de cabo e terminal de cabo é sempre encontrado e as suas operações de preparação são semelhantes entre vários projetos e referências. O cabo é fornecido em bobina, necessita de ser cortado e preparado para a injeção do seu primeiro terminal em zamak.

O projeto consiste no desenvolvimento de um equipamento automático e flexível, que visa integrar vários processos de fabrico individuais, de forma a ser melhorada a capacidade produtiva, com a redução das operações manuais simples e ainda, facilitando a introdução de novas referências de cabos do mesmo tipo.

As expectativas do projeto foram superadas, tendo o conceito desenvolvido sido adotado pela empresa como o novo *standard*, para a primeira injeção de zamak em cabo revestido. Todas as etapas pelas quais passou o desenvolvimento deste projeto, são apresentadas nesta dissertação.

KEYWORDS

Automotive Industry, Bowden Cables, Automatic Equipment, Flexible Equipment, Automation

ABSTRACT

The Automotive Industry's main characteristic is high competitiveness, accompanied by high quality. In order for companies to remain competitive, they increasingly focus on automating processes to ensure their survival.

This dissertation is based on a gap detected in a company that produces components for the Automotive Industry, where bowden cables are in its range of products. These are part of numerous interaction systems with the driver and occupants, a good example being the door opening systems, which use them to transmit movement from the handle to the door lock.

Currently, the production processes found in this family of products represent a huge loss for the company due to the lack of competitiveness, both because of the equipment being outdated, and because of the dependence on the use of intensive labor.

In bowden cables, the cable and cable end-fitting sub-assembly is always found and their preparation operations are similar between various designs and references. The cable is supplied in a cable reel, it needs to be cut and prepared for the injection of its first zamak end-fitting.

The project consists of the development of an automatic and flexible equipment, which aims to integrate several individual manufacturing processes, in order to improve the production capacity, with the reduction of simple manual operations and also, facilitating the introduction of new references of similar types of cables.

The project's expectations were exceeded, and the developed equipment was adopted by the company as the new standard, for the first injection of zamak in coated cable. All the stages through which the development of this project passed are presented in this dissertation.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

Termo	Designação
5S	Utilização, Organização, Limpeza, Padronização, Disciplina
5W2H	5 Porquês, Como e Quando
ACAP	Associação de Construtores Automóvel de Portugal
AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
CNC	Controlo Numérico Computorizado
DMAIC	<i>Design, Measure, Analyse, Improve and Control</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
HMI	<i>Human-Machine Interface</i>
IA	Indústria Automóvel
ISO	<i>Internacional Standardization Organization</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
OEE	<i>Overall Equipment Efficiency</i>
OICA	Organização Internacional de Construtores Automóvel
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
PHH	Peças Hora Homem
SMED	<i>Single Minute Exchange of Dies</i>
SSH	Saúde e Segurança no Trabalho

Lista de Unidades

Termo	Designação
±	Mais ou menos
mm	milímetros
p/H	Peças por Hora
m ²	Metro quadrado
kg	Quilograma
s	Segundos
°	Graus
bar	Unidade de pressão bar

Lista de Símbolos

Termo	Designação
€	Euro
∅	Diâmetro
%	Porcentagem

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Termo	Designação
Fabricos	Local da empresa onde é produzida espiral e se revestem cabos metálicos
<i>Transfer</i>	Manipulador
<i>Bottleneck</i>	Gargalo do processo produtivo

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - PROCESSOS A REALIZAR NO NOVO EQUIPAMENTO AUTOMÁTICO	29
FIGURA 2 - NOVAS INSTALAÇÕES DA EMPRESA FICOCABLES	31
FIGURA 3 - TRÊS TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADOS (GROOVER[12])	38
FIGURA 4 - TIPOS DE ROBÔS INDUSTRIAIS (ADAPTADO DE TTHK.EE[19])	41
FIGURA 5 - FASES DO <i>STANDARD WORK</i> (ADAPTADO DE [37])	46
FIGURA 6 - REPRESENTAÇÃO DE UMA ANÁLISE <i>SWOT</i> (CURSOS PM3)	48
FIGURA 7 - EXEMPLO DE VSM [44]	49
FIGURA 8 - MARCAÇÃO CE[45]	52
FIGURA 9 - SEDE E CENTRO DE <i>R&D (RESEARCH & DEVELOPMENT)</i> DE BARCELONA	55
FIGURA 10 - TODAS AS ÁREAS DE NEGÓCIO ATUAIS DA FICOSA	55
FIGURA 11 - EXEMPLOS DE PRODUTOS DE SISTEMAS DE CONFORTO, DE PORTAS E ASSENTOS	56
FIGURA 12 - CABO DE PORTA E COMPONENTES UTILIZADOS NO SEU FABRICO	57
FIGURA 13 - CABO DE EXEMPLO COM ESPIRAL REVESTIDA (PRETO) E TERMINAIS DE ESPIRAL NAS EXTREMIDADES (AZUL E BRANCO)	57
FIGURA 14 - EXEMPLO DO DIÂMETRO INTERIOR E EXTERIOR DO CABO REVESTIDO	58
FIGURA 15 - EXEMPLOS DE SUBCONJUNTOS DE CABO COM TERMINAL DE ZAMAK	58
FIGURA 16 – CABO DECAPADO DO PROJETO A APÓS 1ª INJEÇÃO DE ZAMAK	58
FIGURA 17 - DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO ATUAL DE UM CABO DE COMANDO	59
FIGURA 18 - DIAGRAMADO PROCESSO DE FABRICO DE CABO COM O NOVO EQUIPAMENTO	60
FIGURA 19 - VSM DO PROCESSO ATUAL	60
FIGURA 20 - VSM APÓS IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO EQUIPAMENTO	61
FIGURA 21 - EXEMPLO DE SISTEMA DE CORTE MECÂNICO	61
FIGURA 22 – EXEMPLO DE DISPOSITIVO DE CORTE ELÉTRICO	62
FIGURA 23 - EXEMPLO DE MECANISMO DE DECAPAR	62
FIGURA 24 - MECANISMO DE FAZER FLOR <i>STANDARD</i>	63
FIGURA 25 - MÁQUINA DE INJEÇÃO DE ZAMAK ANTIGA	63
FIGURA 26 - CABO NO MOLDE ANTES DA INJEÇÃO (ESQUERDA) E APÓS A INJEÇÃO COM GITO (DIREITA)	64

FIGURA 27 - MÁQUINA DE CORTE ATUAL	64
FIGURA 28 - MÁQUINA ANTIGA DE 1ª INJEÇÃO DE ZAMAK	65
FIGURA 29 - EXEMPLO DA COTA DE SAÍDA DE UM CABO DE COMANDO	66
FIGURA 30 - EQUIPAMENTO DE CORTE ATUAL DE CABO REVESTIDO	73
FIGURA 31 - CONCEITO 1	73
FIGURA 32 - CONCEITO 2	74
FIGURA 33 - IMAGEM ADAPTADA DA MÁQUINA CRIMP CENTER DA SCHLEUNIGER	75
FIGURA 34 - CONCEITO 3	76
FIGURA 35 - ANÁLISE <i>SWOT</i> DO CONCEITO 1	77
FIGURA 36 - ANÁLISE <i>SWOT</i> DO CONCEITO 2	77
FIGURA 37 - ANÁLISE <i>SWOT</i> DO CONCEITO 3	78
FIGURA 38 – DETALHES DOS IMPERATIVOS DO DISPOSITIVO DA FLOR E DO MOLDE DE INJEÇÃO DE ZAMAK	90
FIGURA 39 – PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DO EQUIPAMENTO EM DESENVOLVIMENTO	91
FIGURA 40 - IDENTIFICAÇÃO DOS CONJUNTOS PRINCIPAIS	92
FIGURA 41 – CONJUNTO DE DESENROLADORES ESQUERDO E DIREITO (ESQUERDA) E DESENROLADOR LEGENDADO (DIREITA)	93
FIGURA 42 – PAR DE DESENROLADORES (ESQUERDO + DIREITO)	93
FIGURA 43 - BASE DO DESENROLADOR DE BOBINAS	94
FIGURA 44 - SISTEMA DE TRANSMISSÃO DOS DESENROLADORES	95
FIGURA 45 - SISTEMA DE COMPENSADOR DA DESBOBINAGEM DO CABO	96
FIGURA 46 - VISÃO GERAL DO DISPOSITIVO DE ARRASTO	96
FIGURA 47- SUBCONJUNTOS DE UM ARRASTO	97
FIGURA 48 - VISTA EXPLODIDA DO <i>ENCODER</i>	97
FIGURA 49 - CALIBRE DE DETEÇÃO DE DEFEITO DO REVESTIMENTO	98
FIGURA 50 - ACESSO ÀS CORREIAS DE ARRASTO	98
FIGURA 51 - DETALHE DO DESCENTRAMENTO DO CABO EM RELAÇÃO À LARGURA DA CORREIA DE ARRASTO	99
FIGURA 52 - DETALHE DE ABERTURA DO PAR DE ARRASTOS E DA DISTÂNCIA ENTRE CABOS	99
FIGURA 53 - DETALHE DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO	100
FIGURA 54 – DISPOSITIVO DE CORTE E DECAPAGEM DUPLO	100
FIGURA 55 - EXEMPLO DE PERCURSO DO CABO E DA COTA MÍNIMA DE CORTE	101

FIGURA 56 - PRIMEIRA SEQUÊNCIA DE MOVIMENTOS DO DISPOSITIVO	101
FIGURA 57 - CONTINUAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE DECAPAGEM	102
FIGURA 58 - DISPOSITIVO DE CORTE E DETALHE DAS LÂMINAS	102
FIGURA 59 - CONJUNTO DE CORTE E DECAPAGEM (CORTE SUPRIMIDO)	103
FIGURA 60 - DETALHE DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE FUSO DE ESFERAS DAS GARRAS DE DECAPAR	104
FIGURA 61 - CONJUNTOS DO MANIPULADOR ROTATIVO	104
FIGURA 62 - SEQUÊNCIA DE MOVIMENTOS DO MANIPULADOR ROTATIVO	105
FIGURA 63 - SUPORTE DO MANIPULADOR ROTATIVO	105
FIGURA 64 - APOIO DE EIXO VERTICAL	106
FIGURA 65 - MANIPULADOR ROTATIVO	106
FIGURA 66 - DISPOSITIVO DE REALIZAR FLOR E CAMARA DE INSPEÇÃO	107
FIGURA 67 - MÁQUINA DE INJEÇÃO DE ZAMAK	107
FIGURA 68 – DISPOSITIVO CORTANTE DE GITO	108
FIGURA 69 - EXTRAÇÃO DE CABOS INJETADOS	109
FIGURA 70 - MANIPULADOR DE EXTRAÇÃO	109
FIGURA 71 - ESTUDO DE MOVIMENTOS E TEMPO DE CICLO DO EQUIPAMENTO	111
FIGURA 72 - SEQUÊNCIA DO CORTE E DECAPAGEM ESQUERDO	112
FIGURA 73 - <i>GRAF CET</i> DO MANIPULADOR ROTATIVO	113
FIGURA 74 - <i>GRAF CET</i> DA MÁQUINA DE INJEÇÃO DE ZAMAK	114
FIGURA 75 - <i>GRAF CET</i> DO CICLO DE EXTRAÇÃO	115
FIGURA 76 - HMI DURANTE A UTILIZAÇÃO NORMAL DO EQUIPAMENTO	116
FIGURA 77 - MENU PRINCIPAL DA CONSOLA	116
FIGURA 78 - MENU DE INTRODUÇÃO OU ALTERAÇÃO DE REFERÊNCIAS DE CABO	117
FIGURA 79 - VISTA DE <i>LAYOUT</i> DO EQUIPAMENTO	122
FIGURA 80 - PERCURSO DO CABO NOS DESENROLADORES DE BOBINAS	123

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - VENDAS DA IA RESPETIVAMENTE AO ANO DE 2018, SEGUNDO A OICA	35
TABELA 3 - VALORES DE IMPACTO DA IA NA ECONOMIA NACIONAL, NO ANO 2018, SEGUNDO A AFIA.	36
TABELA 4 - TABELA RESUMO DE CASOS DE ESTUDO DE AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS	39
TABELA 5 - CASOS DE ESTUDO QUE DEMONSTRAM A IMPORTÂNCIA DA ROBÓTICA	41
TABELA 6 - RESUMO DOS ARTIGOS DE PESQUISA SOBRE ERGONOMIA E DOENÇAS PROFISSIONAIS	44
TABELA 7 - RESUMO DE TRABALHOS DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SMED	45
TABELA 8 - RESUMO DAS FONTES SOBRE STANDARD WORK	47
TABELA 9 - LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS A IMPLEMENTAR	72
TABELA 10 - PROPRIEDADES PARA ELABORAÇÃO DA MATRIZ DE SELEÇÃO	79
TABELA 11 - IMPORTÂNCIA RELATIVA DAS PROPRIEDADES	79
TABELA 12 - DETERMINAÇÃO DOS PESOS DAS PROPRIEDADES NA DEFINIÇÃO DO CONCEITO	80
TABELA 13 - TABELA DE PONTUAÇÃO DAS PROPRIEDADES EM AVALIAÇÃO	80
TABELA 14 - MATRIZ DE SELEÇÃO DOS TRÊS CONCEITOS EM ESTUDO	81
TABELA 15 - TIPOS DE DESENROLADORES DE BOBINAS DE CABO	82
TABELA 16 - DISPOSITIVOS DE ARRASTO	83
TABELA 17 - DISPOSITIVOS DE CORTE MECÂNICO	84
TABELA 18 - DISPOSITIVOS DE DECAPAR	85
TABELA 19 - DISPOSITIVOS DE FLOR	86
TABELA 20 - MÁQUINAS ZAMAK	87
TABELA 21 - CORTANTES DE GITO (ZAMAK)	88
TABELA 22 - MANIPULADORES	89
TABELA 23 - RESUMO DOS CUSTOS DE CONTRUÇÃO DO NOVO EQUIPAMENTO	117
TABELA 24 - COMPARAÇÃO DO CUSTO POR PEÇA ENTRE PROCESSO ATUAL E O NOVO EQUIPAMENTO	118
TABELA 25 - MANUTENÇÃO DE 1º NÍVEL DO DESENROLADOR E ARRASTO, DISPOSITIVO DE CORTE, DECAPAGEM E CORTANTE DE GITO	118
TABELA 26 - MANUTENÇÃO DE 2º NÍVEL DO DESENROLADOR E ARRASTO, DISPOSITIVO DE CORTE, DECAPAGEM E CORTANTE DE GITO	119

TABELA 27 - MANUTENÇÃO DE 1º NÍVEL DA MÁQUINA DE INJEÇÃO DE ZAMAK, MOLDE DE ZAMAK E DISPOSITIVO DE FLOR	120
TABELA 28 - MANUTENÇÃO DE 2º NÍVEL DA MÁQUINA DE INJEÇÃO DE ZAMAK, MOLDE DE ZAMAK E DISPOSITIVO DE FLOR	121
TABELA 29 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO EQUIPAMENTO	122
TABELA 30 - CUMPRIMENTO DOS OBJECTIVOS DO NOVO EQUIPAMENTO	128

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	29
1.1	Contextualização	29
1.2	Objetivos	29
1.3	Estrutura da Dissertação	30
1.4	Empresa de Acolhimento	30
1.5	Metodologia Científica	31
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	35
2.1	Indústria Automóvel (IA).....	35
2.1.1	Importância da IA na Economia Mundial	35
2.1.2	Importância da IA na Economia Nacional	35
2.1.3	Pilares da IA.....	36
2.2	Automatização	37
2.2.1	Automatização	37
2.2.2	Robotização	40
2.2.3	Mão de Obra Intensiva VS Capital Intensivo	42
2.2.4	Ergonomia e Doenças Profissionais.....	42
2.3	Ferramentas de Gestão.....	44
2.3.1	SMED	44
2.3.2	Standard Work	46
2.3.3	Análise SWOT	47
2.3.4	VSM (Value Stream Mapping)	48

2.4	Diretiva Máquinas	49
2.4.1	Princípios de Integração de Segurança	50
2.4.2	Sistemas de Comando	50
2.4.3	Medidas de Proteção Contra Perigos de Natureza Mecânica	50
2.4.4	Riscos Devidos a Outros Perigos.....	51
2.4.5	Manutenção	51
2.4.6	Informações.....	51
3	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DO PROCESSO E DO PROBLEMA	55
3.1	Caracterização da Empresa	55
3.2	Descrição do Produto.....	56
3.3	Descrição do Processo.....	59
3.4	Caracterização do Problema	64
3.4.1	Problemas Processo	64
3.4.2	Problemas Gerais	66
4	DESENVOLVIMENTO	71
4.1	Anteprojeto	71
4.1.1	Brainstorming.....	71
4.1.2	Análise SWOT	76
4.1.3	Matriz de Seleção de Soluções.....	79
4.1.4	Possíveis Dispositivos a Utilizar	81
4.2	Projeto.....	90
4.2.1	Mecânico	90
4.2.2	Automação	110
4.2.3	Programação	111
4.3	Orçamentação e <i>Pay-back</i>	117
4.4	Plano de Manutenção	118
4.5	Manual de Operação.....	122

5	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	127
5.1	CONCLUSÕES.....	127
5.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	128
6	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	133
7	ANEXOS.....	139
7.1	ANEXO1 – Dimensionamento Beckhoff	139
7.2	ANEXO 2 – Manual do Equipamento	140

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

1.2 Objetivos

1.3 Estrutura da Dissertação

1.4 Empresa de Acolhimento

1.5 Metodologia Científica

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Atualmente, a Indústria Automóvel (IA) é um setor dominante da economia mundial. Esta indústria sempre foi pioneira e está na vanguarda da tecnologia, de onde inúmeros desenvolvimentos tecnológicos são criados. Estes, surgem como resposta à necessidade da indústria se manter competitiva entre os concorrentes, onde a produtividade é um fator chave.

Como a IA é muito influenciada por fatores externos, como o preço do petróleo e o poder de compra dos clientes, está sujeita a variações da procura. No ano de 2018 já foi visível a inversão do mercado a nível do número de veículos produzidos, podendo agora dar início a uma tendência decrescente para o setor.

Os produtores de componentes para a IA têm de acompanhar estas tendências do mercado para se manterem competitivos. No caso em questão, do fabrico de cabos de comando para automóveis (que são produtos de baixo valor acrescentado), onde a concorrência tem sido mais eficaz, é necessário a criação de projetos para máquinas mais sofisticadas tecnologicamente.

Daí, surge a necessidade de investimento em máquinas automáticas flexíveis que permitirão elevar a cadência de produção, reduzir a mão-de-obra intensiva, eliminar tarefas repetitivas e conseguir produtos com qualidade mais consistente.

1.2 Objetivos

Com o intuito de manter a competitividade e satisfação dos clientes, foram considerados alguns aspetos importantes que salvaguardam a viabilidade do projeto do novo equipamento.

Tendo em conta o enquadramento realizado no ponto anterior, o principal objetivo do projeto é desenvolver um novo conceito de equipamento automático e flexível para o fabrico de cabos de comando com a necessidade de que este produza várias referências diferentes. Também é necessário que este equipamento agregue vários processos de fabrico nos cabos de comando. A sequência do processo para cabos revestidos encontra-se na figura seguinte:



Figura 1 - Processos a Realizar no Novo Equipamento Automático

Outro objetivo importante e que dificultará a fase de projeto, será a capacidade da máquina produzir dois cabos de comando, iguais ou diferentes, em simultâneo. Isto resulta no desenvolvimento de dois novos tipos de *transfer* (manipulador).

Após definidos esses objetivos gerais por parte da empresa, ainda foram atribuídas algumas características mais específicas sobre o equipamento, que se encontram descritas nos pontos seguintes:

- Atingir uma cadência de, pelo menos, 1100 unidades por hora (tempo de ciclo de aproximadamente 6,55 segundos);
- Tem de ser capaz de realizar dez referências de cabo diferentes;
- Boa acessibilidade à parte interior da máquina para auxiliar o *setup* e as manutenções;
- Não deverá ultrapassar a estimativa de 65 000 € de orçamento;
- Deverá ter sistemas de segurança redundantes para o operador;
- A área de ocupação do equipamento não deverá exceder 22 metros quadrados;
- Ser suficientemente fiável para um tempo de vida estimado de 10 anos.

1.3 Estrutura da Dissertação

A estrutura deste trabalho tem como base cinco capítulos interligados pela sua sequência de apresentação. Na seguinte ordem: 1. Introdução; 2. Revisão Bibliográfica; 3. Caracterização da empresa, do Processo e do Problema; 4. Desenvolvimento e Resultados e por fim o capítulo final 5. Conclusões.

Na introdução, o leitor é colocado a par com o tema abordado, especificando os principais objetivos e a metodologia utilizada. A Revisão Bibliográfica apresenta os temas que servem de base para a realização da parte prática, na forma de pesquisa sobre novas técnicas e ferramentas utilizadas, dando importância à qualidade das fontes utilizadas. No capítulo três, encontra-se mais detalhadamente a caracterização da empresa, do processo e da caracterização do problema. De seguida, no desenvolvimento, há uma análise da situação inicial utilizando ferramentas para discussão de ideias para a fase de anteprojecto que serve de ponto de partida para a fase seguinte de projeto, onde se elabora detalhadamente cada módulo do novo equipamento. Ainda neste capítulo, estão contempladas as fases de análise de custos, da manutenção e da operação, assim como todos os resultados atingidos pelo projeto. Por fim, estão disponíveis as Conclusões e possíveis pontos de melhoria/continuação do projeto.

1.4 Empresa de Acolhimento

A dissertação descrita neste documento surgiu de um estágio curricular, realizado na empresa FicoCables do grupo FICOSA. Empresa localizada em Vermoim, Maia (Figura 2). Empresa produtora de componentes para a IA nas áreas dos cabos de comando e na área do conforto com apoios de coxim, encosto e sistemas lombares. O coordenador a cargo da empresa foi o Engenheiro Paulo Rebelo, responsável pela Engenharia de Processo.



Figura 2 - Novas Instalações da Empresa FicoCables

1.5 Metodologia Científica

A metodologia científica adoptada para o desenvolvimento desta dissertação é *DSR (Design Science Research)*. Este modelo é utilizado para a criação de conteúdo de inovação, para a resolução de problemas e para a optimização do meio onde está a ser utilizada.

Esta metodologia passa pelo desenvolvimento de novos conceitos, para a resolução dos problemas identificados na empresa. Estes conceitos serão posteriormente avaliados da forma que melhor se adequa à inovação, neste caso utilizando ferramentas *lean*. A partir deste ponto, é cruzada a informação com artigos de base científica e também com o que já existe na empresa.

Desta forma é possível ligar, de uma forma prática, o desenvolvimento de novos conceitos, suportados por bases de dados científicas para resolver os problemas encontrados na empresa.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria Automóvel (IA)

2.2 Automação

2.3 Ferramentas de Gestão

2.4 Diretiva Máquinas

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria Automóvel (IA)

2.1.1 Importância da IA na Economia Mundial

Atualmente, o setor da IA é um dos principais impulsionadores da economia global e encontra-se em constante evolução a nível tecnológico. Do ponto de vista económico, é uma indústria que se destaca quer pelos elevados valores de negócios, como pela quantidade de postos de trabalho. Serve, também, de ponte de ligação entre várias outras indústrias devido à grande diversidade do tipo de componentes necessários para o fabrico de automóveis. Para além disso, o fabrico de componentes também é um dos pilares da IA. Na Tabela 1, estão representados os valores da produção de veículos em 2018, segundo a Organização Internacional dos Construtores de Automóveis (OICA) [1].

Tabela 1 – Veículos produzidos respetivamente ao ano de 2018, segundo a OICA

Categoria	Unidades Produzidas (2018)
Veículos de Passageiros	68 690 468
Veículos comerciais	26 365 470
TOTAL	95 055 938

Comparando os valores de 2018 com os do ano anterior, verifica-se uma redução de 2,1% da produção o que pode indicar a inversão da tendência crescente da última década. Apesar dessa redução, o total de veículos produzidos continua a ser um valor elevadíssimo.

2.1.2 Importância da IA na Economia Nacional

Como no ponto de vista global, a nível nacional a IA também é um grande influenciador da economia. Isto verifica-se em dois vetores, sendo um deles os Recursos Humanos representados pelo número de postos de trabalho e pelo aumento da qualificação dos trabalhadores. Segundo a Associação Automóvel de Portugal (ACAP) [2], atualmente a IA é responsável pela existência de 28 577 empresas que geram cerca de 33 mil milhões de Euros de faturação por ano, 160 000 postos de trabalho, e que representam cerca de 19,5% das receitas fiscais do estado.

O outro vetor impulsionador deste setor é o fabrico de componentes. Esta área é responsável em grande parte pelo elevado valor gerado pela exportação dos seus produtos. Na Tabela 2, estão apresentados os valores relativos ao setor do fabrico de componentes, segundo a Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA) [3].

Tabela 2 - Valores de Impacto da IA na Economia Nacional, no ano 2018, segundo a AFIA.

Área de Impacto	Valor
Volume de Negócios (Mil Milhões Euros)	11,5
Exportações (Mil Milhões Euros)	9,4
Número de Empresas	240
Número de Postos de Trabalho	58 000

É ainda importante salientar que, o número de postos de trabalho representa 8% da Indústria transformadora, o volume de negócios é 6% do PIB. A nível das exportações, estas são 16% na área de bens transacionáveis e 92% destas são para o mercado Europeu.

2.1.3 Pilares da IA

Os objetivos mais importantes visados pela indústria automóvel durante muito tempo são a qualidade e o prazo de entrega. Para garantir que tais premissas sejam cumpridas, é necessário que estas empresas tenham máquinas com ciclos de produção rápidos e layouts versáteis, capazes de se adaptarem à produção de um grande número de peças diferentes [4]. Fatores críticos, como qualidade, compromisso com o tempo de entrega e o aumento do custo de mão-de-obra tornam-se elementos atrativos para se começar a desenvolver, de forma flexível e ágil, equipamento que permite uma configuração simples, tempo de ciclo curto e rastreabilidade [5].

A produção de componentes para a IA apresenta vários requisitos de fabricação que as empresas devem deter para sobreviver. Por exemplo, ter grande flexibilidade, a capacidade de produzir componentes de alta qualidade a um preço muito competitivo e garantir que os prazos de entrega estejam de acordo com as expectativas do cliente são apenas alguns dos traços que uma empresa deve ter [6].

Portanto, pode-se afirmar que a qualidade, o tempo de entrega e a competitividade são os três pilares da IA.

Qualidade

A qualidade é um fator chave na IA, visto que esta pode ser a responsável pela fidelização do cliente. Isto acontece, devido à elevada pressão que a segurança impõe à indústria, onde os construtores de automóveis e fornecedores de componentes podem ser responsabilizados por incidentes causados pela falha de componentes. Num cenário deste tipo, após detetada a falha do componente, os veículos poderão ser retirados de circulação para reparação do problema, onde a resolução poderá ser bastante dispendiosa.

O conceito de qualidade é bastante similar entre as diferentes organizações certificadoras como a ISO [7] (*International Organization for Standardization*) e a APQ [8] (Associação Portuguesa para a Qualidade), que referem que um produto com qualidade é aquele em que o seu conjunto de características lhe confere a habilidade de exercer a sua funcionalidade. Para a IA, isso significa que a qualidade é expressa através da satisfação dos clientes em relação aos produtos e serviços oferecidos [9].

Tempo de Entrega

O tempo de entrega de componentes para a IA é um dos pontos fundamentais de avaliação para a seleção de fornecedores [10]. Tendo em conta a alteração de paradigma de produção intensiva para produção flexível, existem mais variáveis que podem criar atrasos nas entregas dos produtos aos clientes. Uma das alterações mais notáveis é variação de produtos e quantidades a produzir, para além de todas as ferramentas *lean*, que nos introduziu o JIT (*Just In Time*), por exemplo.

Competitividade

A competitividade que é inerente à IA, tem tido e sempre teve um comportamento dinâmico. No entanto, ao longo do último século, houve a adoção de diferentes estratégias, desde a produção artesanal à produção em massa de Henry Ford, passando pela política de marca e pela variedade de produtos *Sloan*, a produção *lean* (*lean manufacturing*) e, mais recentemente, as iniciativas *build-to-order*. Estas mudanças não são comuns apenas aos grandes produtores de veículos, mas também foram observadas nos produtores de automóveis de luxo, vistos como produtores artesanais [11].

Hoje em dia, a indústria automóvel é um mercado muito competitivo, tendo atrás de si uma cadeia de fornecimento complexa, implicando mudanças estratégicas dos fabricantes de automóveis e uma concorrência crescente entre fornecedores qualificados [5].

2.2 Automatização

2.2.1 Automatização

A automatização é um fator chave para o aumento da produtividade. Os sistemas de produção automáticos são utilizados quando se pretende produzir algo com reduzida participação humana. É possível utilizá-los para realizar montagem, inspeções e são ainda principalmente utilizados para movimentação de componentes em linhas de produção ou embalagem.

Segundo Groover [12], existem três principais tipos de programação: a automação fixa, automação programável e, ainda programação flexível.

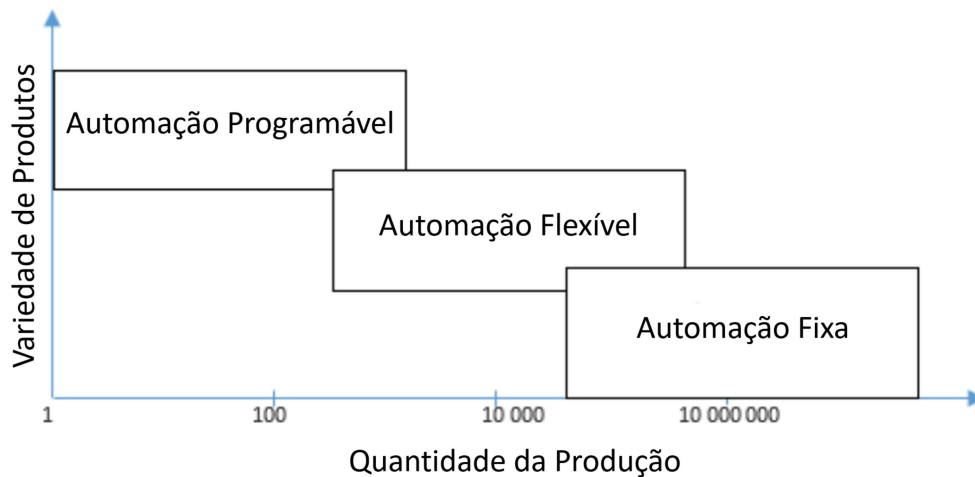


Figura 3 - Três tipos de sistemas de produção automatizados (Groover [12])

Na automação fixa, existe o foco em operações fixas de um determinado produto, portanto, a sequência de operações é fixa devido à configuração do equipamento, que foi desenvolvido especificamente para esse produto. A automatização fixa, apresenta as seguintes características:

- Tem cadências produtivas elevadas;
- É inflexível no que toca a realizar operações diferentes;
- Tem um investimento inicial mais elevado, devido a utilizar ferramentas específicas desenvolvidas à medida.

A automação programável encontra-se entre a automação fixa e a programável. Aqui é possível produzir várias configurações do mesmo tipo de produto. Ou seja, as ferramentas poderão ser maioritariamente iguais entre as configurações, e o equipamento tem a capacidade de alterar a sequência as características de cada configuração através de um programa. Geralmente esta automação está associada à utilização em equipamentos CNC (Controlo Numérico Computorizado) e em equipamentos que utilizem PLC (*Programmable Logic Controllers*). As suas principais características são as seguintes:

- É flexível no que toca a produções de produto da mesma família;
- É mais adequada para produção por lotes;
- Tem cadências produtivas mais baixas que a automação fixa;
- É necessário maior investimento para equipamentos de uso comum;
- É necessário realizar modificações de programa para produzir outras configurações de produto.

A automação flexível é considerada uma extensão da automação programável. Nestes sistemas consegue-se produzir uma variedade de peças, praticamente sem perder tempo em alterar o programa e a realizar o *setup* do equipamento. Este tipo de automação apresenta as seguintes características:

- Tem cadências produtivas médias;
- Tem um investimento muito elevado devido a ser um sistema personalizado;

- Apresenta vantagens em produção contínua, mesmo com variação da configuração de produtos;
- É flexível a nível de variações de design de produto.

Na Tabela 3, encontram-se resumidos alguns casos de estudo sobre a automatização de processos, que comprovam as vantagens da utilização da automação na indústria.

Tabela 3 - Tabela resumo de casos de estudo de automatização de processos

Autor	Descrição
[13]	O estudo foi realizado numa linha de montagem de componentes do motor de um limpa para-brisas. O objetivo era minimizar a fadiga do operador que realizava operações manuais repetitivas que causavam problemas ergonómicos. Com o novo sistema implementado, essas operações do operador foram eliminadas e para além disso, ainda resultou num ganho de produtividade com a redução de cinco segundos no tempo de ciclo.
[5]	Costa et al., desenvolveu-se um novo equipamento que tornou o processo totalmente automático e adicionalmente incluíram um sistema de controlo por visão artificial que segregava as peças conformes das não conformes. O sistema apresenta evoluções claras de conceito relativamente à versão inicial, passando o tempo de ciclo de sete segundos para 3,6 segundos.
[14]	Costa et al., desenvolveu um equipamento automático para resolver problemas de qualidade em motores de limpa para-brisas. Com o processo totalmente automático, eliminaram-se as incertezas de qualidade do processo e incrementaram a produtividade em cerca de dezanove por cento.
[4]	De forma a resolver problemas de organização e segregação de produto acabado, o autor desenvolveu um sistema automático que permitiu fazer a recolha, organização, segregação e empilhamento de arame dobrado. As modificações ao equipamento permitem a redução da mão de obra que resulta num <i>payback</i> de oito meses
[15]	O autor resolveu problemas de produtividade numa máquina produtora de componentes para pneus. Os problemas eram causados pelo sistema de automação antiquado que provocavam bastantes paragens na produção. Após dissecação do equipamento antigo e substituição dos componentes obsoletos, foi possível assegurar a disponibilidade do equipamento sem o investimento num novo.
[16]	Agora, no setor têxtil, igualmente afetado pela mão-de-obra intensiva, o autor, desenvolveu um equipamento para o fabrico de colarinhos e punhos de camisas. O problema era a dificuldade do corte e manuseio dos tecidos, devido à tipicamente culpada falta de consistência. O equipamento foi capaz de realizar as tarefas de forma organizada.

Autor	Descrição
[17]	O objetivo era reduzir o tempo de alimentação e extração de uma máquina de sobre injeção de plástico em arames de coxins de automóveis. Devido ao espaço e ao custo estarem restritos, o autor desenvolveu um sistema automático capaz de realizar a alimentação dos arames no molde, e também capaz de fazer a extração da peça finalizada resultante da sobre injeção. Os ganhos produtivos foram de cerca de 20% e o retorno sobre o investimento alcançado em menos de cinco meses.
[6]	Moreira et al, desenvolveu um sistema flexível para montagem de vários tipos de cabo de comando. A integração dos processos em cabos da mesma família, permitiu reduzir o tempo de ciclo, mas principalmente eliminar os <i>stocks</i> intermédios existentes entre operações.
[18]	Araújo et al., transformou uma linha de montagem de <i>suspension mat</i> semiautomática, numa linha totalmente automática. O processo passou por eliminar as operações manuais em dois dos postos de trabalho, e também eliminar o transporte manual de peças entre três postos. O sistema desenvolvido serve para provar a possibilidade de conversão de equipamentos em sistemas automáticos com baixo investimento, com ganhos de produtividade em tempo de ciclo, fluxo de materiais e qualidade do produto.

2.2.2 Robotização

A evolução dos sistemas automáticos de produção ou de montagem passa pela robotização, através do que se chama automatização programável, que desempenha um papel muito importante na recente indústria automóvel. Com a substituição dos processos manuais por alternativas que envolvem automação, espera-se um aumento da produtividade e eficiência do processo produtivo [17].

Os ganhos da utilização de robôs resultam, geralmente, da remoção das operações realizadas por humanos. Isto só é possível porque são constituídos por um braço e uma garra, com a ideia de replicar o movimento de um braço e uma mão humana. O facto de serem totalmente programáveis, confere-lhes uma grande flexibilidade devido à variedade elevada de operações que podem realizar.

Dependendo das aplicações poderão ser necessárias movimentações em vários eixos diferentes, sendo o número de eixos dos robôs o factor que determina o seu tipo. Na Figura 4, é possível verificar os principais tipos de robôs industriais, tendo sido estudados para aplicação no projecto em desenvolvimento. No projecto desenvolvido, foi utilizado um manipulador do tipo cartesiano para realizar a operação de extração e um manipulador do tipo cilíndrico que vai transportar cabos em torno de um eixo de rotação. Foi também estudada a aplicação de um robô articulado para este efeito.



Figura 4 - Tipos de robôs industriais (adaptado de tthk.ee[19])

Na Tabela 4, é possível visualizar em formato de resumo alguns casos de sucesso de implementação de robôs.

Tabela 4 - Casos de estudo que demonstram a importância da robótica

Autor	Descrição
[20]	Barbosa et al., recorreu à aplicação de um robô colocado entre um armazém e uma máquina CNC, para realizar automaticamente a alimentação, extração e o armazenamento das peças provenientes da máquina. A célula pode ser personalizada quer a nível de robô e sensores utilizados, quer a nível de dimensão da prateleira. Este sistema pode ser utilizado para empresas que pretendem melhorar a cadência de produção sem perder a versatilidade.
[21]	No seu artigo, Swertvaegher et al., utiliza um robô para realizar automaticamente a embalagem de <i>suspension mats</i> para automóveis. Adicionalmente, foi também implementado um sistema de visão artificial, que realiza a inspeção da peça antes do robô a transportar para a caixa de embalagem. Com este projeto foi possível reduzir o tempo de ciclo da linha de montagem.
[22]	Neste projeto foi utilizado um robô que se encontrava fora de serviço e foi desenvolvida uma célula automatizada para soldadura de carroçarias de autocarros. Juntamente com um gabarito flexível para a movimentação do robô, foram capazes de criar parte da estrutura do autocarro sem necessidade de intervenção humana, tirando proveito do robô que outrora não tinha utilidade. O sistema desenvolvido resultou na redução do tempo de ciclo em 51%.

2.2.3 *Mão de Obra Intensiva VS Capital Intensivo*

Uma empresa pode ser avaliada através do modelo estratégico que utiliza, ou seja, pode utilizar um modelo de mão de obra intensiva ou então de capital intensivo. Como o nome indica, uma empresa de mão de obra intensiva utiliza uma elevada quantidade de mão de obra, enquanto uma de modelo de capital intensivo tem elevados níveis de automação em detrimento do trabalho manual [23].

Nos últimos trinta anos, muitas empresas localizadas em países industrializados, têm centralizado os seus esforços na melhoria do nível tecnológico das linhas de produção, para conseguirem competir com países onde os custos de produção são mais baixos (países não industrializados). Isto levou a que as empresas de países industrializados, migrassem do modelo de mão de obra intensiva para o de capital intensivo [24].

A IA não é exceção deste modelo de classificação. O sector automóvel envolve um elevado número de operações manuais, e elevadas taxas de automação. Mesmo assim, algumas empresas de países menos desenvolvidos são também bastante automatizadas e ainda utilizam mão de obra intensiva para reduzir os custos de produção. No mundo industrializado, as empresas de fabrico utilizam sistemas altamente automatizados e robotizados. Em geral, o sector automóvel adota um modelo de capital intensivo, devido à constante procura de um processo de produção automatizado [25].

Mesmo nos países onde o custo da mão de obra é relativamente baixo, torna-se necessário melhorar o nível de automatização aplicado em células de fabrico e reduzir a dependência da imprevisibilidade do trabalho humano, aumentando também a qualidade e reduzindo os custos [25]. Este facto já foi provado por vários dos trabalhos citados nos capítulos de automação e de robotização, que também passaram pela redução da mão de obra em tarefas de baixo valor acrescentado, e provou ser eficaz na otimização de processos produtivos, juntamente com alterações em equipamentos.

2.2.4 *Ergonomia e Doenças Profissionais*

A ergonomia é a ciência que se foca em sistemas, onde a interação entre pessoas e o seu ambiente ocorre de maneira a otimizar o bem-estar e a performance global. Portanto as organizações deveriam ter interesse em adoptar filosofias que não desvalorizem o tema. Segundo Nunes [26], não é o que acontece. O autor afirma que o potencial da ergonomia é sub explorado, sendo uma das razões os gestores não estarem cientes do valor da ergonomia. A ergonomia está principalmente associada ao bem-estar dos trabalhadores, estando mais frequentemente alojada no departamento de Segurança e Saúde no Trabalho (SSH), pelo que tendem a restringir inadvertidamente o seu âmbito de intervenção aos riscos da SSH, em vez de beneficiarem da sua ajuda à eficácia organizacional, ao desempenho do negócio ou aos custos. De facto, o valor da Ergonomia está para além da saúde e da segurança, uma vez que a Ergonomia pode acrescentar valor à estratégia de negócio de uma empresa para alcançar o objetivo final de lucro, ou objetivos de negócio intermédios relacionados com os fatores de

lucro, como a minimização de custos, produtividade, qualidade, fiabilidade da entrega, capacidade de resposta às exigências dos clientes, ou flexibilidade.

De acordo com o autor anterior, Brito et al [27] refere que muitas das organizações focadas em implementar as ferramentas e técnicas *lean*, negligenciam as práticas *lean* associadas aos humanos. Segundo os autores, a culpabilização desta negligência passa pela estratégia de gestão focado a curto prazo, em vez de se apostar em estratégias de processo a longo prazo. Reforça ainda que outro factor, é a desvalorização por parte da gestão.

Morgado et al [28], no seu estudo, verifica que em Portugal ainda existe uma pequena lacuna de conhecimento sobre as obrigações legais que as empresas têm de cumprir. As maiores dificuldades encontradas na adopção de medidas de saúde e segurança existem principalmente por falta de cultura de segurança e da consciencialização por parte dos colaboradores, não utilização de EPI (Equipamento de Protecção Individual) e a necessidade de participação da gestão para que exista cooperação voluntária das regras de segurança por parte dos colaboradores.

A nível de estratégia de gestão, há necessidade de mudança de paradigma. Brito et al [27], sugere uma nova abordagem na implementação de ferramentas *lean*, incluindo a ferramenta ErgoSMED para suportar a já conhecida *SMED*, e a ferramenta ErgoSafeCI de forma a encontrar maneira de melhorar o espaço de trabalho, tendo em conta a eficiência e o bem-estar dos trabalhadores. No mesmo tópico, Nunes [26], também defende uma abordagem em que se considere a ergonomia em *Lean Six Sigma (LSS)*, através da integração de ergonomia e *LSS* no ciclo *DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control)*.

Do ponto de vista do desenvolvimento de equipamentos, existe correlação direta entre a ergonomia do equipamento desenvolvido e o operador. Quando o trabalho é bastante desgastante, física e emocionalmente, leva a uma maior probabilidade de erro e a quantidade de peças não conformes, o que atrasa o processo de fabrico. Em processos muito repetitivos, onde a posição de trabalho é praticamente a mesma, a ergonomia física, cognitiva e organizacional será afetada, causando desânimo e falta de vontade, afetando a produção, as pessoas em torno do trabalhador e a empresa [5]. Muitas vezes, estas tarefas repetitivas podem ser facilmente substituídas por sistemas totalmente automáticos, com um custo relativamente modesto, permitindo aos operadores novos cargos de trabalho [14]. É relevante salientar que, ao contrário da opinião geral, a redução de custos com os trabalhadores não significa despedimento de trabalhadores. Pode ser visto como uma nova possibilidade de crescer na organização, assumindo novas tarefas com maior valor acrescentado através de planos de formação adequados [18].

Na Tabela 5, é possível visualizar em formato de resumo alguns dos estudos consultados sobre ergonomia.

Tabela 5 - Resumo dos artigos de pesquisa sobre ergonomia e doenças profissionais

Autor	Descrição
[28]	Morgado et al, realizou um estudo sobre a adoção da norma ISO 45001:2018 em Portugal. Verificou que, em geral, as empresas estão cientes do valor acrescentado das normas de segurança, mas que ainda não é evidente a transição para normativa ISSO 45001.
[27]	Brito et al, pretendia implementar e melhorar uma ferramenta de avaliação de postos de trabalho numa empresa de embalagens de plástico. Para além da melhoria da ferramenta ErgoSafeCI, as operações manuais tornaram-se automáticas para simplificar o trabalho do auditor. O processo de realização da avaliação no local de trabalho tornou-se mais simples, reduzindo o tempo de cerca de 15 min a 10 min, e reduzindo ou mesmo eliminar potenciais erros de entrada de resposta no inquérito de avaliação.
[26]	Nunes, propõe um modelo de Integração da ergonomia e LSS, utilizando um sistema de suporte à decisão e juntando a ergonomia ao ciclo DMAIC. Desta forma a ergonomia não seria ignorada, aquando da aplicação de metodologias <i>Lean</i> .

2.3 Ferramentas de Gestão

2.3.1 SMED

Para sobreviver à concorrência feroz, as indústrias precisam de reduzir tempo e custos de produção, a fim de melhorar a operação desempenho e flexibilidade. *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) concentra-se principalmente no reconhecimento de atividades de *setup* [29].

Segundo Conceição [30], o fabrico em pequenas quantidades e com grande diversidade de configurações, é uma condição que requer configurações extremamente frequentes. Isto leva a que as empresas procurem uma forma de reduzir os tempos de *setup* e eliminar o tempo desperdiçado em atividades sem adição de valor. As ferramentas *lean*, estabelecem os princípios que visam reduzir o desperdício, através da melhoria das metodologias utilizadas para dar resposta à variedade dos produtos. A metodologia desenvolvida por Shigeo Shingo, denominada como SMED, propõe que as configurações sejam realizadas dentro de um período de tempo máximo de 10 minutos. Poderá ser alcançado este objectivo através da racionalização das tarefas realizadas pelo operador dos equipamentos.

Um aspeto fundamental da metodologia SMED diz respeito às características das atividades internas e externas. Todas as atividades do *setup* que não interfiram diretamente com o equipamento, e que podem ser realizadas sem interromper a produção, são designadas como atividades externas. As que implicam uma paragem no equipamento em funcionamento são descritas como atividades internas. A separação correta dos dois é o que contribui

fundamentalmente para uma redução dos tempos de *setup*. Depois de feita a análise e separação das atividades a ferramenta SMED é realizada em quatro etapas. Uma fase preliminar em que as condições internas e externas não sejam diferenciadas; a primeira fase é a separação interna e externa; na segunda fase convertem-se as atividades internas em atividades externas; e, por último, realiza-se o aperfeiçoamento de todos os aspetos das operações de *setup*. Este conjunto de procedimentos exige um acompanhamento contínuo de todo o processo, que é crucial para alcançar bons resultados. O método operacional resultante obtido através do SMED deve ser registado. O objetivo deste registo é promover o trabalho padronizado e servir de base para a formação e melhoria contínua das equipas. Os resultados da aplicação SMED baseiam-se em maior produtividade, redução de *stock*, melhor qualidade, redução do *lead-time*, maior flexibilidade e ainda, em redução do tamanho dos lotes [31].

Na Tabela 46, estão resumidos os casos de estudo consultados sobre a aplicação SMED para optimização de processos.

Tabela 6 - Resumo de trabalhos de aplicação da ferramenta SMED

Autor	Descrição
[32]	O trabalho desenvolvido pelo autor foi aplicado numa linha de montagem de cabos de comando, com o objetivo de otimizar os tempos de <i>setup</i> . Recorreu às metodologias SMED juntamente com outras ferramentas Lean, como a padronização das tarefas do processo. O resultado obtido foi a redução de pelo menos 58,3% (210 minutos) do tempo de paragem da linha de montagem, durante uma semana.
[31]	O objetivo do autor era reduzir os tempos de <i>changeover</i> , num equipamento da indústria corticeira, em 55%. Através da aplicação do SMED, conseguiu reduzir cerca de 43% o tempo de <i>setup</i> , sendo necessária a extensão da aplicação a mais três equipamentos idênticos para estabilizar o processo produtivo.
[33]	Neste caso de estudo, Basri tinha como objetivo reduzir o <i>changeover</i> em prensas de estampagem. Foi aplicada uma variante do SMED, tendo sido feita uma simulação do processo e a utilização de outras ferramentas lean para analisar o processo. O SMED melhora o processo produtivo reduzindo os tempos de paragem e com isso consegue aproximar a produção do objectivo produzido dos turnos.
[34]	Num estudo de aplicação do SMED sobre numa máquina de feixe de eletrões, o autor, revela que a ferramenta não teve impacto directo na conversão de <i>setups</i> internos em externos, mas que levou a alterações dos equipamentos que resultam numa redução de mais de 50% no <i>changeover</i> .
[35]	Noutro caso de sucesso, a empresa produz componentes soldados para a IA e tem a produção em célula. Foi desenvolvido um programa de implementação de melhoria SMED adaptado às necessidades da empresa, que conseguiu reduzir os tempos de preparação em 33%.

2.3.2 Standard Work

Standard Work é um pilar das empresas com pensamento *lean*, onde o objetivo de implementação é a melhoria contínua. Segundo o autor [36], o trabalho padronizado é uma das ferramentas *lean* mais poderosas, mas menos utilizadas. Ao documentar as melhores práticas atuais, esta forma a linha de base para o *kaizen* ou para a melhoria contínua. À medida que o padrão é melhorado, o novo padrão torna-se a linha de base para novas melhorias, e assim por diante. A melhoria do trabalho padronizado é um processo contínuo.

Basicamente, o trabalho padronizado consiste em três elementos:

- *Takt Time*, que é o ritmo a que os produtos devem ser feitos em um processo para atender o pedido do cliente;
- A sequência precisa de trabalho na qual um operador executa tarefas dentro do *takt time*;
- O inventário standard, incluindo unidades em máquinas, necessário para manter o processo operando sem problemas, também referido como SWIP (*Standard Work-in-Progress*).

A utilização do *Standard Work*, passa por três fases distintas aplicadas ao trabalho diário [37]: implementação, aplicação e análise de benefícios, conforme se verifica na Figura 5.

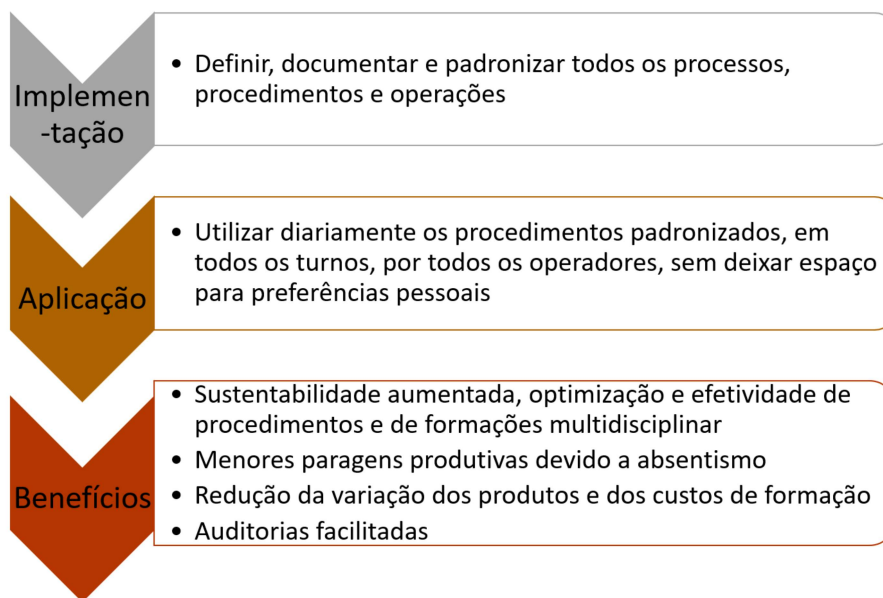


Figura 5 - Fases do *Standard Work* (adaptado de [37])

De forma a suportar a eficácia do *Standard Work*, na Tabela 7, encontram-se sobre a forma de resumo alguns dos casos de sucesso com a utilização desta ferramenta *lean*.

Tabela 7 - Resumo das fontes sobre Standard Work

Autor	Descrição
[38]	Neste trabalho, o autor pretende padronizar as operações, diminuir ou eliminar actividades sem adição de valor, numa linha de montagem para componentes de sistemas de ar condicionado. Após pequenas alterações de padronização, ajustamentos e alocações de postos de trabalho, chegou-se ao objetivo e tempo de ciclo da linha. A eficiência e a produtividade quer das máquinas, quer dos operadores, foi também aumentada. Isto levou a um aumento de 16% no OEE, atingindo 86%.
[39]	Numa tentativa de melhorar a cadência de produção numa linha de montagem de cabos de comando, o autor [39] decidiu implementar ferramentas <i>lean</i> , onde o <i>Standard Work</i> estava incluído. Após a análise completa da linha, eliminando tarefas que não geravam valor e reduzindo o gargalo da linha, conseguiu padronizar o processo. Aumentou o <i>output</i> da linha em 43% e reduziu a taxa de utilização da mesma em 30%, permitindo a adição de novas referências.
[40]	No caso de estudo [40], realizado no setor têxtil, onde o objetivo era a identificação de problemas e soluções para o processo de tecelagem. O projeto passou por utilizar uma combinação de ferramentas <i>lean</i> como o Ciclo PDCA (<i>Plan, Do, Check, Act</i>), os 5S (<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seikeseu e Shitzuke</i>) e os 5W2H (<i>5 Whys + 2 Hows</i>), para implementar um processo de melhoria contínua através da padronização dos processos. Esta combinação de ferramentas resultou no ganho de 10% em tempo útil para o operador.
[41]	Mudando agora para a indústria de aparelhos eletrónicos, com o intuito de melhorar o processo de montagem manual de dispositivos complexos, o autor [41] decidiu utilizar ferramentas <i>lean</i> , para eliminar desperdícios. Utilizou inicialmente o VSM (<i>Value Stream Mapping</i>) para a deteção de tarefas que não geravam valor e redução do <i>bottleneck</i> e de seguida passou utilizou o <i>Standard Work</i> , assim como outros mecanismos de redução de desperdícios. No final do estudo, concluiu que a produtividade pode aumentar em 10%.

2.3.3 Análise SWOT

A análise *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*) é uma ferramenta utilizada para analisar a posição competitiva de uma empresa em relação aos seus concorrentes. No entanto, também pode ser adaptada para analisar novos projetos e ideias, como uma ferramenta de apoio à decisão [42]. Esta análise divide-se entre fatores internos (fraquezas e pontos fortes) e fatores externos (oportunidades e ameaças). Os fatores internos podem ser

controláveis pela organização, uma vez que este é o resultado de ações estratégicas definidas. Refere-se aos aspetos positivos ou negativos de uma organização que poderia dar, ou não dar, uma vantagem competitiva aos principais concorrentes. Os fatores externos não podem ser controlados pela organização, mas o seu melhor conhecimento pode ajudar a aproveitar as oportunidades e evitar ameaças (ou minimizar os seus efeitos) para melhorar o seu desempenho da organização [43].

Na Figura 6, encontra-se representada uma matriz com o aspeto mais comum de uma análise *SWOT*.



Figura 6 - Representação de uma análise *SWOT* (Cursos PM3)

2.3.4 VSM (*Value Stream Mapping*)

A filosofia Lean tem como base várias ferramentas de suporte que visam eliminar o desperdício e, assim, otimizar a produção. As mais notáveis são: *VSM*, *PDCA*, *Kaizen*, *Kanban*; *SMED*, *Visual Management*, *5S* e *Standard Work*, entre outros.

O *VSM* espelha o percurso de um produto. Com base na representação visual de toda a cadeia de processos relativos a materiais e informações, esta técnica facilita a identificação dos desperdícios e permite visualizar a cadeia de valor desde o fornecedor até ao cliente. Esta ferramenta permite lidar com a melhoria do processo de forma sistemática com o objetivo de detetar os diferentes tipos de resíduos e eliminá-los através de técnicas e métodos *Lean* [32].

Na Figura 7, encontra-se um mapa típico da cadeia de valor. Nele pode-se visualizar todo o percurso de um determinado produto, desde o pedido de matérias primas ao fornecedor até a entrega ao cliente. Cada processo terá de ser preenchido com as suas respectivas características, e todos os armazéns intermédios têm de ser contabilizados em unidades. Onde esta ferramenta brilha, é na facilidade em que se consegue contabilizar o desperdício, na forma de *Lead Time*, uma vez que este é calculado com base no tempo em que cada processo necessita até consumir

as unidades em armazém intermédio. Também é interessante verificar o tempo total de processamento, onde realizar se adiciona valor ao produto, e comparar com o *Lead Time*.

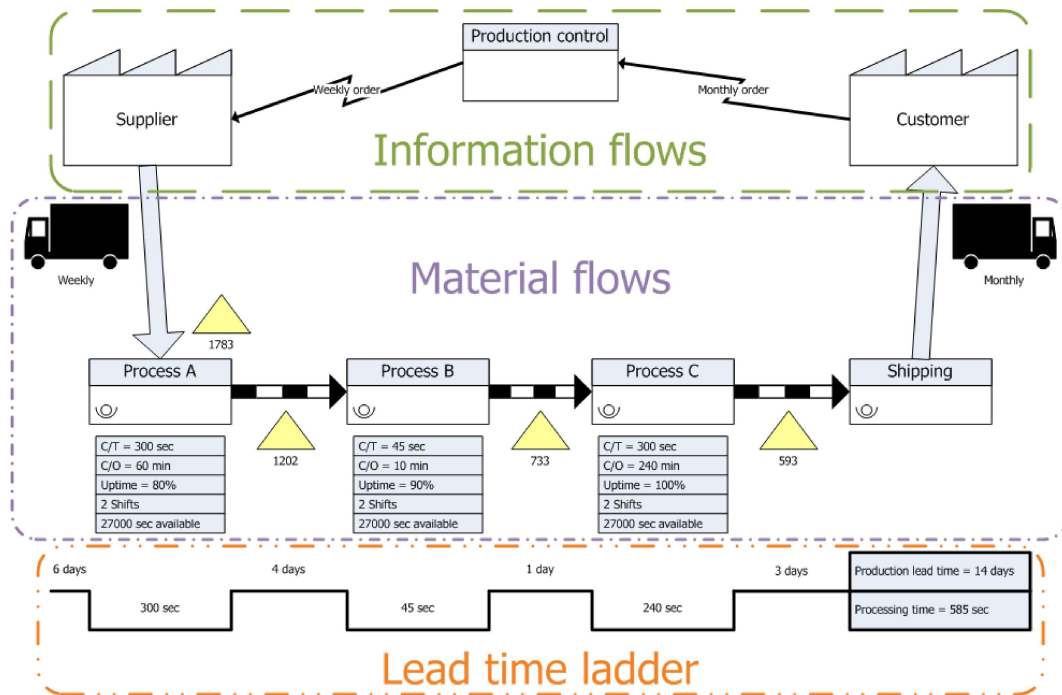


Figura 7 - Exemplo de VSM [44]

2.4 Diretiva Máquinas

Os Estados-Membros são responsáveis por assegurar, no respectivo território, a saúde e a segurança das pessoas, nomeadamente dos trabalhadores e dos consumidores, e, se for o caso, dos animais domésticos e dos bens, nomeadamente em relação aos riscos decorrentes da utilização de máquinas[45]. Para tal, o Parlamento Europeu, com o objetivo de regular a segurança das máquinas utilizadas na zona euro, elaborou a Diretiva 2006/42/CE a 17 de maio.

A diretiva 2006/42/CE de 17 de maio é aplicável aos seguintes produtos:

- Máquinas;
- Equipamento intermutável;
- Componentes de segurança;
- Acessórios de elevação;
- Correntes, cabos e correias;
- Dispositivos amovíveis de transmissão mecânica;
- Quase-máquinas.

A Diretiva estabelece princípios que devem ser seguidos na construção de equipamentos ao nível da segurança. De seguida serão apresentados os pontos mais relevantes, presentes na diretiva [45].

2.4.1 *Princípios de Integração de Segurança*

- As máquinas devem ser concebidas e construídas para cumprirem a função a que se destinam, devidamente reguladas e sempre alvo de manutenção, para não colocar as pessoas em risco sempre que o seu uso seja realizado nas condições definidas, mesmo prevenido a sua má utilização;
- Os materiais utilizados no fabrico da máquina ou os produtos por esta utilizados, não devem criar riscos para a segurança e saúde das pessoas;
- A máquina deve possuir iluminação. Sempre que a falta desta provoque riscos para as pessoas, na ausência de iluminação natural, a iluminação na máquina deve ser de ambiente e intensidade normal;
- As máquinas devem seguir princípios de ergonomia, de forma a reduzir ao mínimo possível o incómodo, a fadiga e a tensão física do operador.

2.4.2 *Sistemas de Comando*

- Os sistemas de comando devem ser concebidos e fabricados de modo a evitarem situações de perigo;
- A máquina não deve ser impedida de parar, sempre que é dada uma ordem de paragem.
- A paragem automática ou manual de qualquer elemento móvel não deve ser impedida;
- A máquina não deve arrancar de forma intempestiva;
- Os dispositivos de comando devem ser claramente visíveis e identificáveis;
- Os elementos da máquina devem ser fabricados de forma a resistir a esforços previsíveis;
- O arranque só deve poder ser efetuado por ação voluntária, num dispositivo de comando previsto para o efeito;
- A máquina deve estar equipada com um dispositivo de comando que possibilite a sua paragem total em condições de segurança;
- A máquina deve estar equipada com um ou vários dispositivos de paragem de emergência, nos quais possam ser evitadas situações de perigo iminente ou existente.

2.4.3 *Medidas de Proteção Contra Perigos de Natureza Mecânica*

- A máquina, bem como todos os seus componentes e equipamentos, deve possuir estabilidade suficiente que evite o seu capotamento, queda ou movimentos descontrolados durante transporte, montagem e desmontagem;
- Os materiais utilizados devem possuir resistência suficiente, em especial no que toca a fenómenos de fadiga, envelhecimento, corrosão e abrasão;
- Devem ser tomadas medidas no sentido de evitar a queda ou projeção de objetos que possam ser um risco;
- Os elementos móveis de transmissão devem possuir dispositivos de proteção.

2.4.4 *Riscos Devidos a Outros Perigos*

- Vibrações;
- Energia Elétrica;
- Erros de Montagem;
- Explosão;
- Ruído.

2.4.5 *Manutenção*

- Os pontos de manutenção e de regulação devem estar situados fora das zonas perigosas;
- A máquina deve ser concebida e fabricada com meios de acesso que permitam atingir, com segurança, todos os locais em que se torne necessária uma intervenção durante o funcionamento, regulação ou manutenção da máquina;
- A máquina deve ser equipada com dispositivos que possibilitem isolá-la de todas as fontes de energia;
- A máquina deve ser concebida de forma a reduzir a necessidade de intervenção dos operadores;
- A máquina deve ser concebida de forma a permitir a limpeza das partes internas que produzam substâncias perigosas.

2.4.6 *Informações*

Cada máquina deve ser acompanhada de um manual de instruções nas línguas oficiais do Estado-Membro em que a máquina for colocada em serviço. O manual deve conter um conjunto completo de informações, das quais se mencionam algumas a seguir:

- Firma e endereço completo do fabricante e do seu mandatário;
- Designação da máquina;
- Declaração CE de conformidade, ou documento que assinale o conteúdo da Declaração CE de conformidade;
- Descrição geral da máquina.

A marcação “CE” de conformidade é constituída pelas iniciais “CE” de acordo com o grafismo mostrado na Figura 8, e em caso de necessidade de redução ou ampliação, esta deverá respeitar as proporções iniciais. Só a marcação “CE” deverá ser reconhecida como a que garante a conformidade da máquina com os requisitos desta Diretiva. Esta marcação deve ser colocada na máquina de forma absolutamente legível e indelével [45].

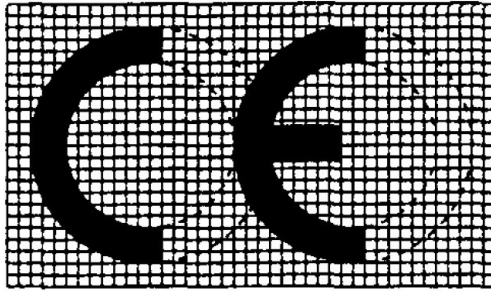


Figura 8 - Marcação CE[45]

Os diferentes elementos da marcação «CE» devem ter sensivelmente a mesma dimensão vertical, que não pode ser inferior a 5 mm. Em relação às máquinas de pequena dimensão, pode prescindir-se desta dimensão mínima. A marcação «CE» deve ser aposta na proximidade imediata do nome do fabricante ou do seu mandatário, segundo a mesma técnica [45].

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DO PROCESSO E DO PROBLEMA

- 3.1 Caracterização da Empresa
 - 3.2 Descrição do Produto
 - 3.3 Descrição do Processo
- 3.4 Caracterização do Problema

3 Caracterização da Empresa, do Processo e do Problema

3.1 Caracterização da Empresa

O grupo Ficosa surge em 1949, com sede em Barcelona, quando Josep Maria Pujol e Josep Maria Tarragó criaram uma oficina para fabrico de cabos de comando para automóveis.



Figura 9 - Sede e centro de R&D (Research & Development) de Barcelona

Entre 1950 e 1985, o grupo consolidou a sua posição como fornecedor local para a indústria automóvel, apostando na tecnologia. Como consequência, iniciou o processo de internacionalização, com a expansão para Portugal nos anos 70.

Com a entrada de Espanha na União Europeia no ano de 1986, a Ficosa é lançada no mercado Europeu, numa altura em que já era líder nas suas famílias de produto, resultando no fornecimento de produtos de alta qualidade para os principais fabricantes europeus.

Desde aí, tem havido uma grande aposta em desenvolvimento de novas tecnologias para as várias áreas de negócio.



Figura 10 - Todas as áreas de negócio atuais da Ficosa

Atualmente, contando com centros de produção, engenharia e escritórios comerciais, a empresa está situada em 16 países e conta com uma equipa com cerca de 10 000 trabalhadores.

Na planta da Maia, encontram-se cerca de 900 colaboradores, contando com o escritório comercial, engenharia e desenvolvimento. Aqui, são produzidos e desenvolvidos produtos em duas áreas de negócio, mais concretamente os Sistemas de Portas e Assentos, assim como Sistemas de Conforto.



Figura 11 - Exemplos de produtos de sistemas de conforto, de portas e assentos

Nos sistemas apresentados pela Figura 11 são utilizados cabos de comando, nos quais se inserem os processos alvo de análise nesta dissertação.

3.2 Descrição do Produto

Na constituição de um automóvel, é utilizada uma grande variedade de componentes e alguns deles têm de interagir remotamente com o passageiro, como por exemplo o sistema de travão de mão, transmissão de mudanças, de abertura de mala, de abertura de portas, etc. O que todos estes sistemas têm em comum, é que necessitam de receber um comando dos passageiros para o seu acionamento. Uma das possibilidades para atuar esses sistemas são os cabos de comando, que na FicoCables são produzidos para todos os sistemas acima referidos.

Este tipo de cabo é um método mecânico de transmissão de movimento entre sistemas, onde normalmente há um atuador e um recetor. No caso de um cabo de porta, o atuador será o puxador interior da porta, que utiliza o movimento do ocupante, e o recetor será o fecho que recebe o impulso do cabo para o desbloquear.

Um dos principais motivos para a utilização de cabos para estes sistemas é a grande flexibilidade que apresentam. Disponibilizam ao construtor automóvel uma diversificada gama de *layouts* na sua montagem, apresentam uma elevada resistência à tração e também são resistentes ao desgaste provocado por meios mais agressivos, como por exemplo os locais com inverno mais rigoroso onde normalmente há mais humidade e é utilizado sal nas estradas.

Existe uma elevada diversidade de designs nos sistemas dos automóveis. Os cabos de comando não são excepção e na sua constituição é encontrada grande variedade de componentes. A título de exemplo, na Figura 12 estão legendados alguns dos componentes mais utilizados no fabrico de cabos de comando.

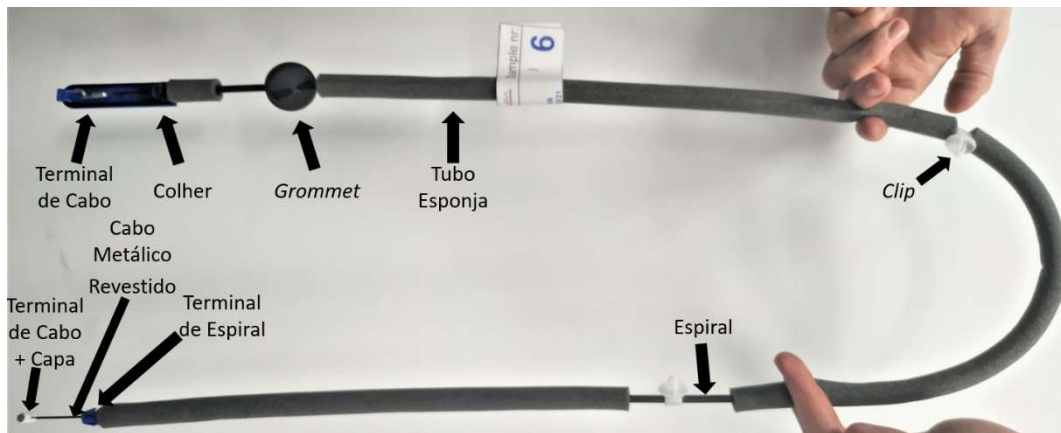


Figura 12 - Cabo de porta e componentes utilizados no seu fabrico

O cabo de comando tem dois constituintes principais, para executar as suas funções. Um ou mais cabos metálicos, caracterizados principalmente pelas flexibilidade e resistência, e a espiral, que terá a função de proteger, bem como de orientar o percurso do cabo.

Existem vários tipos de espiral que, resumidamente, consistem em uma ou mais espiras de arame metálico conformado em torno de um tubo plástico. As características desta, dependem do processo de fabrico utilizado para a sua conformação. A espiral pode ser revestida, ou não, mas maioritariamente é utilizada a espiral com revestimento, visto esta ter uma melhor proteção contra a oxidação. Esta conta ainda com os seus terminais, designados de terminais de espiral. Estes, normalmente, têm a função de fixação do cabo de comando na viatura, e evitam a saída/desmontagem de outros componentes.



Figura 13 - Cabo de exemplo com espiral revestida (preto) e terminais de espiral nas extremidades (azul e branco)

O tipo de cabo metálico utilizado nos cabos de comando depende da utilização e do meio em que este se insere, podendo variar quer o material do filamento (aço galvanizado ou aço inoxidável), quer o número de filamentos. Assim como a espiral, existe ainda o cabo revestido, que apresenta proteção adicional contra a oxidação, e também auxilia na redução do atrito do cabo no interior da espiral. Os diâmetros exteriores do revestimento e do cabo metálico, definem a escolha das ferramentas a utilizar no corte e na decapagem dos mesmos.

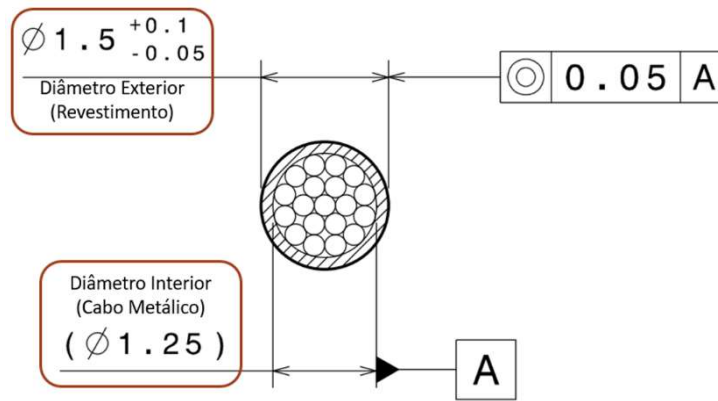


Figura 14 - Exemplo do diâmetro interior e exterior do cabo revestido

Os terminais de cabo mais relevantes para a situação em questão são os criados a partir de injeção em zamak. Este processo permite bom acabamento superficial, que é ótimo para mecanismos móveis com contacto, tem grande cadência produtiva e tem alta diversidade geométrica, como se pode verificar na Figura 15.



Figura 15 - Exemplos de subconjuntos de cabo com terminal de zamak

O subconjunto de cabo metálico revestido com o terminal de cabo resultante da primeira injeção de zamak, é o alvo principal de análise nesta dissertação, sendo este representado na Figura 16.

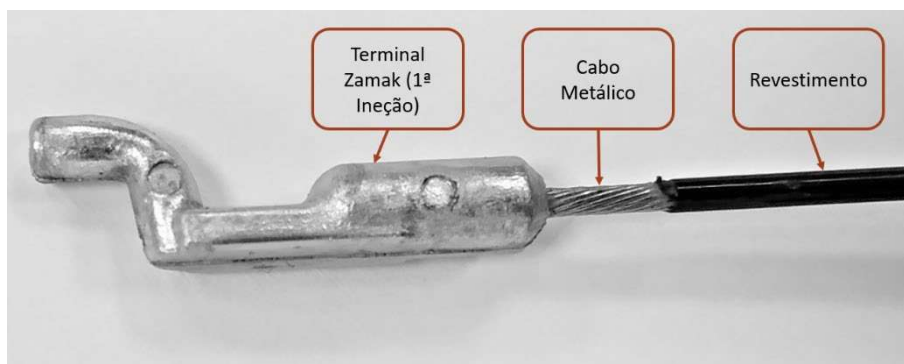


Figura 16 – Cabo decapado após 1ª injeção de zamak

3.3 Descrição do Processo

Na produção de cabos de comando há vários processos utilizados, com a possibilidade de se dividirem em dois grupos distintos, que podem ser efetuados em simultâneo: os processos de fabrico de espiral e os de cabo. Após ambos concluídos, é feita a junção e a montagem dos componentes restantes. Na Figura 17 é possível verificar isto, com a representação do diagrama de processos utilizados no projeto alvo de análise nesta dissertação. A castanho, estão representados os processos de preparação de espiral, a azul os de cabo e, por fim, a verde os processos de montagem de cabo na espiral e dos respetivos componentes. Os processos de cabo, a azul, são os processos abordados no desenvolvimento do novo conceito de equipamento.

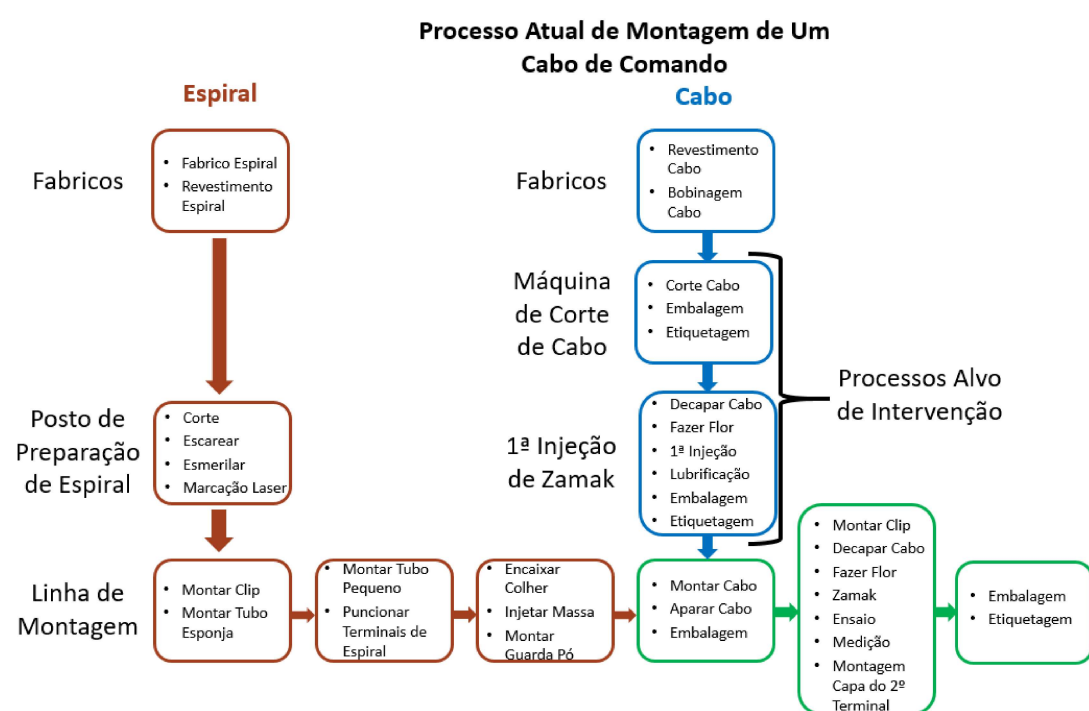


Figura 17 - Diagrama de fluxo do processo atual de um cabo de comando

De acordo com os objetivos definidos no capítulo 1.2, foi decidido intervir nos processos do cabo revestido, onde existe uma maior necessidade de aumento de capacidade produtiva. Foi definido pelo departamento de Engenharia de Processo de que a solução ideal, seria juntar os processos realizados pela máquina de corte e a máquina de primeira injeção de zamak, com o intuito de aumentar a cadência produtiva, reduzir movimentações e tarefas sem valor acrescentado, como a operação de embalagem intermédia e transporte para o equipamento seguinte. Ainda com os mesmos objetivos, decidiu-se remover um operador de forma direta na máquina de primeira injeção. Este operador é responsável pela alimentação e remoção dos cabos do equipamento. Desta forma, os fluxos dos processos de fabrico de cabo revestido ficam conforme o diagrama da Figura 18.

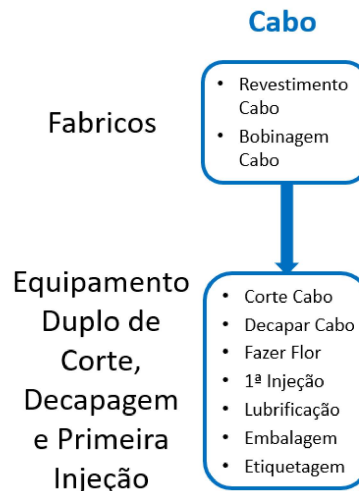


Figura 18 - Diagramado processo de fabrico de cabo com o novo equipamento

Uma vez que este equipamento eliminará um armazém intermédio e o transporte de cabos cortados para a máquina de injeção de zamak, foi realizada uma análise à cadeia de valor dos cabos utilizando a ferramenta *VSM*. Uma vez que é uma análise extensa, apenas está representado o *VSM* do conjunto de cabo. Na Figura 19, está representado o processo atual em que se pode verificar a existência de 7 710 cabos cortados (caixa vermelha), que resultaram da contagem na fábrica, quando a quantidade de *stock* devia ser mínima ou inexistente. Portanto, fazendo a junção dos dois processos no mesmo equipamento (caixa azul), este deverá ser eliminado.

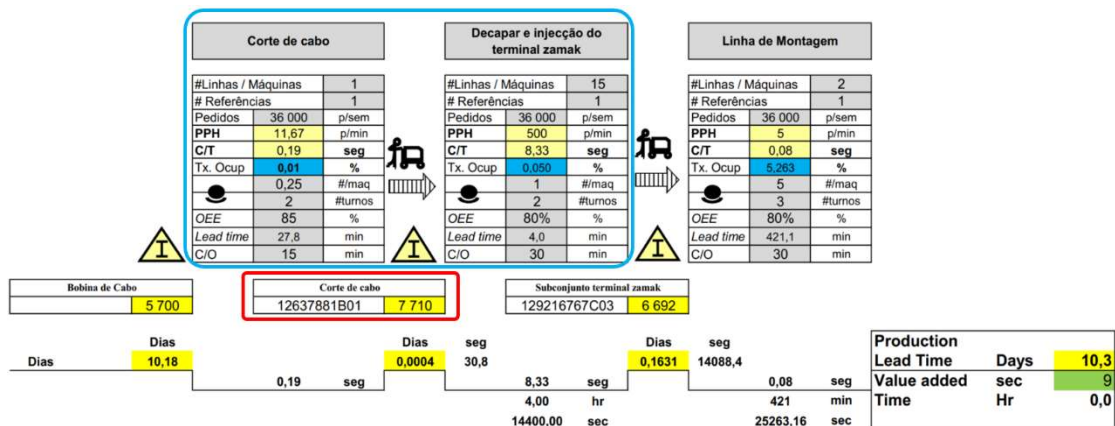


Figura 19 - VSM do processo atual

Para contabilizar a diferença da alteração do processo, realizou-se também o *VSM* para o processo com a implementação do novo equipamento, estando este representado na Figura 20. Fazendo a diferença entre o *lead time* resultante para o subconjunto de cabo, pode-se verificar a diferença de 10,3 para 6,5 segundos, que resulta numa redução de 3,8 dias no *lead time*.

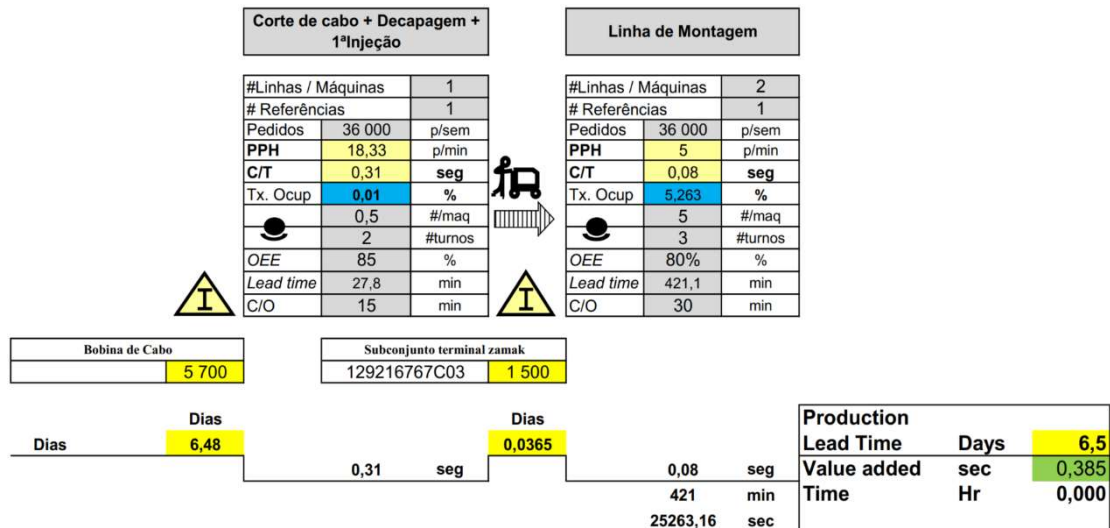


Figura 20 - VSM após implementação do novo equipamento

Com o intuito de aprofundar o tema dos processos utilizados pelo equipamento, conforme o diagrama da Figura 18, os dispositivos genéricos que os realizam estão de seguida abordados pela mesma sequência.

Como o cabo é revestido, o corte deste é realizado mecanicamente através de lâminas de corte. Neste sistema, o cabo passa numa contra lâmina fixa, onde anda guiado num orifício ligeiramente superior ao diâmetro exterior do cabo. A lâmina móvel, indo ao encontro do cabo, realiza o corte. Na Figura 21 é possível visualizar um dispositivo de corte como exemplo.

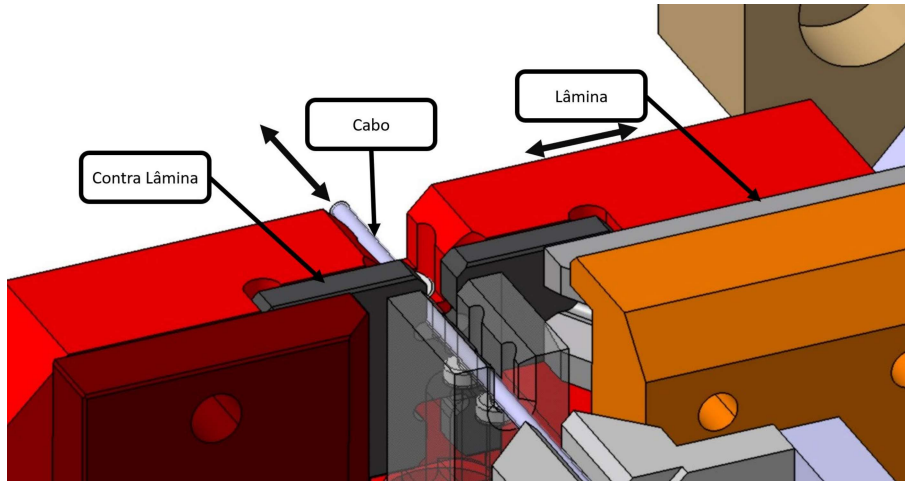


Figura 21 - Exemplo de sistema de corte mecânico

Existe ainda o processo de corte elétrico, o qual utiliza o efeito de arco elétrico para corte do cabo. Neste processo, exemplificado na Figura 22, o cabo é introduzido entre dois pares de elérodos, em que assim que os elérodos móveis se aproximem dos fixos, o cabo fica preso entre eles e funde entre os mordentes. Este tipo de dispositivo não pode ser utilizado no cabo revestido, devido às propriedades não condutoras do plástico que o reveste, não deixando de ser interessante aplicar no novo equipamento, caso se pretenda fazer a mesma sequência de operações em cabo não revestido.

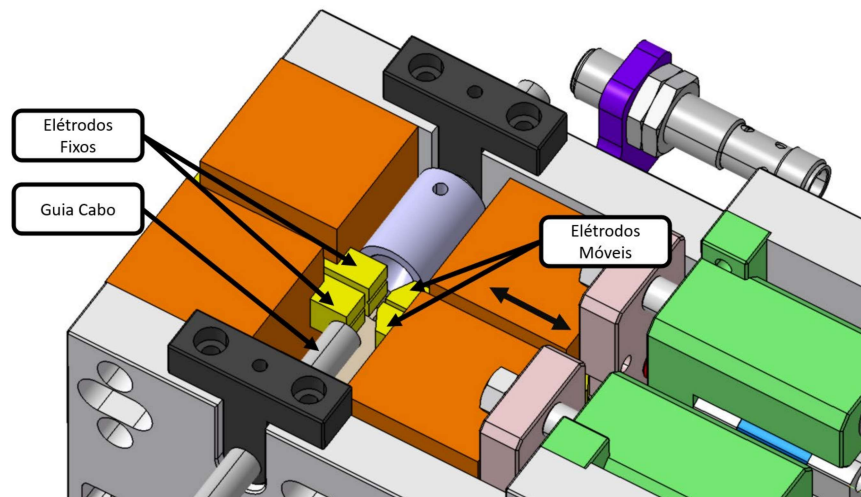


Figura 22 – Exemplo de dispositivo de corte elétrico

O cabo revestido necessita ainda de uma operação adicional de decapagem, de forma a prevenir danos no revestimento, no momento da primeira injeção. Esta operação pode ser também realizada mecanicamente, com recurso a lâminas de decapagem, sendo estas feitas com base no diâmetro do cabo metálico (diâmetro interior) e no exterior, definido pelo revestimento. Nestes dispositivos, o cabo é introduzido entre as duas lâminas. Estas fecham-se assim que o cabo esteja na cota definida e, de seguida, uma garra arranca a ponta de revestimento. Na Figura 23 está representado um sistema de decapagem incorporado com o de corte.

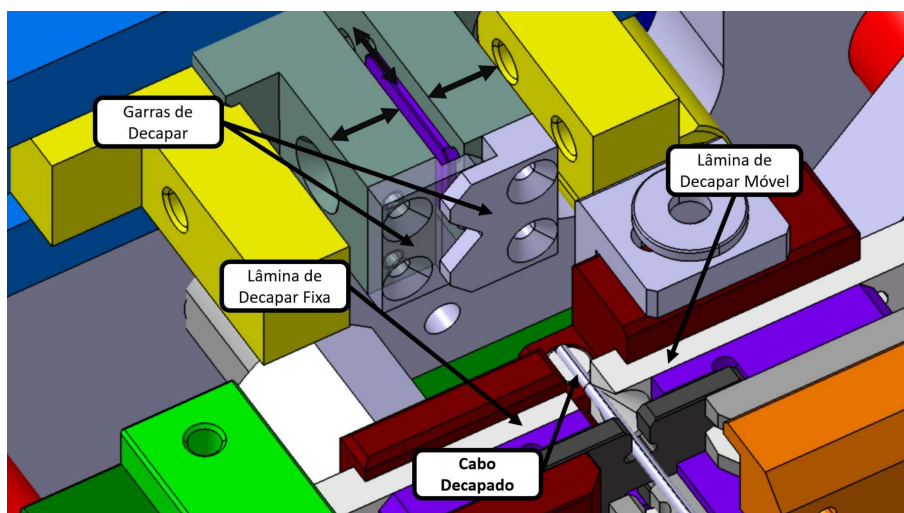


Figura 23 - Exemplo de mecanismo de decapar

A operação de injeção só pode ser realizada após a criação da flor. Fazer a flor, é abrir de forma uniforme os filamentos da extremidade do cabo, de forma a aumentar a resistência do terminal injetado. O dispositivo utilizado é um equipamento *standard*, onde o cabo é inserido entre dois calcadores. O calcador inferior é fixo e o calcador superior aperta o cabo sobre o inferior. Assim que estes fecham, um cilindro pneumático atua uma matriz de forma côncava contra o cabo, conferindo o aspeto de “flor” à extremidade deste. Este mecanismo e o cabo com flor, podem ser vistos na Figura 24.

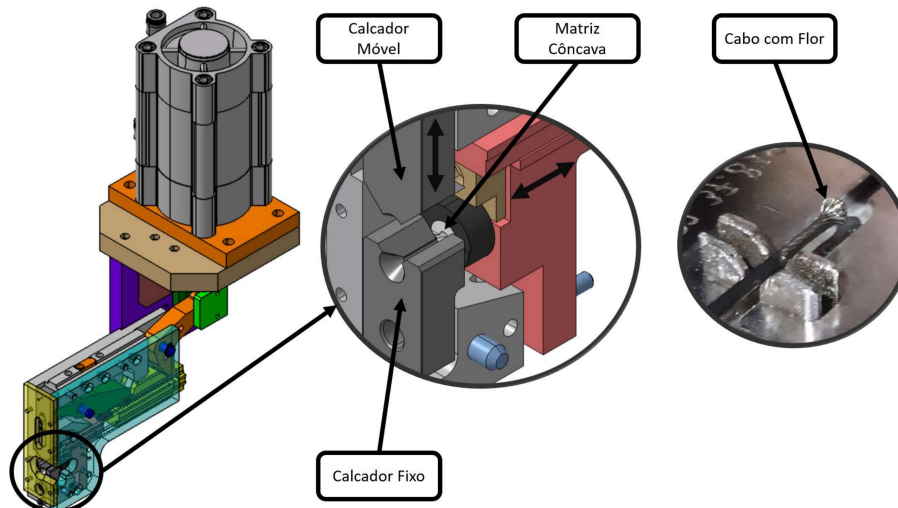


Figura 24 - Mecanismo de fazer flor *standard*

Existem várias máquinas de injeção de zamak na FicoCables, mas todas elas mantêm o mesmo conceito base. Ou seja, utilizam o processo de fundição em câmara quente e o fecho do molde vertical. As evoluções mais recentes dos equipamentos desenvolvidos internamente é o bico de injeção se encostar ao molde em vez do inverso, possuem alimentador de lingote automático e são também mais compactas e de fácil integração em linhas de produção. Com o intuito de reduzir o custo do equipamento, será restaurada e modernizada uma máquina de injeção com a configuração da Figura 25.

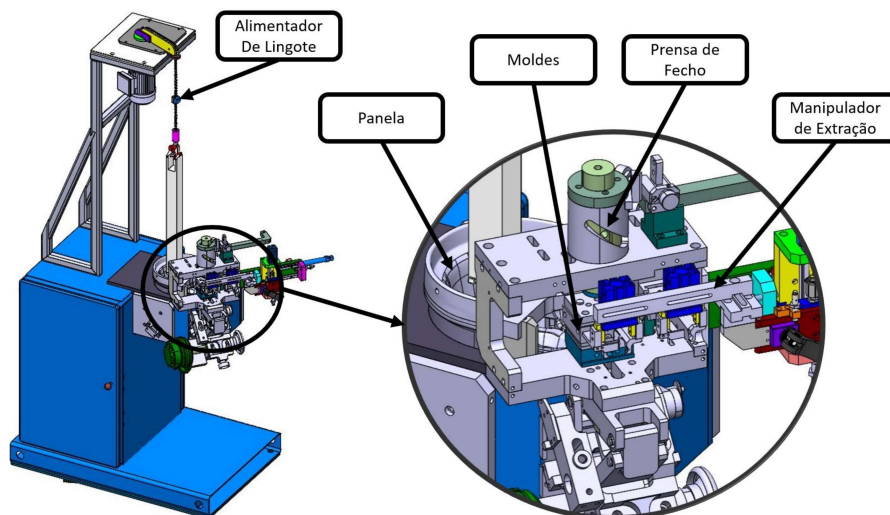


Figura 25 - Máquina de injeção de zamak antiga

Após a realização da injeção, é necessário quebrar o gito. Existem equipamentos com quebra automática do gito, o qual consiste num mecanismo simples que só depende da geometria do terminal, pois o gito separa-se facilmente do terminal de cabo. Na Figura 26 é possível ver o cabo antes da injeção (esquerda), e após injeção com o gito (direita).

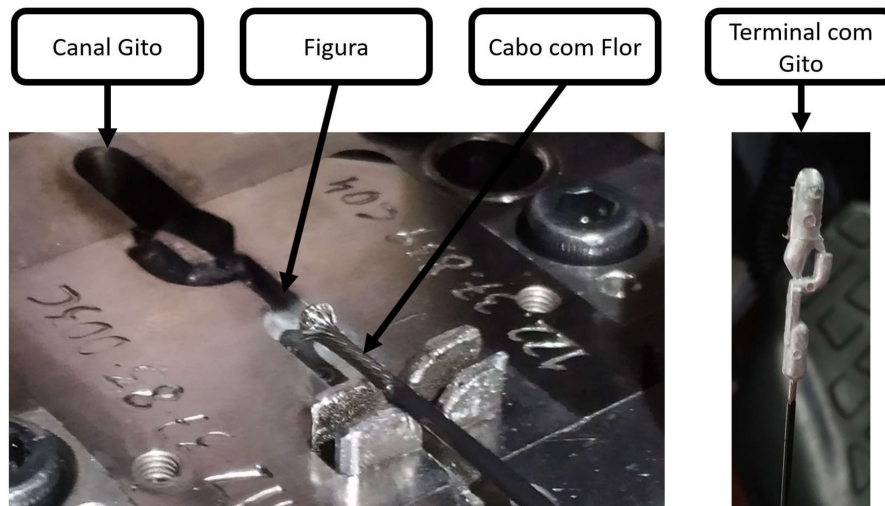


Figura 26 - Cabo no molde antes da injeção (esquerda) e após a injeção com gito (direita)

3.4 Caracterização do Problema

3.4.1 Problemas Processo

Como se pode verificar no diagrama da Figura 17, existem vários transportes entre máquinas diferentes, que necessitam de tarefas básicas para os operadores, como contagem e etiquetagem de caixas para realizar armazenamentos intermédios. Todas estas operações não adicionam qualquer valor ao produto e, sendo os cabos de comando um produto de baixo valor acrescentado, ficam ainda mais aquém do ideal.

No equipamento de corte, está considerada a utilização de um quinto de operador, pois este encontra-se dividido por cinco máquinas de corte de cabo. Apenas uma máquina está a ser utilizada para o corte de cabo revestido. O maior problema deste equipamento é a variação de corte elevada de ± 3 mm. Para além disto, o comprimento destes equipamentos também tem tendência a ser elevado. Na Figura 27, está representado o equipamento dedicado a corte de cabo revestido, anteriormente referido.

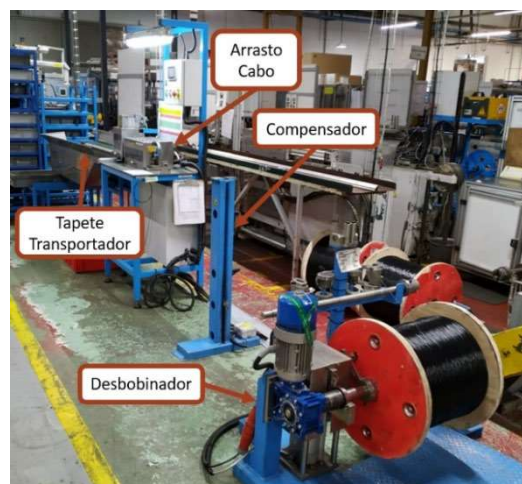


Figura 27 - Máquina de corte atual

Após corte do cabo, encontra-se um operador dedicado à máquina de primeira injeção de zamak. Aqui, o operador faz o ciclo repetitivo de decapagem, realização de flor e, por fim, transporta um conjunto de cabos já com a primeira injeção realizada para uma tina de água, com o propósito de arrefecer o terminal. Neste processo, para além das tarefas manuais, há a possibilidade dos cabos agrupados se danificarem, devido a estarem desorganizados. O dano acontece quando um terminal ainda quente, após a sua injeção, entra em contacto com o revestimento de um cabo. Existe ainda a possibilidade de aparecimento de oxidação no cabo decapado junto ao terminal de cabo, devido à colocação na tina de água. Na Figura 28, é possível verificar o estado do processo.

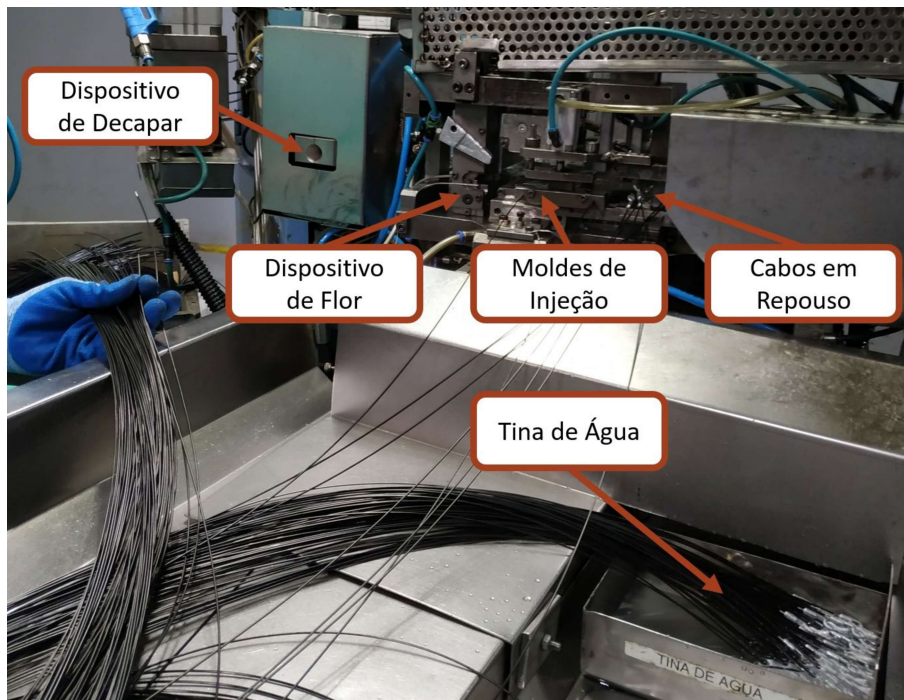


Figura 28 - Máquina antiga de 1ª injeção de zamak

Na fase de montagem do cabo com a espiral (primeiro retângulo verde), é atualmente necessária a operação de aparar o cabo. Isto é necessário para respeitar a cota funcional do cabo, determinada pelo cliente. Esta cota chama-se cota de saída, e diz respeito à soma das distâncias entre o terminal de cabo e o terminal de espiral. É uma cota muito difícil de controlar, devido à tolerância apertada (geralmente de ± 1 mm) das especificações dos clientes, e também às variações de corte, quer do cabo (como dito anteriormente de ± 3 mm), quer da espiral. Estas variações levam à necessidade de aparar o cabo, criando desperdício com as pontas cortadas. Em forma de resumo, a melhor maneira de reduzir o desperdício de cabo resultante da aparar, é melhorar a precisão dos processos de corte da espiral e do cabo. Na Figura 29, é possível verificar as tolerâncias quer do cabo, quer da espiral, que vão interferir na cota de saída. Neste caso, o cabo representado, é uma das referências do projecto A que até tem uma tolerância mais rigorosa que o habitual de $\pm 0,5$ mm, que começa a surgir cada vez mais em novos projectos de cabos de comando.

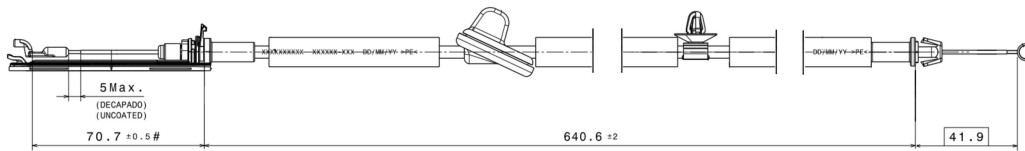


Figura 29 - Exemplo da cota de saída de um cabo de comando

Na linha de montagem, ainda se verifica a existência de muita mão de obra para montagem dos diversos componentes. Isto ainda é uma realidade muito comum na montagem de cabos, devido às dimensões pequenas dos componentes e ainda, da característica esguia e flexível do cabo. Estes dois fatores, dificultam a utilização de equipamentos automáticos devido ao número elevado de manipulações, de forma a colocar os componentes numa posição apta à sua montagem. Ainda assim, já existem equipamentos que realizam estas tarefas.

3.4.2 Problemas Gerais

Para além dos problemas existentes nos processos atuais, há ainda uma série de outros pontos por abordar. Atualmente, a maior parte dos equipamentos estão ultrapassados e não são flexíveis.

No exemplo das máquinas de corte automáticas existentes, estas já são ligeiramente mais evoluídas, mas apenas existem com sistemas de corte elétrico, o qual não pode ser utilizado em cabo revestido. Para além disto, por norma são bastante longos, porque a sua configuração obriga a tal, de forma a não perderem a capacidade de executar comprimentos de corte maiores.

Os equipamentos de decapagem já são sistemas compactos, mas grande parte deles são realizados apenas para uma cota de decapagem. Ou seja, estes equipamentos não têm sistema de afinação, o que envolve sempre a compra de peças maquinadas novas, para novos projetos.

Outro ponto importante, é o facto de ainda não existirem sistemas automáticos para controlo de qualidade da realização da flor. É uma suscetibilidade, visto que apenas é realizada inspeção visual pelo operador e caso este falhe, só será detetada no caso de o terminal não resistir ao ensaio de tração, tendo impacto direto na criação de sucata.

Nas tarefas simples e repetitivas, também podem ocorrer acidentes de trabalho devido à fadiga do operador, quando muitas destas operações podem ser realizadas automaticamente, deixando apenas as tarefas minuciosas de montagem a cargo do operador. No caso particular das máquinas de injeção de zamak, para além da repetibilidade da tarefa, há ainda a possibilidade de projecção de partículas quentes de zamak, onde as proteções existentes poderão não ser suficientes para defender o operador.

Neste caso, os custos de um operador para estas tarefas simples, é de aproximadamente 15 000 € por ano e por turno, ou seja, nos casos de maiores volumes de produção onde serão necessárias produções a dois ou três turnos, este custo pode chegar facilmente aos 45 000 € anuais.

Para além disto, têm sido perdidos para a concorrência vários projetos, devido principalmente à falta de competitividade do processo, onde foi identificada uma maior lacuna no processo de corte de cabo e primeira injeção de zamak. Ou seja, para contrariar esta tendência, é necessário o investimento em novos equipamentos de alta cadência, substituindo equipamentos dedicados a uma operação.

Ainda sobre capacidade produtiva, o projeto A ganhou recentemente de cabos de porta, para além dos altos volumes de produção necessários, possui no seu leque três referências, onde os componentes utilizados são iguais, mudando apenas os comprimentos de corte. Ou seja, surge aqui a necessidade de aumento de capacidade nas operações de corte e decapagem de cabo revestido, sem perder a flexibilidade.

Como forma de resumo do que foi referido anteriormente, ficam abaixo os problemas chave que são alvo de intervenção nesta dissertação:

- Baixa produtividade (Capacidades de corte, 1ª Injeção);
- Falta de equipamentos para cabo revestido;
- Excesso de mão de obra em tarefas simples;
- Excesso de desperdício de cabo (cabo aparado);
- Elevadas movimentações de componentes.

Com base nos problemas encontrados, foi decidido criar um equipamento automático que ajude no aumento de capacidade produtiva, e também que reduza a mão-de-obra inerente ao processo, mais concretamente na primeira injeção de zamak. De forma a decidir o tipo de equipamento a desenvolver, foi feita uma análise no capítulo 4.1 de Anteprojecto.

DESENVOLVIMENTO

4.1 Anteprojeto

4.2 Projeto

4.3 Orçamentação e Pay-back

4.4 Plano de Manutenção

4.5 Manual de Operação

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Anteprojeto




Neste capítulo, serão investigadas as possíveis soluções, quer para tipologia do equipamento, quer para dispositivos a utilizar no equipamento. Para tal, serão utilizadas as técnicas: *brainstorming* (tempestade de ideias), análise SWOT e ainda uma matriz de solução de ideias. Os critérios de seleção, terão base nas necessidades detetadas no ponto “3.4 Descrição do Problema”.

4.1.1 *Brainstorming*

Com o intuito de avaliar a relevância da questão da flexibilidade do equipamento, foi realizado um levantamento dos projetos em vigor que beneficiam da criação do equipamento. Na Tabela 8, encontram-se os dados úteis do levantamento relativo a três projetos diferentes. Aqui foram encontrados dez comprimentos de corte de cabo revestido, com valores que vão de 256 a 1372 mm. Os cabos dos três projetos, apesar de serem diferentes, partilham o diâmetro interior de 1,25 mm. Isto é positivo porque a troca de lâminas de decapagem será desnecessária entre estas dez referências de cabos. O diâmetro exterior é diferente entre projetos, o que leva a necessidade de substituição dos mordentes do dispositivo de realizar flor. Por outro lado, não influencia o corte, uma vez que pode ser utilizada uma lâmina comum com orifício de 2 mm para os três cabos. O diâmetro da flor também é o mesmo entre projetos, uma vez que esta acompanha o diâmetro interior do cabo, logo também não necessita de ser trocada entre referências. O *setup* mais óbvio, é o do molde de injeção de zamak e do conjunto de matriz e cortante de gito, uma vez que os terminais de cabo são diferentes entre projetos.

De forma sucinta, conclui-se que há muitas características semelhantes entre os projetos para o subconjunto de cabo com primeiro terminal, o que torna o *setup* reduzido. Apenas será necessária a troca de mordentes do dispositivo de realizar flor, molde da máquina de injeção e o conjunto de matriz e cortante de gito.

Tabela 8 - Levantamento das características dos projetos a implementar

Código Projeto	Subconjunto Cabo + 1º Terminal	Referência 1º Terminal	Imagem do 1º Terminal	Ø Flor (mm)	Ref. Cabo	Ø Cabo (mm)	Ø Rev. (mm)	Comp (mm)
A	129216768			2,5 ± 0,2	255256	1,25	1,5	775
	129216767	12237839						1372
	129216766							1200
B	129216663			2,5 ± 0,2	255244	1,25	1,8	583,9
	129216493	12236498						568,9
	129215890							459,7
C	129216588			2,5 ± 0,2	255242	1,25	1,65	256
	129216182	12234969						478
	129216181							457
	129216180							448

Após o levantamento, ficou demonstrado que o desenvolvimento de um novo equipamento flexível seria viável para a empresa, não só pelo aumento de capacidade e de flexibilidade para os projetos existentes, mas também para a orçamentação de potenciais novos projectos. Isto é possível porque, os *setups* serão simples e o custo de ferramentas para novos projectos será consideravelmente mais baixo, quando comparado com o custo de desenvolvimento de equipamentos específicos por projeto.

A nível de opções de compra, não existe grande oferta no mercado a não ser a subcontratação de empresas de construção de equipamentos à medida. Mesmo o fornecedor mais solicitado pela FicoCables para máquinas de fabrico de cabos de comando, apenas tem soluções flexíveis para cabo não revestido, com cadências de 1 100 p/h e com um custo superior a 100 000 €.

De seguida, foram discutidos vários tipos de conceitos para o equipamento flexível, e para tal também se fez um levantamento quer das máquinas existentes mais modernas, quer de outras existentes no mercado. Para além destas, foram analisadas máquinas que trabalham cabos eléctricos revestidos, que em comparação com as existentes, têm elevadas cadências produtivas. Isto também se deve ao facto do cabo eléctrico ser mais fácil de decapar, comparando com os cabos metálicos que são utilizados na FicoCables, porque os revestimentos de poliamida ficam agarrados nas frinchas entre os filamentos do cabo metálico.

A nível de equipamentos existentes, foi analisado o equipamento de corte que está a ser utilizado no projeto demonstrado na descrição de processo. Na Figura 30, podemos visualizar o completo, onde a utilização de um dispositivo de arrasto, apresenta duas vantagens

significativas. Este arrasto, em relação a um manipulador linear, permite que nesta configuração de equipamento, o cabo seja cortado na extremidade traseira. Isto reduz consideravelmente o comprimento do equipamento, independentemente do comprimento do cabo que se pretenda produzir. Continuando a comparação com os manipuladores lineares, a segunda vantagem, é a redução da massa móvel no desenrolamento do cabo. Como o conjunto de arrasto está fixo, a única massa a transportar é a do próprio cabo. Reduzindo a massa do transporte, fica mais simples aumentar a velocidade do desenrolamento. Portanto, a utilização de um conceito que corte a extremidade traseira do cabo, é de grande interesse visto se pretender desenvolver um equipamento multireferências com cadência produtiva elevada.

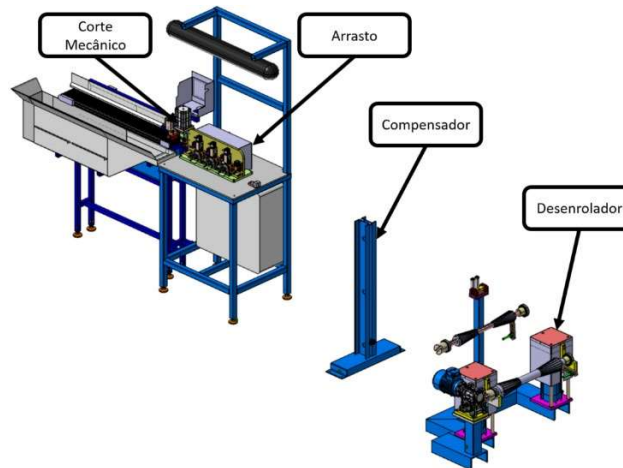


Figura 30 - Equipamento de corte atual de cabo revestido

Da ideia de junção dos equipamentos de corte ao equipamento de injeção de zamak, surgiu o Conceito 1 (Figura 31). É baseado em equipamentos já existentes para cabo não revestido. Nestes equipamentos existem dois manipuladores, com movimentos perpendiculares. O Manipulador 1 vai agarrar o cabo ao dispositivo de corte, transportando-o linearmente até alcançar a cota de corte. Após o corte, o mesmo manipulador continua o transporte até ao dispositivo de decapagem. A partir do momento em que o cabo é colocado no dispositivo de decapar, o segundo manipulador é que fará o transporte entre os dispositivos seguintes.

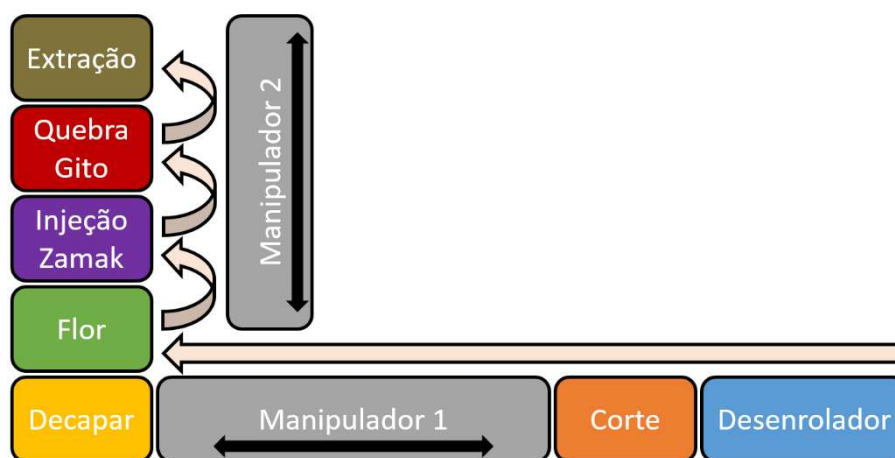


Figura 31 - Conceito 1

Os equipamentos com este tipo de configuração permitem a duplicação de dispositivos, ou seja, podem realizar operações em dois cabos em simultâneo. Como consequência, a cadência produtiva é aumentada. A nível de pontos negativos, o maior é causado pelo Manipulador 1. Este manipulador, transportando o cabo pela extremidade frontal, precisa de um curso maior que o comprimento dos cabos que se pretendem produzir. Portanto, querendo fazer um equipamento flexível, é necessário considerar o comprimento máximo dos cabos. O curso de transporte mais longo, aumenta o tempo de transporte. Também devido ao curso do Manipulador 1, o comprimento geral da máquina pode chegar aos 9 m, como acontece nos equipamentos de corte de cabo não revestido.

O segundo conceito (Figura 32), é semelhante ao primeiro. A diferença relevante, é o dispositivo de corte transportar o cabo. Ou seja, houve uma junção do primeiro manipulador com o dispositivo de corte. Neste conceito, o cabo será levado até ao dispositivo de decapar e após fixo, o conjunto Corte + Manipulador afasta-se até percorrer o comprimento de corte, tensiona o cabo e corta-o. A parte posterior ao corte (do dispositivo de decapar até à extração), mantém-se igual ao Conceito 1. A vantagem em relação a este, é que a tensão do cabo no momento do corte, melhora a precisão no comprimento do mesmo porque reduz a flecha entre os apoios do cabo.

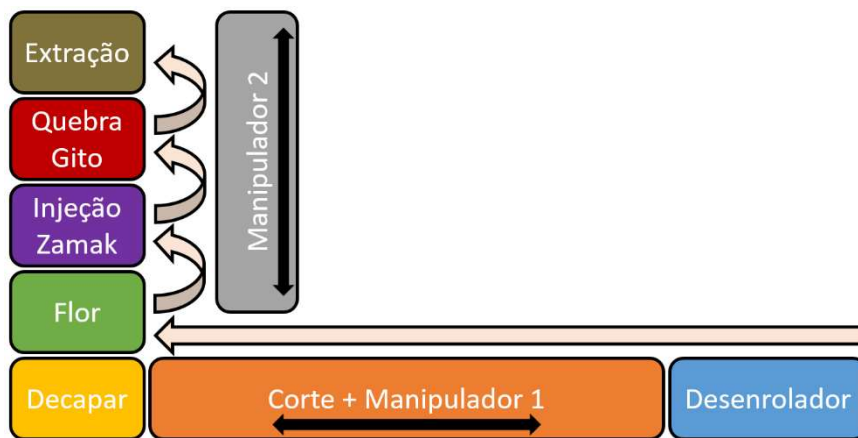


Figura 32 - Conceito 2

O último conceito é inspirado pelas máquinas de corte e decapagem de cabos eléctricos, como por exemplo a máquina representada na Figura 33. São equipamentos automáticos que se destacam pela cadência de produção, repetibilidade e pela flexibilidade. São extremamente flexíveis porque utilizam sistemas modulares para troca rápida de ferramentas, e também porque para cabos eléctricos, existe uma enorme variedade de lâminas *standard* quer para corte, quer para decapagem.

A sequência de operações destes equipamentos é semelhante é necessária. Alimenta o cabo, corta e decapa a extremidade traseira, e em vez de fazer um terminal injetado em zamak, crava terminais eléctricos. Para alimentar e controlar o comprimento do cabo, utilizam um sistema de arrasto, realizam o corte e decapagem com conjuntos mecânicos e com lâminas *standard*. A

velocidade que estes equipamentos conseguem alcançar, deve-se ao facto de utilizarem dispositivos compactos, o que permite reduzir a distância entre eles. Para fazer a manipulação dos cabos entre a decapagem e o dispositivo de cravar terminais (terminais cravados são alternativa aos injetados em zamak), é utilizado um manipulador rotativo, extremamente leve, que faz movimento de aproximação aos dispositivos linearmente e em rotação. A extração não se adequa aos cabos com terminais resultantes da injeção, visto que são extraídos para uma esteira. Não convém fazer extração da injeção de zamak para uma esteira, porque há possibilidade dos terminais quentes ficarem em contacto com o revestimento de poliamida dos cabos, podendo danificá-los.



Figura 33 - Imagem adaptada da máquina CrimpCenter da Schleuniger

No Conceito 3 (Figura 34), seria utilizado um desenrolador com compensador, como nos anteriores, e um sistema de arrasto a alimentar o dispositivo de corte e decapagem. Os processos de corte e de decapagem seriam aglomerados, com o propósito de reduzir a distância entre a entrada no corte e a saída na decapagem. Sendo possível esta aglomeração, reduz-se a cota mínima de corte e, como consequência, o equipamento conseguirá produzir cabos tanto curtos (256 mm) como longos (comprimento máximo indefinido). Este dispositivo, pode funcionar de forma independente do manipulador rotativo que irá pegar no cabo à saída das lâminas de decapagem e a partir desse momento, poderá ser iniciado um novo ciclo de corte e decapagem. Após o manipulador rotativo realizar a pega no dispositivo de corte e decapagem, fará duas paragens. Primeiro roda até colocar o cabo no dispositivo de realizar a flor, e depois colocará o cabo na moldação inferior da máquina de injeção de zamak. Após as duas paragens, pode regressar ao dispositivo de corte e decapagem. Para realizar a extração do cabo após a injeção do terminal de zamak, terá de ser utilizado outro manipulador para colocar o cabo de forma organizada, em arrefecimento num estendal. Para além das vantagens já referidas, o facto de se separar o dispositivo de realizar a flor da máquina de injeção de zamak, possibilita a utilização de uma câmara para a inspeção da flor, algo que também será inovador para a FicoCables, em máquinas automáticas de produção de cabos de comando.

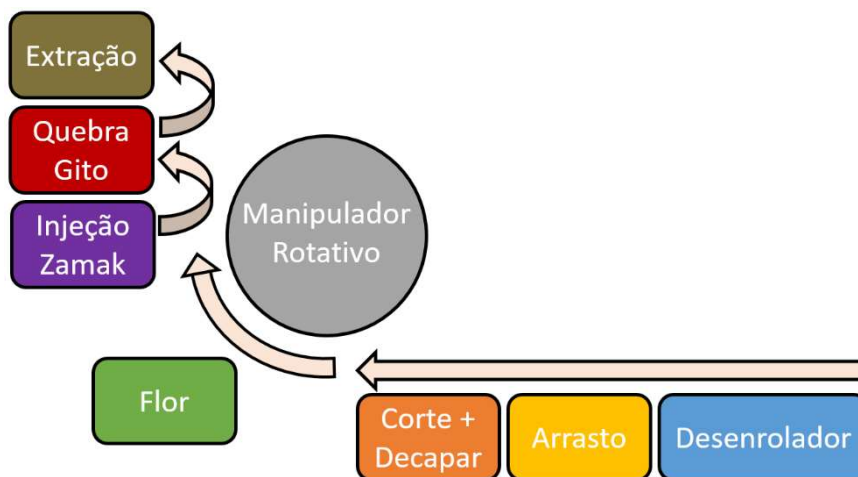


Figura 34 - Conceito 3

O Conceito 3, acabou por ser o escolhido para a elaboração do projeto do novo equipamento flexível, tendo em conta os critérios utilizados para realizar a análise *SWOT* e a Matriz de Seleção de Soluções que se encontram nos capítulos adiante.

4.1.2 Análise *SWOT*

Os conceitos criados no *Brainstorming*, serão agora analisados de forma mais sintetizada, e individualmente, utilizando uma análise *SWOT*. Isto tem por fim, fazer uma pequena filtragem das características de cada conceito referidas anteriormente, para auxiliar na escolha da melhor configuração a seguir.

Iniciando a análise pelo Conceito 1 (Figura 35), este destaca-se positivamente pela simplicidade de projeto, ou seja, trata-se mais de uma aglutinação de conjuntos já conhecidos, adaptados para trabalhar cabo revestido. Devido a isto, também seria o conceito com o custo mais baixo. A nível de fraquezas, o Conceito 1 é o que tem precisão inferior do corte, devido ao tensionamento do cabo mais inconsistente, geralmente feito com um atuador pneumático auxiliar. O facto do cabo ser puxado e as operações realizadas serem na extremidade posterior, requerem que o Manipulador 1 tenha um curso maior ou igual ao comprimento do cabo que se pretende realizar, daí apresentar uma fraqueza na área ocupada e uma ameaça na possibilidade de surgirem novos projetos de cabos com comprimentos superiores.

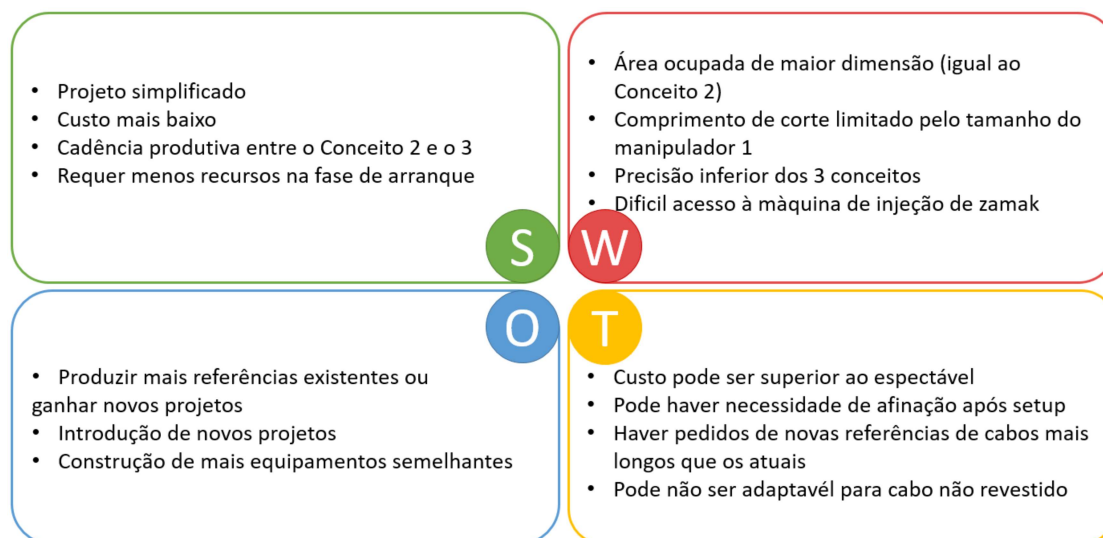


Figura 35 - Análise SWOT do Conceito 1

O Conceito 2, com análise *SWOT* visível na Figura 36, é semelhante ao primeiro a nível de dimensões, portanto a nível de fraquezas e ameaças, pouco mudam. A maior diferença encontra-se entre a cadência produtiva ser inferior e a precisão ser mais elevada em relação ao Conceito 1. Utilizando um sistema de corte móvel que tensiona o cabo, melhora-se a precisão de corte, mas em contrapartida perde-se a cadência produtiva.

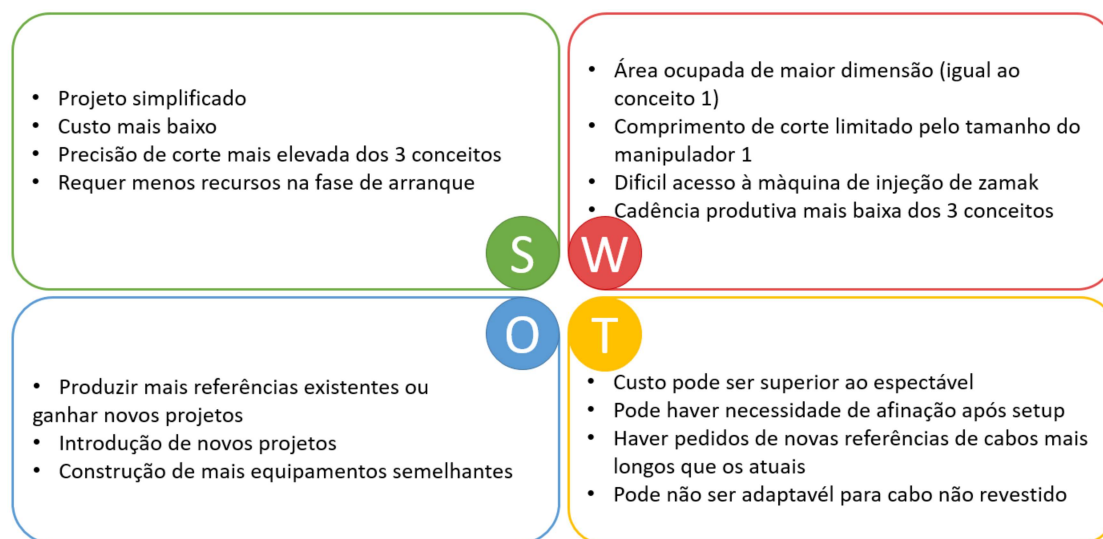


Figura 36 - Análise SWOT do Conceito 2

Passando agora para a análise do último conceito, é necessário salientar principalmente as forças e as oportunidades quando comparando com os conceitos anteriores. A configuração mais compacta, como referido anteriormente, deve-se à utilização de um manipulador rotativo e do cabo ser empurrado para o comprimento pretendido, em vez de ser puxado pelo manipulador. Para além da vantagem óbvia da redução da área ocupada, é possível obter uma cadência produtiva mais elevada, porque serão permitidas mais operações em simultâneo e pela velocidade e precisão obtida através da utilização para realizar todas as movimentações do cabo. Ainda a nível de forças do conceito, a configuração também permite que o *setup* e o acesso à máquina de injeção de zamak seja facilitado. Nos conceitos anteriores, o manipulador ficaria

de frente para a máquina de injeção de zamak, dificultando o acesso. Neste conceito, fica também disponível um espaço entre o dispositivo de realização da flor e o molde da máquina de injeção de zamak para colocar uma câmara, com o intuito de se realizar controlo de qualidade da flor durante o transporte do cabo.

As oportunidades estão diretamente relacionadas com as forças referidas no parágrafo anterior. Aqui destaca-se um grande avanço tecnológico e o ganho de precisão pode introduzir a dispensa da operação de aparar o cabo nas linhas de montagem de cabos.

As fraquezas deste conceito estão relacionadas com o facto de ser necessário mais desenvolvimento na parte de projeto e maior acompanhamento na fase de arranque, devido à inovação que requer sempre mais aprendizagem. A utilização de servomotores e a adição de mais eixos de movimentação do manipulador, irão encarecer significativamente o custo do equipamento.

As ameaças encontradas são justificadas pela dificuldade de desenvolvimento de um manipulador rotativo e pelo facto deste ter a possibilidade de não atingir as dinâmicas pretendidas.

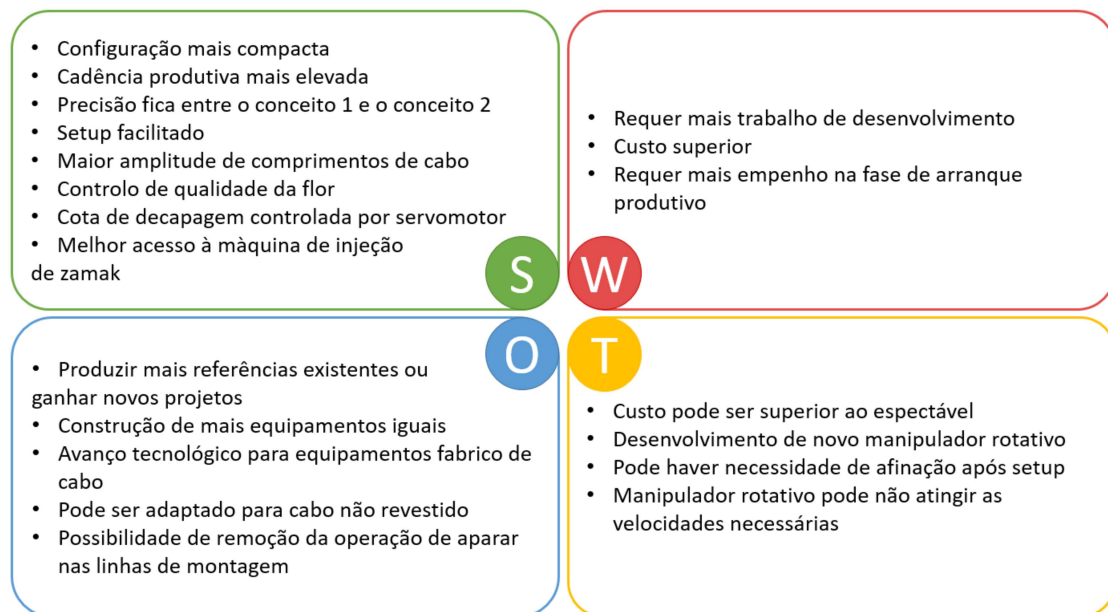


Figura 37 - Análise SWOT do Conceito 3

De forma a concluir o capítulo da análise SWOT dos conceitos em estudo, também devem ser referidos os pontos comuns entre conceitos. Todos os conceitos apresentam a oportunidade de se produzirem cabos de vários projetos, mas é de salientar a importância da possibilidade de ganhar novos, pelo facto do custo de investimento do equipamento poder ser distribuído por vários projetos, representando um valor de orçamento significativamente mais reduzido por projecto. Independentemente do conceito utilizado, desde que o primeiro equipamento flexível seja executado com sucesso, será facilmente melhorado e replicado, aumentando de forma flexível a disponibilidade das máquinas. O ponto comum a nível de ameaças, deve-se ao facto do custo dos equipamentos que estão a ser desenvolvidos atualmente, apresentarem variações

que rondam em média os 20%, quando comparando com preços de componentes *standard* e personalizados de 2019.

De um ponto de vista geral, o Conceito 3, foi o que apresentou mais pontos fortes e mais oportunidades, sendo o maior risco o valor mais elevado de construção, que poderá ser facilmente justificável pelo ganho de flexibilidade e pela facilidade de introdução de novas referências de cabo no equipamento.

4.1.3 *Matriz de Seleção de Soluções*

Ao longo do desenvolvimento do capítulo anterior, caracterização do problema até ao atual, foram sendo salientadas certas características de equipamentos e a sua importância. De forma mais sintetizada, serão aqui descritas e classificadas dentro de uma escala de pesos, com o intuito de reforçar a escolha do conceito que melhor se adequa às necessidades atuais da empresa.

Tendo em conta o que foi referido na elaboração da análise SWOT de cada conceito, foram atribuídas as seguintes propriedades para a avaliação dos mesmos, que estão descritas na Tabela 9. Nesta lista não se incluiu a segurança do equipamento, uma vez que qualquer que seja o conceito escolhido, este deverá respeitar todas as normas de segurança atuais.

Tabela 9 - Propriedades para elaboração da matriz de seleção

Número	Propriedade
1	Flexibilidade
2	Produtividade
3	Área Ocupada
4	Qualidade do Corte
5	Manutenção
6	Facilidade de Construção
7	Custo de Construção

O processo foi iniciado pela definição da importância relativa entre propriedades e, para tal, foram atribuídas as classificações representadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Importância relativa das propriedades

Importância Quantitativa	Importância Qualitativa
1 a 3	Menos Importante do que
4 a 7	Tão importante como
8 a 10	Mais importante do que

O passo seguinte foi determinar o peso de cada propriedade. Para tal, foi construída a Tabela 11, onde se utilizaram os valores da Tabela 10 com o propósito de comparar as propriedades entre si. A atribuição dos valores de comparação, teve em conta as necessidades referidas em capítulos anteriores, onde se procura, acima de tudo, criar equipamentos flexíveis para eliminar a falta de capacidade dos equipamentos atuais.

Tabela 11 - Determinação dos pesos das propriedades na definição do conceito

Propriedades em Avaliação		1	2	3	4	5	6	7
1	Flexibilidade	0	1	3	3	3	3	3
2	Produtividade	10	0	3	3	3	3	3
3	Área Ocupada	8	8	0	5	4	8	3
4	Qualidade do Corte	8	8	6	0	5	3	6
5	Manutenção	8	8	7	6	0	3	6
6	Facilidade de Construção	8	8	2	8	8	0	6
7	Custo de Construção	8	8	8	5	5	5	0
Somatório		50	41	29	30	28	25	27
Pesos (%)		22%	18%	13%	13%	12%	11%	12%

Como será necessário atribuir uma pontuação de cada característica aos três conceitos, com o intuito de os classificar entre si, foi criada a Tabela 12 com um intervalo de pontuações de um a quatro, com a justificação respectiva a cada propriedade.

Tabela 12 - Tabela de pontuação das propriedades em avaliação

Propriedades em Avaliação	Pontuação			
	1	2	3	4
Flexibilidade	Introdução difícil de novas referências	Pontuação Subjectiva		Introdução fácil e rápida de novas referências
Produtividade	< 1000 p/h	Pontuação Subjectiva		> 1100 p/h
Área	>= 22 m ²	Pontuação Subjectiva		<= 22 m ²
Qualidade do Corte	Variação do comprimento de ± 3 mm	Variação do comprimento de ± 2 mm		Variação do comprimento de ± 1 mm
Manutenção	Má acessibilidade aos conjuntos	Pontuação Subjectiva		Boa acessibilidade aos conjuntos
Facilidade de Construção	Alta complexidade dos conjuntos	Pontuação Subjectiva		Conjuntos simplificados
Custo de Construção	O custo mais elevado	Pontuação Subjectiva		O custo menos elevado

Por fim, desenvolveu-se a matriz de seleção de soluções, utilizando as propriedades com os pesos calculados na Tabela 11 e a atribuição das pontuações conforme os valores da Tabela 12. O resultado é o cálculo da soma do produto dos pesos com a pontuação de cada conceito e, o conceito com o somatório mais elevado deverá ser a solução que melhor satisfará as necessidades da empresa.

Tabela 13 - Matriz de seleção dos três conceitos em estudo

Conceitos		Conceito 1			Conceito 2		Conceito 3	
Propriedades em Avaliação		Pesos	Pontos	PxP	Pontos	PxP	Pontos	PxP
1	Flexibilidade	22%	2	0,43	2	0,43	4	0,87
2	Produtividade	18%	4	0,71	2	0,36	3	0,53
3	Área Ocupada	13%	1	0,13	1	0,13	4	0,50
4	Qualidade do Corte	13%	1	0,13	4	0,52	3	0,39
5	Manutenção	12%	3	0,37	3	0,37	4	0,49
6	Facilidade de Construção	11%	4	0,43	4	0,43	3	0,33
7	Custo de Construção	12%	4	0,47	4	0,47	3	0,35
Somatório		100%	17,00		18,00		20,00	
Índice de desempenho		100%	31%		33%		36%	
Classificação			3º		2º		1º	

O conceito 3 acabou por ser o que apresentou um melhor índice de desempenho e, como tal, foi a solução selecionada para desenvolvimento do novo equipamento.

4.1.4 Possíveis Dispositivos a Utilizar

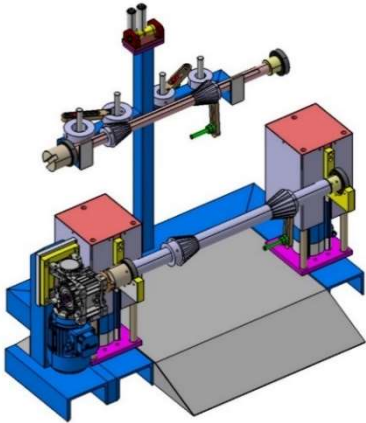
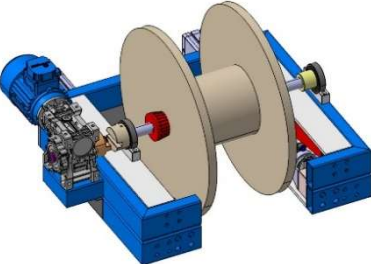

Após a seleção do conceito de equipamento a utilizar, serão estudados os vários dispositivos que este poderá utilizar, e com a seguinte sequência: desenroladores de bobinas, arrastos, dispositivos de corte, de decapagem e manipuladores. Devido ao orçamento, os restantes (dispositivo de realizar a flor, máquina de zamak e quebra gito) serão modelos *standard* novos ou usados, mas modernizados. De qualquer das formas, serão exemplificados alguns desses dispositivos.

Desenroladores

Este equipamento deverá ser independente da máquina, podendo ser aplicado a outras, criando-se assim um *standard* da FicoCables. Existem vários tipos de desenroladores, criados para vários tipos de bobinas, mas apenas alguns são relevantes para o caso das bobinas de cabo utilizadas na FicoCables. Estas não possuem massas significativamente altas (em comparação com as bobinas de arame), a rondar os 50 kg, logo não necessitam de estruturas de grande robustez. Em contrapartida, esta massa já é suficiente para causar algum esforço por parte do operador abastecedor. Nesse aspeto, será tido em conta o método de abastecimento das bobinas no desenrolador, que está diretamente relacionado com os tipos de ligação à transmissão que estes utilizam. Outro ponto importante, é a compactidade. Sendo de dimensões mais reduzidas, facilitam a sua utilização em equipamentos duplos (equipamentos

que realizam operações em dois cabos em simultâneo), podendo ser utilizados dois desenroladores por equipamento. Na Tabela 14, encontram-se explicados os dois tipos de desenroladores utilizados na FicoCables e um terceiro encontrado no mercado, com um conceito diferente.

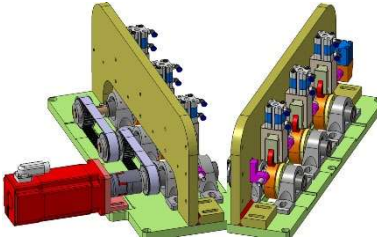
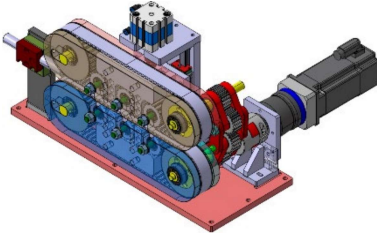

Tabela 14 - Tipos de desenroladores de bobinas de cabo

Codificação	Imagem	Descrição
A (FicoCables)		Desenrolador onde se utiliza o furo central da bobina para colocar o veio de suporte. Necessita de dois veios para acomodar bobinas de diâmetros diferentes. Após montado o veio na bobina, é colocado nos apoios laterais que utilizam cilindros pneumáticos para levantar a bobina do chão. O carregamento é feito através de uma rampa para auxiliar o operador e a transmissão é um conjunto motorreductor acoplado a um lado do veio da bobina. Esta configuração é mais larga, devido aos apoios com cilindros pneumáticos.
B (FicoCables)		Neste desenrolador encontra-se a mesma ideia de transmissão do anterior, onde foi simplificado o veio. Utiliza-se apenas um para todas as bobinas juntamente com cones centradores para fixar a bobina. O apoio é semelhante ao anterior, utilizando também cilindros pneumáticos para elevação, mas numa configuração mais complexa, em tesoura. O sistema de tesoura permite que seja mais estreito e o carregamento igualmente facilitado.
C (Suzhou Crown Electronic Technology Co., Ltd.)		Este conceito destaca-se pelo facto de ter incorporado um sistema de compensadores para a saída do cabo. Funciona como <i>buffer</i> e sensor de nível, que aciona o motor à medida que o cabo é alimentado na máquina. Tem também a vantagem de manter o cabo tensionado, o que melhora a leitura de desenrolamento e a consistência do corte. A bobina é pousada em dois rolos que a fazem rodar. Estes rolos estão conectados por correias e o primário é acionado pelo motorreductor. Neste caso a largura e geometria do mesmo, facilita a utilização de um simétrico.

Dispositivos de Arrasto

Para fazer a introdução do cabo nos dispositivos de corte e decapagem, utilizam-se sistemas de arrastos que puxam o cabo à saída do desenrolador. Para além de alimentar o cabo, também têm a função de medição do mesmo. No caso da utilização de servomotor, o próprio faz a leitura do comprimento desenrolado, mas deve ser utilizado um *encoder*, aplicado diretamente numa das polias com contacto do cabo para uma leitura mais precisa, pois caso exista escorregamento, o servomotor faz a compensação no comprimento alimentado. Este dispositivo deve ser estreito, ter velocidade suficiente para alimentar o cabo de forma rápida, sem nunca se perder o acesso à zona onde andam as correias, de forma a facilitar a sua substituição. É importante salientar, que deve haver sempre algum calcador que aumente o atrito no cabo para evitar o escorregamento.

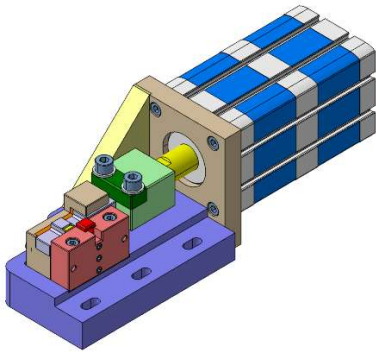
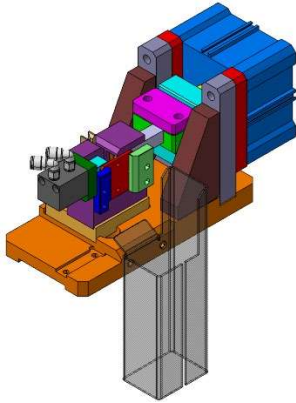
Tabela 15 - Dispositivos de arrasto

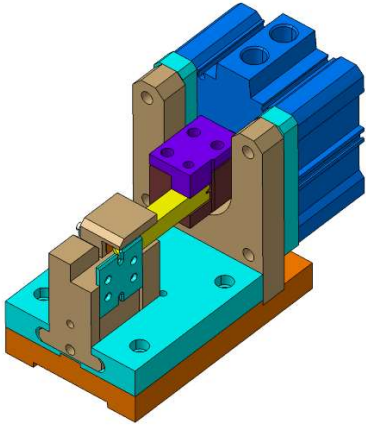
Codificação	Imagem	Descrição
A (FicoCables)		Este dispositivo utiliza três pares de rodas que calcam o cabo e o alimentam nos dispositivos de corte. As rodas superiores andam livres e calcam o cabo contra as inferiores. Estas é que puxam o cabo e são acionadas por uma transmissão de correias e servomotor. O servomotor tem também a função de fazer a leitura do comprimento do cabo.
B (FicoCables)		Este conceito é baseado no anterior, mas tanto as rodas superiores como as inferiores puxam o cabo. Para melhorar a leitura do desenrolamento do cabo, estas utilizam correias dentadas com o propósito de melhorar o atrito e o contacto com o cabo e ainda previnem danos no revestimento. As rodas superiores apenas usam um atuador para calcar o cabo e o movimento de rotação é realizado através de uma pequena transmissão de rodas dentadas.
C (Schleuniger)		O arrasto dos cabos utilizados nas máquinas da Schleuniger, é muito semelhante ao anterior. O maior destaque deste é ser bastante estreito, o que poderá facilitar a aplicação de um arrasto simétrico para equipamentos duplos. Tem também um sistema de tensionamento das correias nas rodas da extremidade esquerda.

Dispositivos de Corte

Os dispositivos de corte mecânico utilizados na FicoCables, são dispositivos pneumáticos e utilizam pequenas variações do mesmo tipo de conceito. Geralmente utilizam uma lâmina acionada pelo atuador pneumático, estando esta guiada por uma contralâmina. A contralâmina, ou o suporte dela, têm um orifício para passar o cabo, com o objetivo de o manter restringido no momento do cisalhamento. Também já existem na FicoCables, lâminas de geometria padronizada para vários equipamentos, possibilitando uma substituição rápida e reduzindo a quantidade em armazenamento. Tanto as lâminas, como as contralâminas, possuem mais que uma face de trabalho e costumam ser simétricas, com o intuito de tornar possível a rotação destas assim que uma das faces apresente desgaste. Na Tabela 16 é verificável o tipo de dispositivos de corte mecânico utilizados, assim como as lâminas.

Tabela 16 - Dispositivos de corte mecânico

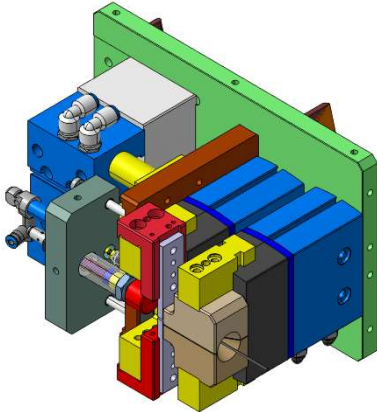
Codificação	Imagem	Descrição
A (FicoCables)		Este dispositivo, para acionar a lâmina de corte, utiliza um atuador do tipo <i>tandem</i> . Ou seja, tem dupla câmara de pressão para realizar o dobro da força do atuador <i>standard</i> , que aumenta o custo em cinco vezes. Devido ao custo também não são mantidos em stock, dificultando a substituição. Para além de ser um conjunto bastante compacto, tem a vantagem de utilizar uma pastilha de corte quadrada, que corta tanto no avanço como no recuo.
B (FicoCables)		Este tipo de conceito, é atualmente o mais utilizado. É constituído por lâminas de geometria padronizada em aço rápido, podendo estas ser rodadas 180° com o intuito de rentabilizar a utilização da mesma. Utiliza também um cilindro padrão, o que reduz significativamente o custo em comparação com o conceito anterior.

Codificação	Imagem	Descrição
C (FicoCables)		Este dispositivo de corte é muito semelhante ao anterior, quer na utilização de lâminas padronizadas na FicoCables, quer no cilindro igualmente comum. Tem também um sistema de encaixe rápido do porta lâminas que facilita a substituição. A vantagem mais relevante para os conceitos anteriormente estudados, é este porta lâminas ser vazado na direção do cabo, podendo realizar o corte na ponta traseira do cabo.

Dispositivos de Decapagem

Como referido anteriormente, os dispositivos de decapar só são utilizados em cabo revestido e normalmente são colocados na máquina de injeção de zamak, juntamente com o dispositivo de abrir flor. Portanto, a nível de conceito, há uma variedade mais reduzida destes dispositivos. Mesmo tentando aplicar os conceitos de decapagem encontrados em equipamentos para cabo eléctrico, estes são de aplicação mais difícil devido às características distintas entre os cabos eléctricos e os cabos de comando. Com o conceito de equipamento pretendido, os dispositivos mais comuns poderão não ser viáveis, contudo fica na mesma a pesquisa realizada da qual poderá ser importante o levantamento de lâminas e garras utilizadas nestes dispositivos.

Tabela 17 - Dispositivos de decapar

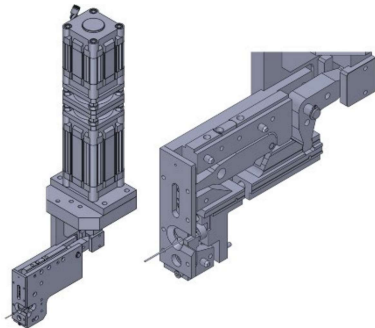
Codificação	Imagem	Descrição
A (FicoCables)		Este dispositivo é o que se encontra na maior parte das máquinas de primeira injeção de zamak. Está desenhado para ser prático e compacto de realizar, devido a ser um dispositivo manual. A cota de decapagem é definida pela distância das lâminas até um batente que funciona como botão que ao ser acionado pelo cabo, inicia o processo. Faz também de afinador da cota de decapagem, porque sendo roscado, é possível apertar ou desapertar para variar a sua distância às lâminas de decapar. Assim que este é acionado pela introdução do cabo, os mordentes apertam o cabo, e as lâminas fecham e recuam, arrancando a ponta de revestimento.

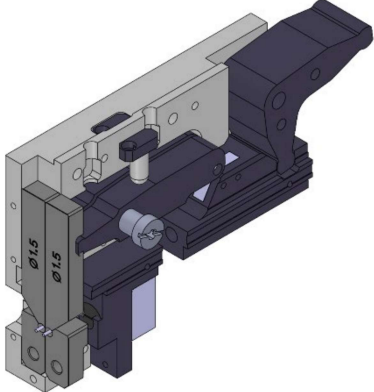
Codificação	Imagem	Descrição
B (FicoCables)		Este dispositivo consegue ser o mais compacto dos que existem até ao momento. O dispositivo de decapar está junto a um de corte, mantendo a distância entre ambas as lâminas muito reduzida. Geralmente, é um dispositivo utilizado para as operações de aparar (afinação de cota de saída, antes de realizar a segunda injeção), e após afinada a cota de medição, é acionado o atuador de corte e de seguida, avança o cabo para a posição de decapagem, e o segundo atuador realiza essa tarefa.

Dispositivo da Flor

O dispositivo de flor, é especificamente utilizado para cabos onde se pretende utilizar terminais injetados de Zamak. Como foi dito anteriormente, a flor proporciona maior resistência ao terminal injetado e tornou-se um equipamento *standard* já muito testado na FicoCables. Por estes motivos, continua a ser utilizado um equipamento de um fornecedor externo. Este dispositivo, até ao momento, nunca se revelou como gargalo nas atuais linhas de produção de cabos de comando. No entanto, tem algumas particularidades que serão descritas na Tabela 18.

Tabela 18 - Dispositivos de flor

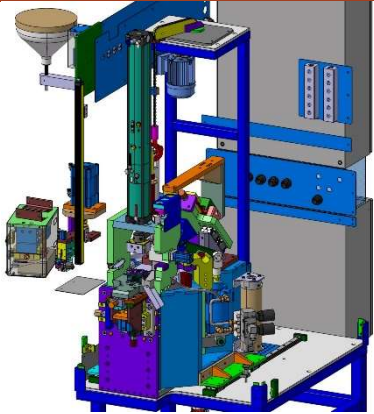
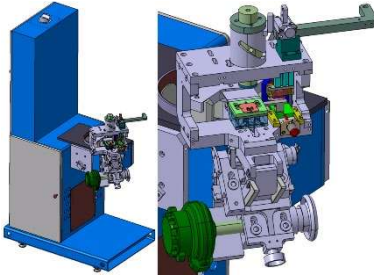
Codificação	Imagem	Descrição
A (Simples – Fornecedor Externo)		O dispositivo de fazer flor é um dispositivo compacto, à exceção do atuador pneumático. O atuador pneumático tem duas funcionalidades, inicialmente fecha os mordentes, fixando o cabo e, de seguida, avança a matriz que amassa a extremidade do cabo, realizando a flor. Tem afinação quer para o fecho dos mordentes, quer para o tamanho da flor. A geometria dos mordentes varia consoante os diâmetros dos cabos, portanto são peças de <i>setup</i> em máquinas multi referências.

Codificação	Imagem	Descrição
B (Duplo – Fornecedor Externo)		A versão dupla, tem o funcionamento igual ao simples. A diferença é que o atuador está ligado a duas alavancas em vez de uma. A afinação é igual mas duplicada, porque ambos os lados têm afinação individual. A distância de 16 mm entre os orifícios dos cabos nos mordentes, determina a distância entre cabos durante o seu transporte nas máquinas, o que pode dificultar a realização de todas as operações.

Máquina de Zamak

A liga de Zamak é muito utilizada na FicoCables para produzir os terminais de cabo. São utilizadas máquinas de injeção a baixa pressão (2 bar a 4 bar), porque o metal é injetado na moldação, e não vazado. A bomba e o pistão estão submersos no metal, portanto trata-se de injeção em câmara quente e o molde tem fecho vertical. Na Tabela 19 estão descritas as principais diferenças entre os dois tipos de máquina utilizados na empresa.

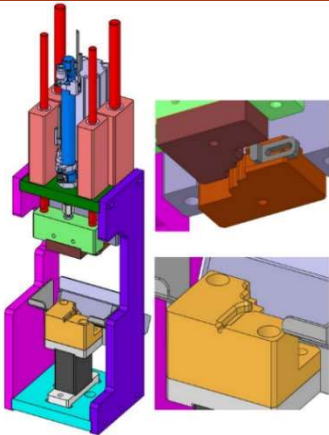
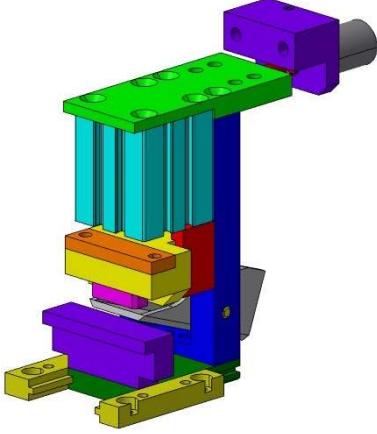
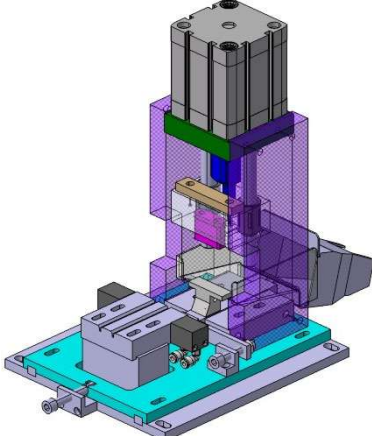
Tabela 19 - Máquinas Zamak

Codificação	Imagem	Descrição
A (FicoCables)		Esta versão da máquina de injeção de zamak, são desenvolvidas internamente. Têm a estrutura reforçada e foi desenvolvida para ser facilmente colocada em linhas de cabos. Utiliza uma prensa hidropneumática para fecho das moldações, e um bico de injeção com movimento de avanço até ao canal de injeção. Portanto, com o molde fixo, a afinação do posicionamento dos cabos nos moldes é simplificada.
B (Fornecedor Externo)		Esta máquina existe em alguma quantidade na FicoCables. A grande diferença a nível de funcionamento em relação à versão mais recente, é o bico de injeção estar fixo e o molde ser levado até este. Este movimento é realizado através da utilização de um sistema de alavancas que é acionado por um cilindro rotativo. A afinação é mais complicada e provoca variações, a nível de altura, no posicionamento dos cabos no molde.

Cortantes Gito

Como o nome indica, este dispositivo tem a função de separar o gito do terminal injetado. Normalmente requerem afinação quando se faz o *setup* de outros referências, uma vez que este deve acompanhar a geometria do molde. Caso contrário, não existe alinhamento do cortante com o gito no momento do corte. Portanto, esta será a principal característica a ter em conta. Anteriormente não se reaproveitavam os gitos automaticamente, mas nesta fase, todos os dispositivos apresentados já têm um funil/aparador que os introduz de volta na panela.

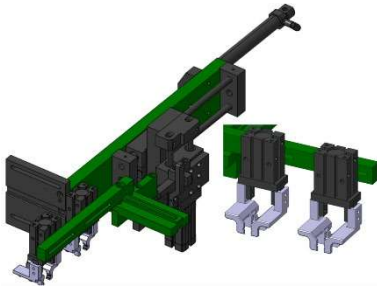
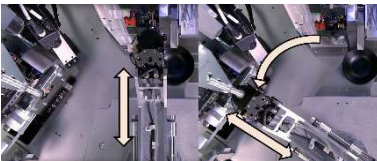

Tabela 20 - Cortantes de Gito (Zamak)

Codificação	Imagem	Descrição
A (FicoCables)		<p>O dispositivo cortante de gitos representado na figura, é o mais complexo dos existentes na FicoCables. Utiliza uma matriz fixa com a geometria do terminal de zamak e na parte superior, encontra-se um calcador e um punção com a aresta do corte alinhada com o gito. Estes são independentes e atuados por cilindros pneumáticos.</p>
B (FicoCables)		<p>Este dispositivo já é mais simples por ter menos peças, e é mais compacto, o que o faz um bom candidato para colocar numa máquina de injeção de zamak. Apenas utiliza um atuador e este movimenta quer o calcador, quer o cortante. Neste caso, utiliza-se uma mola para dar curso ao calcador, permitindo que ele recue quando calque o terminal de cabo.</p>
C (FicoCables)		<p>Neste caso, podemos verificar que o funcionamento é muito semelhante ao anterior. A grande diferença encontra-se no posicionador do cabo, que está preparado para colocar dois em simultâneo, o que o torna interessante para equipamentos duplos.</p>

Manipuladores

Para o conceito selecionado, será necessário desenvolver um manipulador linear para transportar os cabos após a injeção, e ainda, desenvolver um sistema de manipulador rotativo para realizar o transporte entre a decapagem até à injeção. Na Tabela 21, estão exemplificados dois manipuladores que servem de exemplo para os respectivos efeitos.

Tabela 21 - Manipuladores

Codificação	Imagem	Descrição
A (FicoCables)		Este tipo de manipulador, normalmente só se movimenta em dois planos. Tem um movimento de subida/descida e outro que o avança horizontalmente entre postos. Este caso em concreto tem um passo reduzido, visto se tratar de um manipulador incorporado numa máquina de injeção de Zamak. Devido ao espaço, também são usadas <i>grippers</i> compactas devido ao espaço, construídas com garras paralelas pneumáticas.
B (Schleuniger)		No caso dos equipamentos da Schleuniger, é utilizado um manipulador rotativo muito compacto para transportar o cabo entre postos posicionados em seu redor. Para além da rotação, apresenta os mesmos movimentos do anterior. Tem de ser bastante leve para conseguir reduzir a sua inércia e facilitar o trabalho dos servomotores que o acionam. Caso contrário, a dinâmica poderá não ser a desejada.
C (Robot Colaborativo Elite Robots)		Foi também estudada a possibilidade de usar um robô colaborativo. Este caso ganha na versatilidade, mas apresenta um custo mais elevado (12 500 €), quando comparando com o desenvolvimento de um manipulador rotativo semelhante à solução B. Outra vantagem desta gama de robôs em particular, é a facilidade de programação dos mesmos em pequenos ajustes de posicionamento.

4.2 Projeto

4.2.1 Mecânico

Imperativos do Projeto

Neste subcapítulo serão descritas as soluções encontradas para os dispositivos do equipamento, que foram sujeitas a imperativos de projecto. Estes imperativos são provenientes da opção de realizar um equipamento duplo, sem realizar alterações da máquina de injeção de zamak, assim como no dispositivo de realizar a flor, uma vez que estes já se encontram padronizados na FicoCables, mantendo o custo do equipamento mais baixo.

Na Figura 38, do lado esquerdo encontra-se o detalhe dos mordentes e dos batentes do dispositivo de realizar a flor que tem a cota de 16 mm entre os cabos. Do lado direito também é possível visualizar a dimensão reduzida da área do molde, disponível para realizar os terminais.

É importante salientar a dimensão do molde, uma vez que serve para demonstrar que mesmo que se pretendesse alterar o dispositivo de realizar a flor, não existiria ganho significativo no aumento da distância entre cabos. Esse cenário também traria a desvantagem de aumentar a quantidade de zamak injetado, visto que o canal do gito teria de ser mais longo.

A maior dificuldade a nível de projeto do equipamento duplo, é a limitação da cota de 16 mm, uma vez que todo o transporte do cabo, desde a entrada no equipamento de corte até à extração, terá de manter esta cota de entre eixo nos cabos, para prevenir manipulações extra entre operações.

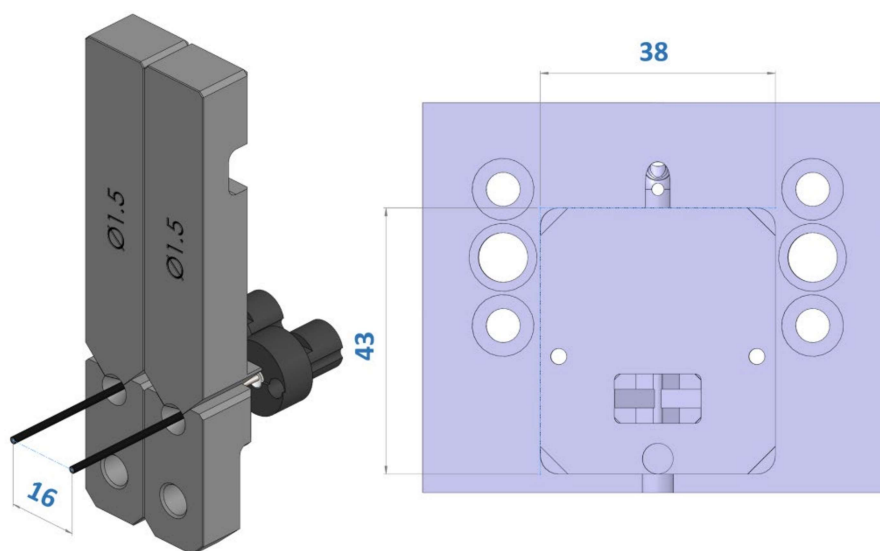


Figura 38 – Detalhes dos imperativos do dispositivo da flor e do molde de injeção de zamak

Existem ainda outras questões causadas pelos mesmos dispositivos. No dispositivo de realização da flor, é necessário que a saída do cabo seja iniciada por um movimento de subida, acompanhado por um seguinte para a direita. Após a saída, os cabos serão transportados para o molde da máquina de injeção de zamak, no qual será necessário descer os cabos até pousarem

no molde. Portanto, inicialmente temos de considerar que o manipulador rotativo terá de ter também o movimento de subida e de descida, para além da rotação e do avanço linear até às ferramentas. É ainda necessário que o transporte em rotação do cabo seja realizado para a direita, para possibilitar a extração do dispositivo da flor e a colocação no molde da máquina de injeção.

Descrição detalhada do conceito

Neste subcapítulo serão descritos o funcionamento geral do equipamento e posteriormente, os conjuntos que o constituem mais detalhadamente. Todo o desenvolvimento teve em conta os objetivos, os imperativos de projeto e o levantamento de possíveis soluções para os mesmos. Portanto, iniciou-se esta parte do desenvolvimento com uma visão geral do equipamento completo, demonstrado na Figura 39.

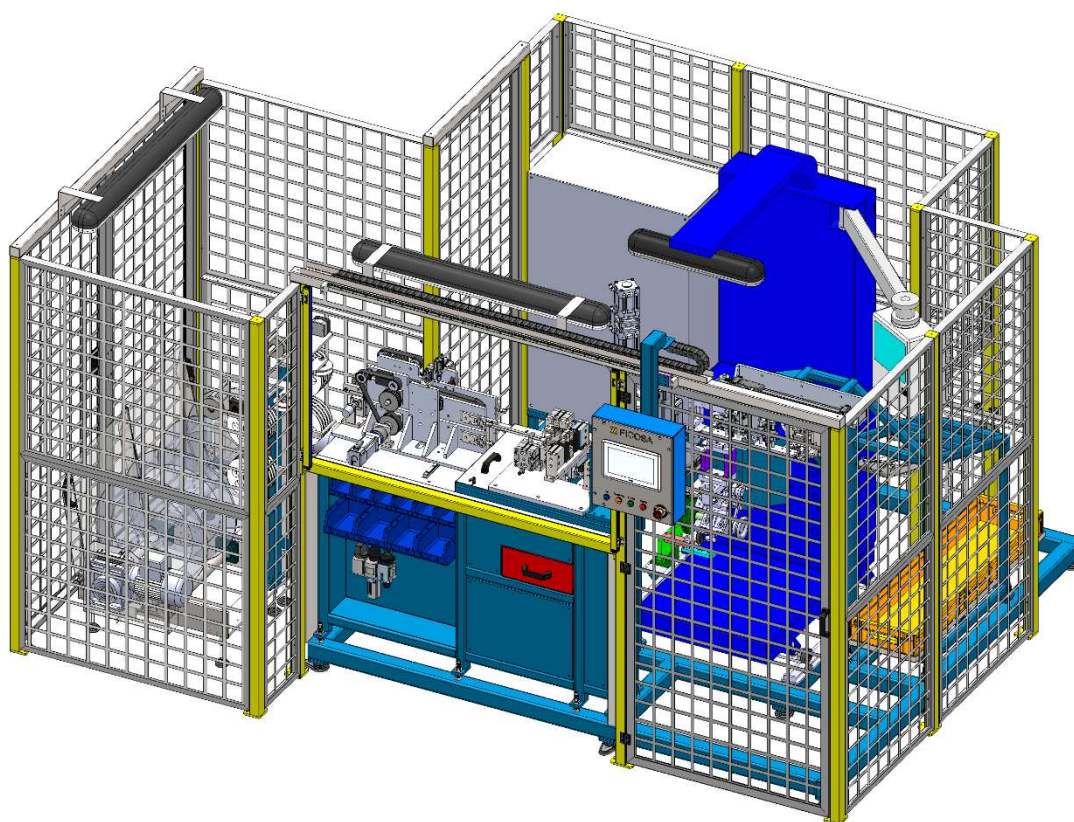


Figura 39 – Perspectiva isométrica do equipamento em desenvolvimento

De forma a identificar os principais conjuntos do equipamento, na Figura 40, encontra-se o mesmo sem as proteções exteriores, e a descrição do funcionamento segue a sequência de fabrico do subconjunto de cabos revestido com primeira injeção do terminal de zamak, dos desenroladores até à extração do mesmo.

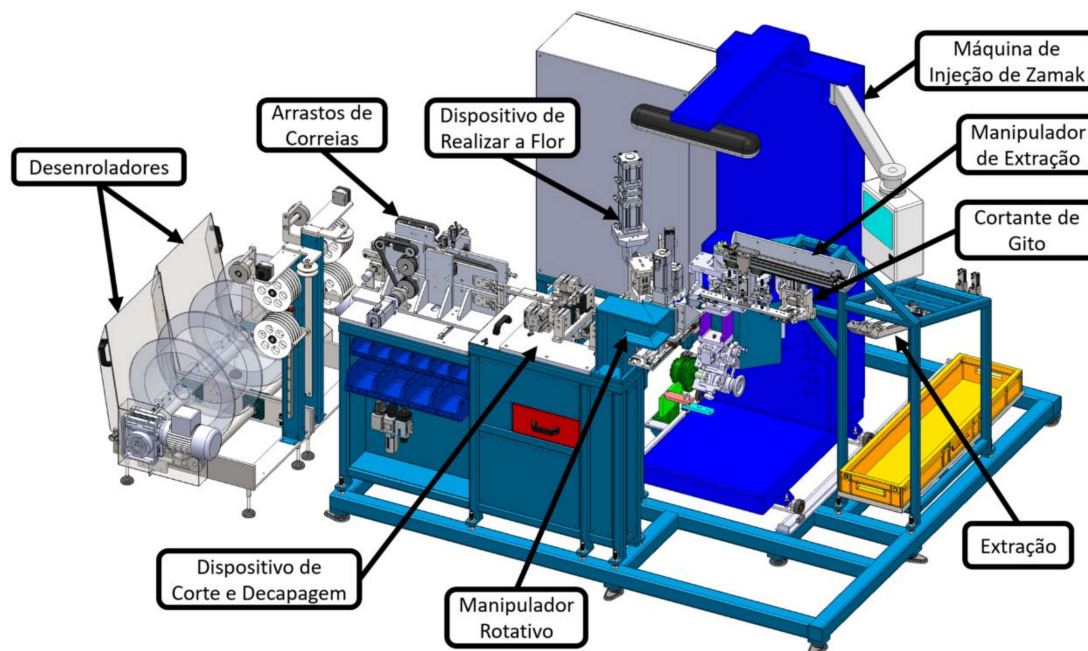


Figura 40 - Identificação dos conjuntos principais

A nível de funcionamento mais geral do equipamento, o cabo segue a sequência descrita no conceito 3. Ou seja, os cabos são desenrolados nos desenroladores, quando puxados pelo arrasto de correias até estes chegarem à cota pretendida. No dispositivo de corte e decapagem são cortados e decapados, e posteriormente posicionados para o manipulador rotativo, que os vem buscar. Uma vez no manipulador rotativo, este roda 45° e introduz os cabos no dispositivo de realizar a flor. De seguida, o manipulador continua o transporte de mais 45° e posiciona os cabos no molde da máquina de injeção. Após a injeção dos terminais, o manipulador de extração recolhe os cabos do molde, e transporta-os entre o molde e o cortante de gito e também, entre o cortante de gito e a extração. Estes ficam em arrefecimento até ficarem disponíveis para que o operador os venha descarregar.

Desenroladores

Na Figura 41, encontra-se representado o sistema de desenroladores desenvolvido, com a respectiva legenda dos subconjuntos que o constituem. Como dito no capítulo anterior, o desenrolador foi desenvolvido a pensar na versatilidade e na facilidade de carregamento. Para o efeito, após o levantamento das possíveis soluções, foram colhidas as melhores características dos vários desenroladores apresentados.

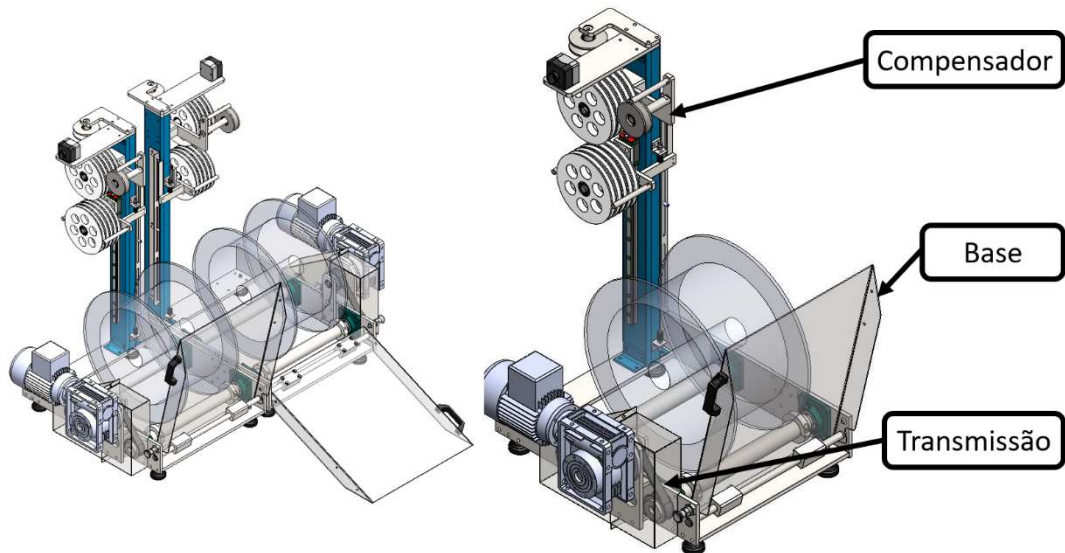


Figura 41 – Conjunto de desenroladores esquerdo e direito (esquerda) e desenrolador legendado (direita)

Iniciando pela versatilidade do dispositivo, é de salientar que todas as peças que o constituem, podem ser utilizadas tanto para fazer a montagem esquerda ou direita. Ou seja, é possível fazer um espelho do conjunto utilizando exactamente as mesmas peças. Isto possibilita que o desenrolador seja montado conforme a necessidade quer de espaço, quer do equipamento onde este vai ser utilizado. Outra vantagem deste desenrolador é a utilização em equipamentos duplos, como se pode verificar na Figura 42. Juntando dois desenroladores, um esquerdo e um direito, com os respectivos motores no lado exterior, consegue-se ter um aproveitamento máximo do espaço sem que os componentes móveis destes entrem em contacto.

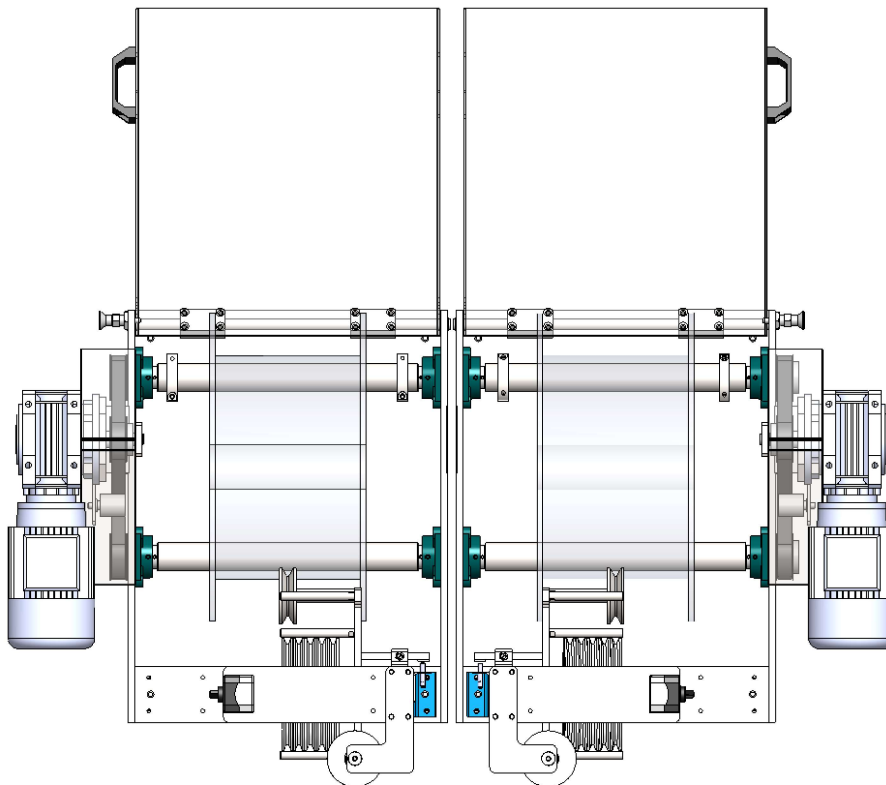


Figura 42 – Par de desenroladores (esquerdo + direito)

Com o propósito de facilitar o carregamento das bobinas nos desenroladores, utilizou-se um sistema inspirado no último exemplo da Tabela 14. No conjunto da base do desenrolador, visível na Figura 43, encontra-se uma rampa que permite que a bobina saia e entre a rolar, evitando ter de elevar a mesma para a colocar no dispositivo. A rampa utiliza um indexador para a posição de fecho, mas quando aberta pode ajustar-se à altura do piso, em função da nivelção dada aos pés. A utilização de rolos para posicionar as bobinas também facilitam a troca, uma vez que proporcionam um perfil baixo a todo o sistema, reduzindo também a inclinação da rampa. Estes mesmos rolos estão apoiados por chumaceiras robustas e que compensam desalinhamentos, eliminando assim o risco de sobrecarga provocado por utilização indevida.

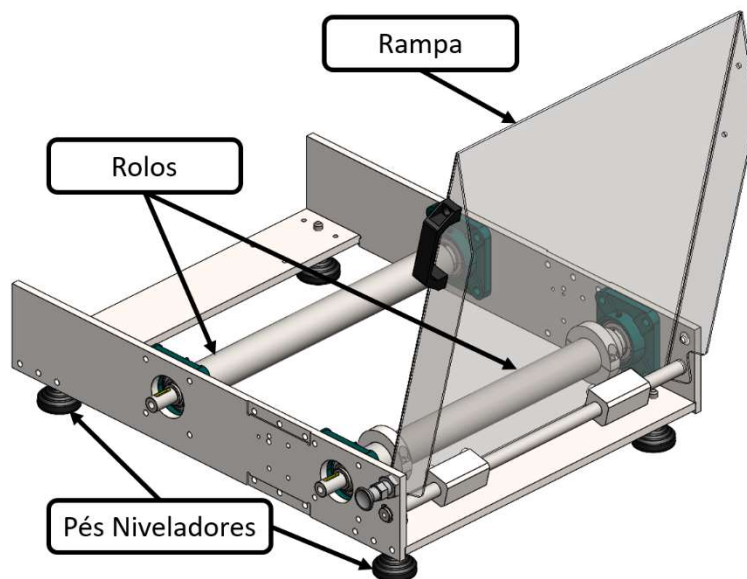


Figura 43 - Base do desenrolador de bobinas

Os rolos, através da sua superfície recartilhada, transmitem o movimento de rotação à bobina sem escorregamento, e o acionamento destes é causado pelo sistema de transmissão apresentado na Figura 44. Esta transmissão é simples, visto que utiliza um conjunto de motor e redutor comum e todas as polias rodam no mesmo sentido e à mesma velocidade. Foi adicionado também um tensor de forma a aumentar o ângulo de abraçamento da correia nas duas polias mais distantes.

A nível de ligação, é possível encontrar as polias inferiores montadas directamente, com chaveta, na extremidade dos rolos, e a superior que faz a ligação à caixa redutora com um veio e chaveta. O acionamento do motor é comandado pelos compensadores.

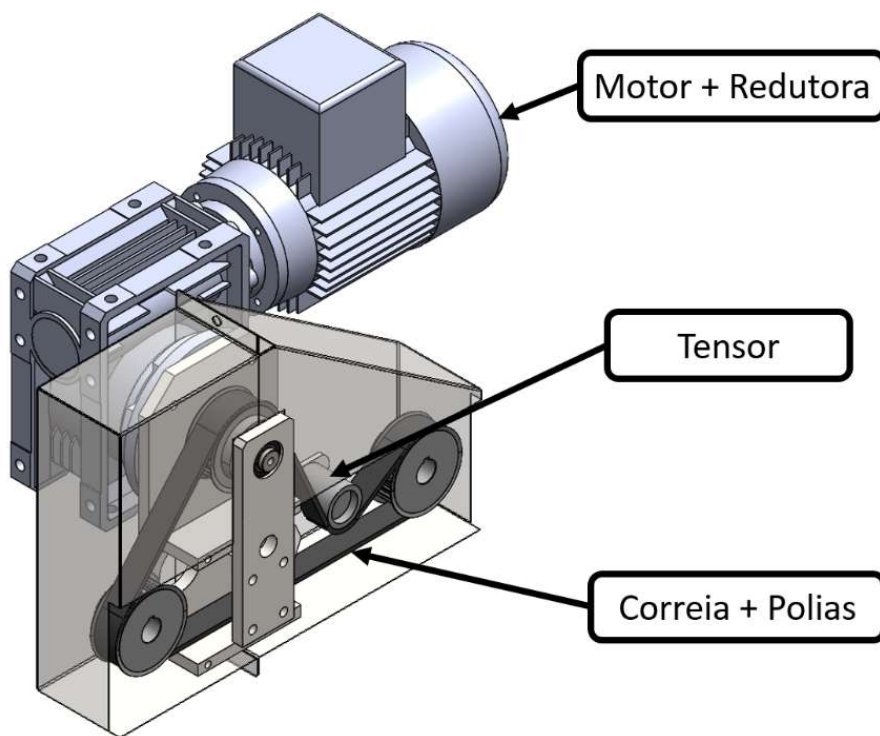


Figura 44 - Sistema de transmissão dos desenroladores

O sistema de compensadores apresentado na Figura 45, é constituído pelos quatro conjuntos nela exibidos. O cabo entra no sistema, alinhado pelo centro da bobina, através da roda de entrada. Da roda de entrada vai para a roda compensadora superior mais à direita, desce para a inferior e regressa à superior andando uma roda para o lado esquerdo, e continua assim com o mesmo padrão até alcançar a roda mais à esquerda superior. A saída é depois realizada através da roda de saída para o conjunto de arrasto. A nível de funcionamento, a ideia desta sequência de passagem do cabo entre as rodas, é criar um *buffer* para o sistema de arrasto. Quando o cabo é puxado pelo arrasto, as rodas compensadoras móveis sobem, acompanhando a saída do mesmo. O movimento de subida e descida das rodas móveis, vai dar sinal aos sensores encontrados na régua de sensores. Por sua vez estes sensores, dão o sinal de desenrolamento ou paragem ao motor da transmissão, controlando o desenrolamento do cabo para que este esteja sempre disponível quando o arrasto o tracciona. É ainda de salientar que as rodas compensadoras, são construídas em nylon, têm perfurações para reduzir a massa, utilizam rolamentos no eixo e não entram em contacto com as que se encontram ao seu lado. Tudo isto com o propósito de reduzir o esforço do arrasto em puxar o cabo.

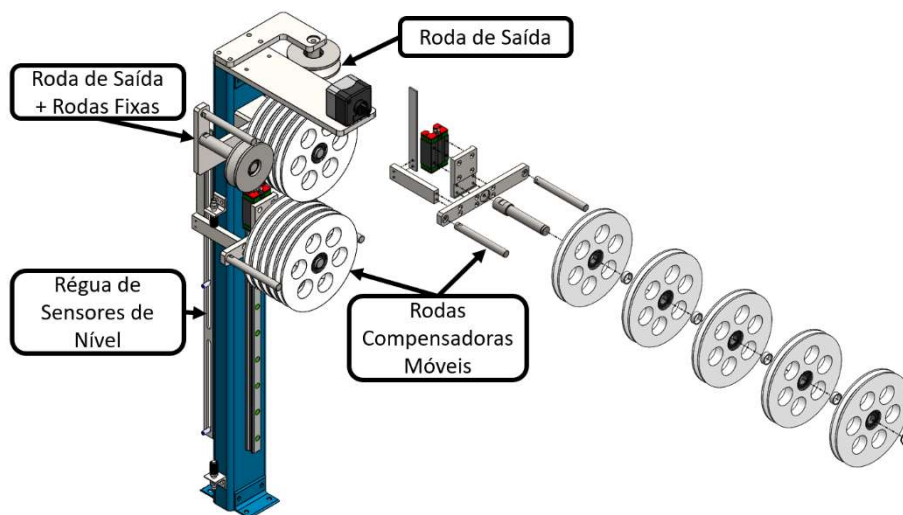


Figura 45 - Sistema de compensador da desbobinagem do cabo

Arrastos

À semelhança do dispositivo de desenrolamento, este também foi projetado tendo em conta a utilização num equipamento duplo. Na Figura 46, podemos visualizar o conjunto principal constituído por um par de arrastos, um arrasto esquerdo e um direito, que foi baseado nos exemplos B e C, descritos no capítulo anterior. Do exemplo B foi retirada a ideia de o desenvolver na vertical, mas com a fixação unilateral, de baixo perfil, como verificamos no C, com o intuito de aproximar o máximo possível o conjunto esquerdo do direito. Ambos os arrastos são simétricos e não entram em contacto entre eles, o que permite o controlo independente de cada lado.

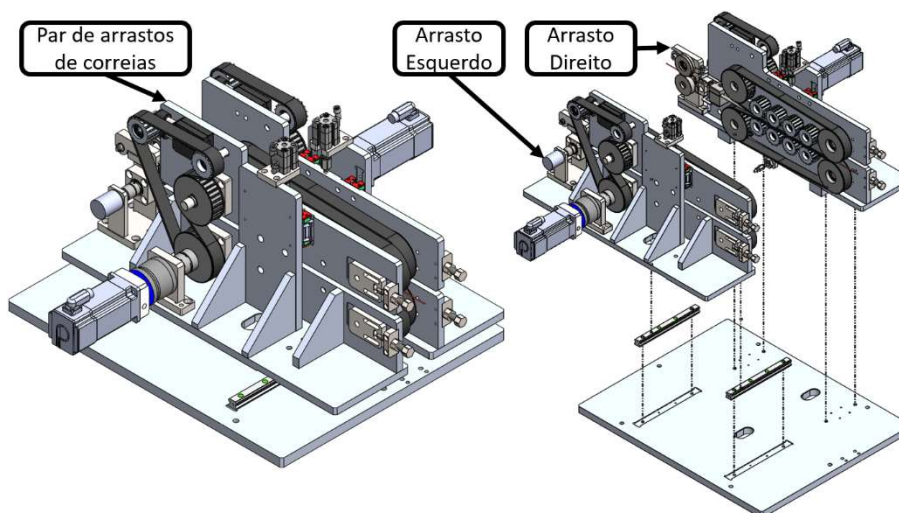


Figura 46 - Visão geral do dispositivo de arrasto

Uma vez que são simétricos, para exemplificar o funcionamento, está representado na Figura 47 apenas o arrasto esquerdo com os subconjuntos que o constituem, e o respectivo caminho que o cabo tem de percorrer (seta vermelha). O cabo tem de entrar no sistema de *encoder*, passa num calibre para o revestimento do cabo e, por fim, segue puxado por ambas as correias de arrasto.

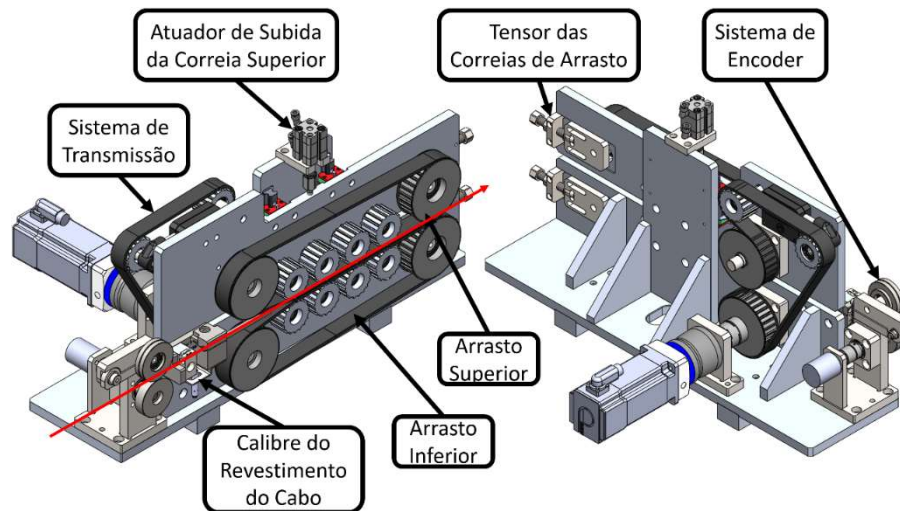
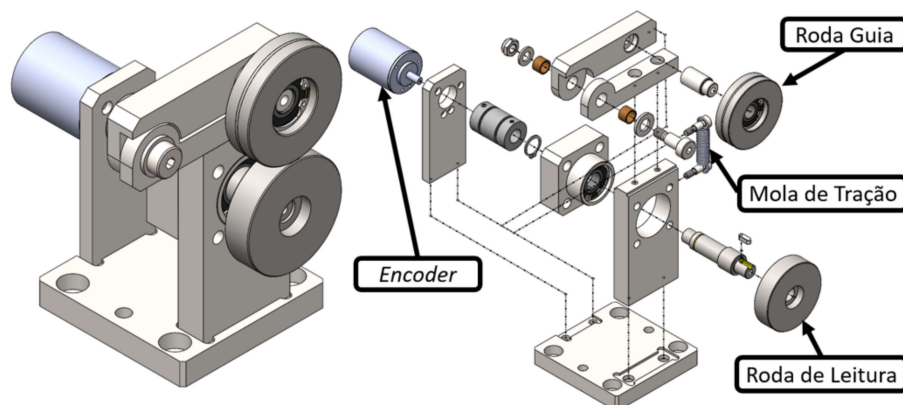


Figura 47- Subconjuntos de um arrasto

O sistema de *encoder*, tem a função de ler o deslocamento do cabo que está a ser alimentado e talvez ainda mais importante, conseguir detectar se existe escorregamento do cabo nas correias de arrasto através da comparação com a leitura da posição do servomotor do arrasto. Para a leitura ser precisa, a roda de leitura é lisa e está acoplada ao *encoder* através de um acoplamento rígido de alumínio. A roda superior funciona como guia, por ter um canal para o cabo e por estar sempre tensionada contra a roda inferior pela força de uma mola de tracção.

Figura 48 - Vista explodida do *encoder*

Após a saída do sistema de *encoder*, o cabo tem que entrar no calibre de deteção de defeito no revestimento, estando este representado na Figura 49. Neste conjunto, é encontrado um calibre que deteta se o revestimento do cabo tem o diâmetro exterior acima da tolerância superior do mesmo, e tem como função prevenir encravamentos nos conjuntos posteriores de corte e decapagem. O furo do calibre onde passa o cabo, tem a medida do diâmetro acrescido da tolerância superior do revestimento do cabo. Caso este esteja com medida superior, este vai puxar o calibre até ao sensor, que dará ordem de paragem para remoção daquela secção do cabo. É ainda de salientar que este calibre é simétrico, contendo duas posições de montagem caso seja rodado 180°, o que permite prolongar a vida do mesmo.

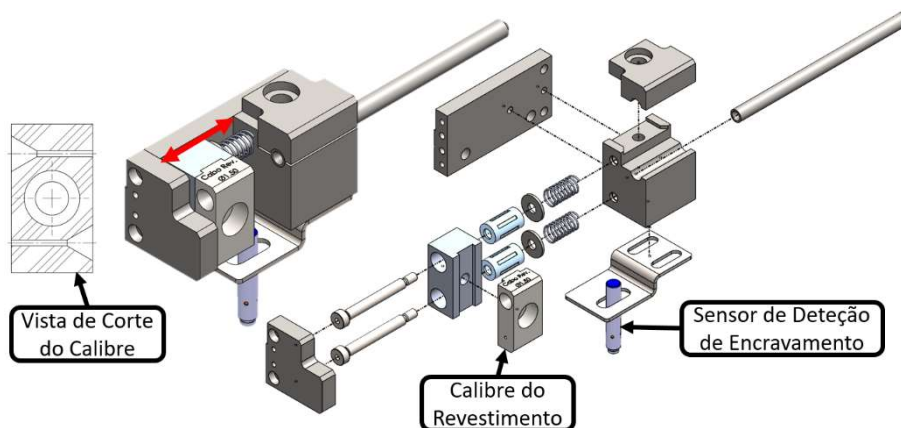


Figura 49 - Calibre de deteção de defeito do revestimento

A utilização de um atuador pneumático para elevar o conjunto superior de arrasto, é justificada pela necessidade de acesso às correias de arrasto, uma vez que estas são componentes de desgaste. Para ser possível aceder às correias para as substituir, é necessário afastar o conjunto superior do inferior e, de seguida, aliviar os tensores de cada conjunto, conforme é visível na Figura 50.

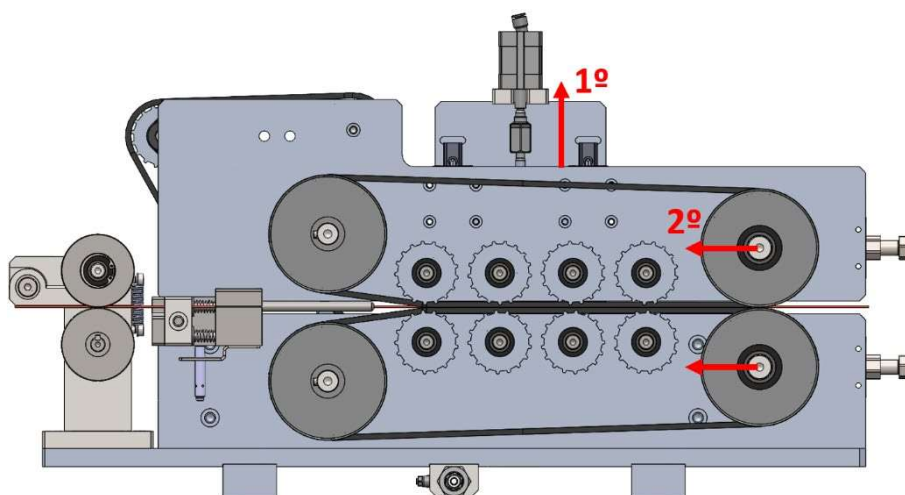


Figura 50 - Acesso às correias de arrasto

Outra particularidade deste conjunto de arrastos, é o descentramento do cabo em relação à largura da correia, como se verifica na Figura 51. Isto permite prolongar a vida da correia, uma vez que estando um lado a ficar desgastado, é possível rodar a correia e utilizar o lado sem desgaste da mesma.

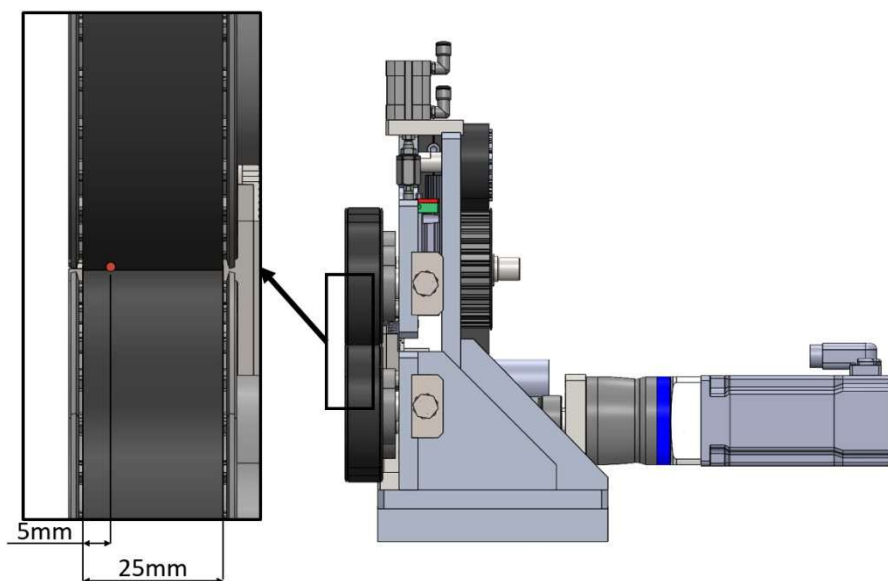


Figura 51 - Detalhe do descentramento do cabo em relação à largura da correia de arrasto

Na fase de projeto, a maior dificuldade foi garantir os 16 mm entre os cabos. Na Figura 52, podemos visualizar que dividindo os 16 mm pelos dois lados, a face central das rodas e das polias tem de estar a menos de 8 mm do cabo, de forma a não existir contacto entre arrastos. Esta distância também prejudica a acessibilidade às correias de arrasto. Para resolver o problema de acessibilidade, foi necessário executar um sistema de abertura que afastasse o conjunto esquerdo do direito, recorrendo a um atuador pneumático, que move o arrasto direito 125 mm.

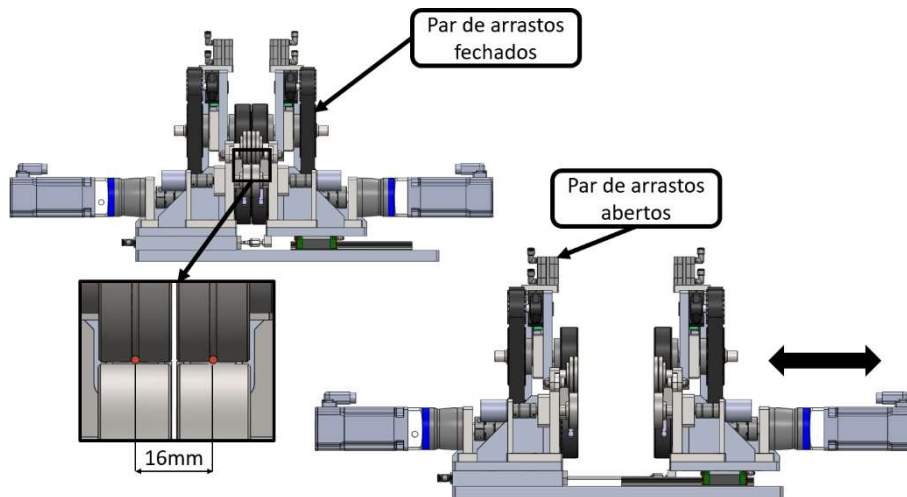


Figura 52 - Detalhe de abertura do par de arrastos e da distância entre cabos

Para terminar a descrição do sistema de arrasto, é preciso salientar o funcionamento da transmissão, visível na Figura 53. Neste sistema foi utilizada uma correia de dentado duplo, de forma a ser possível utilizar apenas um servomotor na polia do arrasto inferior e, esta fazer rodar no mesmo sentido a polia do arrasto superior. Para tal, foi também utilizado um tensor, uma vez que este recolhe enquanto o conjunto sobe, não sendo o mesmo possível caso todas as polias estivessem fixas.

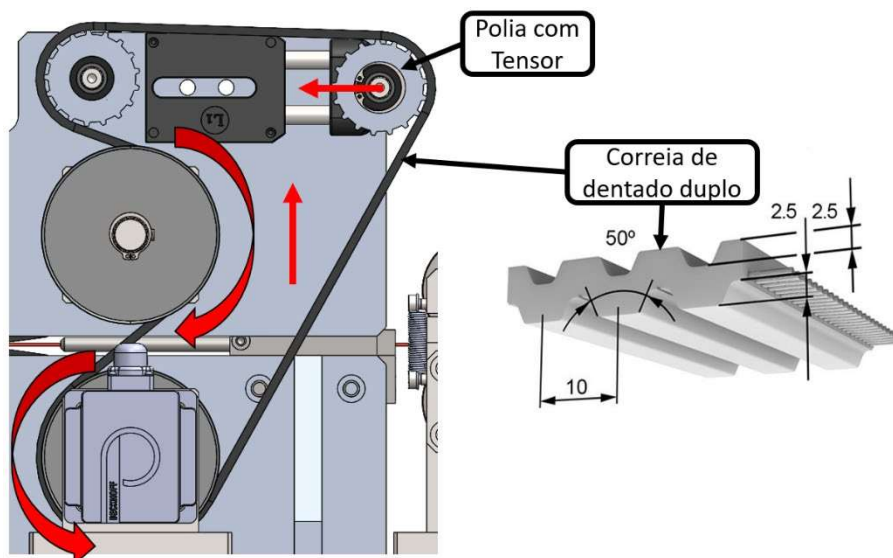


Figura 53 - Detalhe do sistema de transmissão

Sistema de Corte e Decapagem

O sistema de corte e decapagem representado na Figura 54, foi o mais desafiante de desenvolver, porque é um conjunto inovador que permite o cabo ser todo alimentado antes do corte, de forma a possibilitar as operações na extremidade oposta, comparando com os conceitos estudados, já existentes na FicoCables. Ainda na mesma figura, estão salientados os subconjuntos que constituem este dispositivo, que serão descritos mais detalhadamente posteriormente.

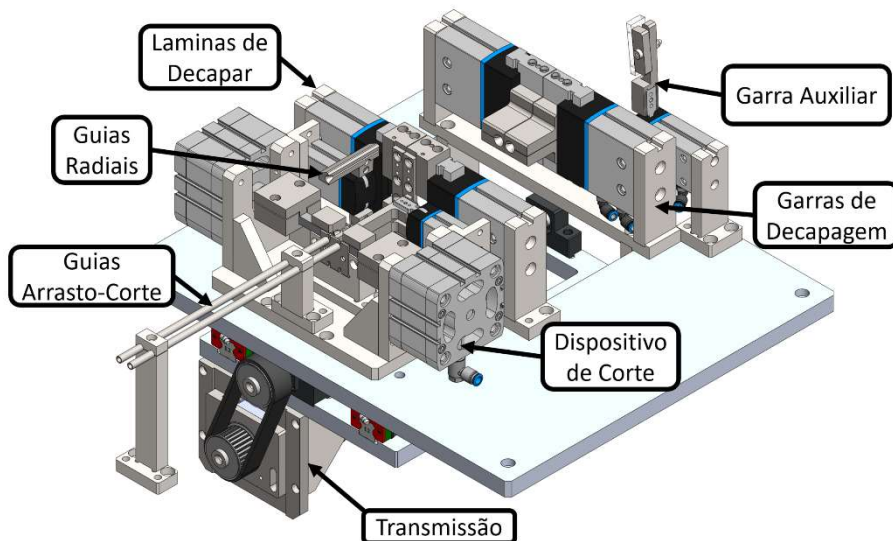


Figura 54 – Dispositivo de corte e decapagem duplo

Com o propósito de explicar o funcionamento e referir os detalhes que tornam este dispositivo inovador, este será descrito utilizando apenas as ferramentas do lado esquerdo, para facilitar a visualização do processo. Portanto, na Figura 55, é possível verificar logo de partida o percurso de um cabo de 250 mm (azul) de comprimento, com entrada no dispositivo de corte e saída nas garras de decapar. A cota de 192,50 mm que se encontra a verdade, determina o comprimento

mínimo com que o cabo pode ser produzido. A inovação neste conjunto, deve-se ao facto deste possuir um comprimento mínimo bastante reduzido e, como após a saída do cabo nas garras de decapar não se encontrarem mais dispositivos a realizar operações de transformação, este pode ser alimentado continuamente sem restringir o comprimento máximo. Este ganho é significativo, quando comparando com os conceitos já existentes, uma vez que reduz significativamente o comprimento da máquina.

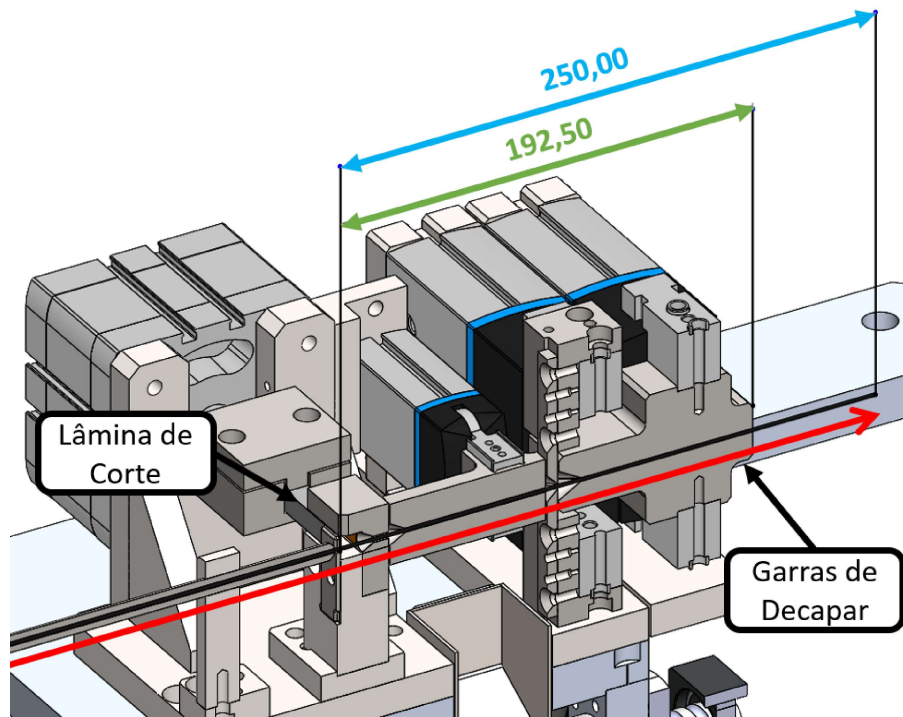


Figura 55 - Exemplo de percurso do cabo e da cota mínima de corte

Na Figura 56, é possível visualizar a primeira sequência de movimentos após a alimentação do cabo para a cota de comprimento desejada. Inicialmente, a lâmina de corte avança, cortando o cabo e recuando logo de seguida (1º). Após o corte, as garras de decapar vão afastar-se das lâminas de decapar até o cabo alcançar a cota de decapagem desejada (2º). Chegando aqui, as lâminas de decapar fecham, cortando o revestimento do cabo (3º).

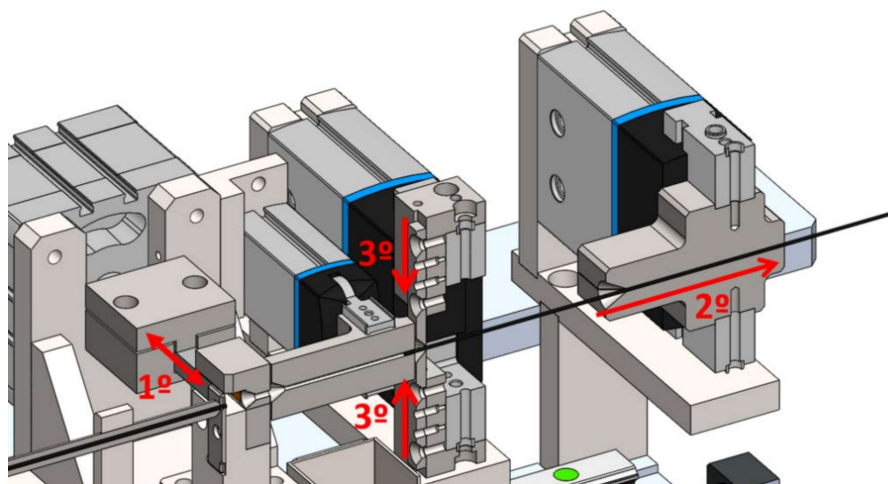


Figura 56 - Primeira sequência de movimentos do dispositivo

Depois de fechadas as lâminas de decapar, a sequência continua na Figura 57. As guias radiais abrem (1º) e, posteriormente, as garras de decapar avançam até à garra auxiliar (2º) para esta segurar nos cabos (3º). Nesta altura, as garras de decapar abrem (4º) e avançam para o ponto inicial, junto das lâminas de decapagem (5º). Terminando esta sequência, o manipulador do conjunto seguinte poderá vir recolher o cabo.

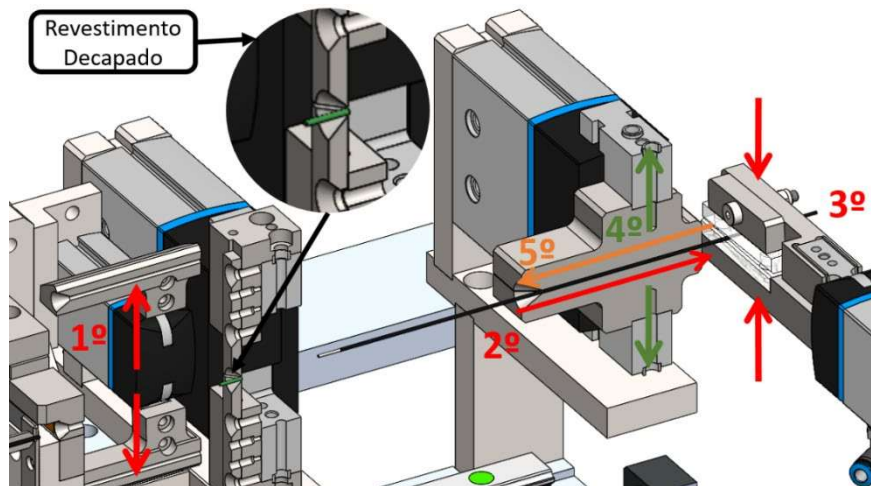


Figura 57 - Continuação da sequência de decapagem

A nível de corte, o conjunto desenvolvido representado na Figura 58 é uma adaptação do dispositivo C descrito no capítulo anterior. Este *design* de conjunto, permite que o cabo atravesse por completo o dispositivo, permitindo a realização de corte na extremidade traseira. Utiliza lâminas de corte padrão da FicoCables, acionadas cada uma pelo seu atuador pneumático, estando ambas guiadas por encosto a uma contralâmina, que foi adaptada para ter dois orifícios de corte. Ambas as lâminas possuem geometria simétrica que permite a rotação das mesmas em 180°, que por sua vez aumenta o tempo de vida da superfície de corte. A maior diferença neste conjunto, é o cabo avançar sempre guiado quer antes, quer após a passagem nas lâminas de corte por ação das guias. Foi necessário que a guia após o corte abrisse, com o propósito de deixar sair a ponta de revestimento resultante da decapagem, daí surgir a utilização da garra radial para guiar o cabo.

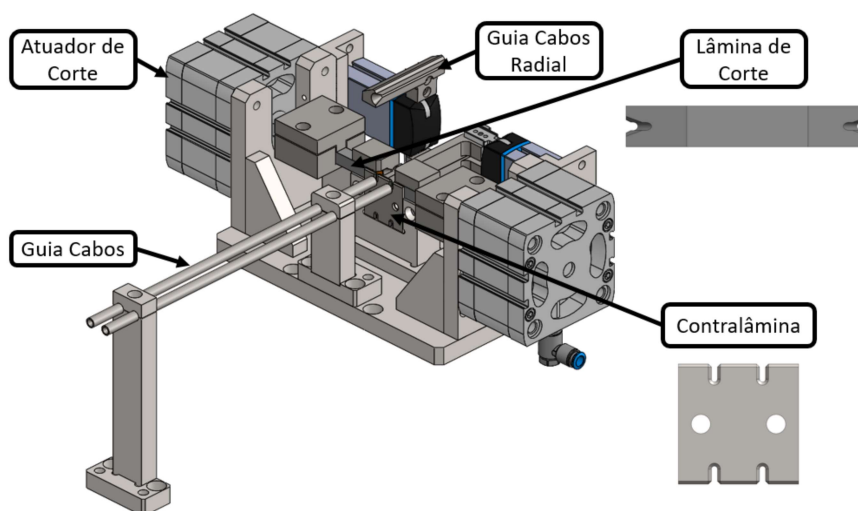


Figura 58 - Dispositivo de corte e detalhe das lâminas

O conjunto de decapagem foi baseado no dispositivo B do capítulo anterior, mas com o caminho do cabo desimpedido. Na Figura 59, podemos visualizar as lâminas de decapar utilizadas, que estão fixas a atuadores de garras paralelas. Estas têm um curso muito reduzido, apenas o suficiente para permitir a passagem do cabo. Foram também baseadas numa geometria padrão da FicoCables, que devido à cota de 16 mm entre cabos, tiveram de ser reduzidas em largura. A garra auxiliar, tem apenas a função de manter os cabos paralelos à base, de forma a possibilitar a captação pelo manipulador rotativo, uma vez que estes têm tendência a curvar por acção da gravidade.

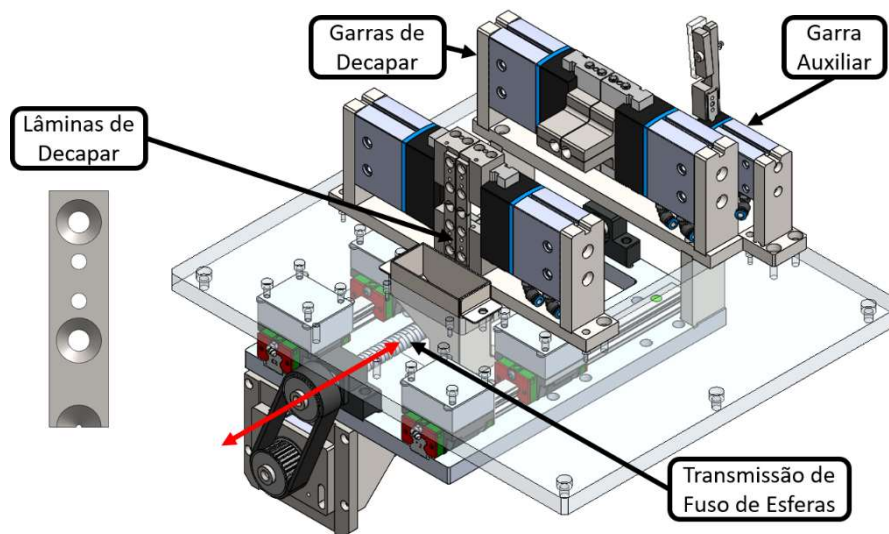


Figura 59 - Conjunto de corte e decapagem (corte suprimido)

O guiamento do cabo, juntamente com o sistema de transmissão de fuso de esferas com servomotor, permitem alta precisão na cota de decapar e que a movimentação das garras de decapar fiquem com força suficiente para decapar ambos os cabos. Na Figura 60, pode-se verificar mais em detalhe o conjunto móvel com a transmissão. Neste sistema de transmissão, a fêmea de esferas recirculantes encontra-se fixa, fazendo com que os restantes conjuntos da figura se movimentem linearmente. Uma vez que o conjunto de fuso e servomotor se vão movimentar, foi decidido colocar um sistema de polias e correia trapezoidal, com relação de transmissão de 1:1, apenas para reduzir o comprimento e evitar colisões com o sistema de arrasto. É de salientar que o funcionamento deste sistema está salvaguardado pelo dimensionamento dinâmico em anexo 1, realizado pelo fornecedor dos servomotores, caixas reductoras e PLC. Este dimensionamento contempla os sistemas de transmissão e as respectivas eficiências, as massas, cargas e os tempos dos movimentos.

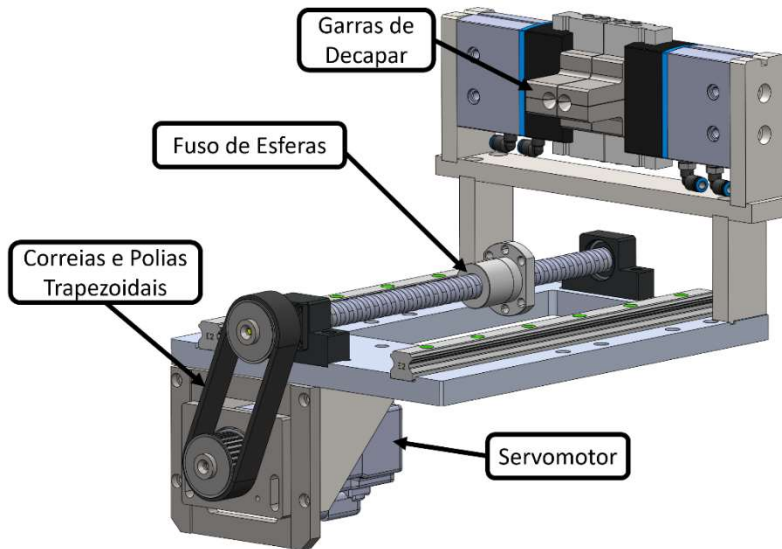


Figura 60 - Detalhe do sistema de transmissão de fuso de esferas das garras de decapar

Manipulador Rotativo

A partir do momento em que o cabo se encontra cortado e decapado, cabe ao manipulador rotativo fazer o transporte dos cabos até ao dispositivo de fazer flor e, posteriormente, ao molde da máquina de injeção. Na Figura 61, pode-se visualizar os três eixos e os subconjuntos que o constituem. O conjunto “Suporte do Manipulador Rotativo” tem apenas a função de fixação do conjunto à estrutura, o “Apoio de Eixo Vertical” vai acomodar o sistema de movimento vertical do manipulador, assim como o de rotação. Por fim, o conjunto “Manipulador”, para além das pinças dos cabos, tem ainda um sistema de movimento linear para as aproximar e afastar dos dispositivos.

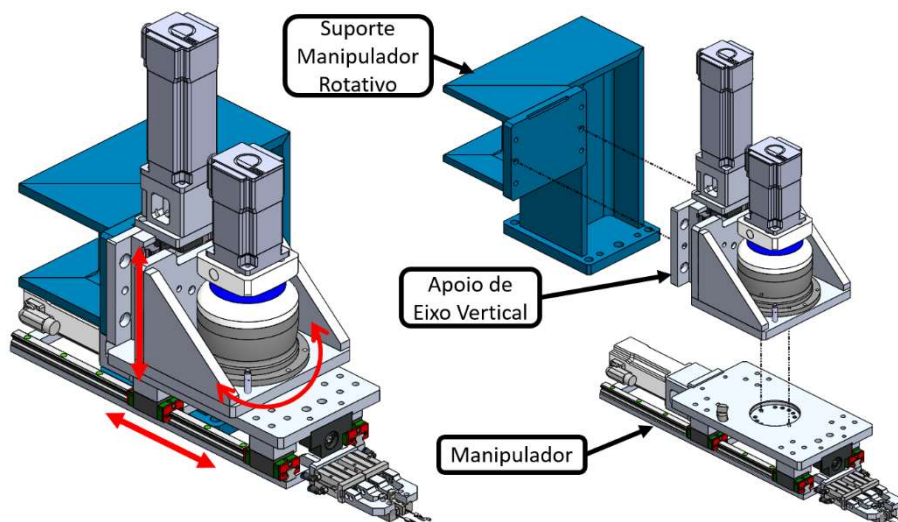


Figura 61 - Conjuntos do manipulador rotativo

Na Figura 62, é possível visualizar a sequência de movimentações de transporte dos cabos. Inicia-se o transporte dos cabos quando o manipulador os vai buscar às garras de decapagem do conjunto anterior, roda 45° até ao dispositivo de realizar a flor, sobe cerca de 10 mm e roda os restantes 45° até ao molde da máquina de injeção de zamak. Por fim, desce os cabos em cerca de 10 mm, novamente, recua e roda 90° em sentido oposto, até a posição inicial.

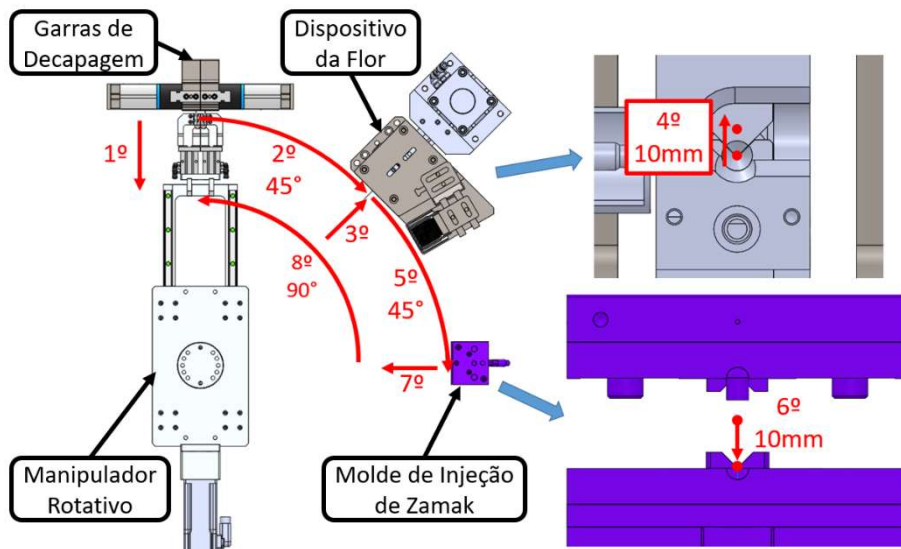


Figura 62 - Sequência de movimentos do manipulador rotativo

O conjunto do suporte representado na Figura 63, é construído através de maquinagem e de soldadura, tendo como principal objetivo ser compacto e robusto, para não sofrer vibrações que poderão ser causadas pela dinâmica de rotação do manipulador. Com o intuito de manter os alinhamentos correctos com os dispositivos, as duas bases que o constituem têm sobresspessura de 2 mm para permitir o facejamento após a soldadura. Contam ainda com furos para cavilhas, de forma a manter o posicionamento após o alinhamento na montagem, e furos roscados para colocação de pernos niveladores, caso sejam necessários para compensar algum desnível das estruturas soldadas.

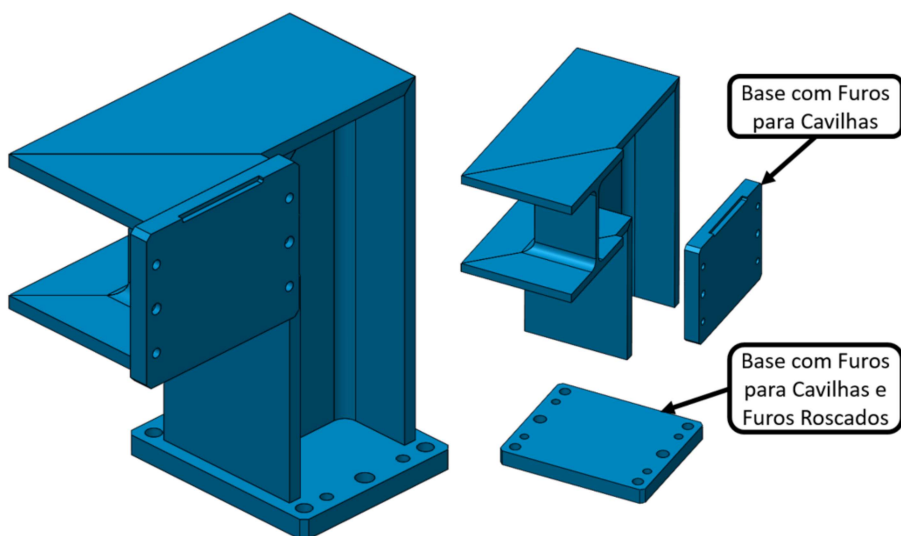


Figura 63 - Suporte do manipulador rotativo

O subconjunto representado na Figura 64, utiliza um sistema de servomotor com transmissão por fuso de esferas, para realizar o movimento de subida e descida dos cabos, de forma a permitir a extração no dispositivo de realizar a flor e a colocação no molde da máquina de injeção de zamak. Para realizar o movimento de rotação, é utilizado um servomotor com caixa redutora de flange.

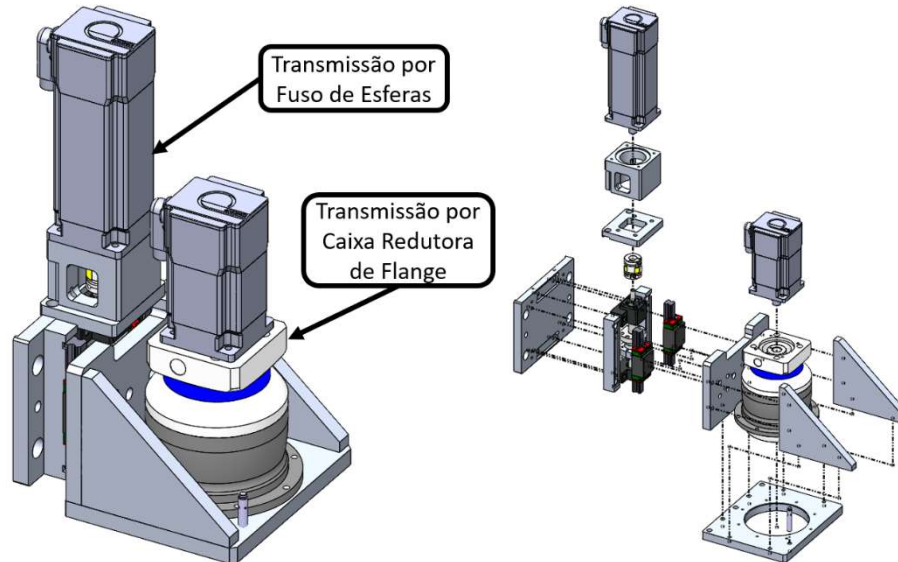


Figura 64 - Apoio de eixo vertical

A Figura 65 representa o sistema de avanço das pinças aos dispositivos, através de um sistema de transmissão de servomotor com fuso de esferas e as pinças que vão agarrar os cabos. Neste subconjunto, a preocupação principal foi manter a massa reduzida de forma a não penalizar o servomotor de rotação a nível de momento de inércia. Para tal, o projecto das peças foi realizado utilizando maioritariamente ligas de alumínio, ficando apenas em aço as peças sujeitas a desgaste. A nível dinâmico, assim como no conjunto anterior, foi realizado um dimensionamento dinâmico que se encontra no anexo 1.

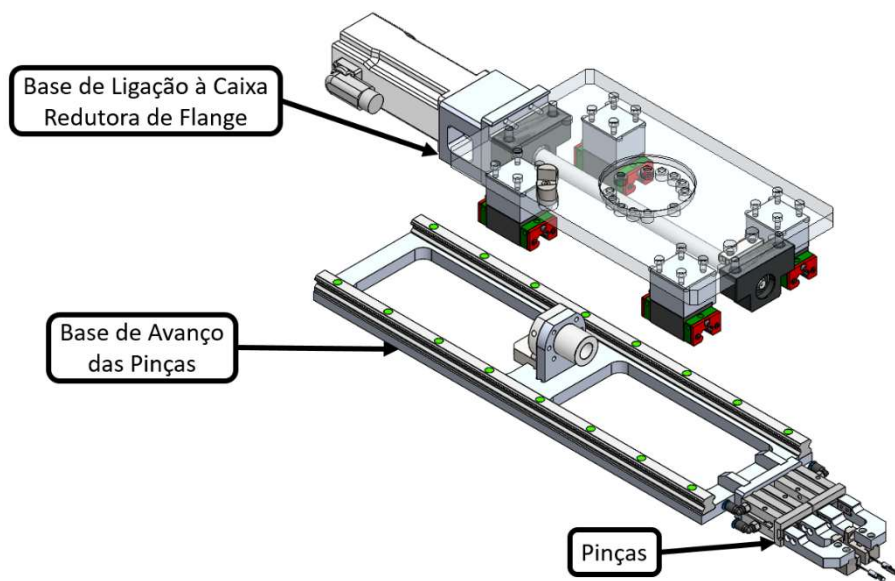


Figura 65 - Manipulador rotativo

Dispositivo de Fazer Flor e Camara de Inspeção

Conforme referido anteriormente, o dispositivo de flor duplo representado na Figura 66, é um dispositivo *standard* de compra. Portanto, foi apenas desenvolvido um suporte com ajuste em altura e na aproximação ao manipulador rotativo. Foi ainda desenvolvido um suporte para a câmara de inspeção da flor, também com ajuste em altura e aproximação para examinar o cabo logo na saída do dispositivo da flor.

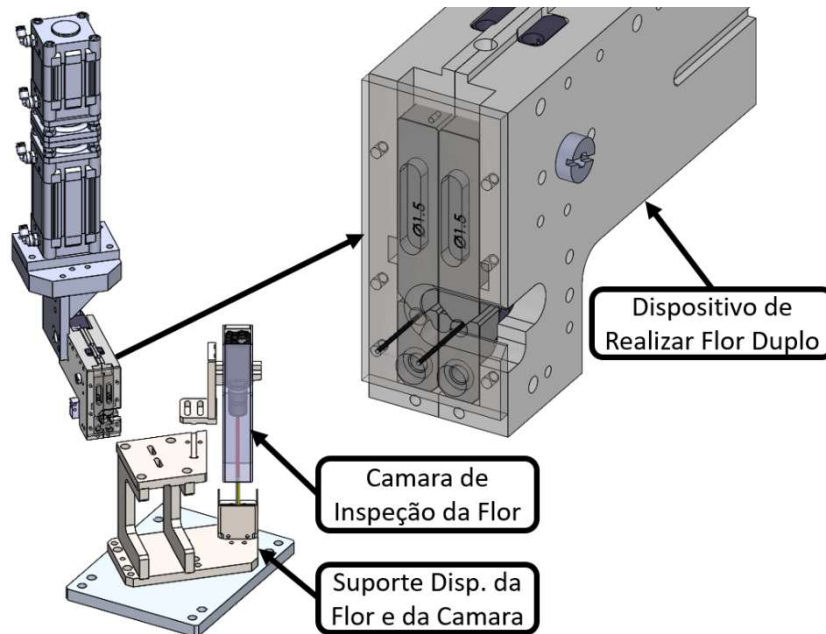


Figura 66 - Dispositivo de realizar flor e camara de inspeção

Máquina de Injeção

Como referido anteriormente, a máquina de injeção de zamak é uma máquina *standard* na FicoCables. Portanto, será reaproveitada e restaurada uma máquina já existente. Apenas é importante salientar a consola independente, que permite a parametrização da injeção de zamak durante os *setups*. Ainda de forma a ter acesso à zona de injeção da máquina, esta está colada em cima de carris que permitem afastá-la das restantes ferramentas do equipamento, como é visível na Figura 67.

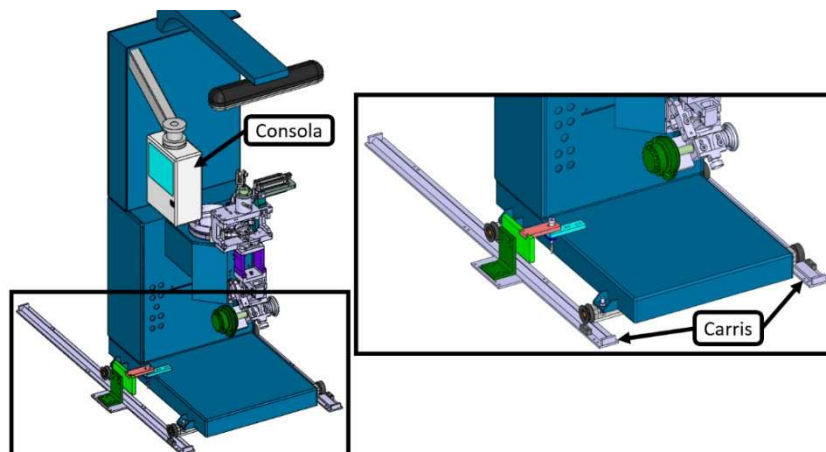


Figura 67 - Máquina de injeção de zamak

Cortante de gito

Após a realização da injeção do terminal de cabo, é necessário remover o gito. Para tal, foi desenvolvido o dispositivo representado na Figura 68, baseado no dispositivo C do capítulo anterior. Neste dispositivo, os cabos são posicionados na matriz com a geometria dos terminais, e um atuador pneumático aciona inicialmente o calcador e, de seguida, o cortante que quebra o gito. Para a saída dos gitos após a quebra, a base onde assenta a matriz, tem um recorte no centro, para que o gito saia na vertical.

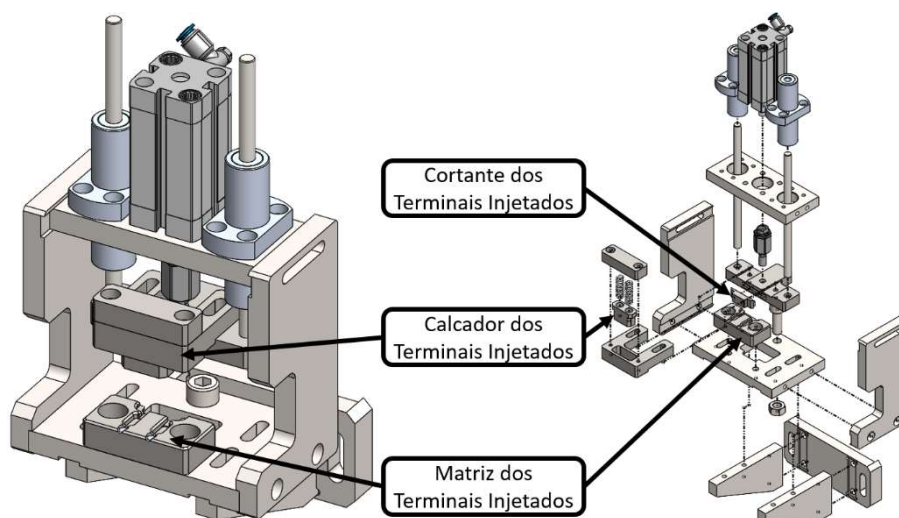


Figura 68 – Dispositivo cortante de gito

Extração

Como referido anteriormente, no processo atual de injeção de cabo revestido, não existe uma extração organizada, onde eventualmente há o risco de haver contacto com terminais injetados quentes com o revestimento. Então, foi necessário desenvolver um sistema de extração de forma a eliminar este risco. O desenvolvimento não se baseou em nenhum conceito já existente, uma vez que atualmente não existe nenhum sistema semelhante quer para cabo revestido, quer para cabo não revestido.

Pode então ser visualizado na Figura 69, a extração desenvolvida. Neste sistema, utilizam-se calhas com canais para dois cabos, onde estes ficam a arrefecer. Para evitar que o operador faça a recolha dos cabos enquanto os terminais das últimas unidades ainda estão quentes, foi utilizada uma cancela que barra a remoção dos cabos. Para aumentar a capacidade da extração, de maneira a evitar que o operador necessite de ir constantemente recolher os cabos, foi adicionada uma segunda calha, duplicando a capacidade. A utilização da segunda calha, levou à adição de um sistema que movimentasse ambas as calhas horizontalmente, de forma aos cabos poderem ser sempre colocados na mesma posição.

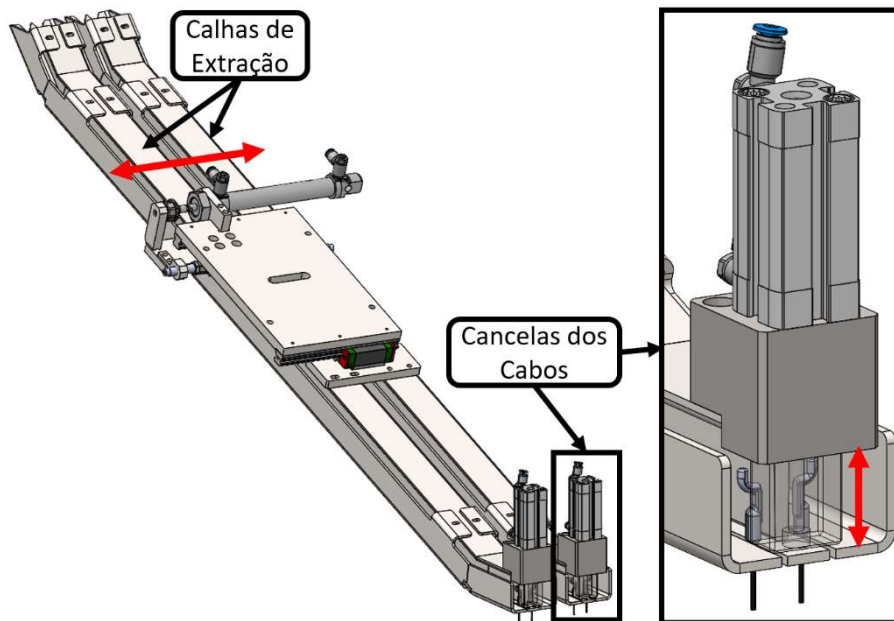


Figura 69 - Extração de cabos injetados

Manipulador de Extração

Devido à questão da capacidade da extração, que levou ao desenvolvimento do sistema anterior, foi ainda necessário que tanto este como o dispositivo cortante de gito, fossem externos à máquina de injeção, por motivos de espaço. Posto isto, procedeu-se ao desenvolvimento de um manipulador de extração, representado na Figura 70.

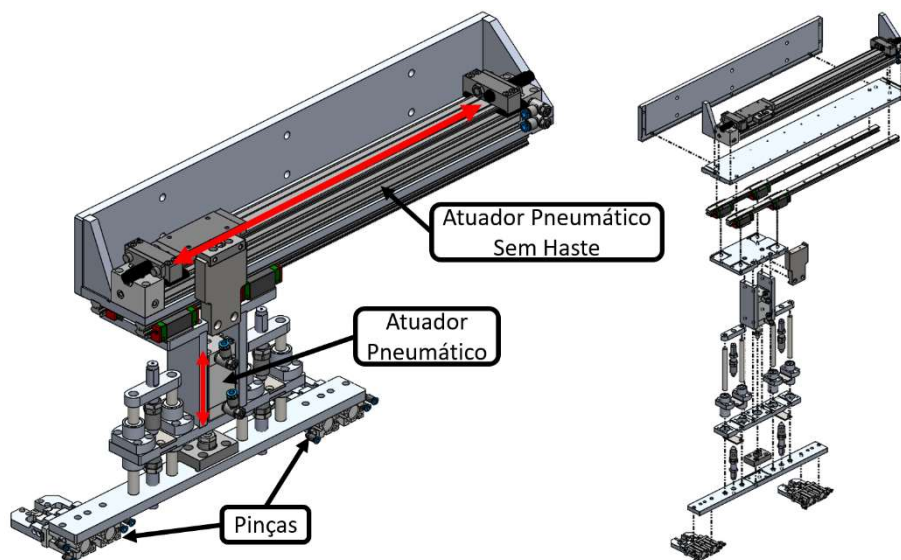


Figura 70 - Manipulador de extração

4.2.2 Automação

Neste equipamento, utiliza-se o conceito de automação programável, uma vez que os cabos produzidos terão as mesmas operações, mas com configurações diferentes de comprimento, cota de decapagem e terminal injetado. Estas configurações serão controladas pelo programa da máquina.

O desenvolvimento dos dispositivos, passou pela utilização de sistemas pneumáticos e de servomotores com redução de caixa redutora, fuso de esferas, ou ainda ambos. A regra utilizada para escolha entre um sistema pneumático ou de servomotor foi simples. Nos movimentos onde apenas existem duas posições utilizaram-se atuadores pneumáticos, com sensores no início e final de curso. Nos movimentos que requerem maior precisão de posicionamento e que determinam as cotas configuráveis do produto, utilizaram-se servomotores. Desta forma, conseguiu-se tirar o maior proveito do equipamento, tornando a parametrização do equipamento mais fácil, sem aumentar exponencialmente o custo.

Outra parte muito importante para o equipamento, foi o dimensionamento dos servomotores, uma vez que se pretendia tirar proveito da velocidade dos eixos para se conseguir garantir a cadência de produção superior a 1 100 p/h. Este teve por base um estudo de sobreposição de movimentos que se encontra na Figura 71. A sobreposição dos movimentos está feita entre duas partes principais da máquina, a primeira onde se realizam as operações de corte e decapagem, e a segunda, que inicia quando o manipulador rotativo pega nos cabos.

Através da leitura da linha superior do tempo do estudo realizado, obtém-se o total de dois segundos ao qual foi adicionado um factor de segurança de 100%, chegando assim ao tempo de ciclo de quatro segundos. O factor de segurança é grande porque pode existir um erro grande, visto se tratar de uma estimativa. Os quatro segundos de tempo de ciclo, representa uma cadência produtiva de 900 p/h funcionando apenas um lado do equipamento, ou então 1 900 p/h com ambos. Como na prática os equipamentos duplos nem sempre conseguem duplicar diretamente a produção, aplicou-se uma margem de 20%, de forma a aproximar a cadência nominal da realidade, chegando ao valor de 1 440 p/h.

Este estudo de tempos foi passado ao fornecedor dos servomotores, que juntamente com os restantes dados de massa, dimensões e relações de transmissão, alcançaram um dimensionamento que garante o cumprimento desta cadência produtiva. O dimensionamento completo pode ser encontrado no anexo 1.

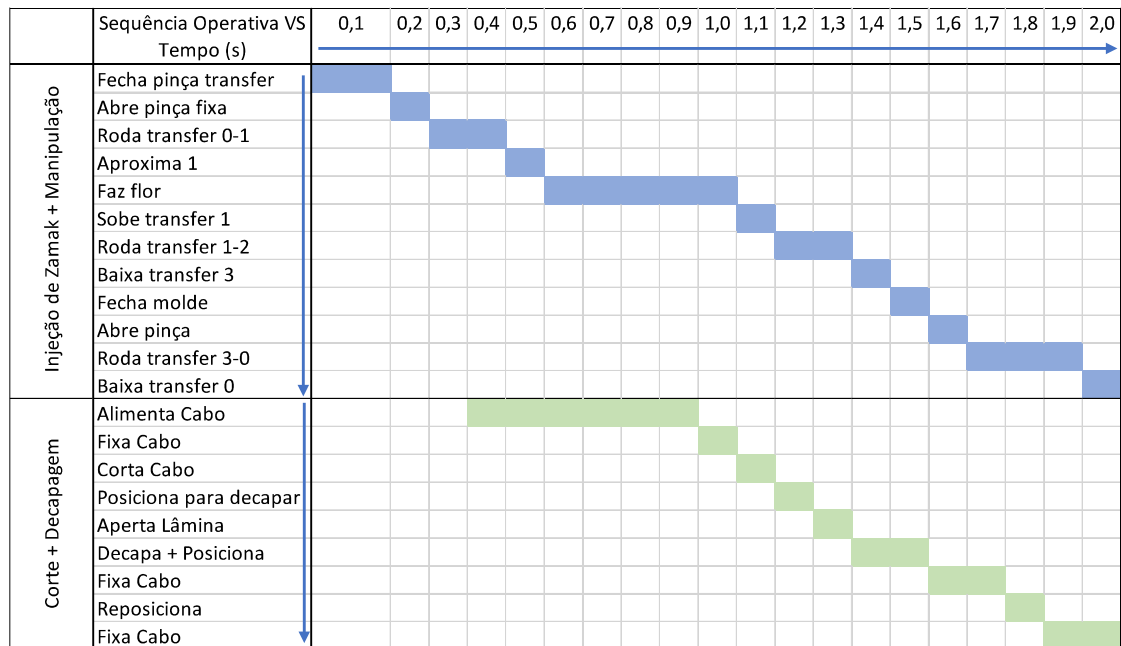


Figura 71 - Estudo de movimentos e tempo de ciclo do equipamento

4.2.3 Programação

A programação do equipamento é essencial para o funcionamento do equipamento. Foi utilizado o programa TwinCAT 3® da Beckhoff, na linguagem de implementação SFC (*Sequential Function Chart*), com o ambiente gráfico de *grafcet*.

O programa está dividido em cinco *grafcets* principais:

- Corte e decapagem esquerdo;
- Corte e decapagem direito;
- Manipulador rotativo;
- Máquina de injeção de zamak;
- Extração (Inclui o manipulador de extração, cortante de gito e o escorrega de cabos).

Na Figura 72, encontra-se o *grafcet* dos dispositivos de corte e decapagem esquerdo, que inclui o desenrolador e o arrasto esquerdo. O direito não vai ser apresentado, uma vez que é igual ao esquerdo.



Figura 72 - Sequência do corte e decapagem esquerdo

De seguida, na Figura 73, é possível visualizar o ciclo de funcionamento do manipulador rotativo. Este *grafcet* inclui o funcionamento do dispositivo de realizar a flor, uma vez que o manipulador rotativo não chega a largar os cabos no dispositivo.

Na Figura 74, está representado o *grafcet* com o ciclo de injeção da máquina de zamak.

Por fim, na Figura 75, é possível visualizar o ciclo de funcionamento do manipulador de extração, do cortante de gito e do escorrega de cabos.



Figura 73 - Grafcet do manipulador rotativo

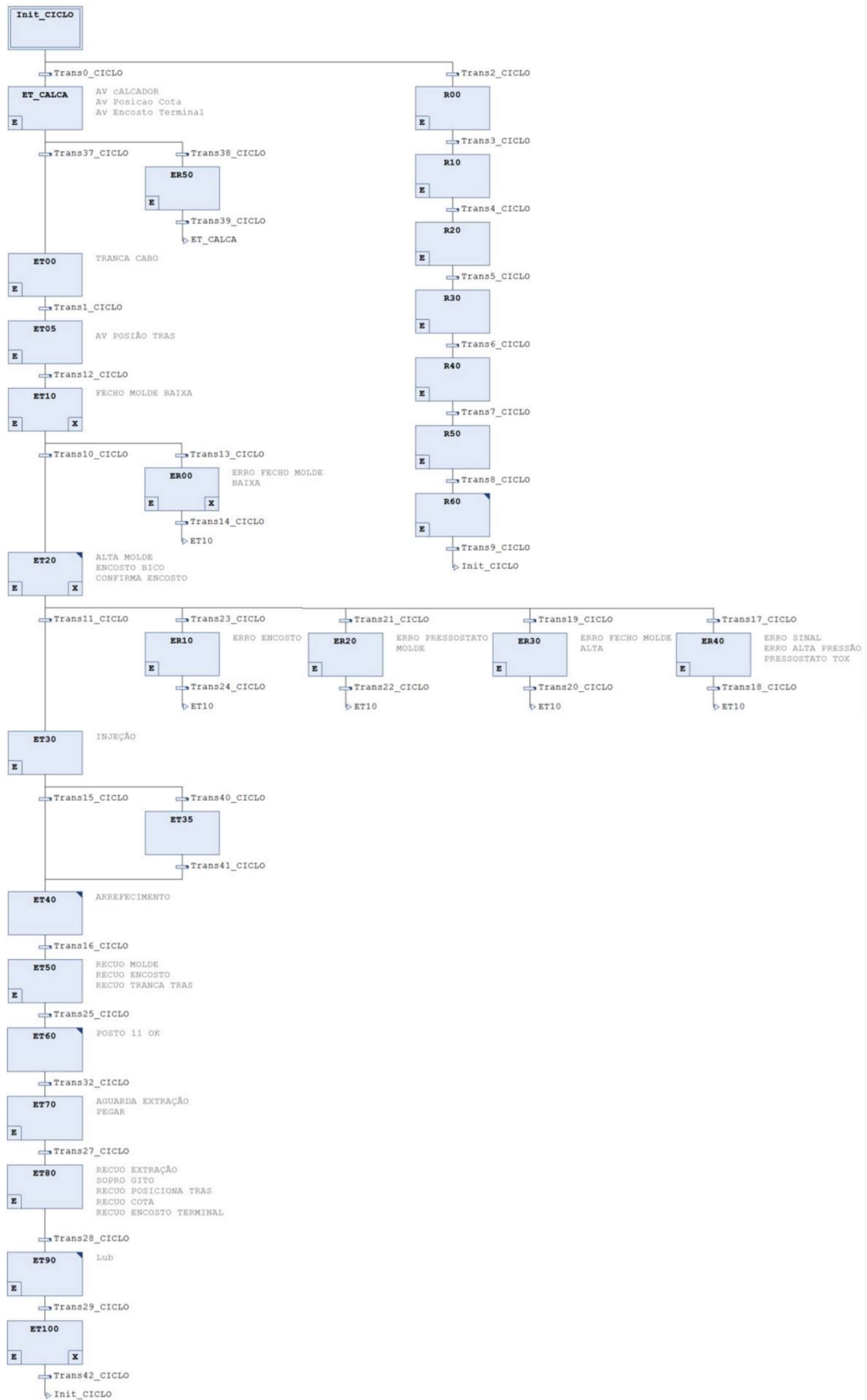


Figura 74 - Grafcet da máquina de injeção de Zamak

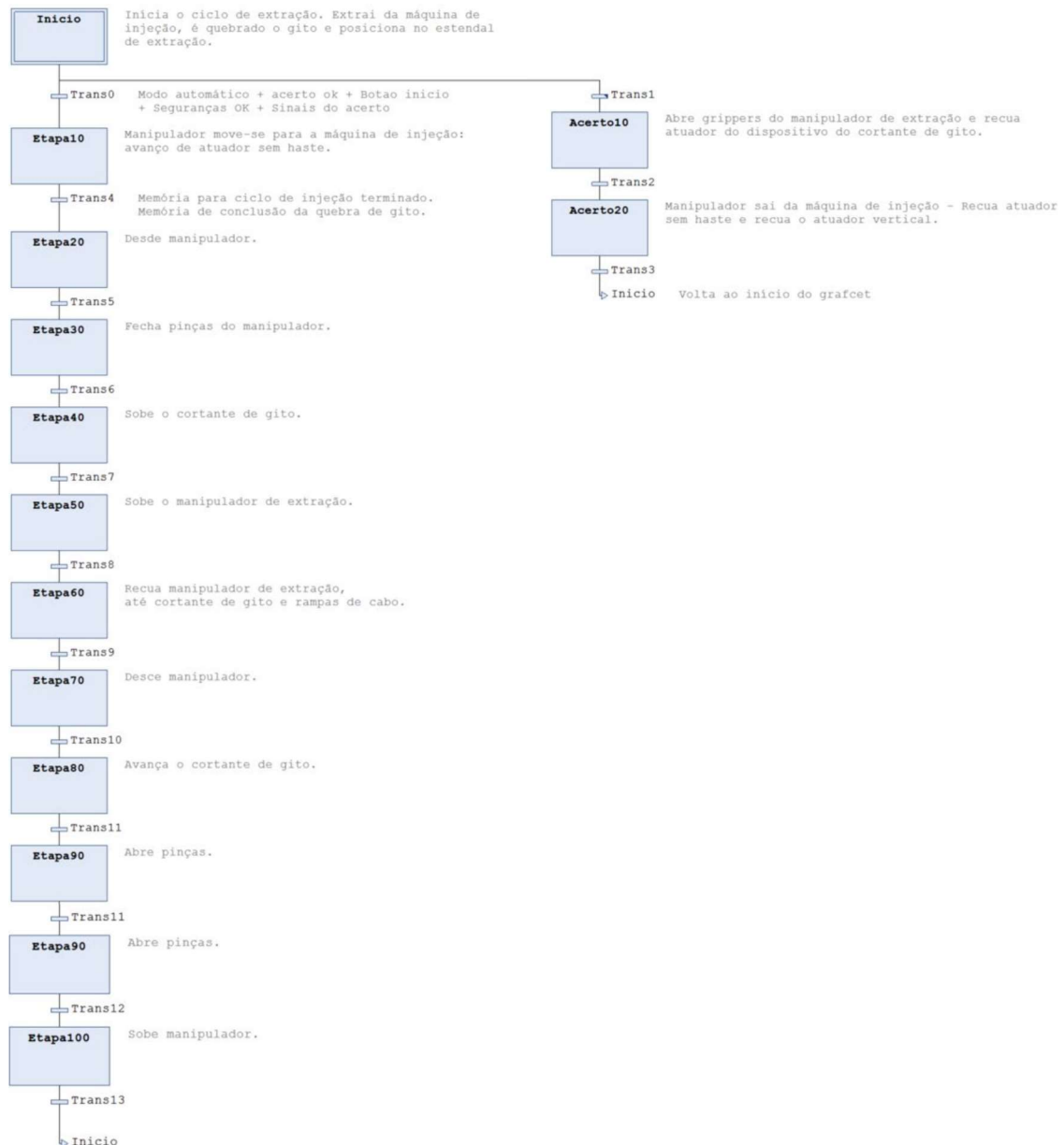


Figura 75 - Grafcet do ciclo de extração

Para existir uma boa interação entre os utilizadores e o novo equipamento, tem de ser utilizado um HMI (*Human-Machine Interface*). Não existindo HMI, não há comunicação da máquina para o utilizador.

Pretende-se que o ambiente gráfico seja simples para facilitar a utilização, mas tem de conter todas as configurações necessárias para a configuração dos cabos de comando, e ainda, tem de apresentar todas as informações *standard* da FicoCables. As informações visíveis para o operador, durante o estado normal de funcionamento, padronizadas na empresa, podem ser visualizadas na Figura 76.

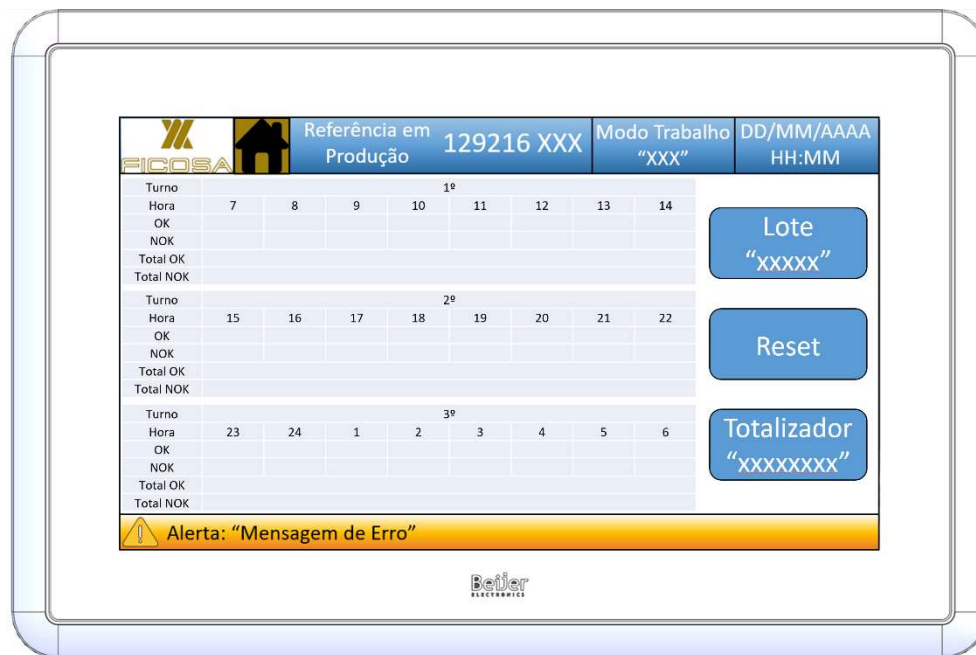


Figura 76 - HMI durante a utilização normal do equipamento

Na página principal da consola, encontram-se todos os menus da mesma, como está demonstrado na Figura 77.



Figura 77 - Menu principal da consola

O aspeto mais importante de salientar, é a fácil introdução ou afinação de novas referências, conforme representado na Figura 78. É possível seleccionar uma referência para fazer a afinação da cota de corte e do comprimento do decapado. Se for seleccionado a introdução de nova referência, é possível introduzir o comprimento nominal do cabo e da ponta decapada.



Figura 78 - Menu de introdução ou alteração de referências de cabo

4.3 Orçamentação e Pay-back

Com o propósito de calcular o retorno sobre o investimento e a influência no preço por peça, é necessário primeiramente totalizar o custo do equipamento. Para tal, foram consultados vários fornecedores de peças maquinadas, construção soldada, componentes normalizados e ainda de programação. Na Tabela 22, para além do valor total do equipamento de 55 221,66 €, encontram-se os custos por tipo de componentes e/ou serviços, e a sua representação percentual do valor total.

Tabela 22 - Resumo dos custos de construção do novo equipamento

Tipo de componentes/serviço	Custo	% do Custo
Peças Maquinadas	26 093,65 €	47,25%
Material Elétrico (Servomotores, Caixas Redutoras, Consola, PLC)	11 908,18 €	21,56%
Programação	5 750,00 €	10,41%
Construção Soldada (Estruturas)	4 720,00 €	8,55%
Normalizados	3 552,16 €	6,43%
Material Pneumático	3 197,67 €	5,79%
Total	55 221,66 €	100%

Depois de chegar ao valor total do novo equipamento, é possível calcular o seu impacto no valor por peça. Na Tabela 23, encontra-se a comparação dos custos entre o novo equipamento e o

processo atual. Para os equipamentos de cabo, faz-se o cálculo da mão de obra considerando 11,51 €/h, com 235 dias de trabalho a três turnos. Temos ainda, no processo atual, um operador para quatro máquinas de corte e um operador para uma máquina de injeção, daí o número de 1,25 operadores. No novo equipamento, este é de 0,5 porque um operador fica responsável por dois equipamentos. O PHH resulta da cadência produtiva de 900 p/h (processo atual) e de 1 440p/h (novo equipamento), a dividir pelo número de operadores.

Posto isto, alcançamos uma redução de 0,014 € no custo peça que representa a redução de 70 682,59 € no custo anual de produção. Tendo em conta o valor total do novo equipamento, consegue-se amortizar o investimento em menos de dez meses. Tendo ainda em conta o volume total de produção até ao final do projeto de 38,5 milhões de cabos, temos um ganho total de 469 000 € até ao ano de 2026.

Tabela 23 - Comparação do custo por peça entre processo atual e o novo equipamento

	Processo Atual	Novo Equipamento	Diferença
OEE	85 %	85%	-
PHH	720	2 880	+ 1 980
Número de operadores	1,25	0,5	- 0,75
Custo do equipamento	55 000 €	55 221,66 €	+ 221,66 €
Custo anual da MO	76 073,91 €	30 429,56 €	- 45 644,35 €
Custo peça	0,020 €	0,006 €	- 0,014 € (-70%)
Custo de produção anual	101 112,15 €	25 278,04 €	- 70 682,59 €

4.4 Plano de Manutenção

O plano de manutenção do equipamento está dividido em duas partes, a manutenção de primeiro e de segundo nível. No anexo 2, encontra-se o plano de manutenção completo por dispositivo, mas neste capítulo apenas se encontram uma adaptação por tipo de componentes e à parte, o plano da máquina de injeção de zamak que é específico.

Tabela 24 - Manutenção de 1º nível do Desenrolador e Arrasto, Dispositivo de Corte, Decapagem e Cortante de Gito

Manutenção 1º Nível										
Manutenção do Desenrolador e Arrasto, Dispositivo de Corte, Decapagem e Cortante de Gito										
Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Limpeza	Desenrolador e Arrasto	Limpeza desenroladores	Manual	Panos Pistola de ar Vassoura	OP	MNT		Turno	S	2
Limpeza	Desenrolador e Arrasto	Limpar zonas de passagem do cabo	Manual	Pincel, pistola de ar	OP	MNT		Turno	S	2
Inspecção	Dispositivo de Corte Mecânico, Decapagem e Cortante Gito	Verificar existência de ruídos e vibrações anormais	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25

Manutenção 1º Nível**Manutenção do Desenrolador e Arrasto, Dispositivo de Corte, Decapagem e Cortante de Gito**

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspecção	Dispositivo de Corte Mecânico e Decapagem	Verificar estado das lâminas/pastilha	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25
Limpeza	Dispositivo de Decapar	Limpeza do dispositivo e gaveta das aparas	Manual		OP	MNT		Turno	S	0,25
Inspecção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar estado da matriz/cortante	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25
Inspecção	Dispositivo de Corte Gito	Limpeza do caixa de gito	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25

Tabela 25 - Manutenção de 2º nível do Desenrolador e Arrasto, Dispositivo de Corte, Decapagem e Cortante de Gito

Manutenção 2º Nível**Manutenção do Desenrolador e Arrasto, Dispositivo de Corte, Decapagem e Cortante de Gito**

Tipo de Tarefa	Equipam/	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspecção	Todos	Limpeza Geral	Manual Visual	Pistola Ar, Pano e Vassoura	MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspecção	Todos	Verificar existência de fugas de ar	Inspecção Visual / Auditivo		MNT	MNT	Corrigir e/ou Substituir	Trimestral	S	
Inspecção	Todos	Verificar a existência de folgas nos mecanismos	Inspecção Visual / Funcional		MNT	MNT	Reaperta / Substituir	Trimestral	S	
Inspecção	Todos	Verificar estado e fixação das ligações eléctricas e pneumáticas	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspecção	Desenrolador e Arrasto	Verificar desgaste de todas as peças listadas	Manual Visual		MNT	MNT	Substituir	Trimestral	S	
Inspecção	Dispositivo de Corte Mecânico e Decapagem	Verificar desgaste de peças e lâminas/pastilha de corte	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspecção	Dispositivo de Corte Mecânico e Decapagem	Verificar alinhamentos	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspecção	Dispositivo de Corte Mecânico e Decapagem	Verificar desapertos de peças e acessórios	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspecção	Dispositivo de Corte Mecânico e Decapagem	Limpeza geral e lubrificação dos movimentos	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	50
Inspecção	Manipulador	Verificar estado dos sensores e cablagem	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspecção	Manipulador	Verificar desapertos de peças e acessórios	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspecção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar desgaste da matriz e cortante	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspecção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar estado e folgas nos sistemas de guiamento e sistema de corte	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspecção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar desapertos de peças e acessórios	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspecção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar estado e fixação das ligações eléctricas e pneumáticas	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspecção	Dispositivo de Corte Gito	Limpeza geral	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Todos	Lubrificar a guia e patim	Manual	Galheta com óleo RENOLIN CLP220	MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Desenrolador e Arrasto	Lubrificar rodas	Manual	Galheta com óleo RENOLIN CLP220	MNT	MNT		Trimestral	S	20

Manutenção 2º Nível**Manutenção do Desenrolador e Arrasto, Dispositivo de Corte, Decapagem e Cortante de Gito**

Tipo de Tarefa	Equipam/	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Revisão	Compensador de Cabo	Revisão completa ao compensador: Veios Rolamentos Sensores/fins-de-curso Estrutura	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Sistema de arrasto de cabo	Revisão Completa: - Rolos - Rolamentos - Veios - Correias - Polias - Moto redutor - Cilindros - Estrutura	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Manipulador	Reaperto total dos sistemas e estrutura. Revisão mecânica completa	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Manipulador	Revisão aos amortecedores	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Manipulador	Verificar aperto das hastes dos cilindros	Revisão							
Revisão	Manipulador, Decapar	Aplicar massa nos fusos de esferas	Revisão	Massa SKF ref LGMT 2/1						
Revisão	Dispositivo de Decapar	Verificar estado dos mordentes	Revisão				Substituir			
Revisão	Manipulador, Decapar	Verificar estado dos parafusos	Revisão				Substituir Parafusos (caso se encontrem danificados /moldos)			
Revisão	Manipulador, Decapar	Verificar estado do batente	Revisão							
Revisão	Manipulador, Decapar	Verificar aperto e estado dos sensores e cabos	Revisão				Substituir			
Revisão	Dispositivo de Corte Gito	Aplicar massa nos rolamentos lineares	Revisão	Massa SKF ref LGMT 2/1	MNT	MNT		Trimestral	S	

Tabela 26 - Manutenção de 1º nível da máquina de injeção de zamak, molde de zamak e dispositivo de flor

Manutenção 1º Nível**Máquina de Zamak, Molde Zamak e Dispositivo Flor**

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Zamak	Verificar existência de óleo desmoldante	Visual		OP	MNT	Repór Nível	Turno	N	1
Limpeza	Zamak	Limpeza da máquina	Limpar		OP	MNT		Turno	S	5
Limpeza	Zamak	Limpeza da escória de zamak	Panela de Zamak	Colher e panela	OP	MNT		Turno	S	5
Limpeza	Zamak	Limpeza dos gitos	Limpar		OP	MNT		Turno	S	5
Inspeção	Molde Zamak	Lubrificação guias molde	Lubrificar		OP	MNT		Turno	S	2
Limpeza	Molde Zamak	Limpeza de todas as superfícies moldantes	Limpar		OP	MNT		Turno	S	2
Inspeção	Disp. Flor	Validar funcionamento da máquina de Fazer Flor	Visual		OP	MNT	Afinar	Turno	S	2

Tabela 27 - Manutenção de 2º nível da máquina de injeção de zamak, molde de zamak e dispositivo de flor

Manutenção 2º Nível										
Máquina de Zamak, Molde Zamak e Dispositivo Flor										
Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Zamak	Verificar fugas de ar	Visual		MNT	MNT	Eliminar Fugas	Trimestral	N	
Inspeção	Zamak	Verificar estado do bico de zamak	Visual		MNT	MNT	Substituir	Trimestral	S	
Inspeção	Zamak	Verificar afinação do mecanismo de encosto	Visual		MNT	MNT	Ajustar Afinar	Trimestral	S	
Inspeção	Zamak	Verificar correcto funcionamento da bomba /embolo de zamak	Visual		MNT	MNT	Substituir	Trimestral	N	
Inspeção	Zamak	Verificar funcionamento circuitos arrefecimento molde	Temperatura Mangueiras		MNT	MNT	Limpar e/ou Substituir	Trimestral	S	
Revisão	Zamak	Eliminação das folgas da máquina	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	480
Revisão	Zamak	Revisão ao grupo injectores (Verificar folgas nos casquilhos e veios, verificar fixações e apertos, revisão à parte pneumática (apertos e fugas))	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Zamak	Eliminação de folgas da máquina (frente, fecho do molde e transfer) e lubrificação	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Zamak	Revisão à parte pneumática (cilindros, válvulas e ligações)	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Limpeza	Zamak	Revisão ao quadro eléctrico (limpar interior, filtros, rever ligações e estado do ventilador)			MNT	MNT		Trimestral	S	10
Inspeção	Molde Zamak	Verificar estado extractores, centrais e superfície das cavidades do molde	Visual		MNT	MNT		Trimestral	N	
Inspeção	Molde Zamak	Verificar conjuntos molde (superfície moldantes, centrais, agulhas, acessórios e mangueira)	Visual		MNT	MNT		Trimestral	N	
Inspeção	Disp. Flor	Verificar desgaste de peças	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Disp. Flor	Verificar estado e folgas nos sistemas de guiamento	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Disp. Flor	Verificar alinhamentos	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Disp. Flor	Verificar desapertos de peças e acessórios	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	30
Inspeção	Disp. Flor	Verificar estado e fixação das ligações eléctricas e pneumáticas	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Disp. Flor	Verificar existência de fugas de ar	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Disp. Flor	Limpeza geral e lubrificação dos movimentos	Manual Visual		MNT	MNT	Afinar	Trimestral	S	

4.5 Manual de Operação

O manual do equipamento foi concebido para o operador(a) ou pessoa encarregada pelo funcionamento da máquina, assim como para as pessoas intervenientes na manutenção e instalação do equipamento. Nele estão representadas as distintas partes da máquina e o seu funcionamento, servindo assim para favorecer a produtividade e bom funcionamento do equipamento de forma continuada.

O manual do equipamento completo encontra-se em anexo 2, uma vez que devido à sua dimensão, apenas serão aqui colocadas as informações mais relevantes.

Dá-se início pela Tabela 28, onde se encontram as características gerais do equipamento.

Tabela 28 - Características gerais do equipamento

Características	Dados dos Equipamentos
Potência Instalada	11085 W
Dimensões (Comp x Larg x Prof)	3927 - 2949,5 - 2290 mm
Peso	1500 kg
Pressão de Ar Comprimido	8 bar

De seguida na Figura 79, pode-se visualizar a vista de topo para *layout* do equipamento, com as respectivas cotas de atravancamento.

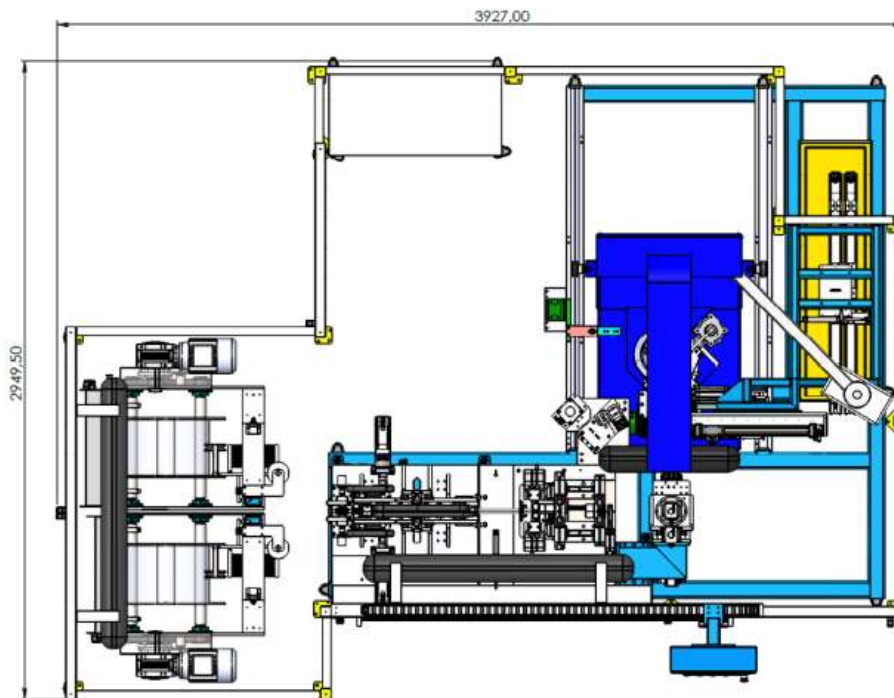


Figura 79 - Vista de *layout* do equipamento

Em relação ao funcionamento normal do equipamento, o operador só deverá ter de substituir a bobina de cabo caso seja consumida e utilizar os comandos da consola.

Na Figura 80, encontra-se a instrução para passagem do cabo no desenrolador de bobinas. Primeiro, deve-se utilizar a rampa de carregamento da bobina para a posicionar no desenrolador. Passar o cabo pela roda de entrada de cabo e seguir o caminho demonstrado pelas setas (da roda de cima para a de baixo, e da direita para a esquerda). O cabo tem de sair na roda de saída de cabo. Para auxiliar o cabo a desenrolar enquanto se passa o cabo pelo percurso definido, deve-se utilizar o botão de três posições. O mesmo botão deve ser utilizado para alimentar o cabo nos restantes dispositivos.

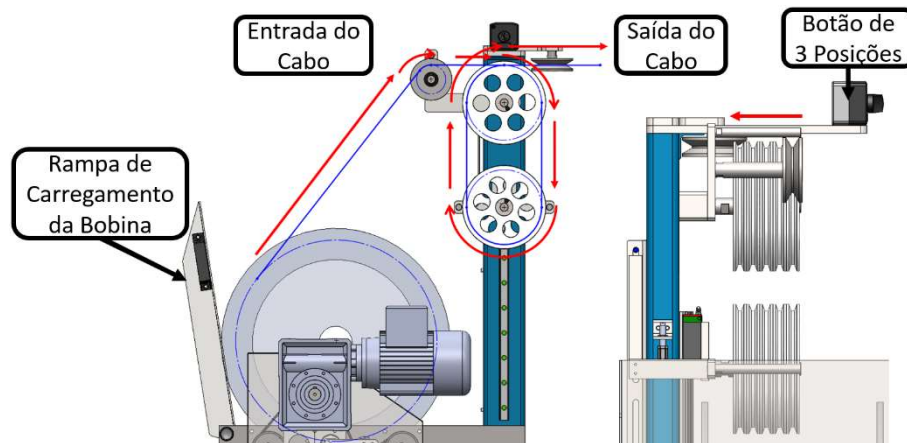


Figura 80 - Percurso do cabo nos desenroladores de bobinas

CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES

5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

O principal objectivo deste trabalho foi desenvolver um equipamento de alta produtividade e flexibilidade para os subconjuntos de cabo revestido com primeiro terminal injetado, aumentando a capacidade produtiva para melhorar a competitividade da empresa na produção dos cabos de comando.

O equipamento está dimensionado para produzir 1 440 p/h, superando as expectativas de atingir uma cadência superior às máquinas mais modernas da empresa, utilizadas em cabo não revestido.

A nível de flexibilidade, o equipamento desenvolvido também supera as necessidades, uma vez que está preparado para cabos e revestimentos de diâmetros diferentes.

Em vez de um equipamento específico, adicionou-se ao *setup* apenas o calibre de revestimento e as lâminas de decapagem, quando comparando com os processos atuais.

No desenvolvimento do projecto, foi contemplado o modo de *setup*, que move conjuntos do equipamento, melhorando a acessibilidade aos componentes de substituição e de desgaste. Isto também permitiu atingir o objetivo da área ocupada, uma vez que os conjuntos simétricos conseguiram ser desenvolvidos de forma mais compacta.

A segurança do operador foi melhorada, uma vez que este está afastado das zonas de perigo (principalmente da máquina de injeção de zamak), e também foram utilizadas barreiras fotoelétricas juntamente com um comando de corte de ar e de abertura de portas, permitindo o operador intervir no equipamento em segurança.

Por fim, temos o custo do equipamento que ficou cerca de 10 000 € abaixo do expectável, é um valor muito bom tendo em conta as ofertas de mercado que são substancialmente mais caras (100 000 €) ou inexistentes. Na Tabela 29, é possível verificar de forma sucinta o cumprimento dos objetivos de desenvolvimento do novo equipamento.

Tabela 29 - Cumprimento dos objectivos do novo equipamento

Cumprimento dos objectivos do novo equipamento		
Cadência produtiva de pelo menos 1 100 p/h	1 440 p/h	✓
Realizar 10 referências de cabo diferentes		✓
Conjuntos estão acessíveis		✓
Orçamento de 65 000 €	55 221,66 €	✓
Sistemas de segurança redundantes		✓
Área ocupada inferior a 22 m ²	11,58 m ²	✓

5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

A configuração do equipamento desenvolvido, com o posicionamento da máquina de injeção a 90 ° em relação aos dispositivos de corte e decapagem, permite a incorporação de uma máquina de injeção de plástico no local da extração.

Esta adição, seria útil para o projeto C, uma vez que o primeiro terminal zamak, sofre uma sobre injeção de plástico que poderia ficar integrada no mesmo equipamento, reduzindo também mão de obra realizada em equipamentos independentes.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] OICA, “OICA,” 2018 Sales Report, 2019. <http://www.oica.net/>
- [2] ACAP, “Dados 2018,” 2019. <https://www.acap.pt/pt/home>
- [3] AFIA, “Estatísticas 2018,” 2019. <https://afia.pt/>
- [4] A. J. A. Magalhães, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, “A novel concept of bent wires sorting operation between workstations in the production of automotive parts,” *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, vol. 41, no. 1, pp. 1–10, 2019, doi: 10.1007/s40430-018-1522-9.
- [5] R. J. S. Costa, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, “A novel concept of agile assembly machine for sets applied in the automotive industry,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 91, no. 9–12, pp. 4043–4054, 2017, doi: 10.1007/s00170-017-0109-4.
- [6] B. M. D. N. Moreira, R. M. Gouveia, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, “A Novel Concept of Production and Assembly Processes Integration,” *Procedia Manuf*, vol. 11, no. June, pp. 1385–1395, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.268.
- [7] ISO, “ISO,” 2019. <https://www.iso.org/home.html>
- [8] APQ, “APQ,” 2019. <https://www.apq.pt/>
- [9] R. Godina, J. C. O. Matias, and S. G. Azevedo, “Quality improvement with statistical process control in the automotive industry,” *International Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2016.
- [10] V. Jain, A. K. Sangaiah, S. Sakhuja, N. Thoduka, and R. Aggarwal, “Supplier selection using fuzzy AHP and TOPSIS: a case study in the Indian automotive industry,” *Neural Comput Appl*, vol. 29, no. 7, pp. 555–564, 2018, doi: 10.1007/s00521-016-2533-z.
- [11] W. F. S. Araújo, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, and J. A. Matos, “Manufacturing cushions and suspension mats for vehicle seats: a novel cell concept,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 90, no. 5–8, pp. 1539–1545, 2017, doi: 10.1007/s00170-016-9475-6.
- [12] M. P. Groover, “Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing,” Aug. 2014.
- [13] P. M. S. Nunes and F. J. G. Silva, “Increasing Flexibility and Productivity in Small Assembly Operations: A Case Study,” in *Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems*, 2013, pp. 329–340.

- [14] M. J. R. Costa, R. M. Gouveia, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, "How to solve quality problems by advanced fully-automated manufacturing systems," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 94, no. 9–12, pp. 3041–3063, 2018, doi: 10.1007/s00170-017-0158-8.
- [15] R. F. L. Santos, F. J. G. Silva, R. M. Gouveia, R. D. S. G. Campilho, M. T. Pereira, and L. P. Ferreira, "The Improvement of an APEX Machine involved in the Tire Manufacturing Process," *Procedia Manuf*, vol. 17, pp. 571–578, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.098.
- [16] P. M. M. Santos, R. D. S. G. Campilho, and F. J. G. Silva, "Design of a novel equipment for automated clothing manufacturing," *Procedia Manuf*, vol. 17, pp. 766–773, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.PROMFG.2018.10.127.
- [17] F. J. G. Silva *et al.*, "Novel automated system for the handling of car seat wires on plastic over-injection molding machines," *Machines*, vol. 9, no. 8, Aug. 2021, doi: 10.3390/machines9080141.
- [18] W. F. S. Araújo, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, and J. A. Matos, "Manufacturing cushions and suspension mats for vehicle seats: a novel cell concept," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 90, no. 5–8, pp. 1539–1545, May 2017, doi: 10.1007/s00170-016-9475-6.
- [19] TTHK.EE, "Tipos de Robôs Industriais," *Basic about Industrial Robots*. <https://www.tthk.ee/inlearcs/1-basic-about-industrial-robots/> (accessed Oct. 31, 2022).
- [20] M. Barbosa, F. J. G. Silva, C. Pimentel, and R. M. Gouveia, "A Novel Concept of CNC Machining Center Automatic Feeder," *Procedia Manuf*, vol. 17, pp. 952–959, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.111.
- [21] F. J. G. Silva, G. Swertvaegher, R. D. S. G. Campilho, L. P. Ferreira, and J. C. Sá, "Robotized solution for handling complex automotive parts in inspection and packing," in *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 51, pp. 156–163. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.023.
- [22] A. F. Castro, M. F. Silva, and F. J. G. Silva, "Designing a Robotic Welding Cell for Bus Body Frame Using a Sustainable Way," *Procedia Manuf*, vol. 11, pp. 207–214, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.225.
- [23] J. Bloom, I. Lambrechts, and N. le Roux, "Distinguishing between capital intensive and labour intensive enterprises listed in the industrial sector of the JSE," in *Management Dynamics* 7, 1998, pp. 39–68.
- [24] L. Morello, L. Rosti Rossini, G. Pia, and A. Tonoli, "The Automotive BodyVolume I: Components Design," in *The Automotive Body*, Springer, 2011, pp. 560–603.
- [25] F. J. G. Silva, W. Araujo, S. G. Campilho, A. Baptista, and G. Pinto, "How to Become a Manufacturing Cell Fully-Automated Without Robots: Case-Study in the Automotive Components Industry," 2018.

- [26] I. L. Nunes, "Integration of Ergonomics and Lean Six Sigma. A Model Proposal," *Procedia Manuf*, vol. 3, pp. 890–897, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.124.
- [27] M. Brito, M. Vale, J. Leão, L. P. Ferreira, F. J. G. Silva, and M. A. Gonçalves, "Lean and Ergonomics decision support tool assessment in a plastic packaging company," in *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 51, pp. 613–619. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.086.
- [28] L. Morgado, F. J. G. Silva, and L. M. Fonseca, "Mapping occupational health and safety management systems in Portugal: Outlook for ISO 45001:2018 adoption," in *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 38, pp. 755–764. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.103.
- [29] D. Yash and S. Nagendra, "Single Minute Exchange of Dies: Literature Review," *International Journal of Lean Thinking*, vol. 3, no. 2, 1996.
- [30] C. Rosa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, and R. Campilho, "SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry," *Procedia Manuf*, vol. 13, pp. 1034–1042, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.110.
- [31] E. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira, R. Gouveia, and R. P. Silva, "Applying SMED methodology in cork stoppers production," *Procedia Manuf*, vol. 17, pp. 611–622, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.103.
- [32] C. Rosa, F. J. G. Silva, and L. P. Ferreira, "Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry," *Procedia Manuf*, vol. 11, no. June, pp. 1035–1042, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.214.
- [33] A. Q. Basri, N. M. Z. N. Mohamed, K. A. S. H. M. Yasir, H. M. Fazi, and A. F. Fudzin, "The validation of productivity on the changeover activity at the automotive stamping press line by comparing the embedded SMED frame-work versus SMED approach: A witness simulation case study," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 469, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/469/1/012005.
- [34] M. Martins, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matias, "A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry," *Procedia Manuf*, vol. 17, pp. 647–654, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.113.
- [35] P. G. Ferradás and K. Salonitis, "Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells," *Procedia CIRP*, vol. 7, pp. 598–603, 2013, doi: 10.1016/j.procir.2013.06.039.
- [36] S. Obara, "STANDARDIZED WORK: THE FOUNDATION FOR KAIZEN," 2020. <https://www.lean.org/>
- [37] J. Pereira, "CONTINUOUS IMPROVEMENT AND DEVELOPMENT OF KPI'S IN THE METALLIC CABLES INDUSTRY," 2018.
- [38] I. Antonioli, P. Guariente, T. Pereira, L. P. Ferreira, and F. J. G. Silva, "Standardization and optimization of an automotive components production line," *Procedia Manuf*, vol. 13, pp. 1120–1127, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.173.

- [39] C. Rosa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, T. Pereira, and R. Gouveia, "Establishing Standard Methodologies to Improve the Production Rate of Assembly Lines Used for Low Added-Value Products," *Procedia Manuf*, vol. 17, pp. 555–562, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.096.
- [40] P. Neves, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, T. Pereira, A. Gouveia, and C. Pimentel, "Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products," *Procedia Manuf*, vol. 17, pp. 696–704, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.119.
- [41] D. Correia, F. J. G. Silva, R. M. Gouveia, T. Pereira, and L. P. Ferreira, "Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools," *Procedia Manuf*, vol. 17, pp. 663–671, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.115.
- [42] R. Basu, *Implementing Six Sigma and Lean: A Practical Guide to Tools and Techniques*. Butterworth Heinemann, 2009.
- [43] B. Phadermrod, R. M. Crowder, and G. B. Wills, "Importance-Performance Analysis based SWOT analysis," *Int J Inf Manage*, Apr. 2016.
- [44] "Wikipedia," *Value-Stream Mapping*. https://en.wikipedia.org/wiki/Value-stream_mapping (accessed Oct. 31, 2022).
- [45] Parlamento Europeu, "Directiva 2006/42/CE," *DIRECTIVE 2006/42/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 May 2006*, Jul. 26, 2019.

ANEXOS

7.1 ANEXO 1 - Dimensionamento Beckhoff

7.1 ANEXO 2 - Manual do Equipamento

7 ANEXOS

7.1 ANEXO1 – Dimensionamento Beckhoff

Project name: FICO_ROBOCOP_2021

Customer

Company: FICO CABLES - FÁB. ACESS. E EQUIP. IND., LDA.
Name: ENG. PAULO REBELO
Department: TÉCNICO
Street: RUA DO CAVACO, 115
City: 4470-263 VERMOIM MAIA MAIA
Country: PORTUGAL
Telephone:
Email: paulo.rebelo@ficsa.com

Application engineer

Company: BRESIMAR, S.A.
Name: GERVÁSIO MONTEIRO
Department: COMERCIAL
Street: AV. EUROPA. 460
City: 3800-230 AVEIRO AVEIRO
Country: PORTUGAL
Telephone:
Email: gervasio.monteiro@bresimar.pt

Project description

FICO_ROBOCOP_2021

Exclusion

The interpretation of data contained in the report for servo axes is based on the basis data provided by you. Please check if these data are and were complete and correct before taking over of the results. The data have been entered in good faith into our software. For erroneous interpretations which are based on an incorrect or incomplete data base and subsequent product recommendations we cannot accept any liability. The calculated design of servo axes represents a non-binding recommendation. You are obliged to check whether the recommended design is suitable for your intended use.

TwinCAT Motion Designer Report..... 1

Content..... 2

1. Bill of materials..... 3

2. Notifications..... 5

3. Comissioning notes..... 6

4. DC link: DC link 1..... 8

 4.1. Axes positions: DC link 1..... 9

 4.2. Axes power: DC link 1..... 11

 4.3. DC link power: DC link 1..... 13

 4.4. Infeed module: DC link 1..... 14

 4.5. Axis: EIXO_ARRASTO_1..... 15

 4.5.1. Transmissions: EIXO_ARRASTO_1..... 16

 4.5.2. Motion profile: EIXO_ARRASTO_1..... 17

 4.5.3. Gearbox: EIXO_ARRASTO_1..... 19

 4.5.4. Motor: EIXO_ARRASTO_1..... 21

 4.5.5. Drive: EIXO_ARRASTO_1..... 23

 4.5.6. Emergency brake investigation: EIXO_ARRASTO_1..... 25

 4.6. Axis: EIXO_ARRASTO_2..... 26

 4.6.1. Transmissions: EIXO_ARRASTO_2..... 27

 4.6.2. Motion profile: EIXO_ARRASTO_2..... 28

 4.6.3. Gearbox: EIXO_ARRASTO_2..... 30

 4.6.4. Motor: EIXO_ARRASTO_2..... 32

 4.6.5. Drive: EIXO_ARRASTO_2..... 34

 4.6.6. Emergency brake investigation: EIXO_ARRASTO_2..... 36

 4.7. Axis: EIXO_DECAPAGEM..... 37

 4.7.1. Transmissions: EIXO_DECAPAGEM..... 38

 4.7.2. Motion profile: EIXO_DECAPAGEM..... 40

 4.7.3. Motor: EIXO_DECAPAGEM..... 43

 4.7.4. Drive: EIXO_DECAPAGEM..... 45

 4.7.5. Emergency brake investigation: EIXO_DECAPAGEM..... 47

 4.8. Axis: EIXO_ROT_MANIPULADOR..... 48

 4.8.1. Motion profile: EIXO_ROT_MANIPULADOR..... 49

 4.8.2. Gearbox: EIXO_ROT_MANIPULADOR..... 51

 4.8.3. Motor: EIXO_ROT_MANIPULADOR..... 53

 4.8.4. Drive: EIXO_ROT_MANIPULADOR..... 55

 4.8.5. Emergency brake investigation: EIXO_ROT_MANIPULADOR..... 57

 4.9. Axis: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR..... 58

 4.9.1. Transmissions: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR..... 59

 4.9.2. Motion profile: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR..... 60

 4.9.3. Motor: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR..... 62

 4.9.4. Drive: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR..... 64

 4.9.5. Emergency brake investigation: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR..... 66

 4.10. Axis: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR..... 67

 4.10.1. Motion profile: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR..... 68

 4.10.2. Motor: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR..... 70

 4.10.3. Drive: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR..... 72

 4.10.4. Emergency brake investigation: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR..... 74

1. Bill of materials

DC link: DC link 1

Order code	qty	Product description
AX8620-0000-0000	1	Power Supply Module 20 A, Mains Supply Voltage 400...480 V AC

Axis: EIXO_ARRASTO_1

Order code	qty	Product description
AX8206-0100-0000	1	Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1)
Motor-gearbox-combination		The following both positions will be mounted at Beckhoff and delivered as one unit.
AM8032-0E10-0000	1	Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), $M_0 = 2,37$ Nm, $I_0 = 2,95$ A, $n_n = 6000$ min-1, , OCT 18 bit singleturn, No brake
AG3210-+NP015S-MF1-10-1C1-AM803x	1	Planetary gear units, $M_n = 19,00$ Nm, $M_b = 56,00$ Nm, Backlash $\leq 8,00$ arcmin, $i = 10$,
ZK4800-8022-0050	1	motor cable with 1 mm ² wire gauge, highly flexible for drag-chain use, Cable length $l = 5$ m <i>Cable length only in full meter</i>

Axis: EIXO_ARRASTO_2

Order code	qty	Product description
AX8206-0100-0000	1	Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1)
Motor-gearbox-combination		The following both positions will be mounted at Beckhoff and delivered as one unit.
AM8032-0E10-0000	1	Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), $M_0 = 2,37$ Nm, $I_0 = 2,95$ A, $n_n = 6000$ min-1, , OCT 18 bit singleturn, No brake
AG3210-+NP015S-MF1-10-1C1-AM803x	1	Planetary gear units, $M_n = 19,00$ Nm, $M_b = 56,00$ Nm, Backlash $\leq 8,00$ arcmin, $i = 10$,
ZK4800-8022-0050	1	motor cable with 1 mm ² wire gauge, highly flexible for drag-chain use, Cable length $l = 5$ m <i>Cable length only in full meter</i>

Axis: EIXO_DECAPAGEM

Order code	qty	Product description
AX8206-0100-0000	1	Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1)
AM8032-1E20-0000	1	Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), $M_0 = 2,37$ Nm, $I_0 = 2,95$ A, $n_n = 6000$ min-1, , OCT 18 bit multiturn, No brake
ZK4800-8022-0050	1	motor cable with 1 mm ² wire gauge, highly flexible for drag-chain use, Cable length $l = 5$ m <i>Cable length only in full meter</i>

Axis: EIXO_ROT_MANIPULADOR

Order code	qty	Product description
AX8206-0100-0000	1	Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1)
Motor-gearbox-combination		The following both positions will be mounted at Beckhoff and delivered as one unit.
AM8031-0D20-0000	1	Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), $M_0 = 1,38$ Nm, $I_0 = 1,95$ A, $n_n = 6000$ min-1, , OCT 18 bit multiturn, No brake
AG3400-+NPT035S-MF2-100-0C1-AM803x	1	Planetary gear units with drive output, $M_n = 110,00$ Nm, $M_b = 352,00$ Nm, Backlash $\leq 10,00$ arcmin, $i = 100$
ZK4800-8022-0050	1	motor cable with 1 mm ² wire gauge, highly flexible for drag-chain use, Cable length $l = 5$ m <i>Cable length only in full meter</i>

Axis: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR

Order code	qty	Product description
AX8206-0100-0000	0	Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1) (cf. axis 'EIXO _{ROT} M ANIPULADOR')
AM8022-1D20-0000	1	Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), $M_0 = 0,80$ Nm, $I_0 = 1,50$ A, $n_n = 8000$ min-1, , OCT 18 bit multiturn, No brake

1. Bill of materials

Order code	qty	Product description
ZK4800-8022-0050	1	motor cable with 1 mm ² wire gauge, highly flexible for drag-chain use, Cable length l = 5 m <i>Cable length only in full meter</i>

Axis: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR

Order code	qty	Product description
AX8206-0100-0000	0	Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1) (cf. axis 'EIXO _D ECAPAGEM')
AM8032-1E21-0000	1	Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), M ₀ = 2,37 Nm, I ₀ = 2,95 A, n _n = 6000 min ⁻¹ , , OCT 18 bit multiturn, Holding brake
ZK4800-8022-0050	1	motor cable with 1 mm ² wire gauge, highly flexible for drag-chain use, Cable length l = 5 m <i>Cable length only in full meter</i>

DC link: DC link 1

Axis: EIXO_ARRASTO_1

- ❗ The motor 'AM8032-0E10-0000' (peak torque: 11,7 Nm) may damage the gearbox 'AG3210-+NP015S-MF1-10-1C1-AM803x' (peak torque motor side: 5,6 Nm, emergency torque motor side: 7,5 Nm). Please limit the admissible torque in the drive.

Axis: EIXO_ARRASTO_2

- ❗ The motor 'AM8032-0E10-0000' (peak torque: 11,7 Nm) may damage the gearbox 'AG3210-+NP015S-MF1-10-1C1-AM803x' (peak torque motor side: 5,6 Nm, emergency torque motor side: 7,5 Nm). Please limit the admissible torque in the drive.

Axis: EIXO_ROT_MANIPULADOR

- ❗ The motor 'AM8031-0D20-0000' (peak torque: 6,07 Nm) may damage the gearbox 'AG3400-+NPT035S-MF2-100-0C1-AM803x' (peak torque motor side: 3,52 Nm, emergency torque motor side: 4,8 Nm). Please limit the admissible torque in the drive.

3. Commissioning notes

DC link: DC link 1

Power supply type	400 V AC, 3 phase
Chopper threshold	840 V
Braking resistance connection	Internal

Infeed module: AX8620-0000-0000

Drive: AX8206-0100-0000

Axis: EIXO_ARRASTO_1	
Motor	AM8032-0E10-0000
Overall gear ratio	$1 * 0,095 / 0,095 * 10 = 10$
Feed constant	$1 / (1 * 0,095 / 0,095 * 10) * 0,095 * 1000 * \pi \text{ mm/U} = 9,5 * \pi \text{ mm/U} \approx 29,845130209103 \text{ mm/U}$
Max inertia	$7,56E-05 \text{ kgcm}^2 = 0,756 \text{ kgcm}^2$
Mean inertia	$7,56E-05 \text{ kgcm}^2 = 0,756 \text{ kgcm}^2$
Mechanical limit torque	5,6 Nm
Max torque	1,51 Nm
Max speed	1,5 m/s
Max acceleration	4,5 m/s ²
Max jerk	$\infty \text{ m/s}^3$

Drive: AX8206-0100-0000

Axis: EIXO_ARRASTO_2	
Motor	AM8032-0E10-0000
Overall gear ratio	$1 * 0,095 / 0,095 * 10 = 10$
Feed constant	$1 / (1 * 0,095 / 0,095 * 10) * 0,095 * 1000 * \pi \text{ mm/U} = 9,5 * \pi \text{ mm/U} \approx 29,845130209103 \text{ mm/U}$
Max inertia	$7,56E-05 \text{ kgcm}^2 = 0,756 \text{ kgcm}^2$
Mean inertia	$7,56E-05 \text{ kgcm}^2 = 0,756 \text{ kgcm}^2$
Mechanical limit torque	5,6 Nm
Max torque	1,51 Nm
Max speed	1,5 m/s
Max acceleration	4,5 m/s ²
Max jerk	$\infty \text{ m/s}^3$

Drive: AX8206-0100-0000

Channel A: Axis: EIXO_DECAPAGEM	
Motor	AM8032-1E20-0000
Overall gear ratio	$1 * 0,1 / 0,1 * 1 = 1$
Feed constant	$1 / (1 * 0,1 / 0,1 * 1) * 0,01 * 1000 \text{ mm/U} = 10 \text{ mm/U}$
Max inertia	$6,29E-05 \text{ kgcm}^2 = 0,629 \text{ kgcm}^2$
Mean inertia	$6,29E-05 \text{ kgcm}^2 = 0,629 \text{ kgcm}^2$
Max torque	1,42 Nm
Max speed	0,6 m/s = 2,16 km/h
Max acceleration	13,5 m/s ²
Max jerk	$\infty \text{ m/s}^3$

Channel B: Axis: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR	
Motor	AM8032-1E21-0000

3. Commissioning notes

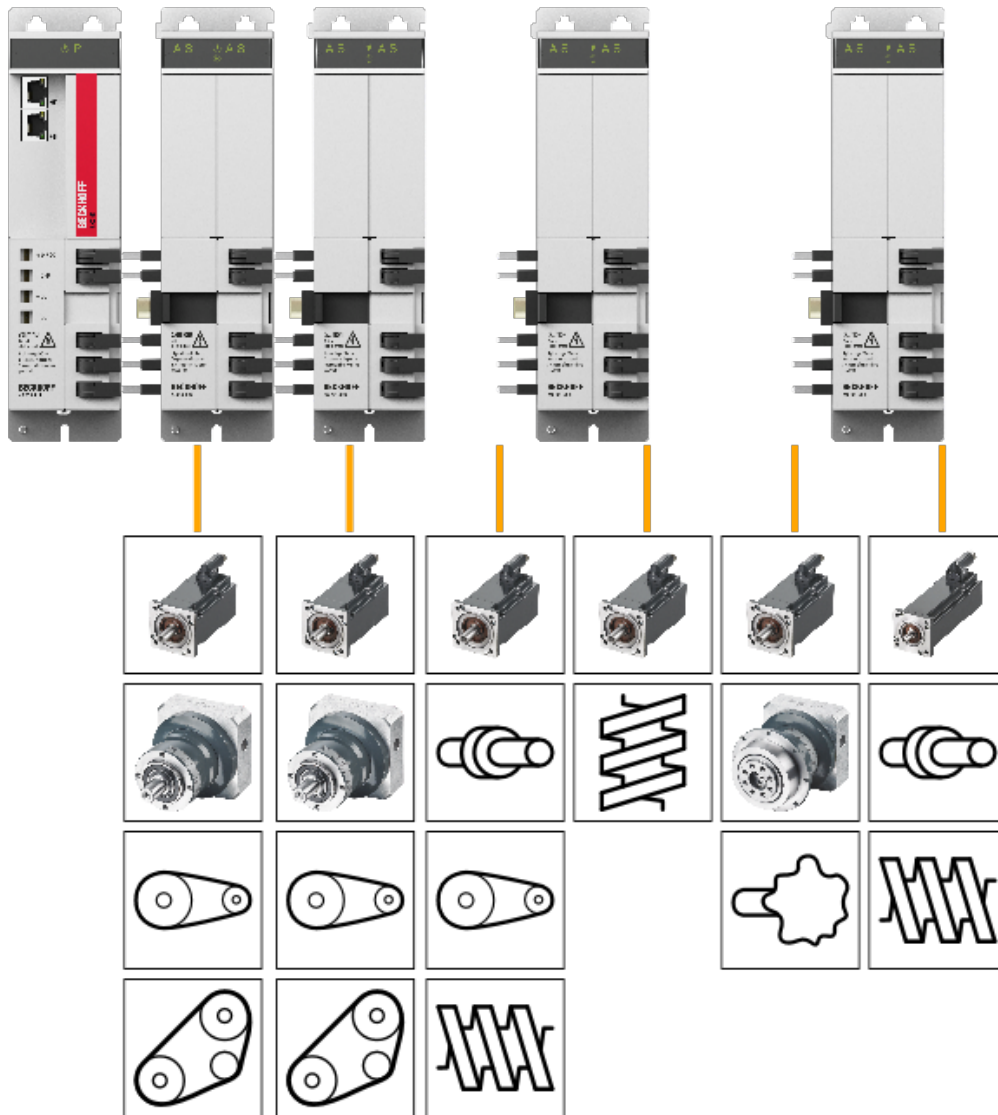
Channel B: Axis: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR	
Overall gear ratio	1
Feed constant	$1 * 0,01 * 1000 \text{ mm/U} = 10 \text{ mm/U}$
Max inertia	$0,000107 \text{ kgm}^2 = 1,07 \text{ kgcm}^2$
Mean inertia	$0,000107 \text{ kgm}^2 = 1,07 \text{ kgcm}^2$
Max torque	3,21 Nm
Max speed	$0,3 \text{ m/s} = 1,08 \text{ km/h}$
Max acceleration	18 m/s^2
Max jerk	$\infty \text{ m/s}^3$

Drive: AX8206-0100-0000

Channel A: Axis: EIXO_ROT_MANIPULADOR	
Motor	AM8031-0D20-0000
Overall gear ratio	$1 * 100 = 100$
Feed constant	$1 / (1 * 100) * 360 \text{ }^\circ/\text{rev} = 3,6 \text{ }^\circ/\text{rev} = 3,6 \text{ }^\circ/\text{rev}$
Max inertia	$0,000149 \text{ kgm}^2 = 1,49 \text{ kgcm}^2$
Mean inertia	$0,000149 \text{ kgm}^2 = 1,49 \text{ kgcm}^2$
Mechanical limit torque	3,52 Nm
Max torque	0,727 Nm
Max speed	$2,62 \text{ rad/s} = 25 \text{ rpm}$
Max acceleration	$26,2 \text{ rad/s}^2 = 1500 \text{ }^\circ/\text{s}^2$
Max jerk	$\infty \text{ rad/s}^3$

Channel B: Axis: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR	
Motor	AM8022-1D20-0000
Overall gear ratio	$1 * 1 = 1$
Feed constant	$1 / (1 * 1) * 0,01 * 1000 \text{ mm/U} = 10 \text{ mm/U}$
Max inertia	$5,13\text{E-}05 \text{ kgm}^2 = 0,513 \text{ kgcm}^2$
Mean inertia	$5,13\text{E-}05 \text{ kgm}^2 = 0,513 \text{ kgcm}^2$
Max torque	0,441 Nm
Max speed	$0,4 \text{ m/s} = 1,44 \text{ km/h}$
Max acceleration	8 m/s^2
Max jerk	$\infty \text{ m/s}^3$

4. DC link: DC link 1

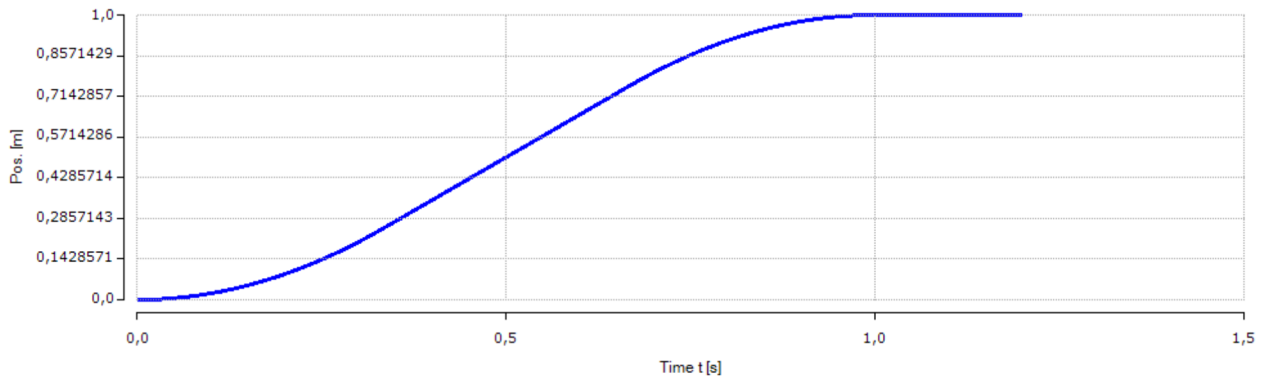


Power supply type: 400 V AC, 3 phase

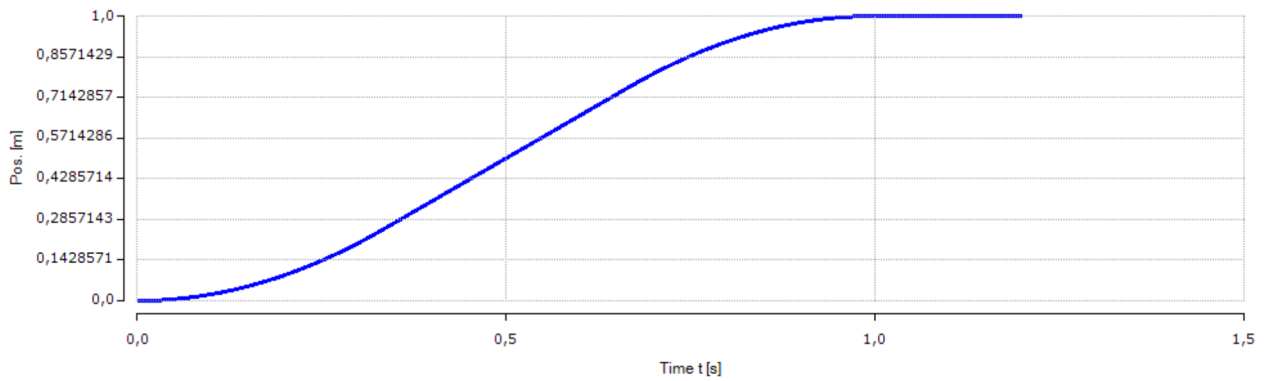
Order code	Product description
AX8620-0000-0000	Power Supply Module 20 A, Mains Supply Voltage 400...480 V AC

4.1. Axes positions: DC link 1

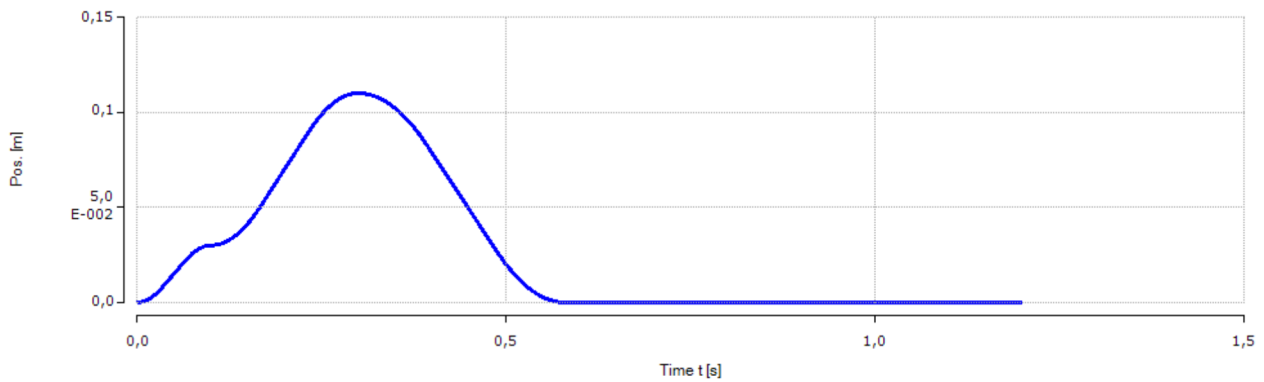
Position: EIXO_ARRASTO_1



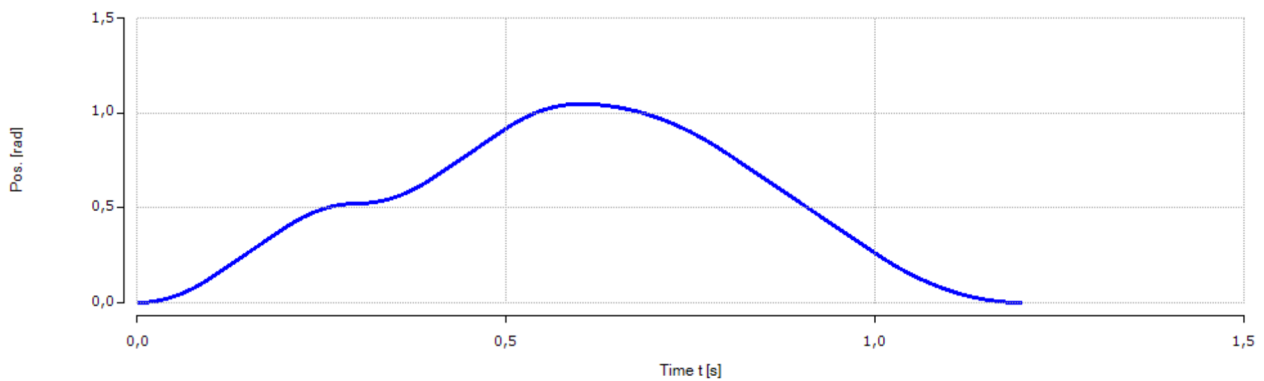
Position: EIXO_ARRASTO_2



Position: EIXO_DECAPAGEM

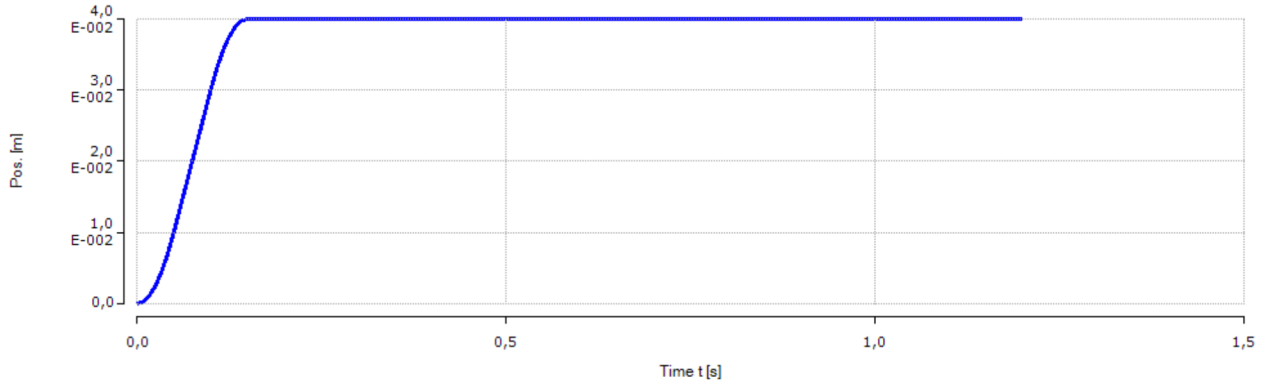


Position: EIXO_ROT_MANIPULADOR

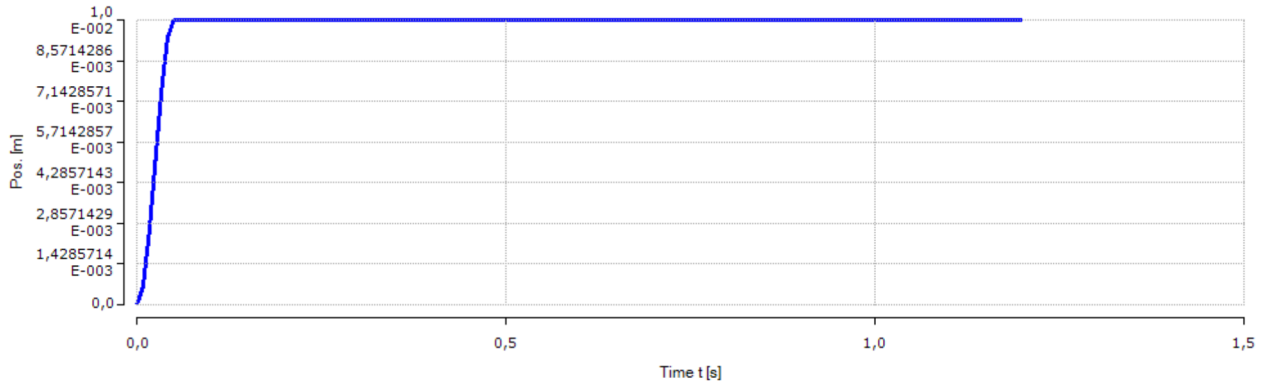


4.1. Axes positions: DC link 1

Position: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR

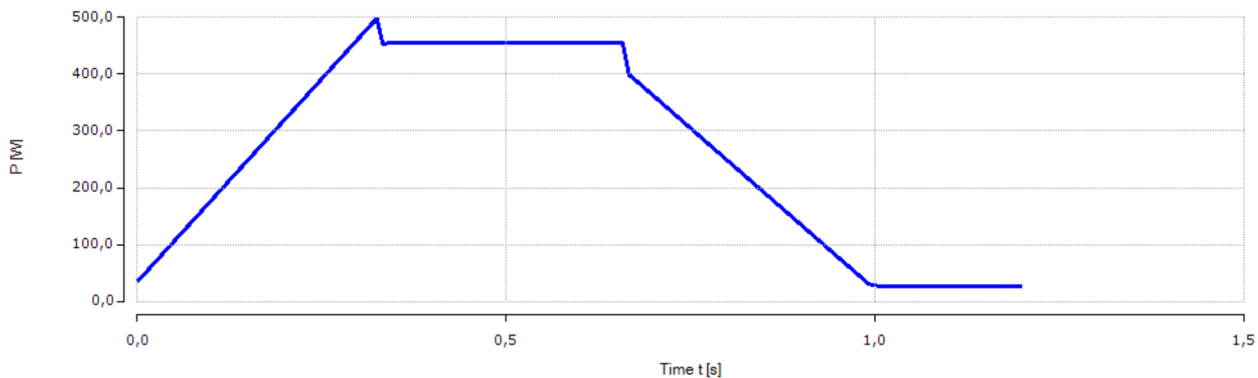


Position: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR

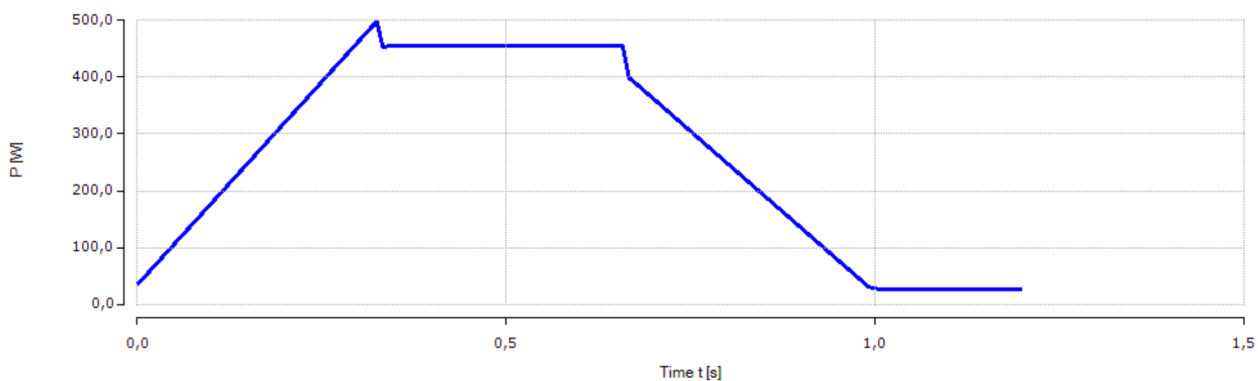


4.2. Axes power: DC link 1

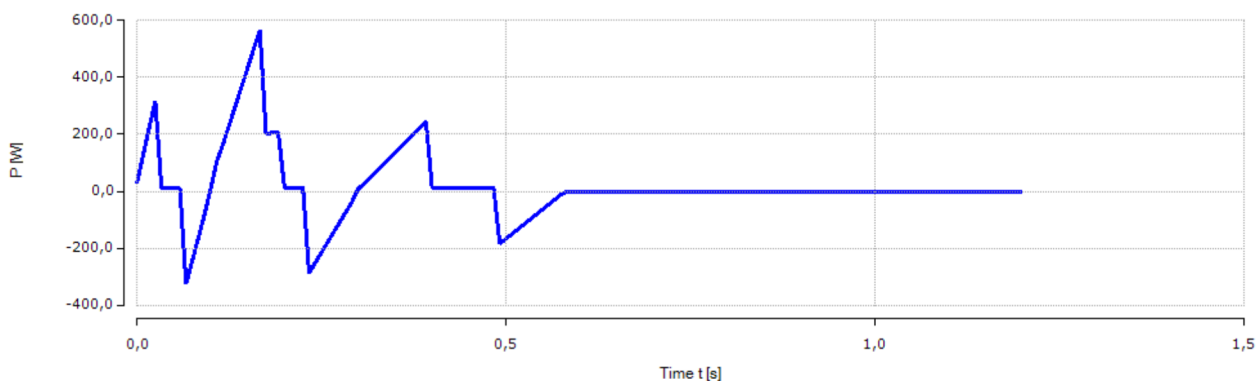
Needed power: EIXO_ARRASTO_1



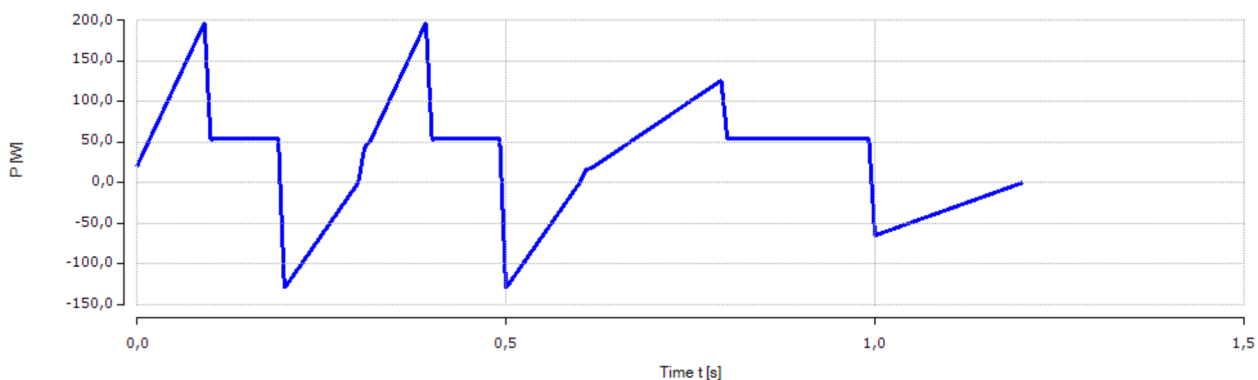
Needed power: EIXO_ARRASTO_2



Needed power: EIXO_DECAPAGEM

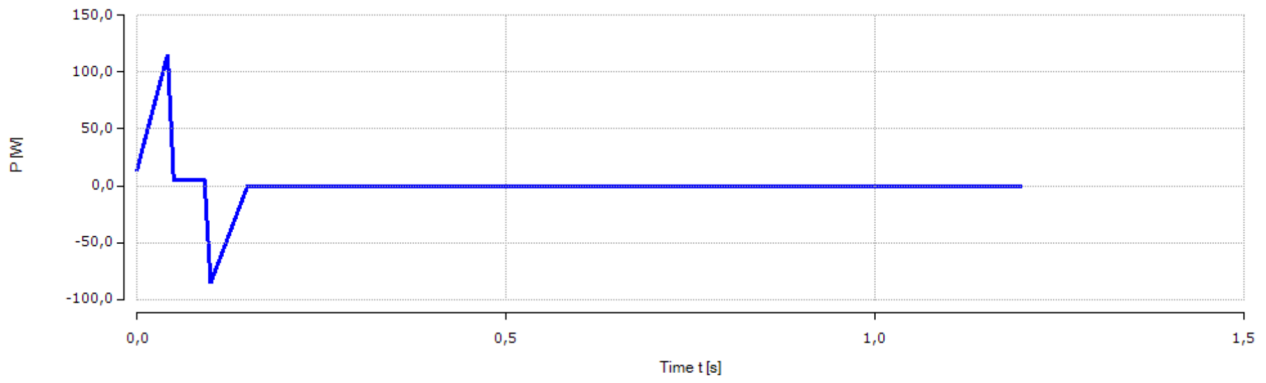


Needed power: EIXO_ROT_MANIPULADOR

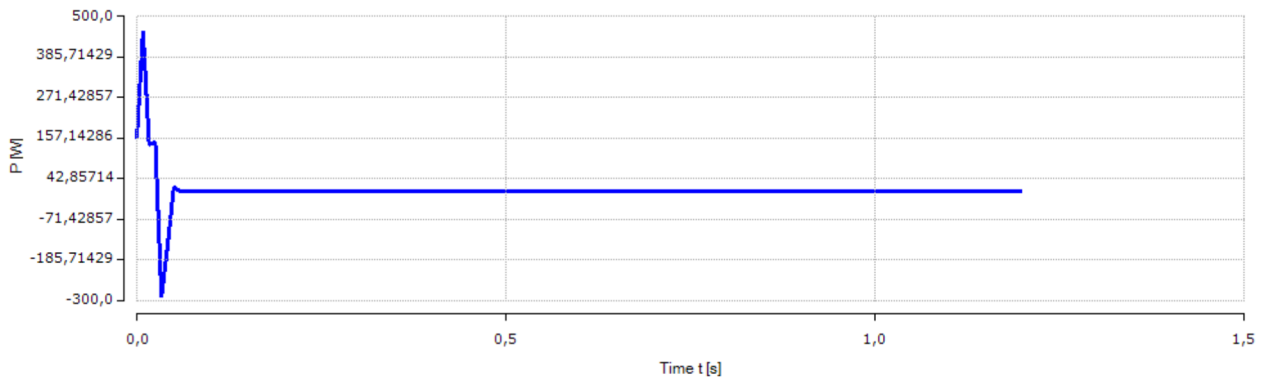


4.2. Axes power: DC link 1

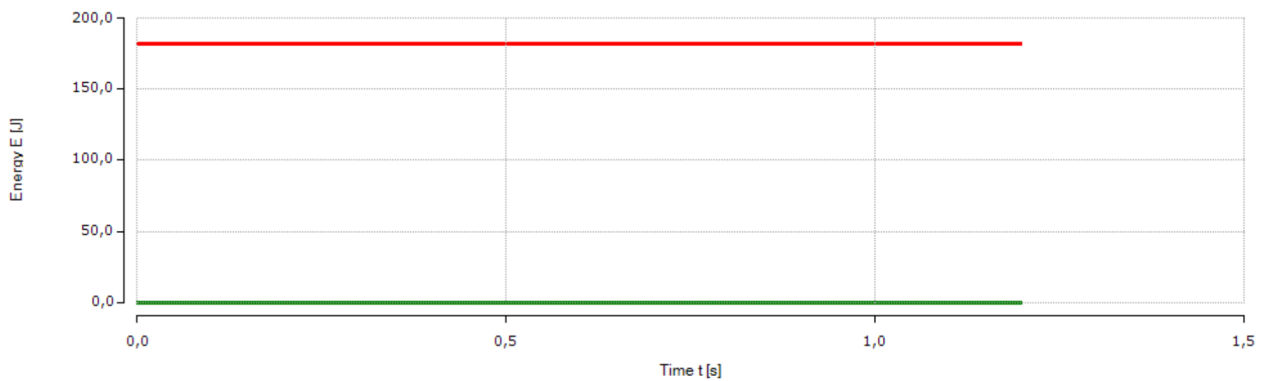
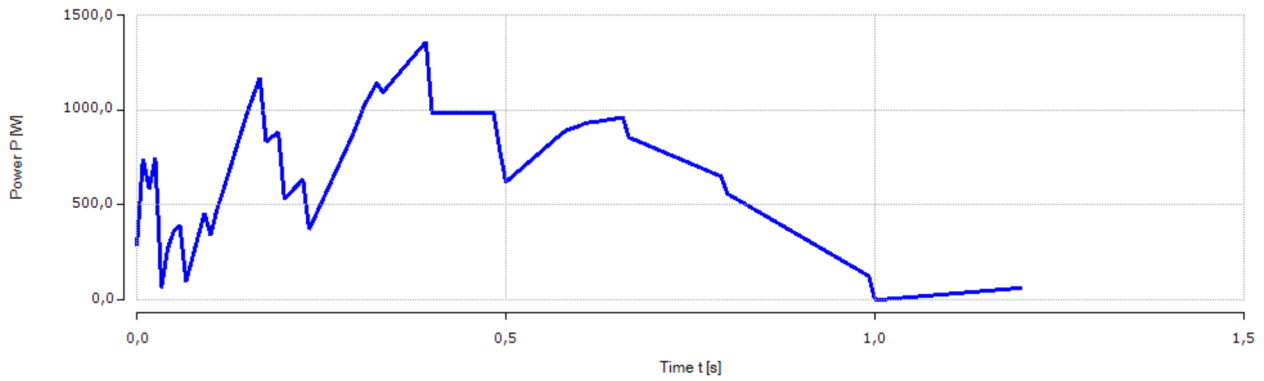
Needed power: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR



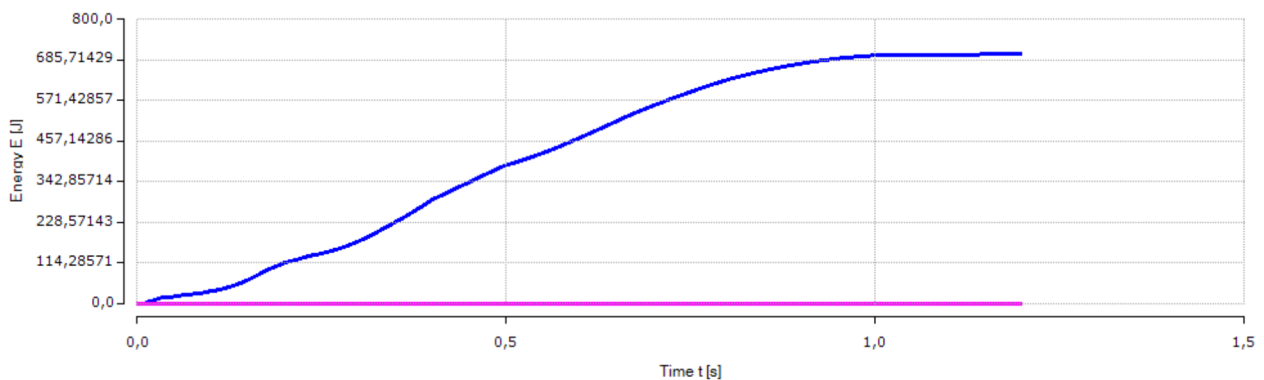
Needed power: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR



4.3. DC link power: DC link 1



— Boundaries capacitive energy — Capacitive energy



— Infeed energy — Bleeder energy

Nominal data	
Effective infeed power	13,9 kW
Maximal infeed power	27,7 kW
Effective braking power	50 W
Maximal braking power	1,1 kW
Max. braking power w.r.t. duty cycle	1,1 kW
Capacitance	945 μ F
Storable energy	182 J

Application data	
Effective needed infeed power	587 W
Maximal needed infeed power	1,36 kW
Infeed energy	704 J
Effective needed braking power	0 W
Maximal needed braking power	0 W
Brake resistance duty cycle	0
Brake energy	0 J

4.4. Infeed module: DC link 1



AX8620-0000-0000

Power Supply Module 20 A, Mains Supply Voltage 400...480 V AC

Nominal data	
Minimal rated supply voltage 1-	18 V
Rated input current 1-	10 A
Minimal rated supply voltage 1~	100 V
Rated input current 1~	5 A
Minimal rated supply voltage 3~	200 V
Rated input current 3~	20 A
Capacitance	405 µF
Peak braking power Internal 1 % duty cycle	1,1 kW
Peak braking power Internal 6 % duty cycle	410 W
Peak braking power Internal 25 % duty cycle	150 W
Peak braking power Internal 60 % duty cycle	75 W
Peak braking power Internal 100 % duty cycle	50 W
Peak braking power External	21,8 kW

Nominal data	
Maximal rated supply voltage 1-	700 V
Maximal input current 1-	30 A
Maximal rated supply voltage 1~	240 V
Maximal input current 1~	14 A
Maximal rated supply voltage 3~	480 V
Maximal input current 3~	40 A
Rated braking power Internal	50 W
Peak braking power Internal 3 % duty cycle	650 W
Peak braking power Internal 15 % duty cycle	210 W
Peak braking power Internal 40 % duty cycle	110 W
Peak braking power Internal 80 % duty cycle	56 W
Rated braking power External	1,6 kW
max DC link voltage	850 V

Documentation

http://download.beckhoff.com/download/document/motion/ax8000_ba_en.pdf

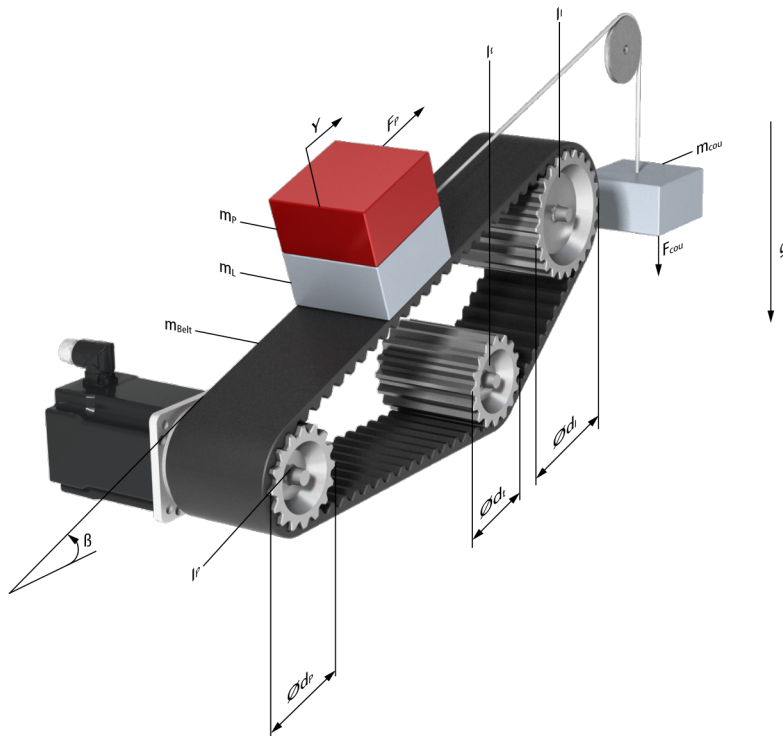
Step model

http://download.beckhoff.com/download/Technical_Drawings/Drive_Technology/step/AX8000/ax8620_ax8640_stp.zip

EPLAN Macros

http://www.beckhoff.de/default.asp?forms/eplan_macros/default.aspx?lg=de

4.5. Axis: EIXO_ARRASTO_1



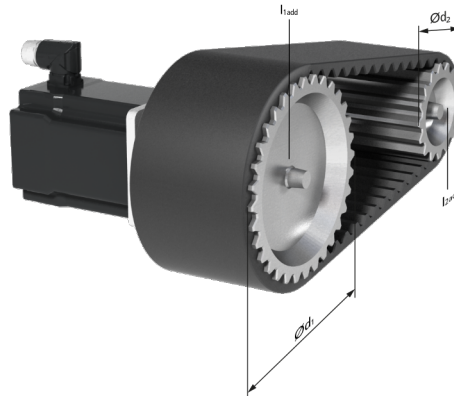
Mechanical data		
Diameter drive pulley	$[\Phi d_p]$	95 mm
Diameter idler pulley	$[\Phi d_i]$	95 mm
Diameter tensioner pulley	$[\Phi d_t]$	50 mm
Load mass	$[m_l]$	0,5 kg
Inclination	$[\beta]$	0 °
Counter mass force	$[F_{cou}]$	-245 N
Efficiency	$[\eta]$	Toothed belt
Idle torque	$[T_{idle}]$	0 Nm

Mechanical data		
Inertia drive pulley	$[I_p]$	5,2 kgcm ²
Inertia idler pulley	$[I_l]$	5,2 kgcm ²
Inertia tensioner pulley	$[I_t]$	1,6 kgcm ²
Belt mass	$[m_{belt}]$	0,5 kg
Counter mass	$[m_{cou}]$	0 kg
Friction coefficient	$[\mu]$	Slide friction steel/steel lubricated
Gravitation	$[g]$	9,81 m/s ²

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	11,9 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	201 rpm
Mean power	$[P_{eff}]$	250 W
Mean inertia	$[I_{eff}]$	38,7 kgcm ²

Application data		
Max torque	$[T_{max}]$	12,3 Nm
Max speed	$[\omega_{max}]$	302 rpm
Max power	$[P_{max}]$	384 W
Max inertia	$[I_{max}]$	38,7 kgcm ²

1. Transmission: Belt drive (Belt drive)



Mechanical data		
Motor side diameter	$[\Phi d_1]$	95 mm
Motor side inertia	$[I_{1add}]$	5,2 kgcm ²
Belt mass	$[m_{belt}]$	0,2 kg
Efficiency	$[\eta]$	Toothed belt

Mechanical data		
Load side diameter	$[\Phi d_2]$	95 mm
Load side inertia	$[I_{2add}]$	5,2 kgcm ²
Idle torque	$[T_{123}]$	0 Nm

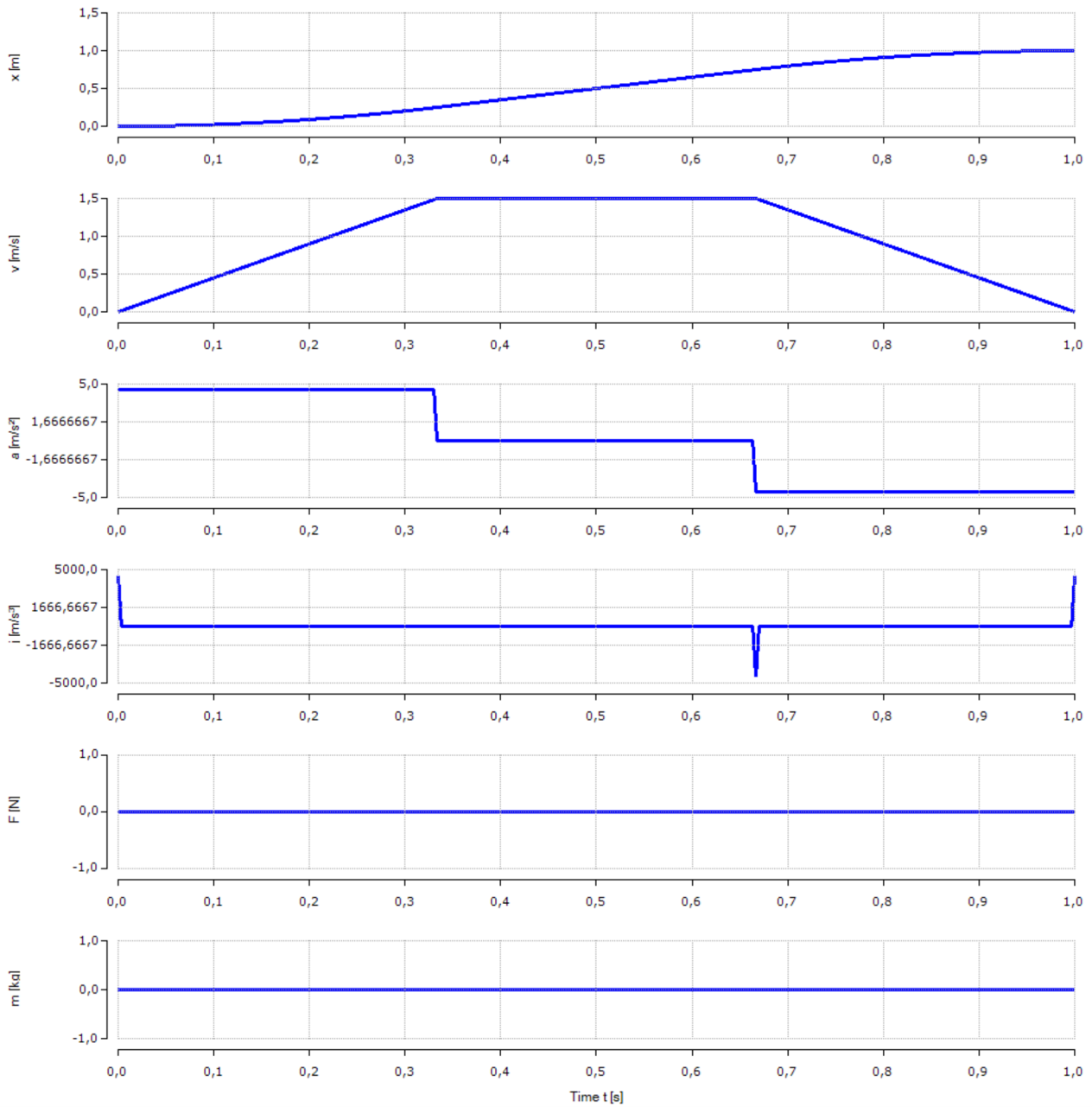
Resulting values		
Gear ratio	$[i]$	1

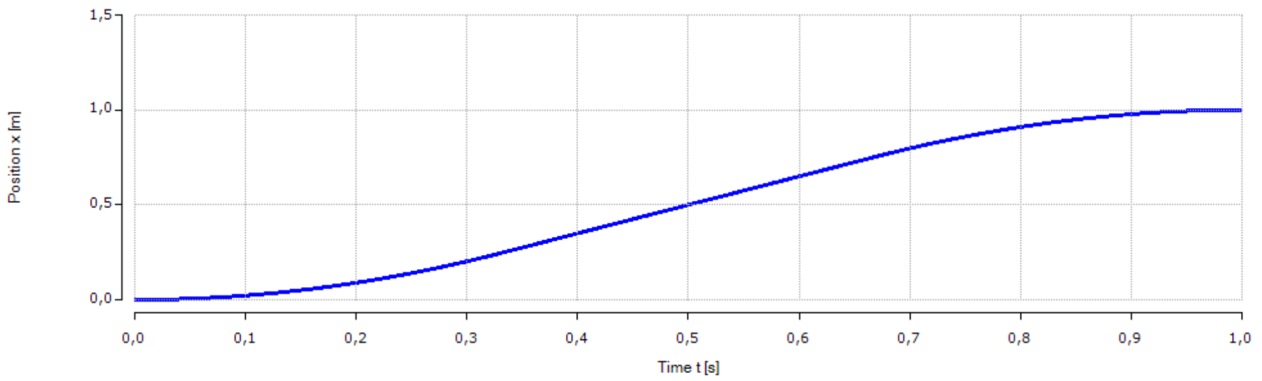
Resulting values	
Motor side inertia	9,71 kgcm ²

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	12,1 Nm
Effective torque load side	$[T_{eff}]$	11,9 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	201 rpm
Mean power	$[P_{eff}]$	256 W
Mean inertia	$[I_{eff}]$	53,6 kgcm ²

Application data		
Max torque	$[T_{max}]$	12,7 Nm
Max torque load side	$[T_{max}]$	12,3 Nm
Max speed	$[\omega_{max}]$	302 rpm
Max power	$[P_{max}]$	396 W
Max inertia	$[I_{max}]$	53,6 kgcm ²

4.5.2. Motion profile: EIXO_ARRASTO_1





1. Section: Motion section (Third rule)

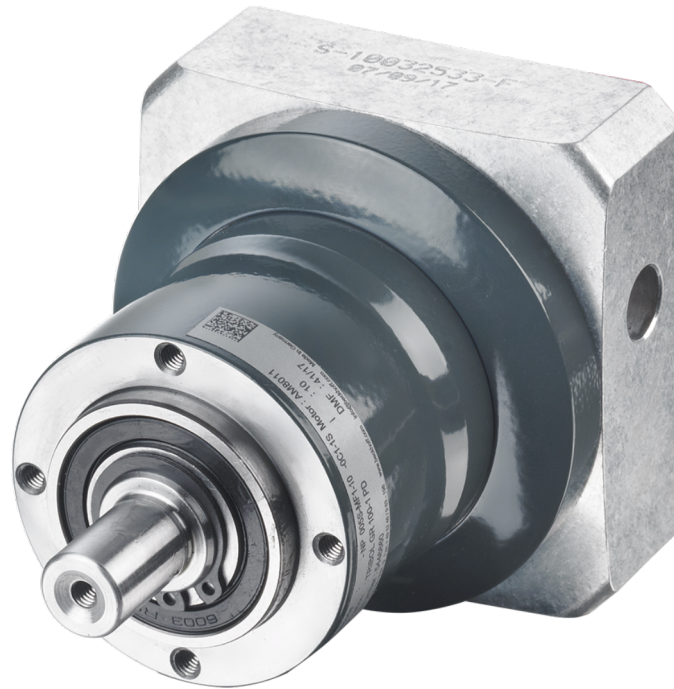
Input parameter	
Positioning mode	Absolute
Duration	1 s

Input parameter	
Position	1000 mm

Resulting values	
Starting position	0 m
Max speed	1,5 m/s
Max jerk	∞ m/s ³

Resulting values	
Distance	1 m
Max acceleration	4,5 m/s ²
Duration	1 s

4.5.3. Gearbox: EIXO_ARRASTO_1



AG3210-+NP015S-MF1-10-1C1-AM803x

Planetary gear units, $M_n = 19,00 \text{ Nm}$, $M_b = 56,00 \text{ Nm}$, Backlash $\leq 8,00 \text{ arcmin}$, $i = 10$, Please note: the axial and radial load on the shaft is not considered.

Nominal data		
Protection class		IP 64
Number of stages	[Z]	1
Nominal output torque	[T_{2n}]	19 Nm
Emergency output torque	[T_{2emerg}]	75 Nm
Motor side inertia	[I_1]	0,22 kgcm ²
Maximal motor side speed	[ω_{1max}]	8000 rpm

Nominal data		
Gear ratio	[i]	10
Efficiency	[η]	97 %
Maximal output torque	[T_{2max}]	56 Nm
Idle torque	[T_{012}]	0,1 Nm
Nominal motor side speed	[ω_{1nom}]	4300 rpm
Mass	[m]	1,9 kg

Application data		
Effective torque load side	[T_{eff}]	12,1 Nm
Max torque load side	[T_{max}]	12,7 Nm
Mean speed	[ω_{avg}]	2010 rpm
Max speed	[ω_{max}]	3016 rpm
Mean power	[P_{avg}]	284 W

Application data		
Utilization	[T_{eff}]	63,9 %
Utilization	[T_{max}]	22,6 %
Utilization	[ω_{avg}]	46,8 %
Utilization	[ω_{max}]	37,7 %
Max power	[P_{max}]	446 W

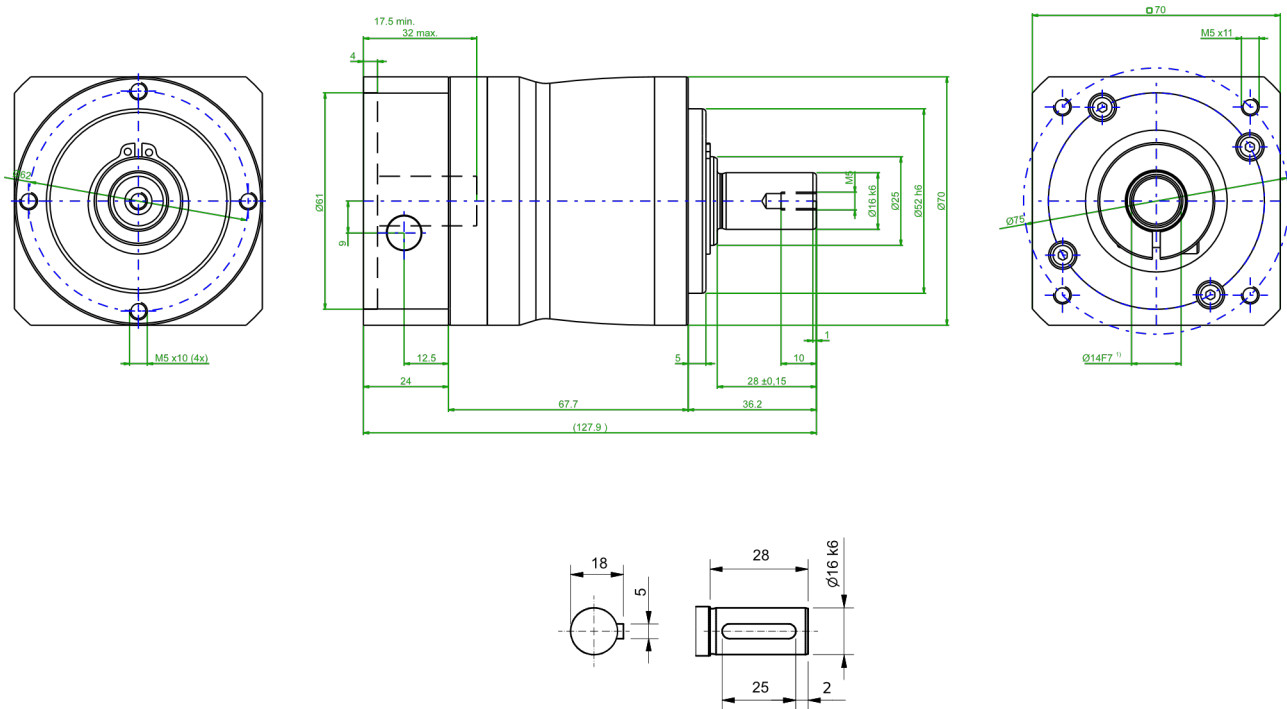
Documentation

http://download.beckhoff.com/download/document/motion/ag3210_ba_en.pdf

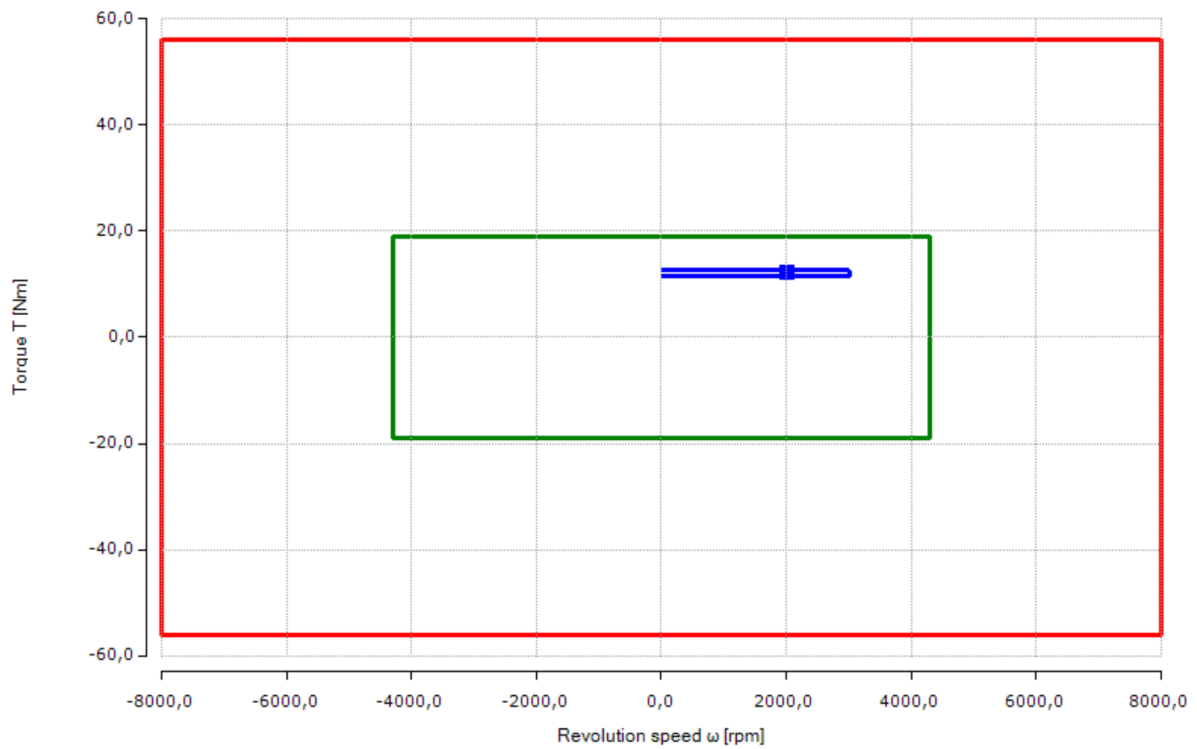
Step model

http://download.beckhoff.com/download/technical_drawings/Drive_Technology/step/ag3210/ag3210-np015s-mf1-i-1c1-f3.zip

4.5.3. Gearbox: EIXO_ARRASTO_1

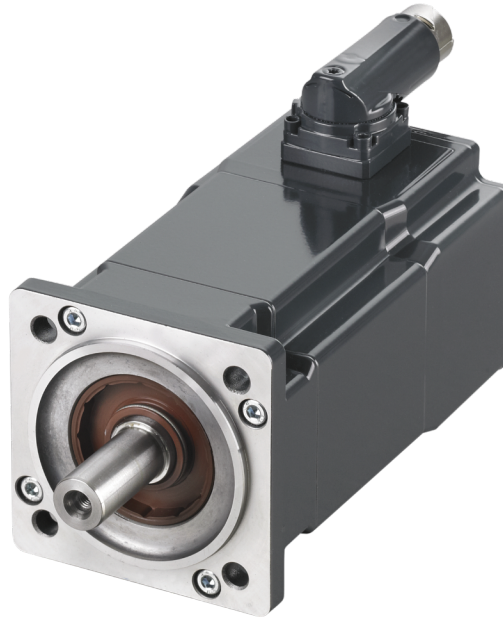


Dimension without tolerance ± 1 mm / feather key drawing not to scale



- Maximal limit curve
- Nominal limit curve
- Application curve
- Effective application point

4.5.4. Motor: EIXO_ARRASTO_1



AM8032-0E10-0000

Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), $M_0 = 2,37 \text{ Nm}$, $I_0 = 2,95 \text{ A}$, $n_n = 6000 \text{ min}^{-1}$, , OCT 18 bit singleturn, No brake
Please note: the axial and radial load on the shaft is not considered.

Nominal data		
Cooling		Convection
Standstill torque	$[T_0]$	2,37 Nm
Rated torque @ 115 V AC	$[T_{n115}]$	2,34 Nm
Rated torque @ 230 V AC	$[T_{n230}]$	2,28 Nm
Rated torque @ 400 V AC	$[T_{n400}]$	2,2 Nm
Rated torque @ 480 V AC	$[T_{n480}]$	2,1 Nm
Standstill current	$[I_0]$	2,95 A
Torque constant	$[K_t]$	0,803 Nm/A
Number of pole pairs	$[n_p]$	4
Motor length without brake	$[Y]$	154 mm

Nominal data		
Protection class		IP 54
Max torque	$[T_{max}]$	11,7 Nm
Nominal rotation speed @ 115 V AC	$[\omega_{n115}]$	1400 rpm
Nominal rotation speed @ 230 V AC	$[\omega_{n230}]$	3200 rpm
Nominal rotation speed @ 400 V AC	$[\omega_{n400}]$	6000 rpm
Nominal rotation speed @ 480 V AC	$[\omega_{n480}]$	6800 rpm
Peak current	$[I_{max}]$	17,2 A
Voltage constant	$[K_e]$	56 mV/rpm
Inertia without brake	$[J]$	0,842 kgcm ²
Motor mass without brake	$[m]$	2,4 kg

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	1,36 Nm
Max torque	$[T_{max}]$	1,51 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	2010 rpm
Max speed	$[\omega_{max}]$	3016 rpm
Mean power	$[P_{avg}]$	312 W
Mean inertia ratio	$[\lambda_{avg}]$	0,898

Application data		
Utilization	$[T_{eff}]$	58,3 %
Utilization	$[T_{max}]$	14,8 %
Utilization	$[\omega_{avg}]$	29,4 %
Utilization	$[\omega_{max}]$	44,1 %
Max power	$[P_{max}]$	505 W
Max inertia ratio	$[\lambda_{max}]$	0,898

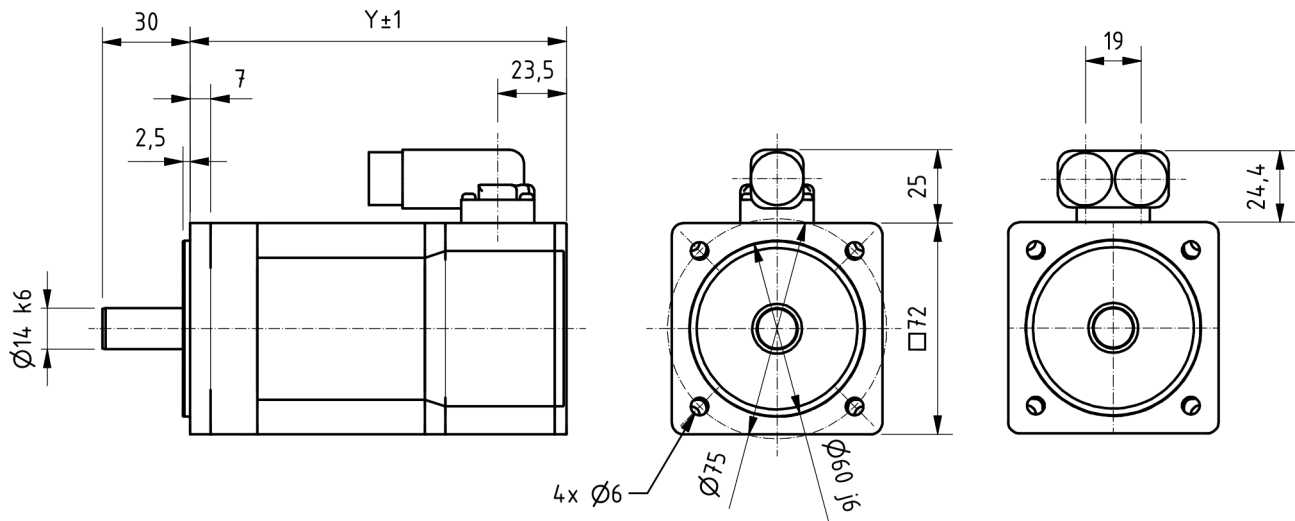
Documentation

http://download.beckhoff.com/download/document/motion/am8000_am8500_ba_en.pdf

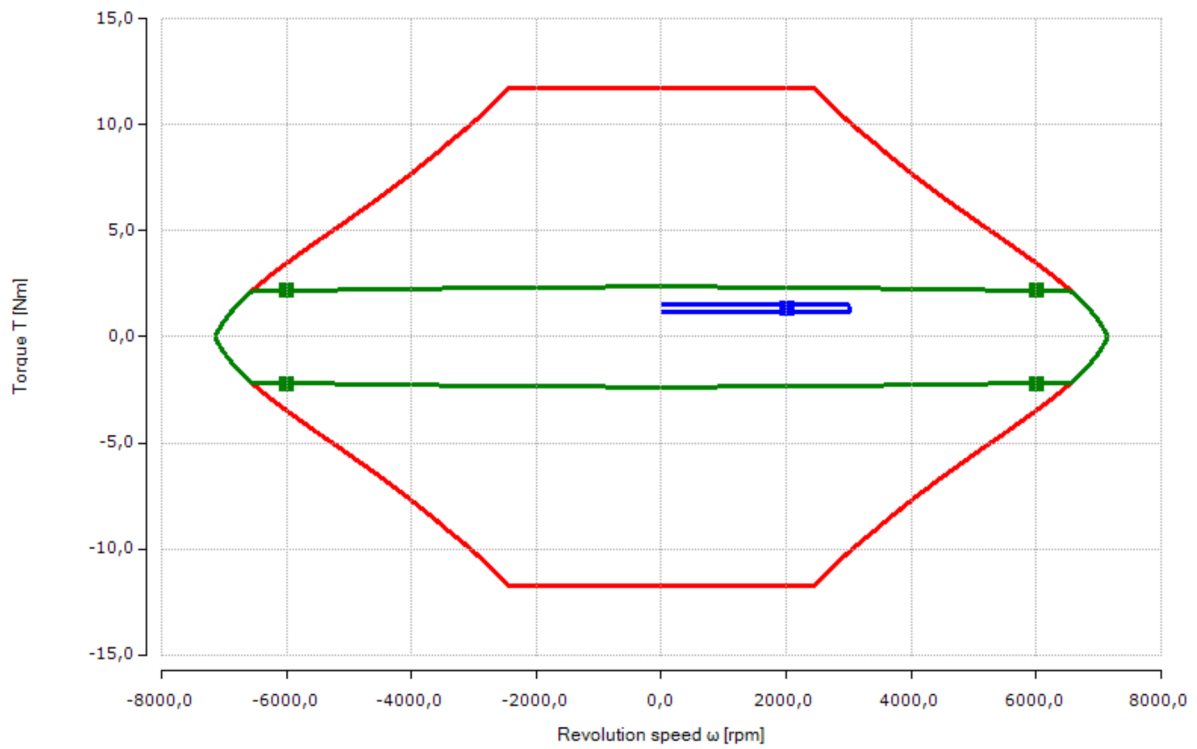
Step model

http://download.beckhoff.com/download/technical_drawings/Drive_Technology/step/AM80xx/AM8032-xx10_STP.zip

4.5.4. Motor: EIXO_ARRASTO_1



general tolerances according to DIN ISO 2768 mK



- Voltage boundary curve @ 400 V AC
- S1 characteristic curve
- Nominal point @ 400 V AC
- Application curve
- Effective application point

**AX8206-0100-0000**

Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1)

Nominal data	
Number of channels	2
Channel peak current	20 A
Device peak current	28 A

Nominal data	
Channel nominal current	6 A
Device nominal current	12 A
Capacitance	135 μ F

Application data		
Device nominal current	$[I_{d_eff}]$	1,69 A
Device peak current	$[I_{d_max}]$	1,88 A
Device average power	$[P_{d_avg}]$	312 W
Channel nominal current	$[I_{c_eff}]$	1,45 A
Channel peak current	$[I_{c_max}]$	1,61 A
Channel average power	$[P_{c_avg}]$	312 W

Application data		
Utilization	$[I_{d_eff}]$	14,1 %
Utilization	$[I_{d_max}]$	6,7 %
Device peak power	$[P_{d_max}]$	505 W
Utilization	$[I_{c_eff}]$	24,2 %
Utilization	$[I_{c_max}]$	8,05 %
Channel peak power	$[P_{c_max}]$	505 W

Documentation

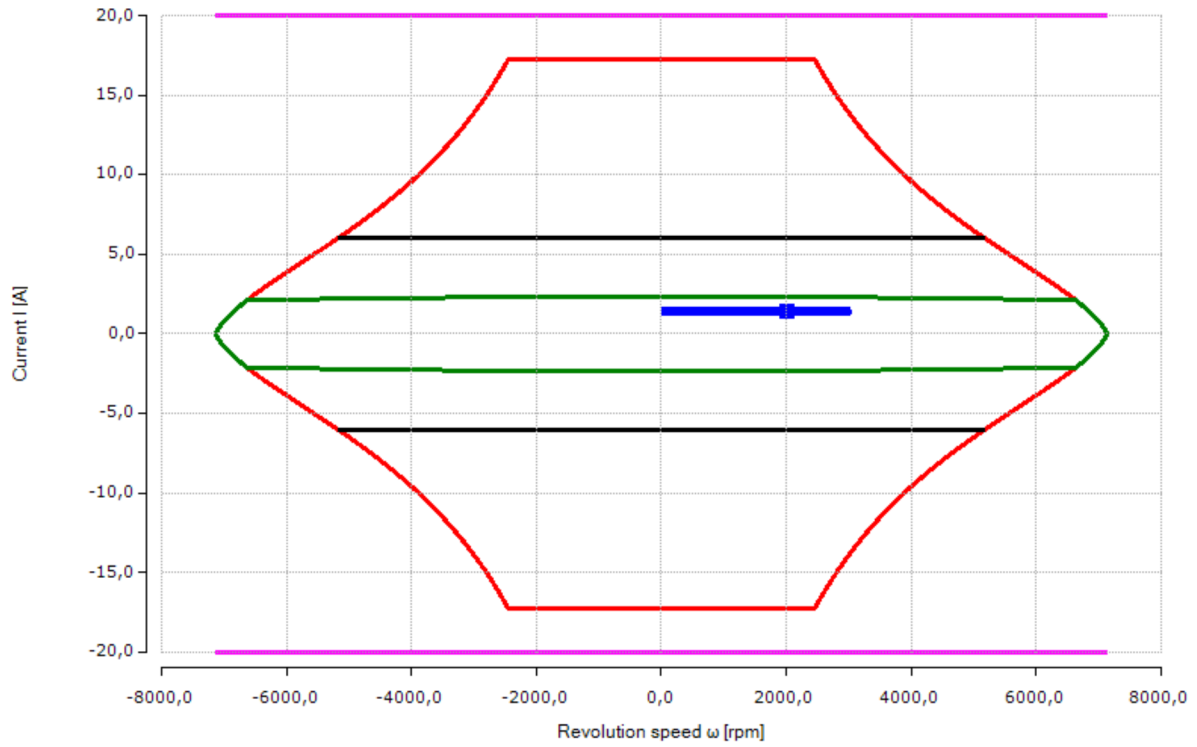
http://download.beckhoff.com/download/document/motion/AX8000_ba_en.pdf

Step model

http://download.beckhoff.com/download/Technical_Drawings/Drive_Technology/step/AX8000/ax8108_ax8118_ax8206_stp.zip

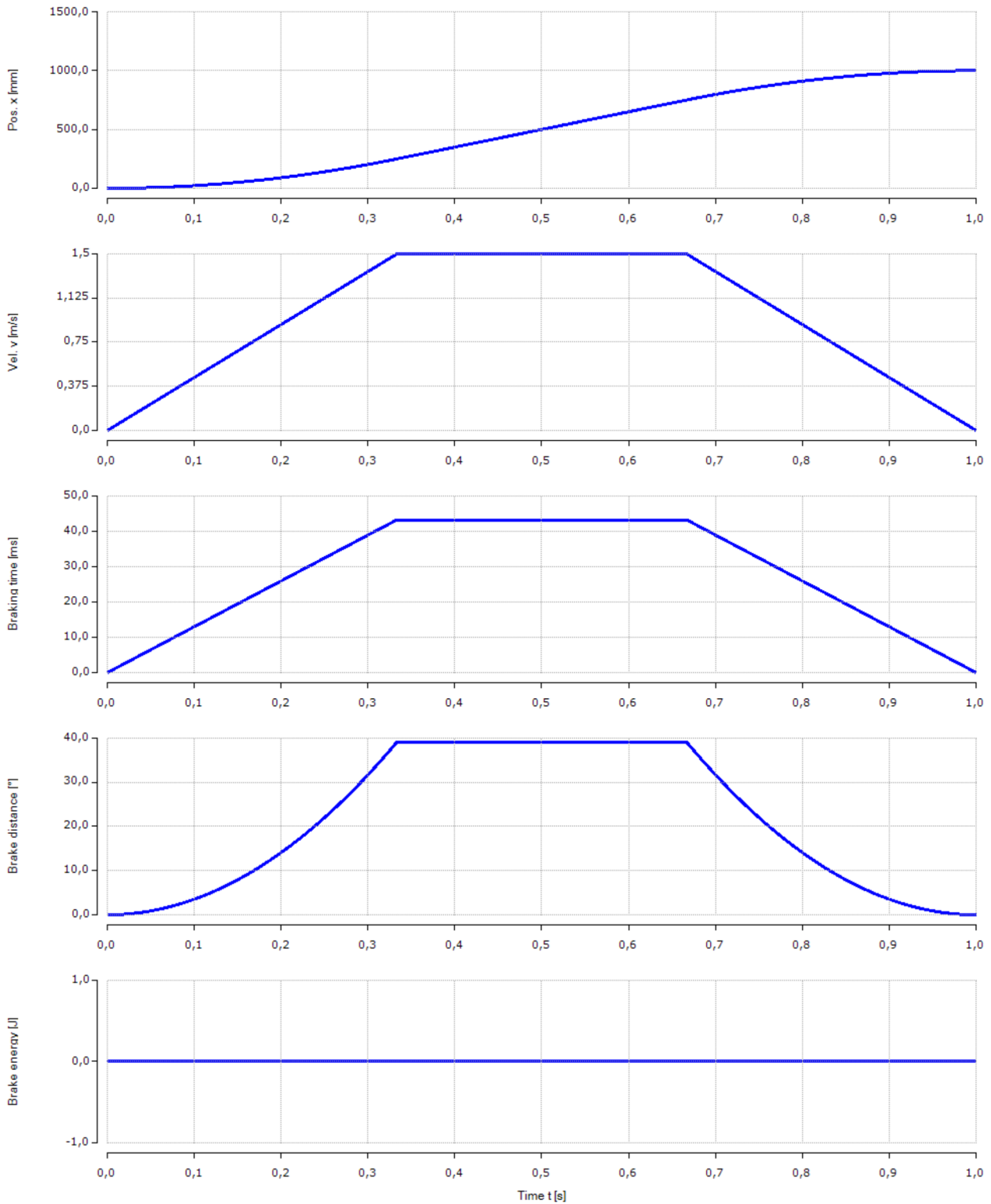
EPLAN Macros

http://www.beckhoff.de/default.asp?forms/eplan_macros/default.aspx?lg=de



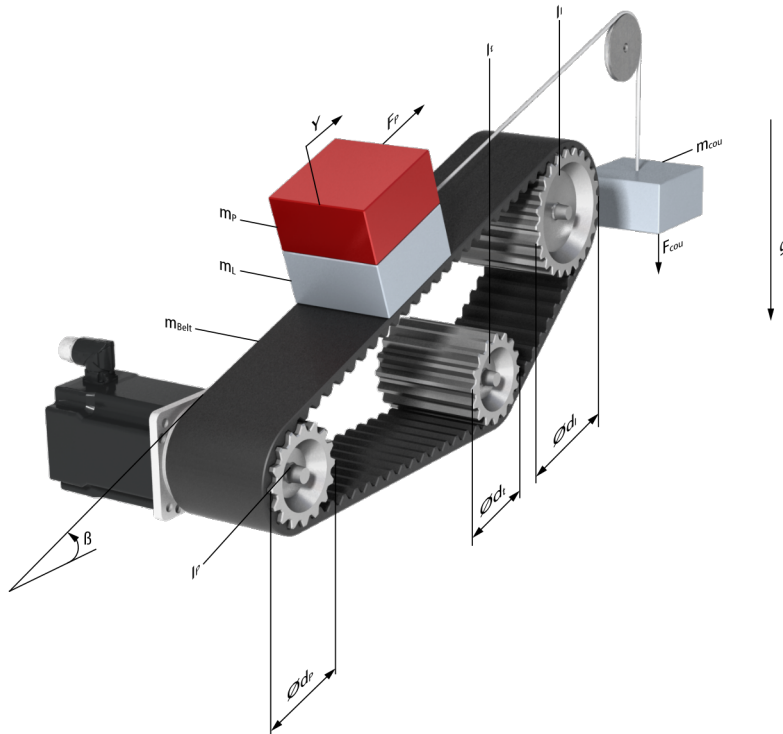
- Voltage boundary curve
 - Drive peak current
- S1 characteristic curve motor
 - Application curve
- Drive nominal current
 - Effective application point

4.5.6. Emergency brake investigation: EIXO_ARRASTO_1



Resulting values		
Emergency braking torque	$[T_b]$	0 Nm
Maximal braking distance load shaft	$[\theta_{bShaft}]$	39,2 °
Braking time	$[t_b]$	43,3 ms

Resulting values		
Maximal braking distance load	$[x_b]$	32,5 mm
Maximal braking distance motor	$[\theta_{bMot}]$	1,09 rev
Maximal braking energy	$[E_b]$	0 J



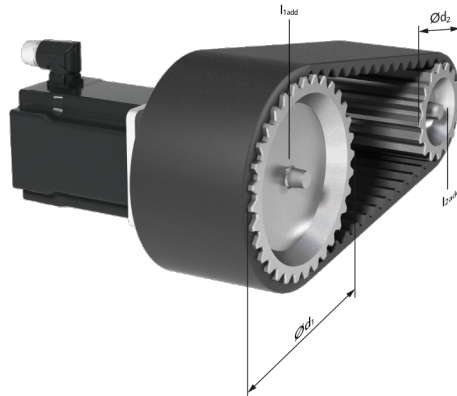
Mechanical data		
Diameter drive pulley	$[\Phi d_p]$	95 mm
Diameter idler pulley	$[\Phi d_i]$	95 mm
Diameter tensioner pulley	$[\Phi d_t]$	50 mm
Load mass	$[m_l]$	0,5 kg
Inclination	$[\beta]$	0 °
Counter mass force	$[F_{cou}]$	-245 N
Efficiency	$[\eta]$	Toothed belt
Idle torque	$[T_{idle}]$	0 Nm

Mechanical data		
Inertia drive pulley	$[I_p]$	5,2 kgcm ²
Inertia idler pulley	$[I_l]$	5,2 kgcm ²
Inertia tensioner pulley	$[I_t]$	1,6 kgcm ²
Belt mass	$[m_{belt}]$	0,5 kg
Counter mass	$[m_{cou}]$	0 kg
Friction coefficient	$[\mu]$	Slide friction steel/steel lubricated
Gravitation	$[g]$	9,81 m/s ²

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	11,9 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	201 rpm
Mean power	$[P_{eff}]$	250 W
Mean inertia	$[I_{eff}]$	38,7 kgcm ²

Application data		
Max torque	$[T_{max}]$	12,3 Nm
Max speed	$[\omega_{max}]$	302 rpm
Max power	$[P_{max}]$	384 W
Max inertia	$[I_{max}]$	38,7 kgcm ²

1. Transmission: Belt drive (Belt drive)



Mechanical data		
Motor side diameter	$[\Phi d_1]$	95 mm
Motor side inertia	$[I_{1add}]$	5,2 kgcm ²
Belt mass	$[m_{belt}]$	0,2 kg
Efficiency	$[\eta]$	Toothed belt

Mechanical data		
Load side diameter	$[\Phi d_2]$	95 mm
Load side inertia	$[I_{2add}]$	5,2 kgcm ²
Idle torque	$[T_{123}]$	0 Nm

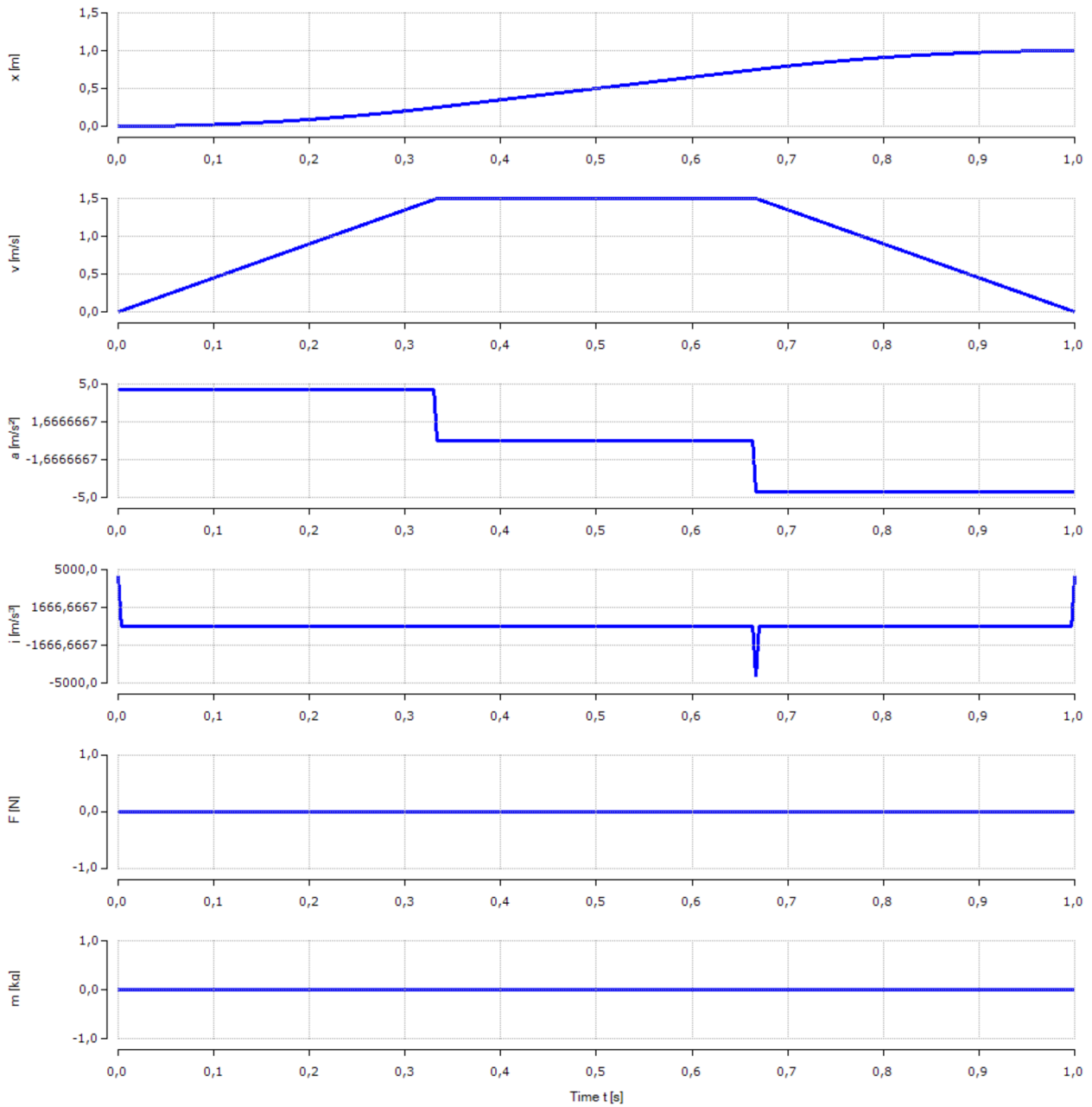
Resulting values		
Gear ratio	$[i]$	1

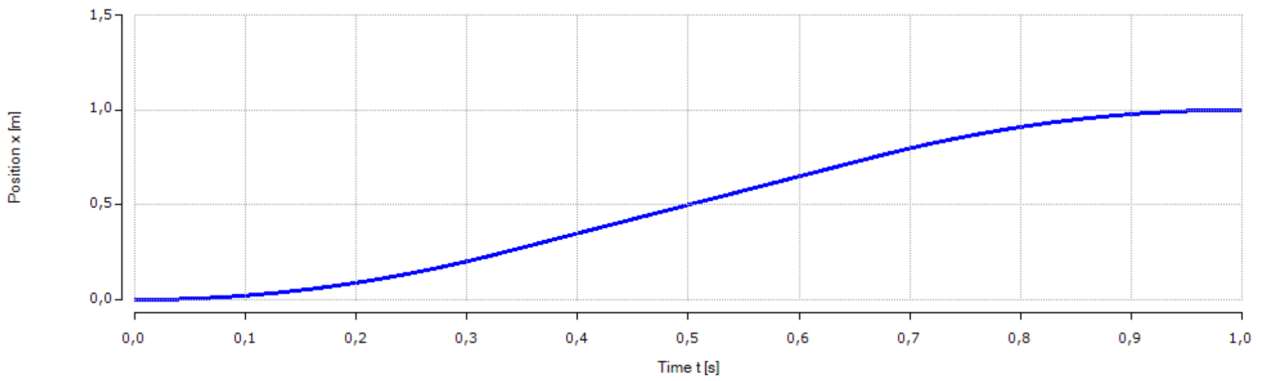
Resulting values	
Motor side inertia	9,71 kgcm ²

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	12,1 Nm
Effective torque load side	$[T_{eff}]$	11,9 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	201 rpm
Mean power	$[P_{eff}]$	256 W
Mean inertia	$[I_{eff}]$	53,6 kgcm ²

Application data		
Max torque	$[T_{max}]$	12,7 Nm
Max torque load side	$[T_{max}]$	12,3 Nm
Max speed	$[\omega_{max}]$	302 rpm
Max power	$[P_{max}]$	396 W
Max inertia	$[I_{max}]$	53,6 kgcm ²

4.6.2. Motion profile: EIXO_ARRASTO_2





1. Section: Motion section (Third rule)

Input parameter	
Positioning mode	Absolute
Duration	1 s

Input parameter	
Position	1000 mm

Resulting values	
Starting position	0 m
Max speed	1,5 m/s
Max jerk	∞ m/s ³

Resulting values	
Distance	1 m
Max acceleration	4,5 m/s ²
Duration	1 s

4.6.3. Gearbox: EIXO_ARRASTO_2



AG3210-+NP015S-MF1-10-1C1-AM803x

Planetary gear units, $M_n = 19,00 \text{ Nm}$, $M_b = 56,00 \text{ Nm}$, Backlash $\leq 8,00 \text{ arcmin}$, $i = 10$, Please note: the axial and radial load on the shaft is not considered.

Nominal data		
Protection class		IP 64
Number of stages	[Z]	1
Nominal output torque	[T_{2n}]	19 Nm
Emergency output torque	[T_{2emerg}]	75 Nm
Motor side inertia	[I_1]	0,22 kgcm ²
Maximal motor side speed	[ω_{1max}]	8000 rpm

Nominal data		
Gear ratio	[i]	10
Efficiency	[η]	97 %
Maximal output torque	[T_{2max}]	56 Nm
Idle torque	[T_{012}]	0,1 Nm
Nominal motor side speed	[ω_{1nom}]	4300 rpm
Mass	[m]	1,9 kg

Application data		
Effective torque load side	[T_{eff}]	12,1 Nm
Max torque load side	[T_{max}]	12,7 Nm
Mean speed	[ω_{avg}]	2010 rpm
Max speed	[ω_{max}]	3016 rpm
Mean power	[P_{avg}]	284 W

Application data		
Utilization	[T_{eff}]	63,9 %
Utilization	[T_{max}]	22,6 %
Utilization	[ω_{avg}]	46,8 %
Utilization	[ω_{max}]	37,7 %
Max power	[P_{max}]	446 W

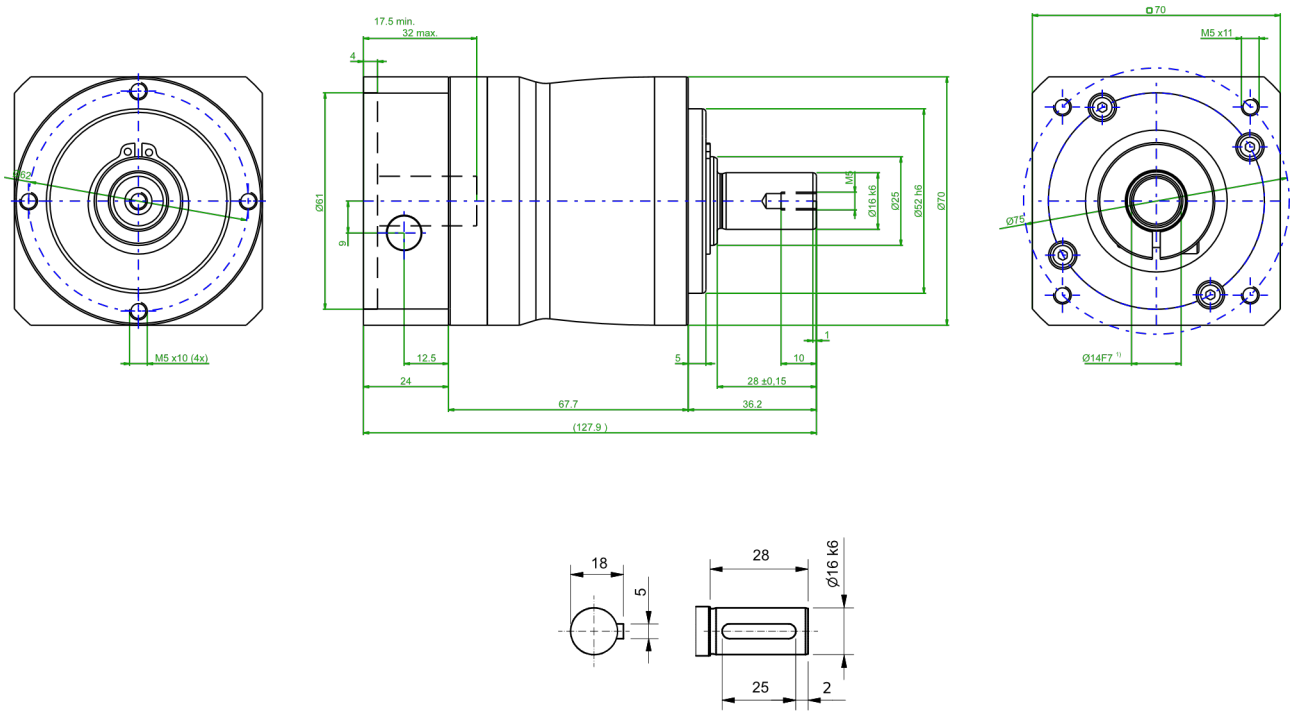
Documentation

http://download.beckhoff.com/download/document/motion/ag3210_ba_en.pdf

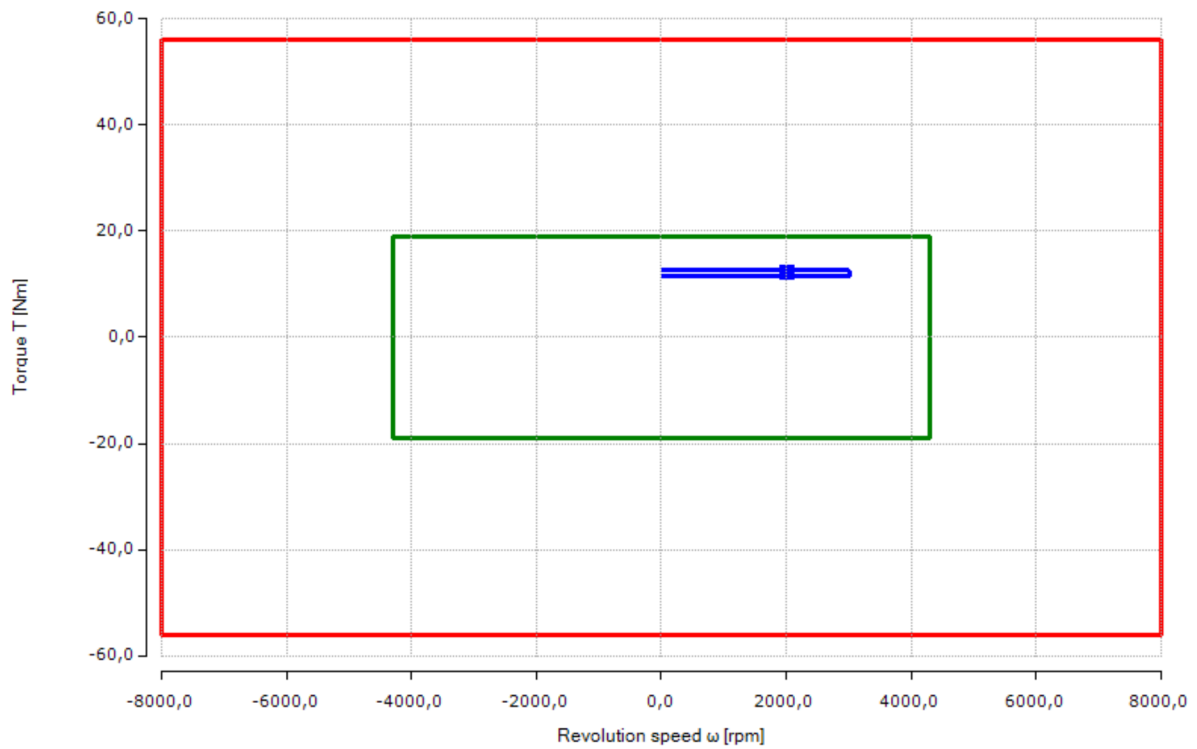
Step model

http://download.beckhoff.com/download/technical_drawings/Drive_Technology/step/ag3210/ag3210-np015s-mf1-i-1c1-f3.zip

4.6.3. Gearbox: EIXO_ARRASTO_2

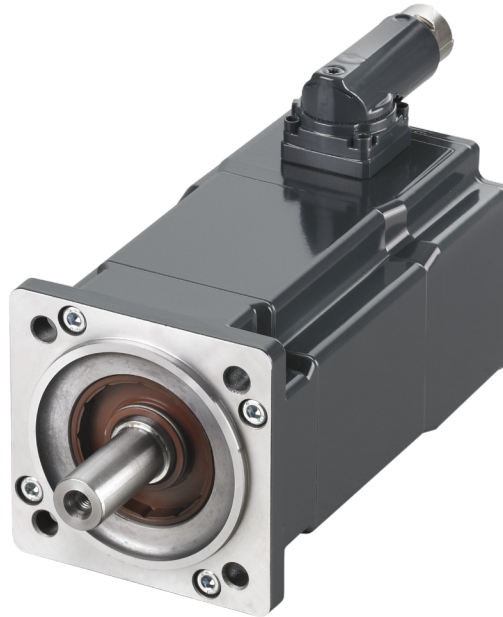


Dimension without tolerance ± 1 mm / feather key drawing not to scale



- Maximal limit curve
- Nominal limit curve
- Application curve
- Effective application point

4.6.4. Motor: EIXO_ARRASTO_2



AM8032-0E10-0000

Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), $M_0 = 2,37 \text{ Nm}$, $I_0 = 2,95 \text{ A}$, $n_n = 6000 \text{ min}^{-1}$, , OCT 18 bit singleturn, No brake
Please note: the axial and radial load on the shaft is not considered.

Nominal data		
Cooling		Convection
Standstill torque	$[T_0]$	2,37 Nm
Rated torque @ 115 V AC	$[T_{n115}]$	2,34 Nm
Rated torque @ 230 V AC	$[T_{n230}]$	2,28 Nm
Rated torque @ 400 V AC	$[T_{n400}]$	2,2 Nm
Rated torque @ 480 V AC	$[T_{n480}]$	2,1 Nm
Standstill current	$[I_0]$	2,95 A
Torque constant	$[K_t]$	0,803 Nm/A
Number of pole pairs	$[n_p]$	4
Motor length without brake	$[Y]$	154 mm

Nominal data		
Protection class		IP 54
Max torque	$[T_{max}]$	11,7 Nm
Nominal rotation speed @ 115 V AC	$[\omega_{n115}]$	1400 rpm
Nominal rotation speed @ 230 V AC	$[\omega_{n230}]$	3200 rpm
Nominal rotation speed @ 400 V AC	$[\omega_{n400}]$	6000 rpm
Nominal rotation speed @ 480 V AC	$[\omega_{n480}]$	6800 rpm
Peak current	$[I_{max}]$	17,2 A
Voltage constant	$[K_e]$	56 mV/rpm
Inertia without brake	$[J]$	0,842 kgcm ²
Motor mass without brake	$[m]$	2,4 kg

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	1,36 Nm
Max torque	$[T_{max}]$	1,51 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	2010 rpm
Max speed	$[\omega_{max}]$	3016 rpm
Mean power	$[P_{avg}]$	312 W
Mean inertia ratio	$[\lambda_{avg}]$	0,898

Application data		
Utilization	$[T_{eff}]$	58,3 %
Utilization	$[T_{max}]$	14,8 %
Utilization	$[\omega_{avg}]$	29,4 %
Utilization	$[\omega_{max}]$	44,1 %
Max power	$[P_{max}]$	505 W
Max inertia ratio	$[\lambda_{max}]$	0,898

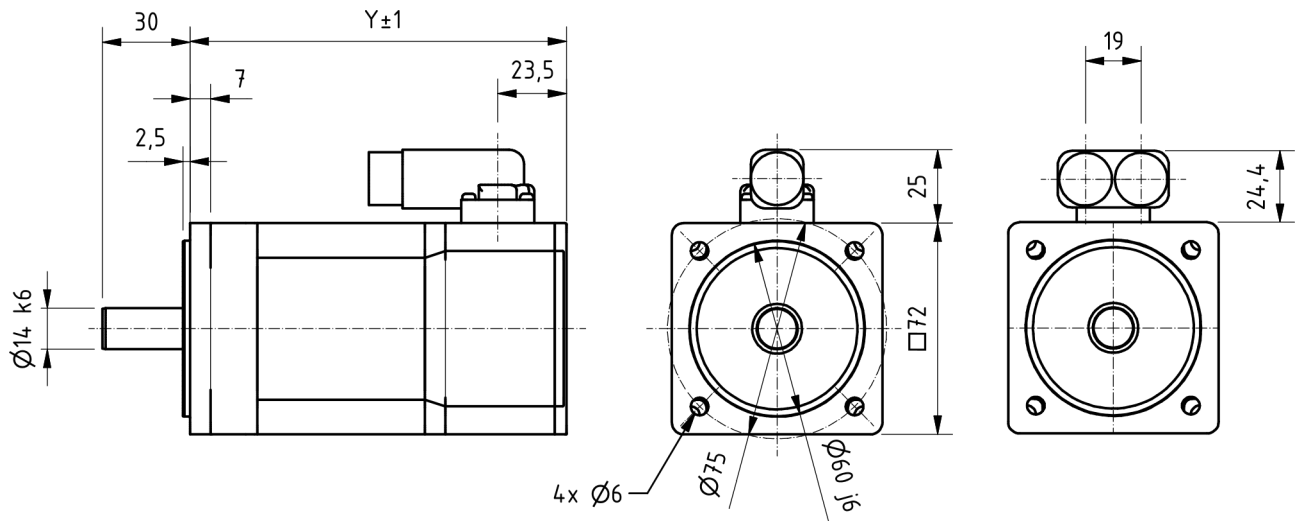
Documentation

http://download.beckhoff.com/download/document/motion/am8000_am8500_ba_en.pdf

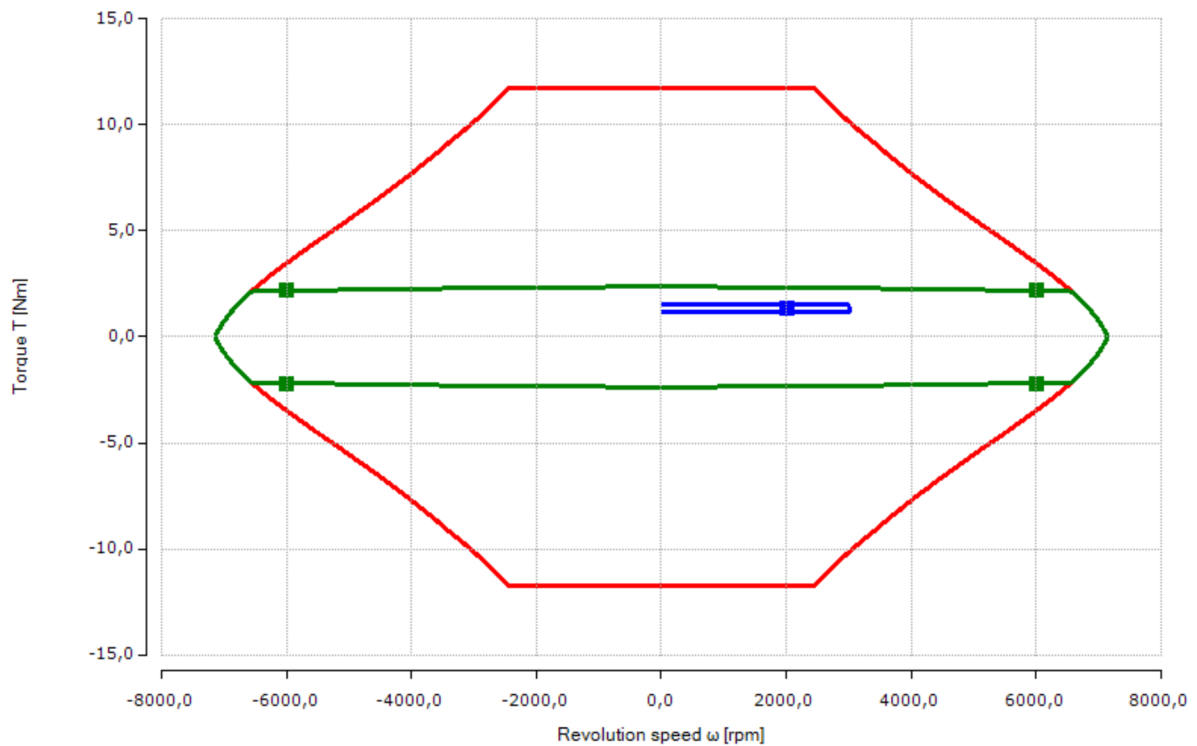
Step model

http://download.beckhoff.com/download/technical_drawings/Drive_Technology/step/AM80xx/AM8032-xx10_STP.zip

4.6.4. Motor: EIXO_ARRASTO_2



general tolerances according to DIN ISO 2768 mK



- Voltage boundary curve @ 400 V AC
- S1 characteristic curve
- Nominal point @ 400 V AC
- Application curve
- Effective application point

4.6.5. Drive: EIXO_ARRASTO_2



AX8206-0100-0000

Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1)

Nominal data	
Number of channels	2
Channel peak current	20 A
Device peak current	28 A

Nominal data	
Channel nominal current	6 A
Device nominal current	12 A
Capacitance	135 μ F

Application data		
Device nominal current	$[I_{d_eff}]$	1,69 A
Device peak current	$[I_{d_max}]$	1,88 A
Device average power	$[P_{d_avg}]$	312 W
Channel nominal current	$[I_{c_eff}]$	1,45 A
Channel peak current	$[I_{c_max}]$	1,61 A
Channel average power	$[P_{c_avg}]$	312 W

Application data		
Utilization	$[I_{d_eff}]$	14,1 %
Utilization	$[I_{d_max}]$	6,7 %
Device peak power	$[P_{d_max}]$	505 W
Utilization	$[I_{c_eff}]$	24,2 %
Utilization	$[I_{c_max}]$	8,05 %
Channel peak power	$[P_{c_max}]$	505 W

Documentation

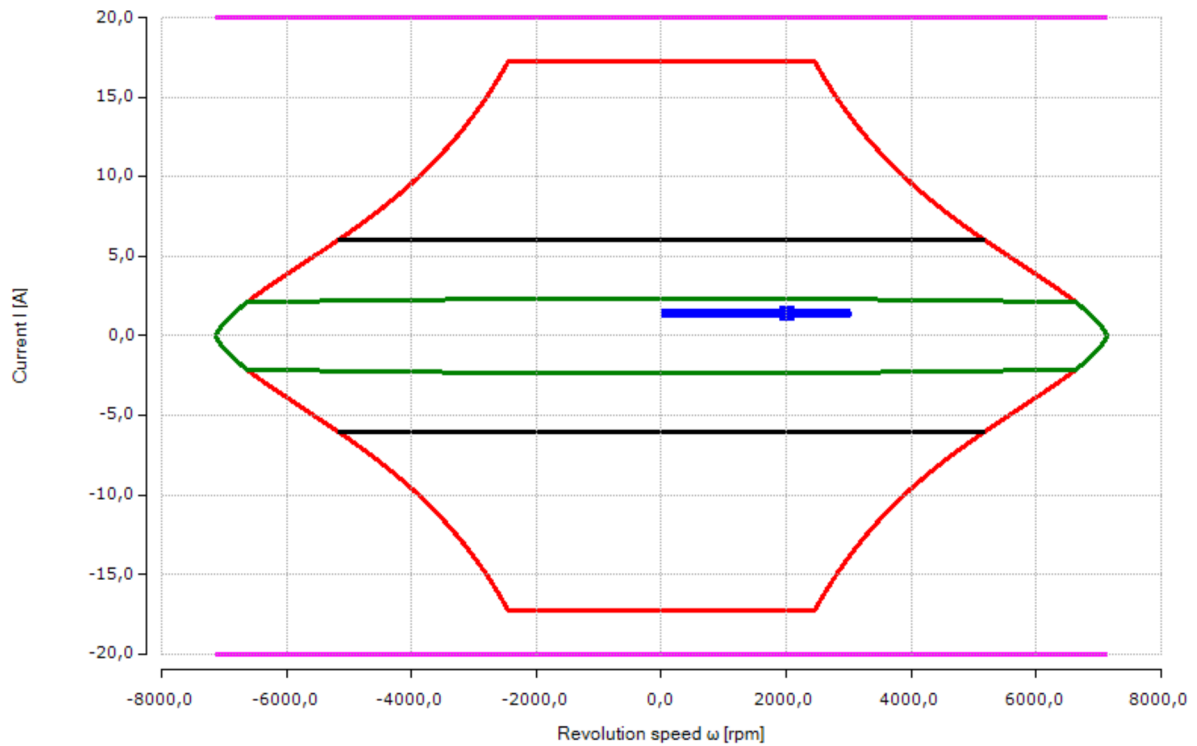
http://download.beckhoff.com/download/document/motion/AX8000_ba_en.pdf

Step model

http://download.beckhoff.com/download/Technical_Drawings/Drive_Technology/step/AX8000/ax8108_ax8118_ax8206_stp.zip

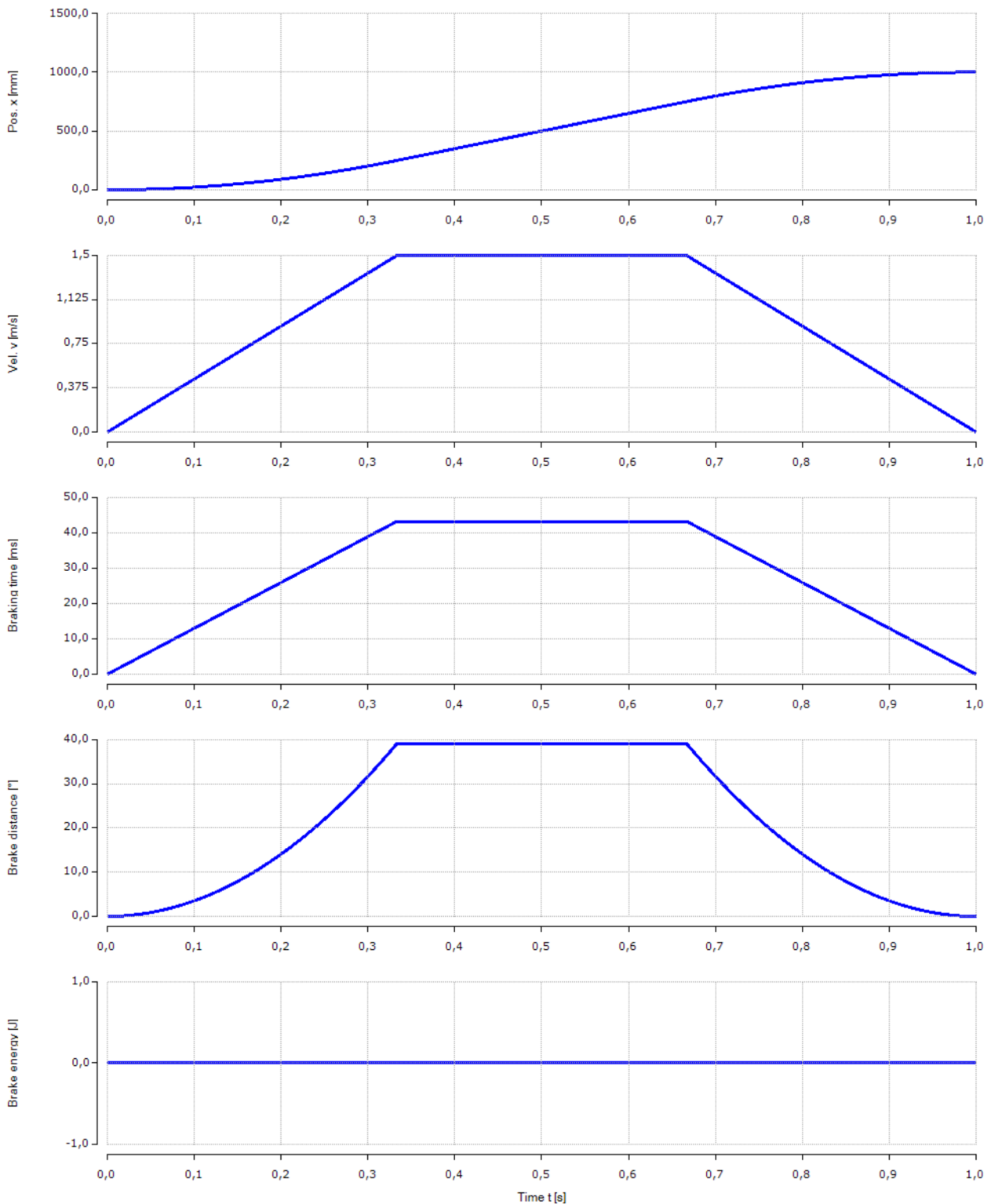
EPLAN Macros

http://www.beckhoff.de/default.asp?forms/eplan_macros/default.aspx?lg=de



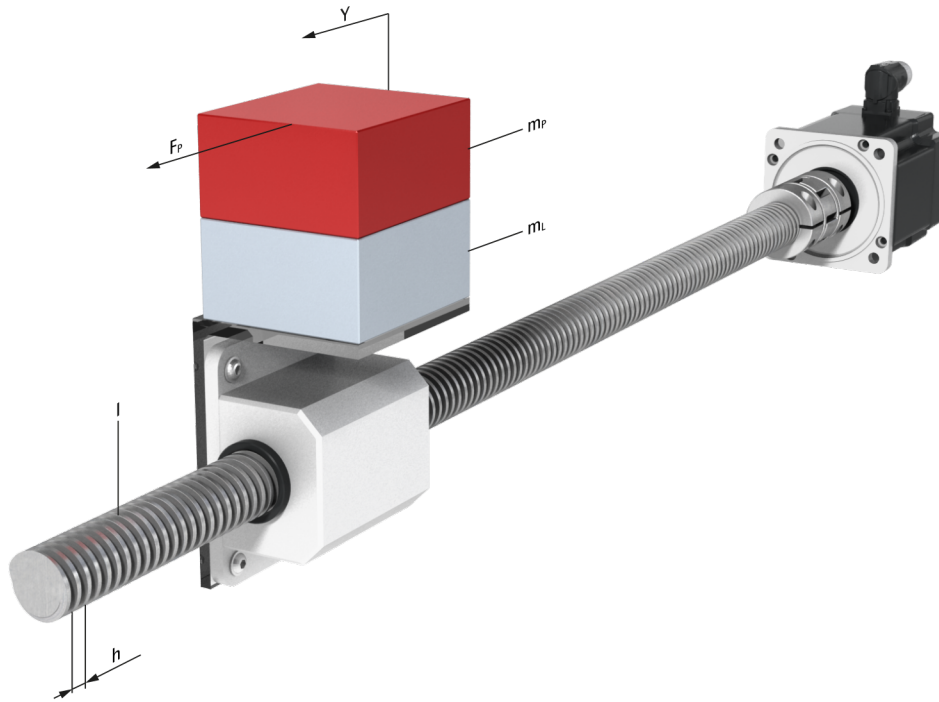
- Voltage boundary curve
 - Drive peak current
- S1 characteristic curve motor
 - Application curve
- Drive nominal current
 - Effective application point

4.6.6. Emergency brake investigation: EIXO_ARRASTO_2



Resulting values		
Emergency braking torque	$[T_b]$	0 Nm
Maximal braking distance load shaft	$[\theta_{bShaft}]$	39,2 °
Braking time	$[t_b]$	43,3 ms

Resulting values		
Maximal braking distance load	$[x_b]$	32,5 mm
Maximal braking distance motor	$[\theta_{bMot}]$	1,09 rev
Maximal braking energy	$[E_b]$	0 J



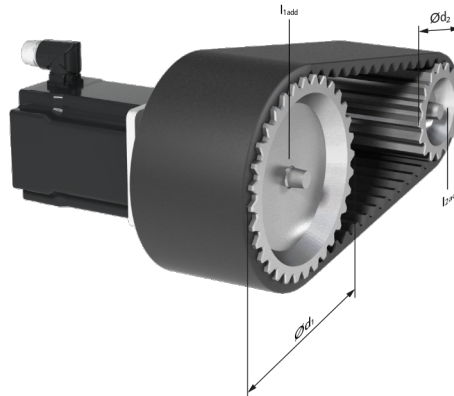
Mechanical data		
Thread lead	[h]	10 mm
Load mass	[m _L]	20 kg
Efficiency	[η]	Ball screw

Mechanical data		
Inertia spindle	[J]	0,0393 kgcm ²
Friction coefficient	[μ]	Slide friction steel/steel lubricated
Idle torque	[T _{idle}]	0 Nm

Application data		
Effective torque	[T _{eff}]	0,393 Nm
Mean speed	[ω _{avg}]	2262 rpm
Mean power	[P _{eff}]	60,5 W
Mean inertia	[I _{eff}]	0,546 kgcm ²

Application data		
Max torque	[T _{max}]	0,896 Nm
Max speed	[ω _{max}]	3600 rpm
Max power	[P _{max}]	338 W
Max inertia	[I _{max}]	0,546 kgcm ²

1. Transmission: Belt drive (Belt drive)



Mechanical data		
Motor side diameter	$[\Phi d_1]$	100 mm
Motor side inertia	$[I_{1add}]$	0 kgcm ²
Belt mass	$[m_{belt}]$	0 kg
Efficiency	$[\eta]$	100 %

Mechanical data		
Load side diameter	$[\Phi d_2]$	100 mm
Load side inertia	$[I_{2add}]$	0 kgcm ²
Idle torque	$[T_{123}]$	0 Nm

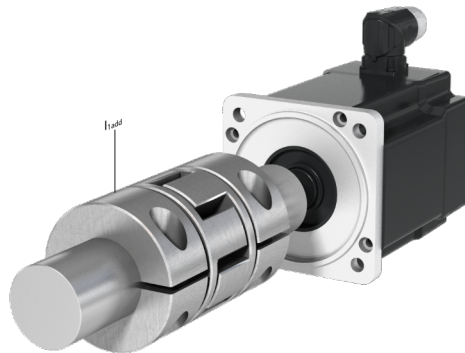
Resulting values		
Gear ratio	$[i]$	1

Resulting values		
Motor side inertia		0 kgm ²

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	0,393 Nm
Effective torque load side	$[T_{eff}]$	0,393 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	2262 rpm
Mean power	$[P_{eff}]$	60,5 W
Mean inertia	$[I_{eff}]$	0,546 kgcm ²

Application data		
Max torque	$[T_{max}]$	0,896 Nm
Max torque load side	$[T_{max}]$	0,896 Nm
Max speed	$[\omega_{max}]$	3600 rpm
Max power	$[P_{max}]$	338 W
Max inertia	$[I_{max}]$	0,546 kgcm ²

2. Transmission: Clutch (Clutch)



Mechanical data		
Inertia	$[I_{add}]$	0,0827 kgcm ²

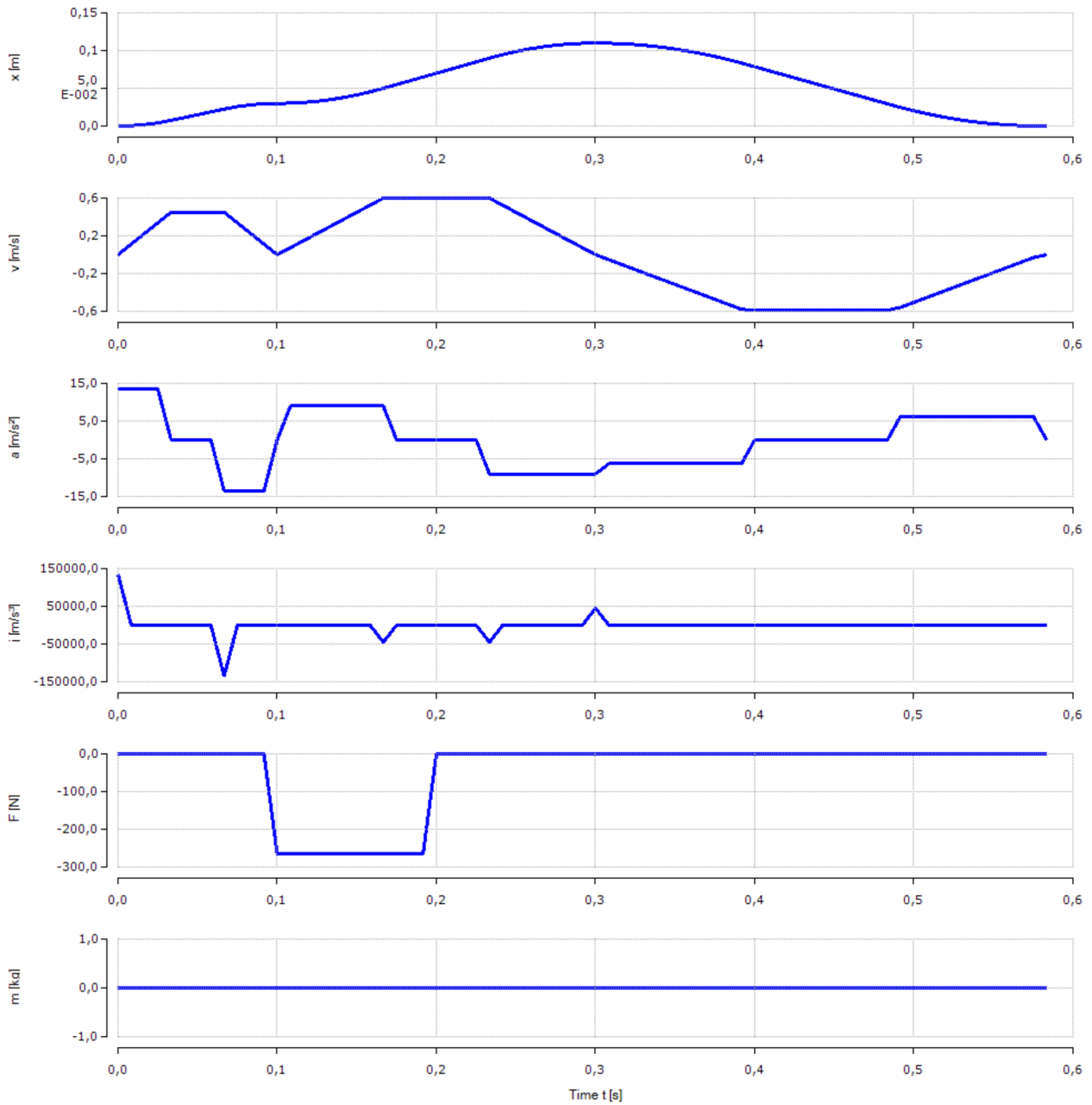
Resulting values		
Gear ratio	$[i]$	1

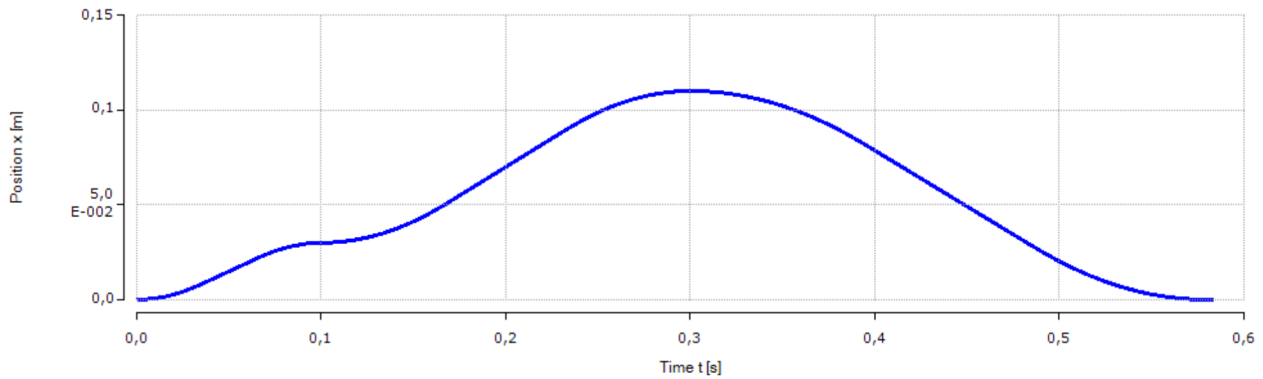
Resulting values	
Motor side inertia	0,0827 kgcm ²

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	0,424 Nm
Effective torque load side	$[T_{eff}]$	0,393 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	2262 rpm
Mean power	$[P_{eff}]$	65,8 W
Mean inertia	$[I_{eff}]$	0,629 kgcm ²

Application data		
Max torque	$[T_{max}]$	0,943 Nm
Max torque load side	$[T_{max}]$	0,896 Nm
Max speed	$[\omega_{max}]$	3600 rpm
Max power	$[P_{max}]$	355 W
Max inertia	$[I_{max}]$	0,629 kgcm ²

4.7.2. Motion profile: EIXO_DECAPAGEM





1. Section: PRE-DECAPAGEM (Third rule)

Input parameter	
Positioning mode	Absolute
Duration	0,1 s

Input parameter	
Position	30 mm

Resulting values	
Starting position	0 m
Max speed	1,62 km/h
Max jerk	∞ m/s ³

Resulting values	
Distance	30 mm
Max acceleration	13,5 m/s ²
Duration	100 ms

2. Section: DECAPAGEM (Third rule)

Input parameter	
Positioning mode	Relative
Duration	0,2 s

Input parameter	
Position	80 mm

Resulting values	
Starting position	30 mm
Max speed	2,16 km/h
Max jerk	∞ m/s ³

Resulting values	
Distance	80 mm
Max acceleration	9 m/s ²
Duration	200 ms

3. Section: RETORNO (Third rule)

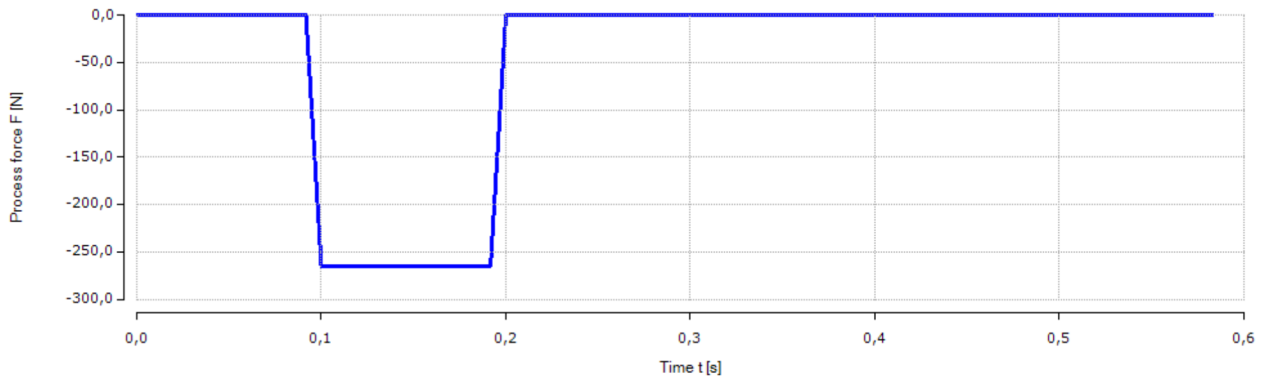
Input parameter	
Positioning mode	Absolute
Duration	0,28 s

Input parameter	
Position	0 mm

Resulting values	
Starting position	110 mm
Max speed	2,12 km/h
Max jerk	∞ m/s ³

Resulting values	
Distance	-110 mm
Max acceleration	6,31 m/s ²
Duration	280 ms

4.7.2. Motion profile: EIXO_DECAPAGEM



1. Section: Force section (Force function section)

Input parameter	
Force	0 N

Input parameter	
Duration	0,1 s

2. Section: DECAPAGEM (Force function section)

Input parameter	
Force	-265 N

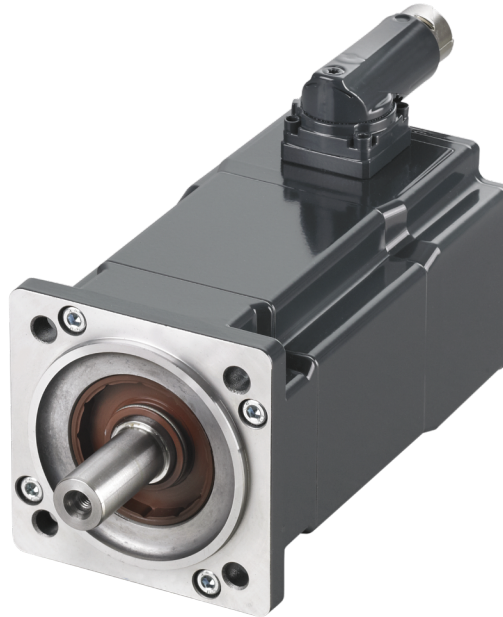
Input parameter	
Duration	0,1 s

3. Section: Force section (Force function section)

Input parameter	
Force	0 N

Input parameter	
Duration	0,38 s

4.7.3. Motor: EIXO_DECAPAGEM



AM8032-1E20-0000

Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), $M_0 = 2,37 \text{ Nm}$, $I_0 = 2,95 \text{ A}$, $n_n = 6000 \text{ min}^{-1}$, , OCT 18 bit multiturn, No brake
Please note: the axial and radial load on the shaft is not considered.

Nominal data		
Cooling		Convection
Standstill torque	$[T_0]$	2,37 Nm
Rated torque @ 115 V AC	$[T_{n115}]$	2,34 Nm
Rated torque @ 230 V AC	$[T_{n230}]$	2,28 Nm
Rated torque @ 400 V AC	$[T_{n400}]$	2,2 Nm
Rated torque @ 480 V AC	$[T_{n480}]$	2,1 Nm
Standstill current	$[I_0]$	2,95 A
Torque constant	$[K_t]$	0,803 Nm/A
Number of pole pairs	$[n_p]$	4
Motor length without brake	$[Y]$	154 mm

Nominal data		
Protection class		IP 54
Max torque	$[T_{max}]$	11,7 Nm
Nominal rotation speed @ 115 V AC	$[\omega_{n115}]$	1400 rpm
Nominal rotation speed @ 230 V AC	$[\omega_{n230}]$	3200 rpm
Nominal rotation speed @ 400 V AC	$[\omega_{n400}]$	6000 rpm
Nominal rotation speed @ 480 V AC	$[\omega_{n480}]$	6800 rpm
Peak current	$[I_{max}]$	17,2 A
Voltage constant	$[K_e]$	56 mV/rpm
Inertia without brake	$[J]$	0,842 kgcm ²
Motor mass without brake	$[m]$	2,4 kg

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	0,767 Nm
Max torque	$[T_{max}]$	1,42 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	2262 rpm
Max speed	$[\omega_{max}]$	3600 rpm
Mean power	$[P_{avg}]$	127 W
Mean inertia ratio	$[\lambda_{avg}]$	0,747

Application data		
Utilization	$[T_{eff}]$	33 %
Utilization	$[T_{max}]$	16,4 %
Utilization	$[\omega_{avg}]$	32,4 %
Utilization	$[\omega_{max}]$	52,8 %
Max power	$[P_{max}]$	565 W
Max inertia ratio	$[\lambda_{max}]$	0,747

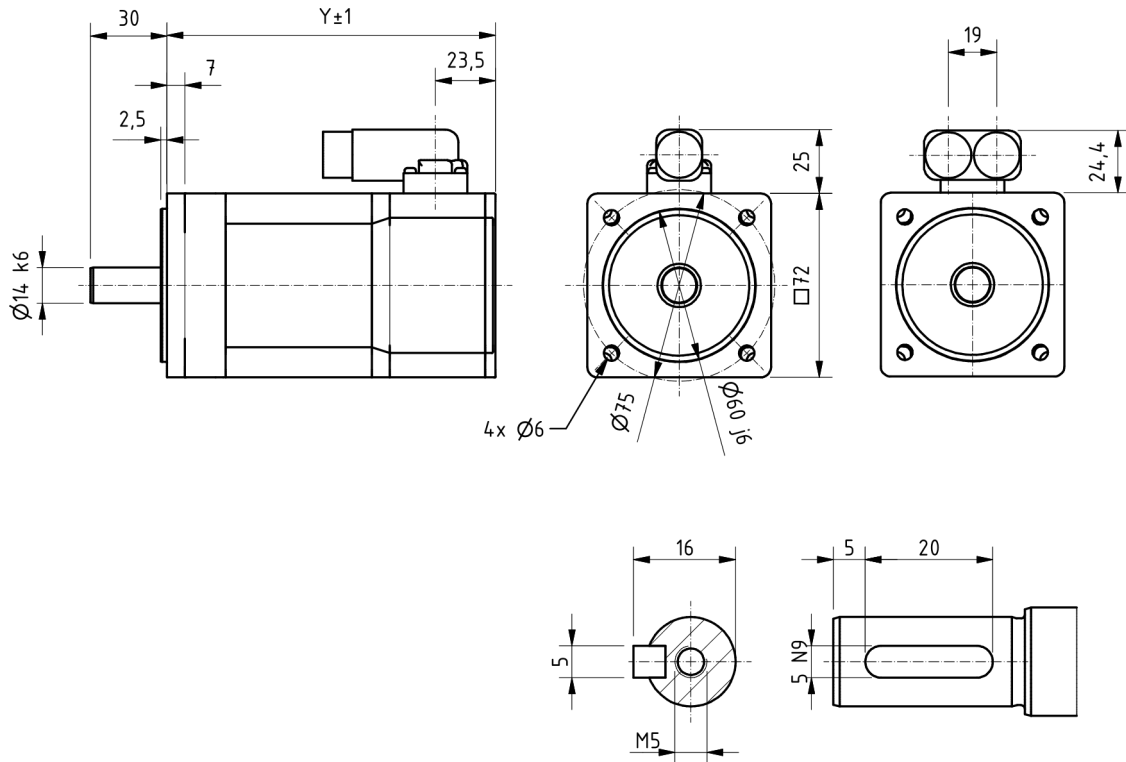
Documentation

http://download.beckhoff.com/download/document/motion/am8000_am8500_ba_en.pdf

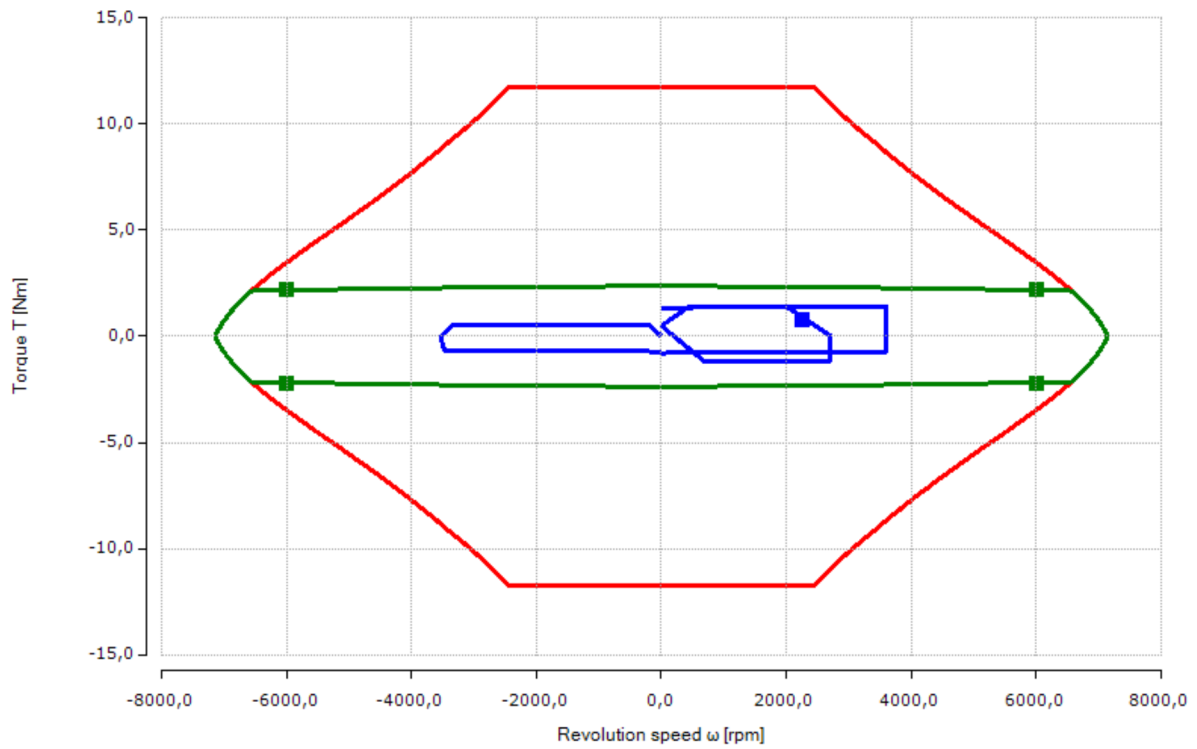
Step model

http://download.beckhoff.com/download/technical_drawings/Drive_Technology/step/AM80xx/AM8032-xx10_STP.zip

4.7.3. Motor: EIXO_DECAPAGEM



general tolerances according to DIN ISO 2768 mK



- Voltage boundary curve @ 400 V AC
- S1 characteristic curve
- Nominal point @ 400 V AC
- Application curve
- Effective application point

4.7.4. Drive: EIXO_DECAPAGEM



AX8206-0100-0000

Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1)

Nominal data	
Number of channels	2
Channel peak current	20 A
Device peak current	28 A

Nominal data	
Channel nominal current	6 A
Device nominal current	12 A
Capacitance	135 μ F

Application data		
Device nominal current	$[I_{d_eff}]$	1,53 A
Device peak current	$[I_{d_max}]$	5,69 A
Device average power	$[P_{d_avg}]$	145 W
Channel nominal current	$[I_{c_eff}]$	819 mA
Channel peak current	$[I_{c_max}]$	1,52 A
Channel average power	$[P_{c_avg}]$	127 W

Application data		
Utilization	$[I_{d_eff}]$	12,7 %
Utilization	$[I_{d_max}]$	20,3 %
Device peak power	$[P_{d_max}]$	582 W
Utilization	$[I_{c_eff}]$	13,7 %
Utilization	$[I_{c_max}]$	7,58 %
Channel peak power	$[P_{c_max}]$	565 W

Documentation

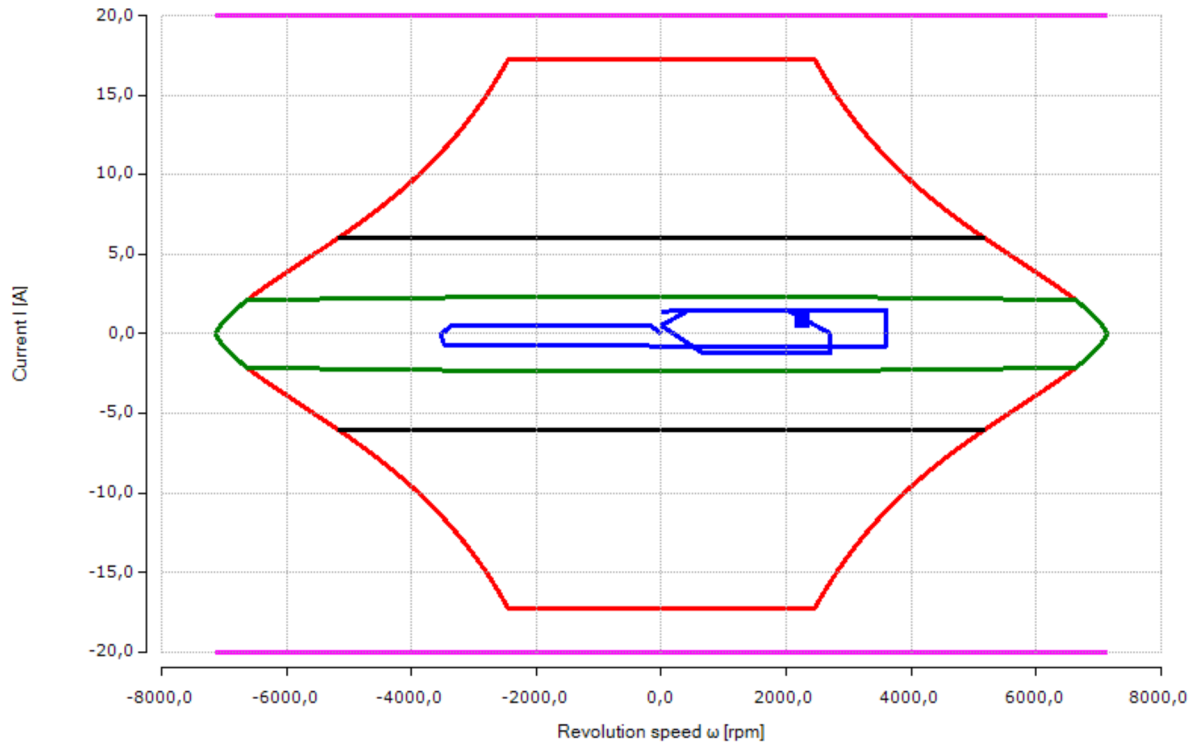
http://download.beckhoff.com/download/document/motion/AX8000_ba_en.pdf

Step model

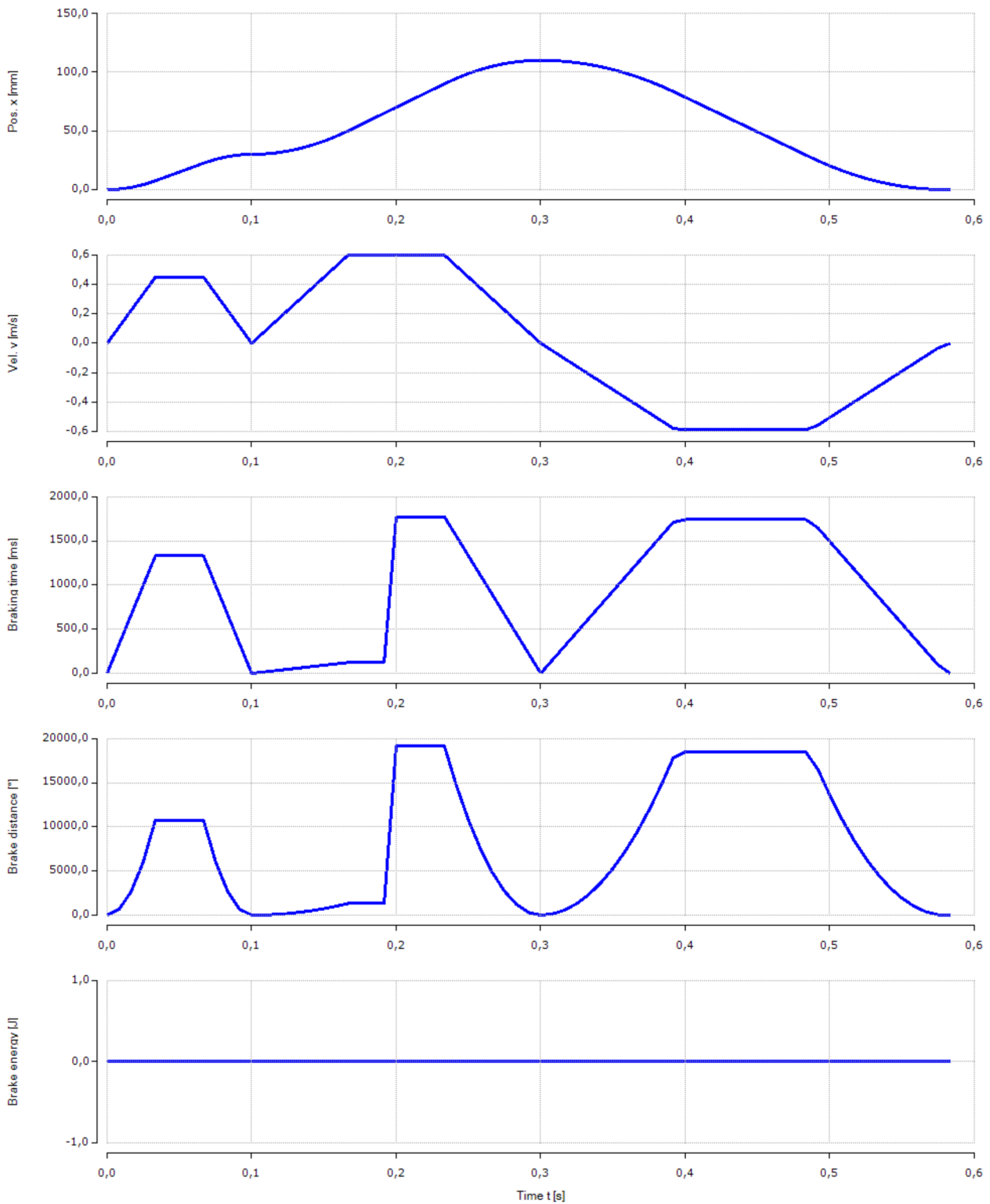
http://download.beckhoff.com/download/Technical_Drawings/Drive_Technology/step/AX8000/ax8108_ax8118_ax8206_stp.zip

EPLAN Macros

http://www.beckhoff.de/default.asp?forms/eplan_macros/default.aspx?lg=de



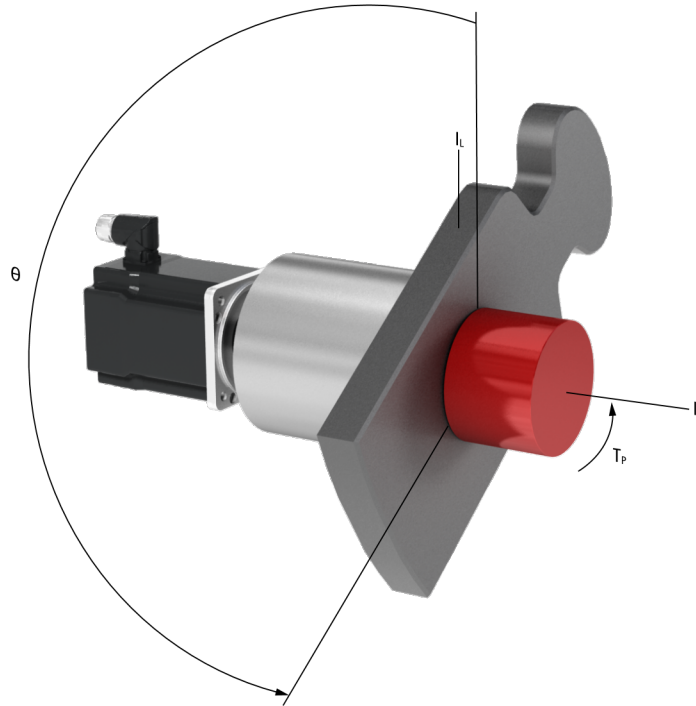
- Voltage boundary curve
 - Drive peak current
- S1 characteristic curve motor
 - Application curve
- Drive nominal current
 - Effective application point



Resulting values		
Emergency braking torque	$[T_b]$	0 Nm
Maximal braking distance load shaft	$[\theta_{bShaft}]$	53,3 rev
Braking time	$[t_b]$	1,78 s

Resulting values		
Maximal braking distance load	$[x_b]$	533 mm
Maximal braking distance motor	$[\theta_{bMot}]$	53,3 rev
Maximal braking energy	$[E_b]$	0 J

4.8. Axis: EIXO_ROT_MANIPULADOR



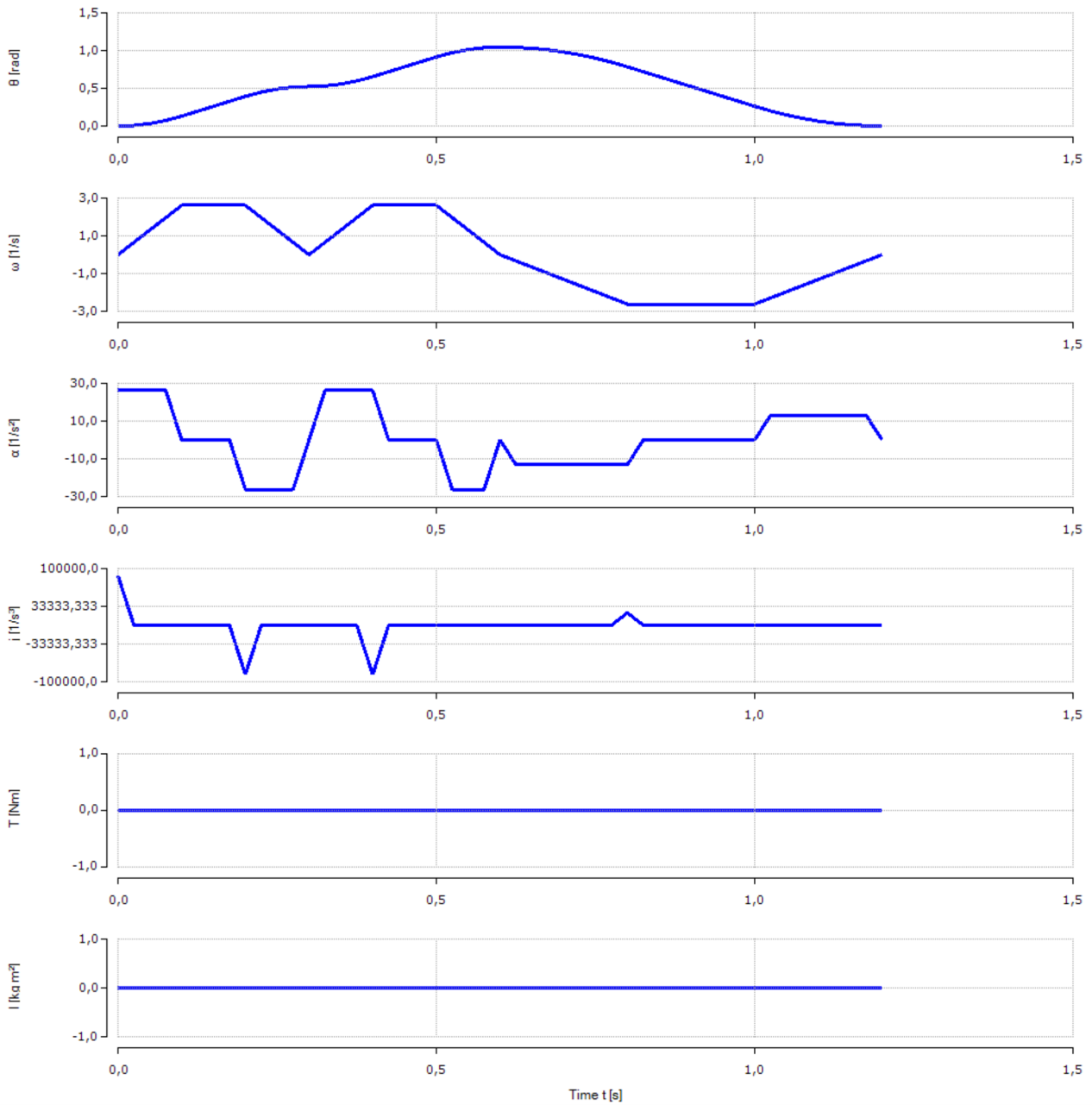
Mechanical data		
Inertia	[I_L]	11992 kgcm ²
Idle torque	[T_{idle}]	0 Nm

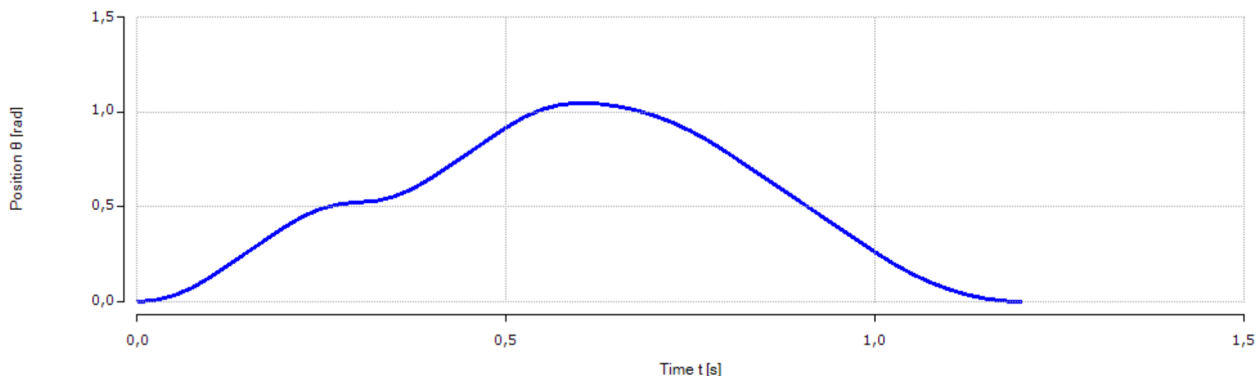
Mechanical data		
Efficiency	[η]	100 %

Application data		
Effective torque	[T_{eff}]	19,1 Nm
Mean speed	[ω_{avg}]	16,7 rpm
Mean power	[P_{eff}]	20,5 W
Mean inertia	[I_{eff}]	1,2 kgm ²

Application data		
Max torque	[T_{max}]	31,4 Nm
Max speed	[ω_{max}]	25 rpm
Max power	[P_{max}]	82,2 W
Max inertia	[I_{max}]	1,2 kgm ²

4.8.1. Motion profile: EIXO_ROT_MANIPULADOR





1. Section: FLOR (Third rule)

Input parameter	
Positioning mode	Absolute
Duration	0,3 s

Input parameter	
Position	30 °

Resulting values	
Starting position	0 °
Max speed	25 rpm
Max jerk	∞ °/s ³

Resulting values	
Distance	30 °
Max acceleration	1500 °/s ²
Duration	300 ms

2. Section: INJECAO (Third rule)

Input parameter	
Positioning mode	Relative
Duration	0,3 s

Input parameter	
Position	30 °

Resulting values	
Starting position	30 °
Max speed	25 rpm
Max jerk	∞ °/s ³

Resulting values	
Distance	30 °
Max acceleration	1500 °/s ²
Duration	300 ms

3. Section: RETORNO (Third rule)

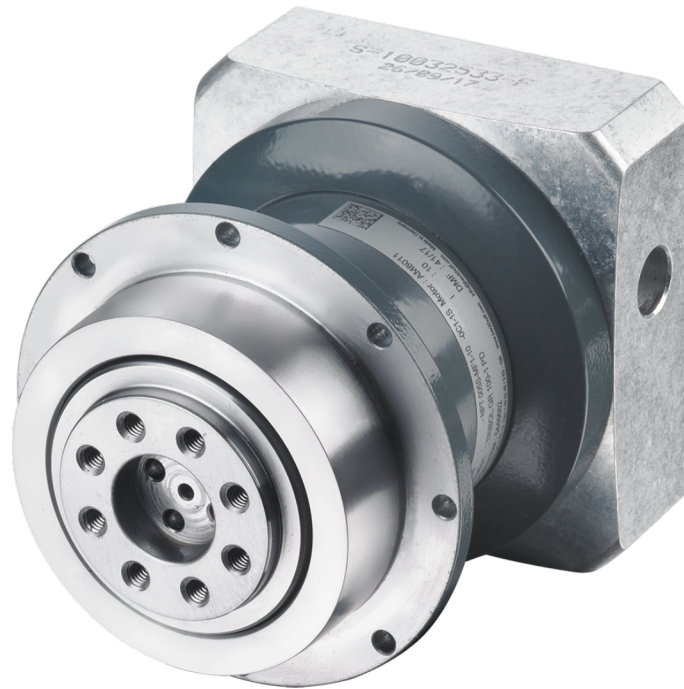
Input parameter	
Positioning mode	Absolute
Duration	0,6 s

Input parameter	
Position	0 °

Resulting values	
Starting position	60 °
Max speed	25 rpm
Max jerk	∞ °/s ³

Resulting values	
Distance	-60 °
Max acceleration	750 °/s ²
Duration	600 ms

4.8.2. Gearbox: EIXO_ROT_MANIPULADOR



AG3400-NPT035S-MF2-100-0C1-AM803x

Planetary gear units with drive output, $M_n = 110,00 \text{ Nm}$, $M_b = 352,00 \text{ Nm}$, Backlash $\leq 10,00 \text{ arcmin}$, $i = 100$
Please note: the axial and radial load on the shaft is not considered.

Nominal data		
Protection class		IP 64
Number of stages	[Z]	2
Nominal output torque	$[T_{2n}]$	110 Nm
Emergency output torque	$[T_{2\text{emerg}}]$	480 Nm
Motor side inertia	$[I_1]$	0,29 kgcm ²
Maximal motor side speed	$[\omega_{1\text{max}}]$	7000 rpm

Nominal data		
Gear ratio	[i]	100
Efficiency	$[\eta]$	95 %
Maximal output torque	$[T_{2\text{max}}]$	352 Nm
Idle torque	$[T_{012}]$	0,2 Nm
Nominal motor side speed	$[\omega_{1\text{nom}}]$	3900 rpm
Mass	[m]	9,8 kg

Application data		
Effective torque load side	$[T_{\text{eff}}]$	19,1 Nm
Max torque load side	$[T_{\text{max}}]$	31,4 Nm
Mean speed	$[\omega_{\text{avg}}]$	1667 rpm
Max speed	$[\omega_{\text{max}}]$	2500 rpm
Mean power	$[P_{\text{avg}}]$	52,3 W

Application data		
Utilization	$[T_{\text{eff}}]$	17,4 %
Utilization	$[T_{\text{max}}]$	8,92 %
Utilization	$[\omega_{\text{avg}}]$	42,7 %
Utilization	$[\omega_{\text{max}}]$	35,7 %
Max power	$[P_{\text{max}}]$	159 W

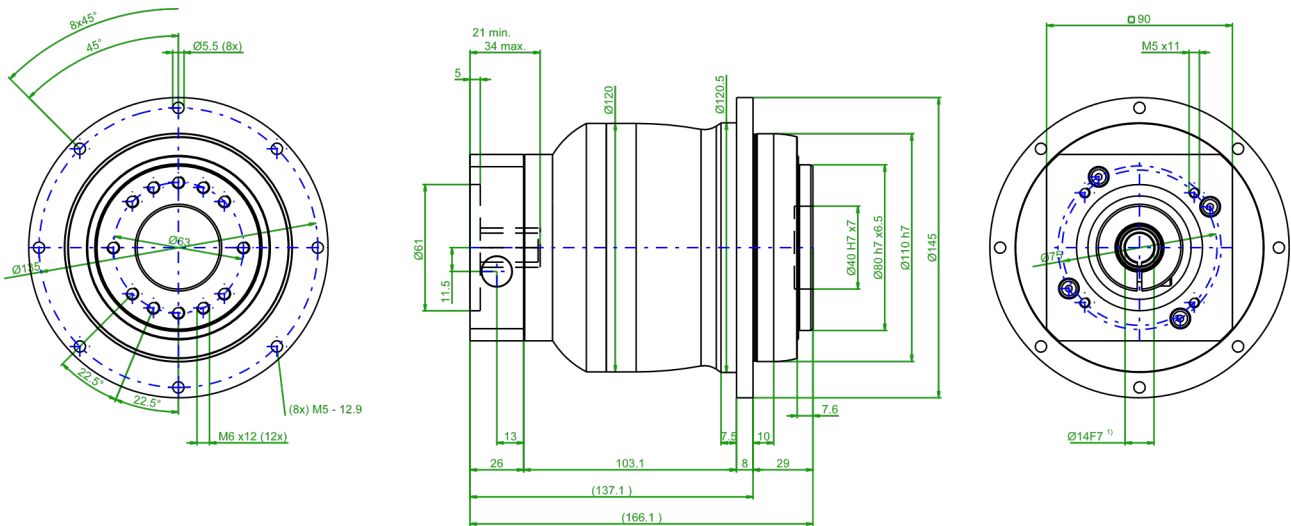
Documentation

http://download.beckhoff.com/download/document/motion/ag3400_ba_en.pdf

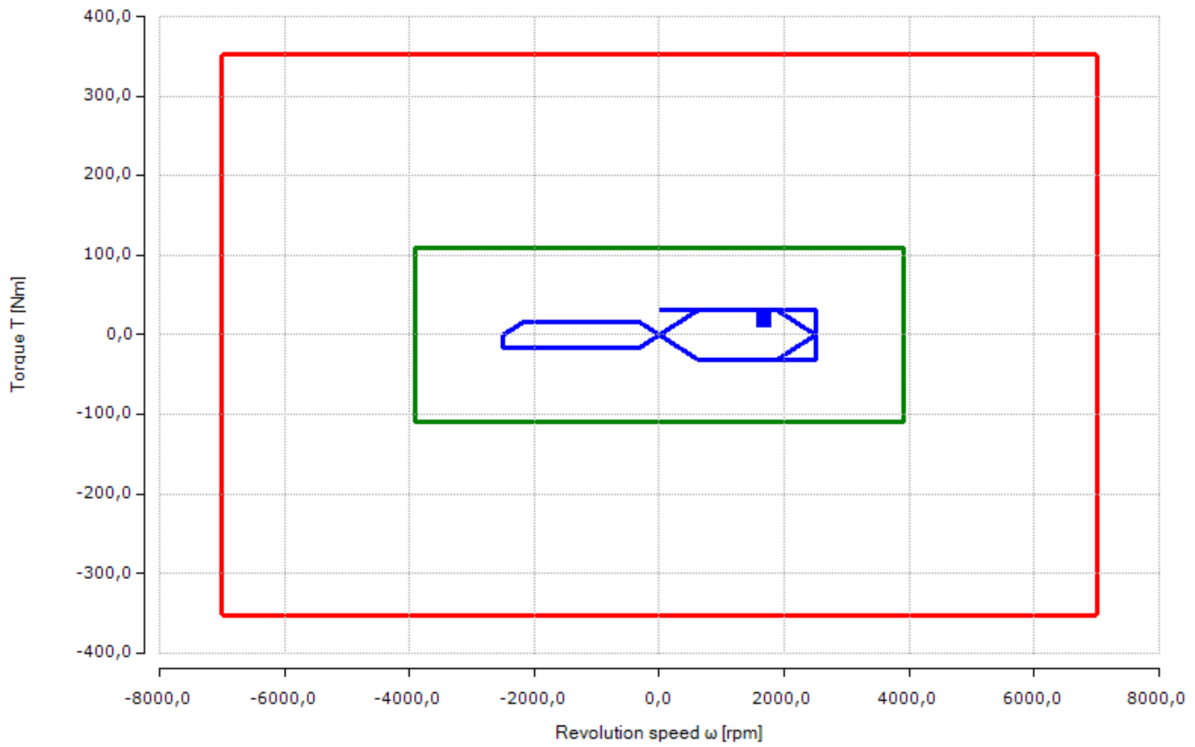
Step model

http://download.beckhoff.com/download/technical_drawings/Drive_Technology/step/ag3400/ag3400-npt035s-mf2-i-0c1-f3.zip

4.8.2. Gearbox: EIXO_ROT_MANIPULADOR

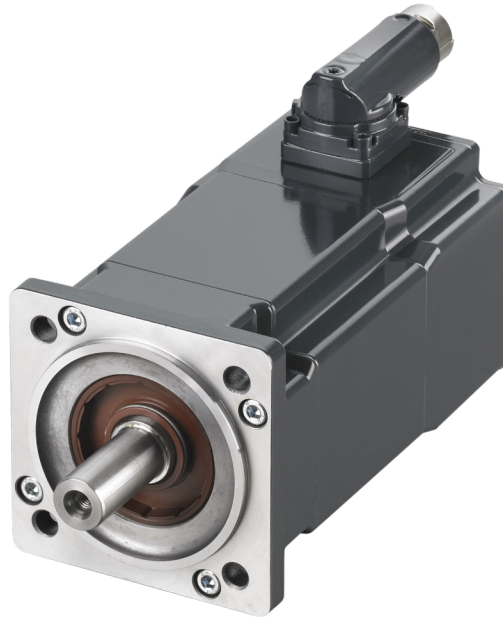


Dimension without tolerance ± 1 mm



- Maximal limit curve
- Nominal limit curve
- Application curve
- Effective application point

4.8.3. Motor: EIXO_ROT_MANIPULADOR



AM8031-0D20-0000

Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), $M_0 = 1,38 \text{ Nm}$, $I_0 = 1,95 \text{ A}$, $n_n = 6000 \text{ min}^{-1}$, , OCT 18 bit multiturn, No brake
Please note: the axial and radial load on the shaft is not considered.

Nominal data		
Cooling		Convection
Standstill torque	$[T_0]$	1,38 Nm
Rated torque @ 115 V AC	$[T_{n115}]$	1,38 Nm
Rated torque @ 230 V AC	$[T_{n230}]$	1,36 Nm
Rated torque @ 400 V AC	$[T_{n400}]$	1,33 Nm
Rated torque @ 480 V AC	$[T_{n480}]$	1,32 Nm
Standstill current	$[I_0]$	1,95 A
Torque constant	$[K_t]$	0,708 Nm/A
Number of pole pairs	$[n_p]$	4
Motor length without brake	$[Y]$	129 mm

Nominal data		
Protection class		IP 54
Max torque	$[T_{max}]$	6,07 Nm
Nominal rotation speed @ 115 V AC	$[\omega_{n115}]$	1400 rpm
Nominal rotation speed @ 230 V AC	$[\omega_{n230}]$	3300 rpm
Nominal rotation speed @ 400 V AC	$[\omega_{n400}]$	6000 rpm
Nominal rotation speed @ 480 V AC	$[\omega_{n480}]$	6800 rpm
Peak current	$[I_{max}]$	10,7 A
Voltage constant	$[K_e]$	50 mV/rpm
Inertia without brake	$[J]$	0,462 kgcm ²
Motor mass without brake	$[m]$	1,8 kg

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	0,414 Nm
Max torque	$[T_{max}]$	0,727 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	1667 rpm
Max speed	$[\omega_{max}]$	2500 rpm
Mean power	$[P_{avg}]$	65,6 W
Mean inertia ratio	$[\lambda_{avg}]$	3,22

Application data		
Utilization	$[T_{eff}]$	30,1 %
Utilization	$[T_{max}]$	12,2 %
Utilization	$[\omega_{avg}]$	21,4 %
Utilization	$[\omega_{max}]$	32,9 %
Max power	$[P_{max}]$	213 W
Max inertia ratio	$[\lambda_{max}]$	3,22

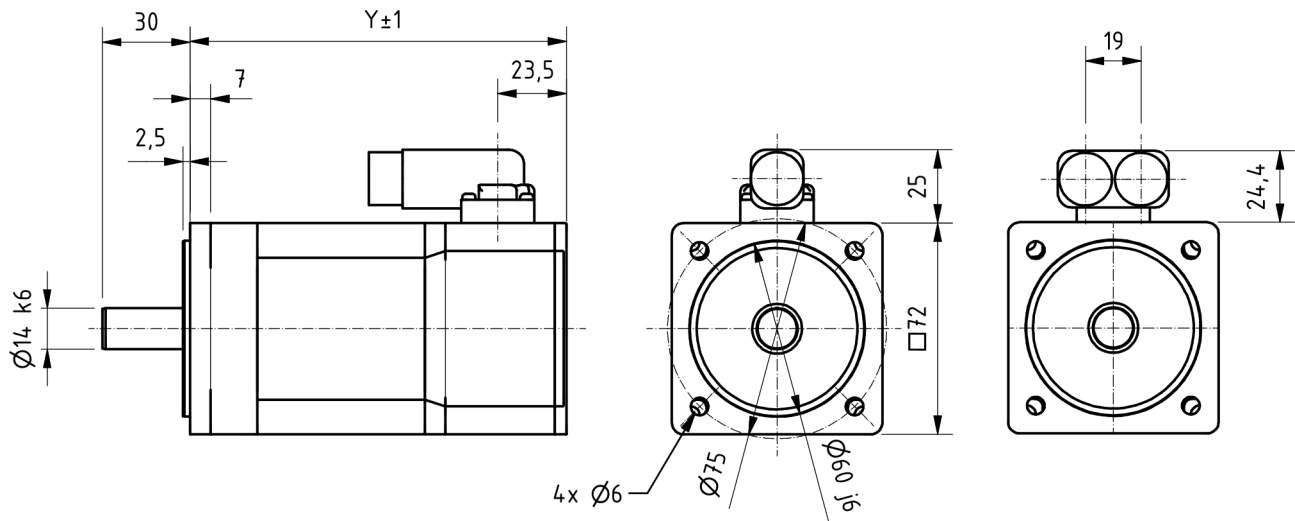
Documentation

http://download.beckhoff.com/download/document/motion/am8000_am8500_ba_en.pdf

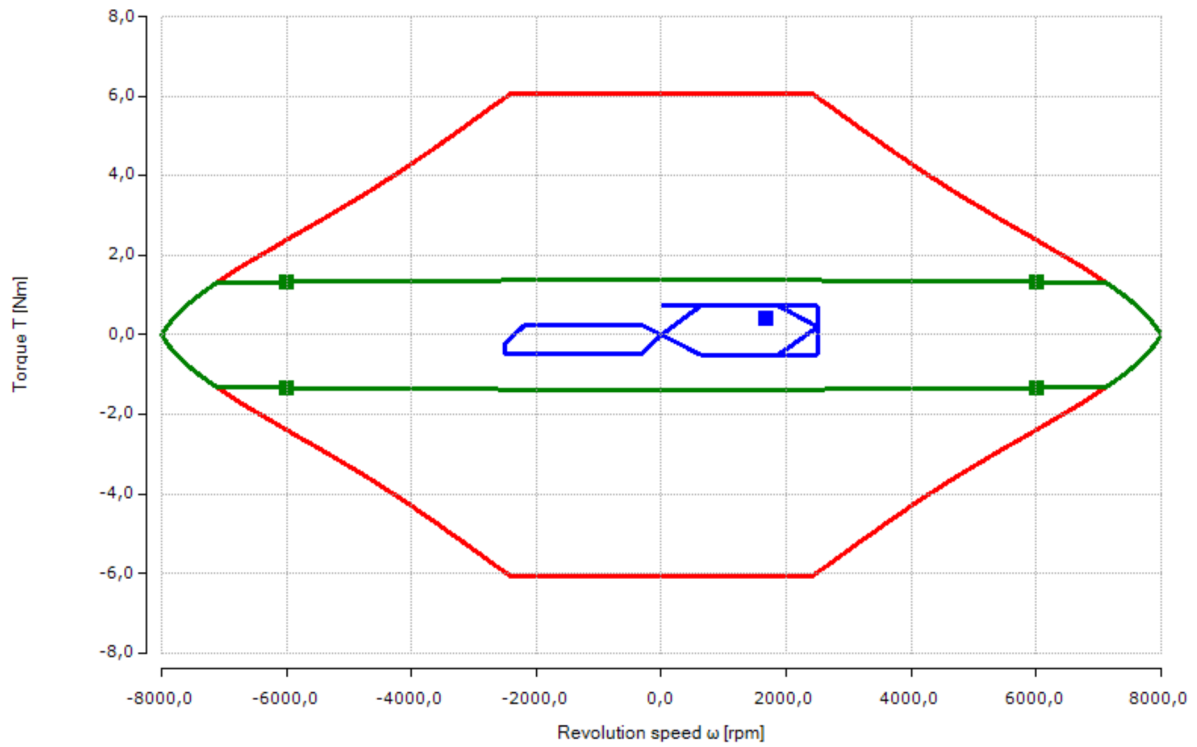
Step model

http://download.beckhoff.com/download/technical_drawings/Drive_Technology/step/AM80xx/AM8031-xx10_STP.zip

4.8.3. Motor: EIXO_ROT_MANIPULADOR



general tolerances according to DIN ISO 2768 mK



- Voltage boundary curve @ 400 V AC
- S1 characteristic curve
- Nominal point @ 400 V AC
- Application curve
- Effective application point

4.8.4. Drive: EIXO_ROT_MANIPULADOR



AX8206-0100-0000

Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1)

Nominal data	
Number of channels	2
Channel peak current	20 A
Device peak current	28 A

Nominal data	
Channel nominal current	6 A
Device nominal current	12 A
Capacitance	135 μ F

Application data		
Device nominal current	$[I_{d_eff}]$	629 mA
Device peak current	$[I_{d_max}]$	1,86 A
Device average power	$[P_{d_avg}]$	66 W
Channel nominal current	$[I_{c_eff}]$	491 mA
Channel peak current	$[I_{c_max}]$	863 mA
Channel average power	$[P_{c_avg}]$	65,6 W

Application data		
Utilization	$[I_{d_eff}]$	5,24 %
Utilization	$[I_{d_max}]$	6,63 %
Device peak power	$[P_{d_max}]$	213 W
Utilization	$[I_{c_eff}]$	8,18 %
Utilization	$[I_{c_max}]$	4,31 %
Channel peak power	$[P_{c_max}]$	213 W

Documentation

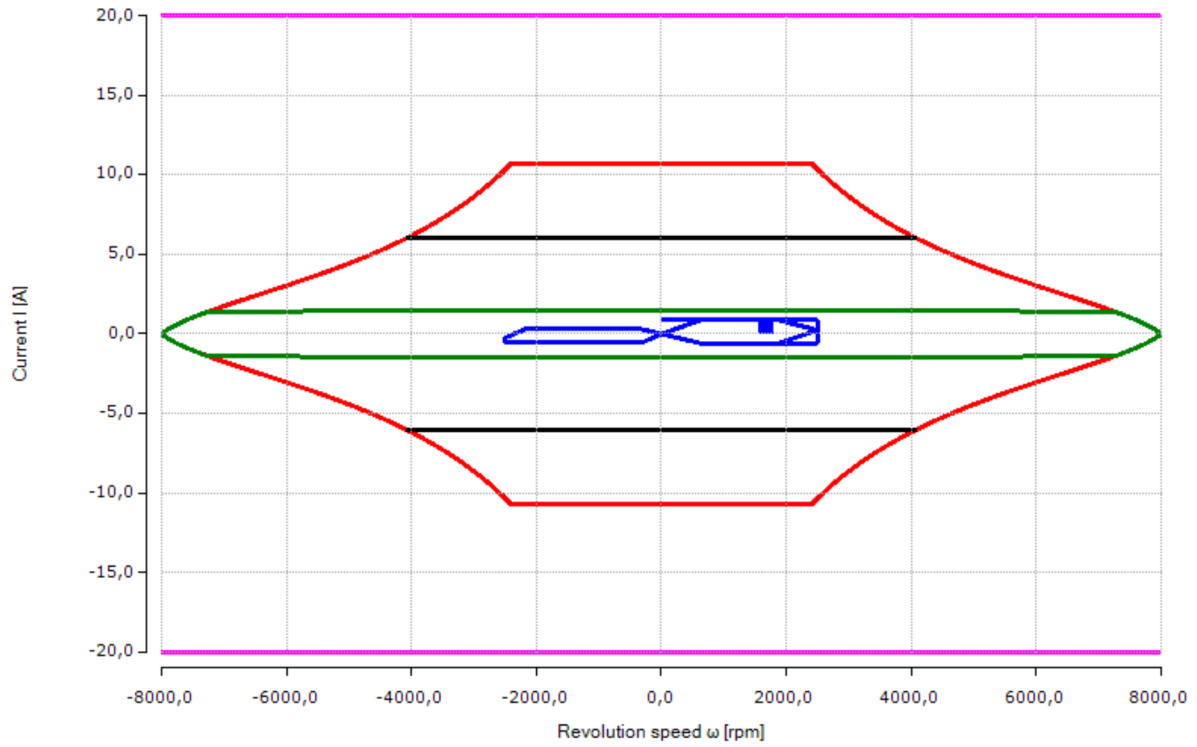
http://download.beckhoff.com/download/document/motion/AX8000_ba_en.pdf

Step model

http://download.beckhoff.com/download/Technical_Drawings/Drive_Technology/step/AX8000/ax8108_ax8118_ax8206_stp.zip

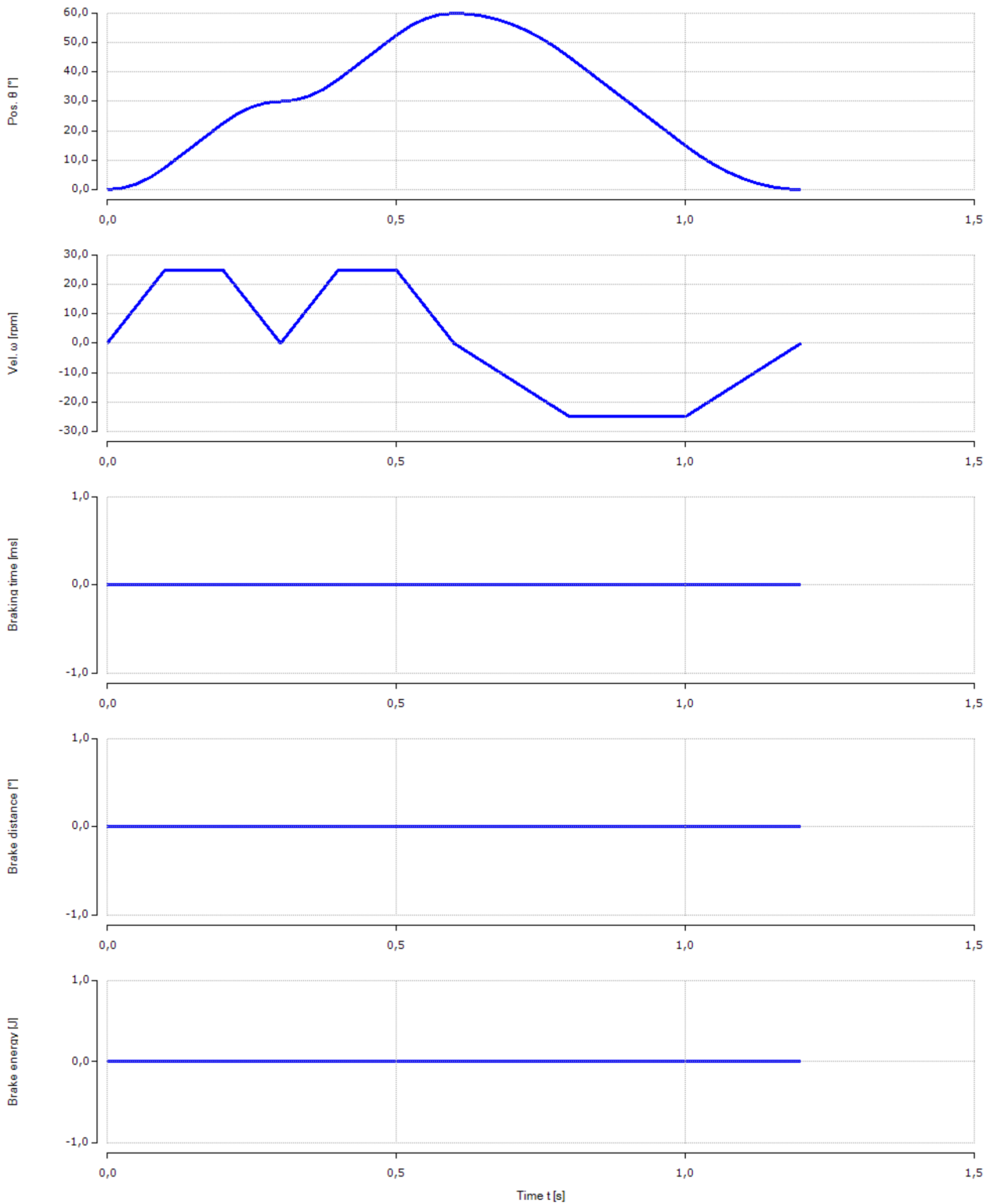
EPLAN Macros

http://www.beckhoff.de/default.asp?forms/eplan_macros/default.aspx?lg=de



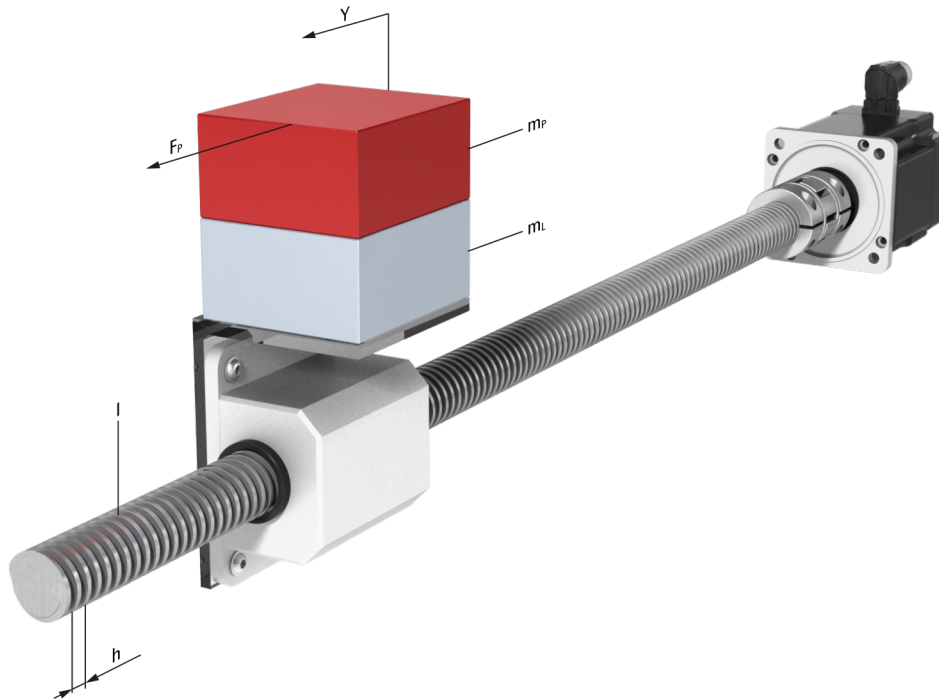
- Voltage boundary curve
 - Drive peak current
- S1 characteristic curve motor
 - Application curve
- Drive nominal current
 - Effective application point

4.8.5. Emergency brake investigation: EIXO_ROT_MANIPULADOR **BECKHOFF**



Resulting values		
Emergency braking torque	$[T_b]$	0 Nm
Maximal braking distance load shaft	$[\theta_{bShaft}]$	0 °
Braking time	$[t_b]$	0 s

Resulting values		
Maximal braking distance load	$[\theta_b]$	0 °
Maximal braking distance motor	$[\theta_{bMot}]$	0 °
Maximal braking energy	$[E_b]$	0 J



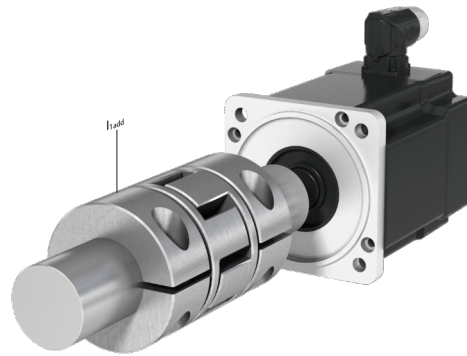
Mechanical data		
Thread lead	[h]	10 mm
Load mass	[m _l]	10 kg
Efficiency	[η]	Ball screw

Mechanical data		
Inertia spindle	[J]	0,177 kgcm ²
Friction coefficient	[μ]	Slide friction steel/steel lubricated
Idle torque	[T _{idle}]	0 Nm

Application data		
Effective torque	[T _{eff}]	0,0527 Nm
Mean speed	[ω _{avg}]	200 rpm
Mean power	[P _{eff}]	2,25 W
Mean inertia	[I _{eff}]	0,43 kgcm ²

Application data		
Max torque	[T _{max}]	0,273 Nm
Max speed	[ω _{max}]	2400 rpm
Max power	[P _{max}]	42,8 W
Max inertia	[I _{max}]	0,43 kgcm ²

1. Transmission: Clutch (Clutch)



Mechanical data		
Inertia	$[I_{add}]$	0,0827 kgcm ²

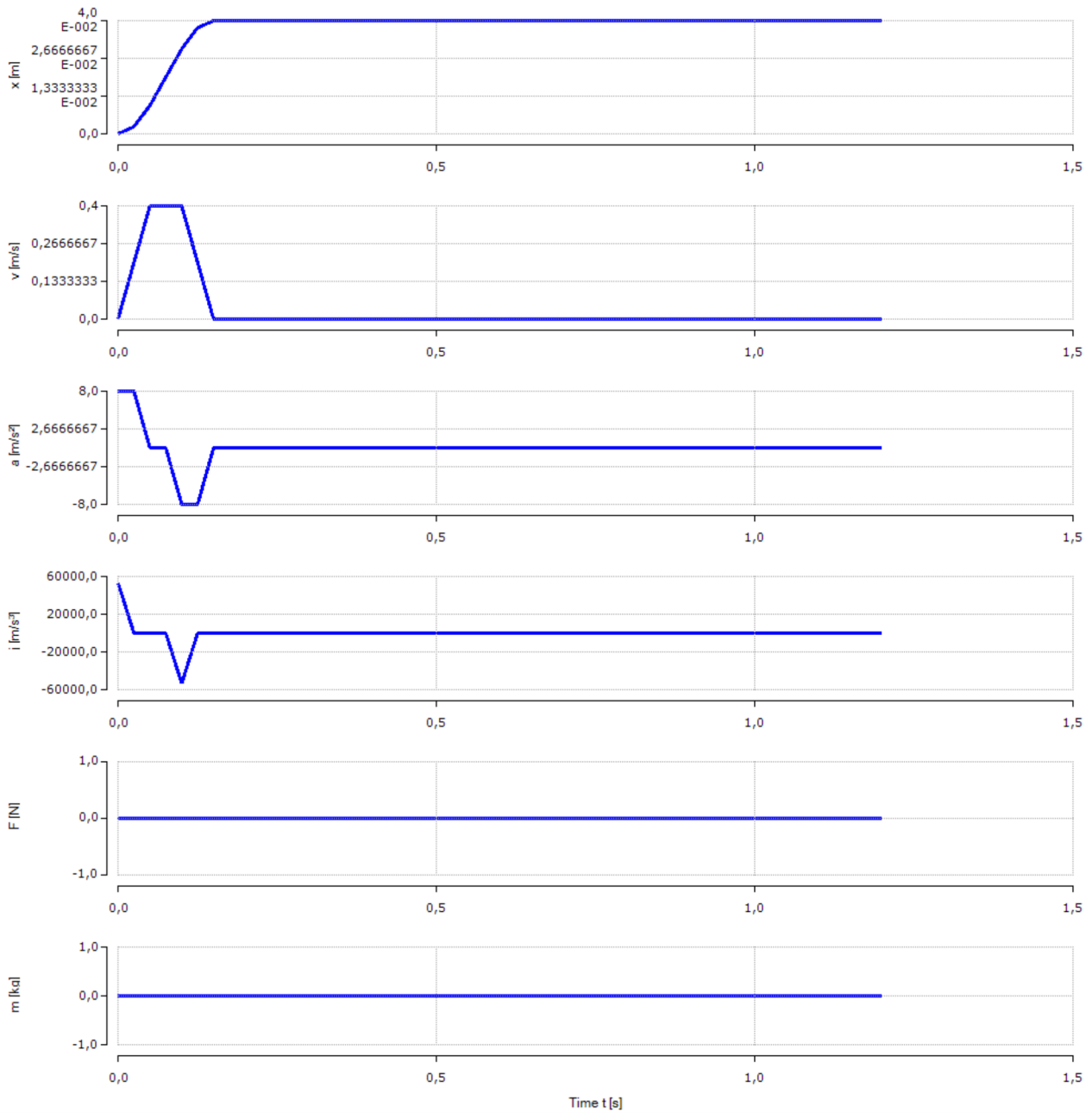
Resulting values		
Gear ratio	$[i]$	1

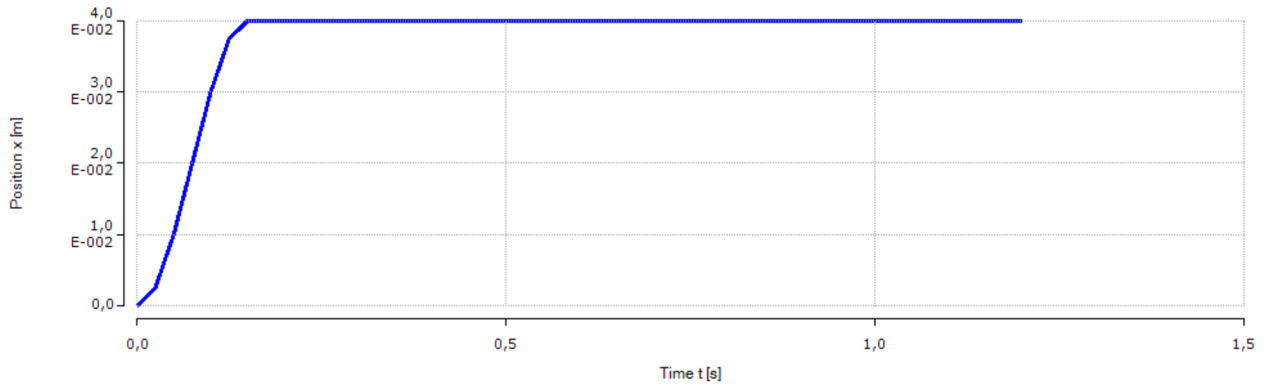
Resulting values	
Motor side inertia	0,0827 kgcm ²

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	0,0628 Nm
Effective torque load side	$[T_{eff}]$	0,0527 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	200 rpm
Mean power	$[P_{eff}]$	2,68 W
Mean inertia	$[I_{eff}]$	0,513 kgcm ²

Application data		
Max torque	$[T_{max}]$	0,314 Nm
Max torque load side	$[T_{max}]$	0,273 Nm
Max speed	$[\omega_{max}]$	2400 rpm
Max power	$[P_{max}]$	53,3 W
Max inertia	$[I_{max}]$	0,513 kgcm ²

4.9.2. Motion profile: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR





1. Section: Motion section (Third rule)

Input parameter	
Positioning mode	Absolute
Duration	0,15 s

Input parameter	
Position	40 mm

Resulting values	
Starting position	0 m
Max speed	1,44 km/h
Max jerk	∞ m/s ³

Resulting values	
Distance	40 mm
Max acceleration	8 m/s ²
Duration	150 ms

4.9.3. Motor: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR



AM8022-1D20-0000

Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), $M_0 = 0,80$ Nm, $I_0 = 1,50$ A, $n_n = 8000$ min⁻¹, , OCT 18 bit multiturn, No brake
Please note: the axial and radial load on the shaft is not considered.

Nominal data		
Cooling		Convection
Standstill torque	$[T_0]$	0,8 Nm
Rated torque @ 115 V AC	$[T_{n115}]$	0,78 Nm
Rated torque @ 230 V AC	$[T_{n230}]$	0,75 Nm
Rated torque @ 400 V AC	$[T_{n400}]$	0,7 Nm
Rated torque @ 480 V AC	$[T_{n480}]$	0,65 Nm
Standstill current	$[I_0]$	1,5 A
Torque constant	$[K_t]$	0,533 Nm/A
Number of pole pairs	$[n_p]$	3
Motor length without brake	$[Y]$	134 mm

Nominal data		
Protection class		IP 54
Max torque	$[T_{max}]$	4,18 Nm
Nominal rotation speed @ 115 V AC	$[\omega_{n115}]$	2000 rpm
Nominal rotation speed @ 230 V AC	$[\omega_{n230}]$	4500 rpm
Nominal rotation speed @ 400 V AC	$[\omega_{n400}]$	8000 rpm
Nominal rotation speed @ 480 V AC	$[\omega_{n480}]$	9000 rpm
Peak current	$[I_{max}]$	7,7 A
Voltage constant	$[K_e]$	41 mV/rpm
Inertia without brake	$[J]$	0,253 kgcm ²
Motor mass without brake	$[m]$	1,3 kg

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	0,0942 Nm
Max torque	$[T_{max}]$	0,441 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	200 rpm
Max speed	$[\omega_{max}]$	2400 rpm
Mean power	$[P_{avg}]$	4,43 W
Mean inertia ratio	$[\lambda_{avg}]$	2,03

Application data		
Utilization	$[T_{eff}]$	11,8 %
Utilization	$[T_{max}]$	10,6 %
Utilization	$[\omega_{avg}]$	2,06 %
Utilization	$[\omega_{max}]$	25,3 %
Max power	$[P_{max}]$	85,3 W
Max inertia ratio	$[\lambda_{max}]$	2,03

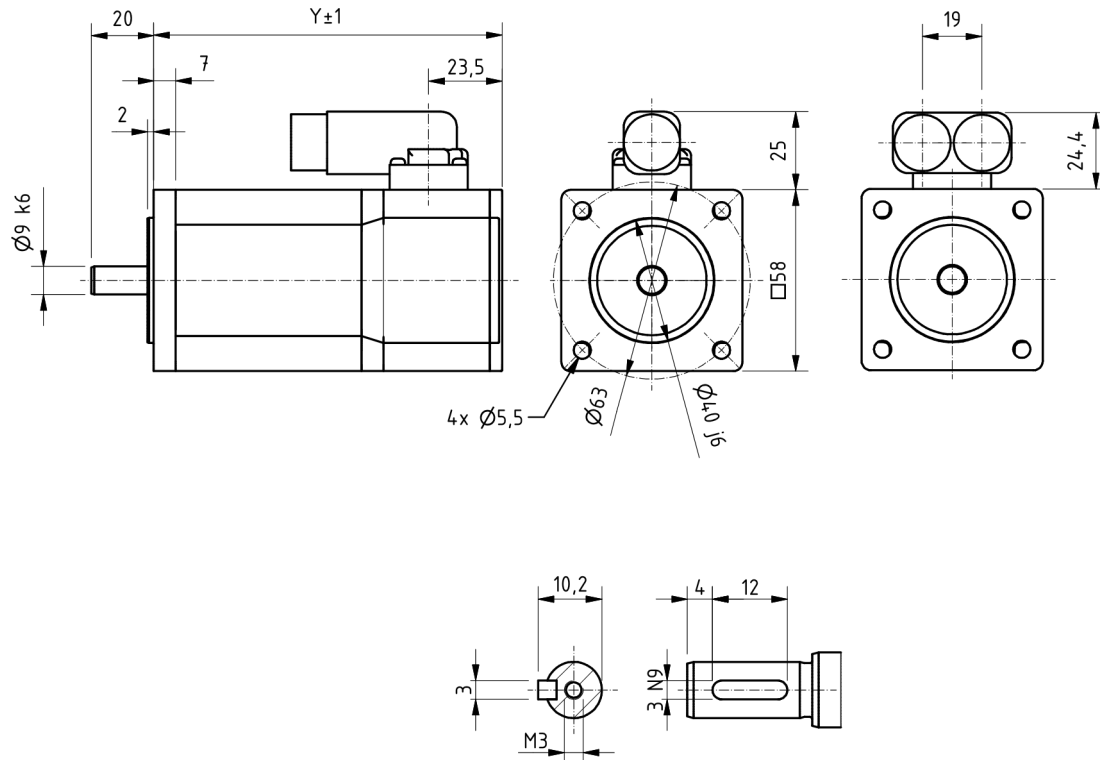
Documentation

http://download.beckhoff.com/download/document/motion/am8000_am8500_ba_en.pdf

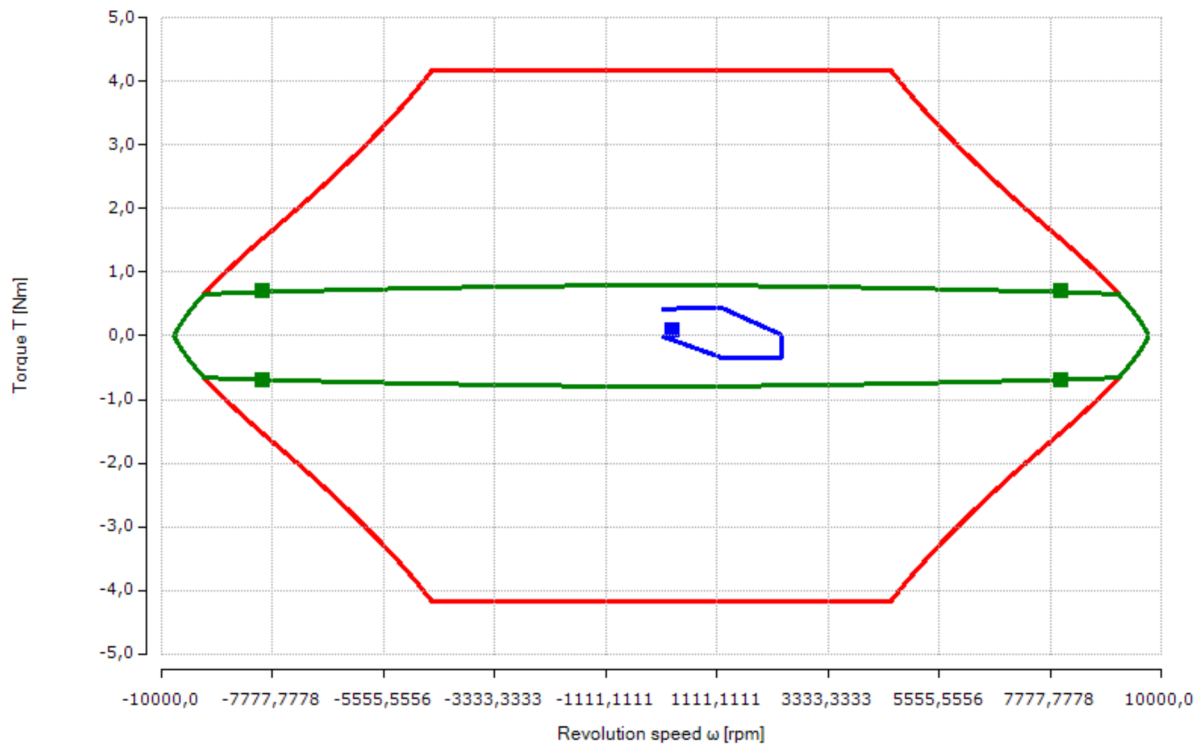
Step model

http://download.beckhoff.com/download/technical_drawings/Drive_Technology/step/AM80xx/AM8022-xx10_STP.zip

4.9.3. Motor: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR



general tolerances according to DIN ISO 2768 mK



- Voltage boundary curve @ 400 V AC
- S1 characteristic curve
- Nominal point @ 400 V AC
- Application curve
- Effective application point

**AX8206-0100-0000**

Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1)

Please note: first channel of the drive is connected at axis 'EIXO_ROT_MANIPULADOR'.

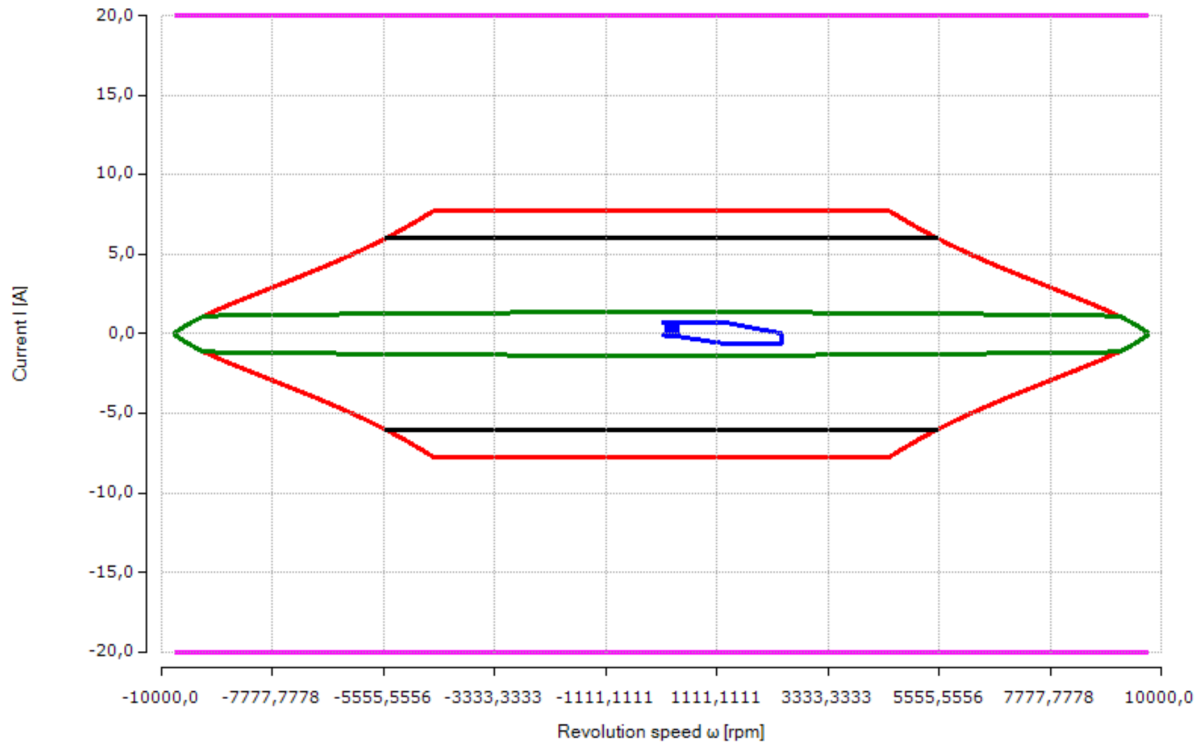
Nominal data	
Number of channels	2
Channel peak current	20 A
Device peak current	28 A

Nominal data	
Channel nominal current	6 A
Device nominal current	12 A
Capacitance	135 μ F

Application data		
Device nominal current	$[I_{d_eff}]$	629 mA
Device peak current	$[I_{d_max}]$	1,86 A
Device average power	$[P_{d_avg}]$	66 W
Channel nominal current	$[I_{c_eff}]$	162 mA
Channel peak current	$[I_{c_max}]$	759 mA
Channel average power	$[P_{c_avg}]$	4,43 W

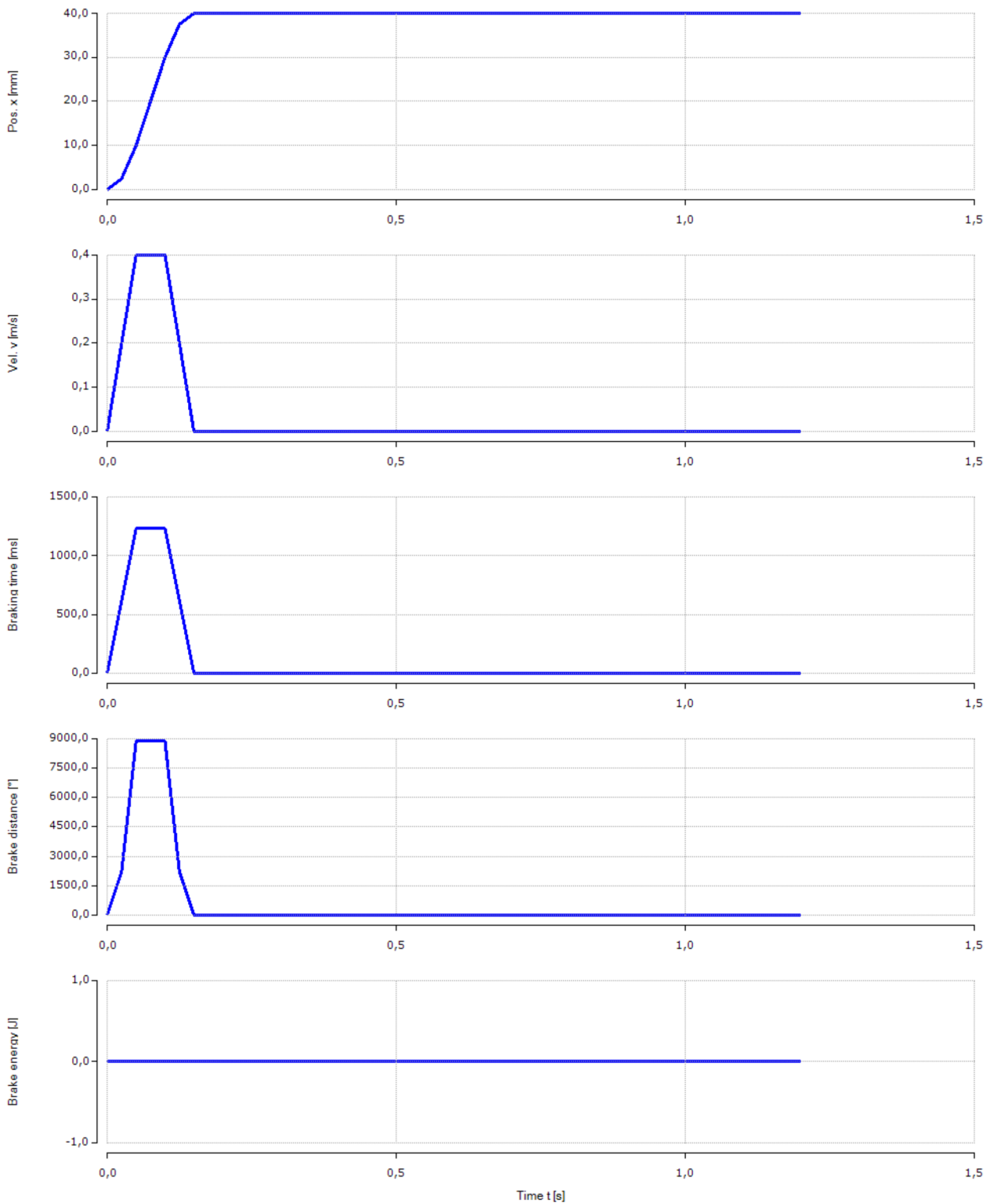
Application data		
Utilization	$[I_{d_eff}]$	5,24 %
Utilization	$[I_{d_max}]$	6,63 %
Device peak power	$[P_{d_max}]$	213 W
Utilization	$[I_{c_eff}]$	2,7 %
Utilization	$[I_{c_max}]$	3,79 %
Channel peak power	$[P_{c_max}]$	85,3 W

Documentationhttp://download.beckhoff.com/download/document/motion/AX8000_ba_en.pdf**Step model**http://download.beckhoff.com/download/Technical_Drawings/Drive_Technology/step/AX8000/ax8108_ax8118_ax8206_stp.zip**EPLAN Macros**http://www.beckhoff.de/default.asp?forms/eplan_macros/default.aspx?lg=de



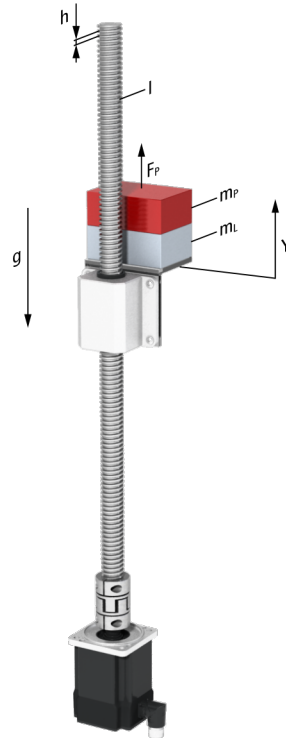
- Voltage boundary curve
 - Drive peak current
- S1 characteristic curve motor
 - Application curve
- Drive nominal current
 - Effective application point

4.9.5. Emergency brake investigation: EIXO_AVANÇO_MANIPULADOR



Resulting values		
Emergency braking torque	$[T_b]$	0 Nm
Maximal braking distance load shaft	$[\theta_{bShaft}]$	24,7 rev
Braking time	$[t_b]$	1,23 s

Resulting values		
Maximal braking distance load	$[x_b]$	247 mm
Maximal braking distance motor	$[\theta_{bMot}]$	24,7 rev
Maximal braking energy	$[E_b]$	0 J



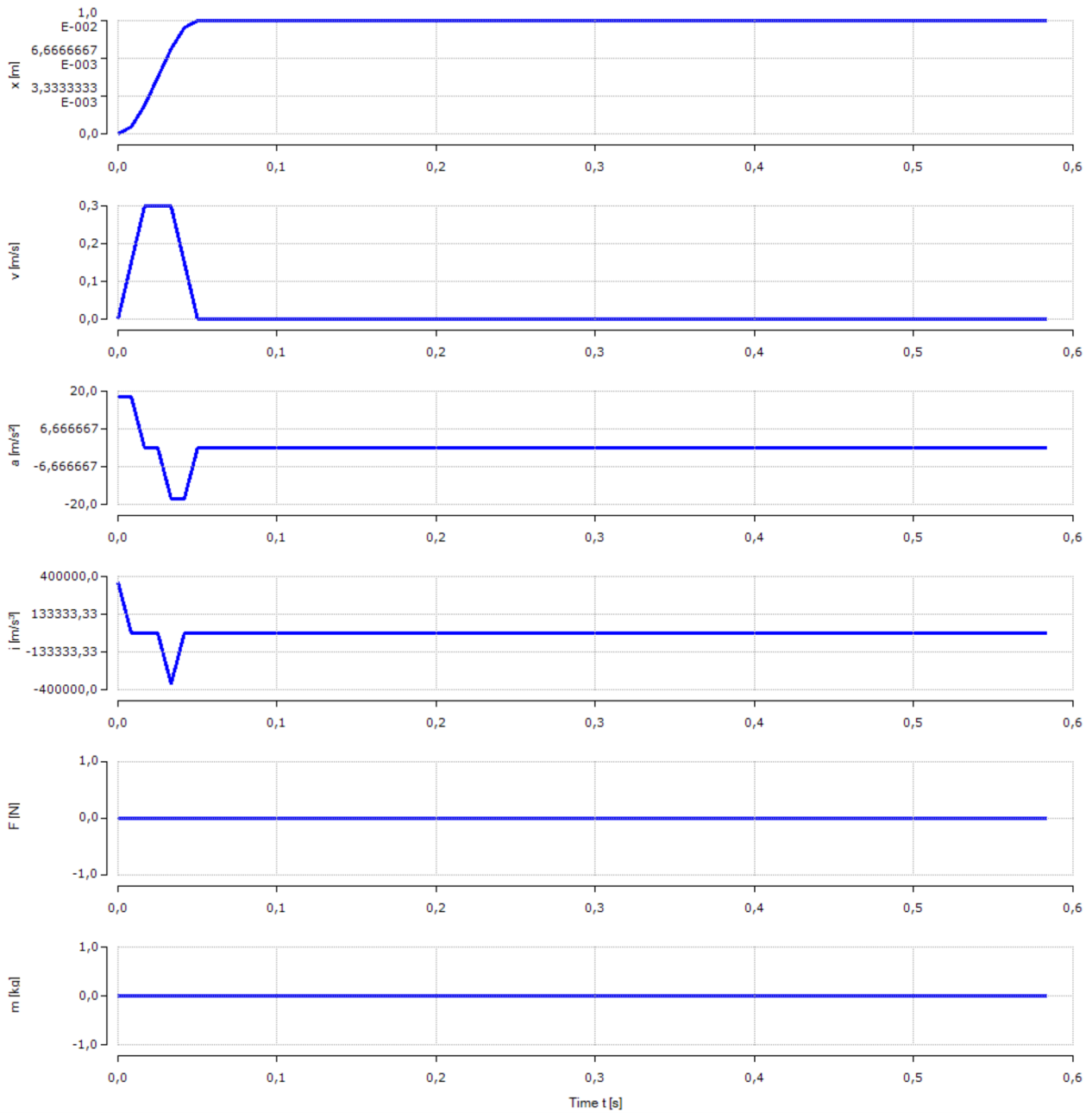
Mechanical data		
Thread lead	[h]	10 mm
Load mass	[m _L]	40 kg
Efficiency	[η]	Ball screw
Idle torque	[T _{idle}]	0 Nm

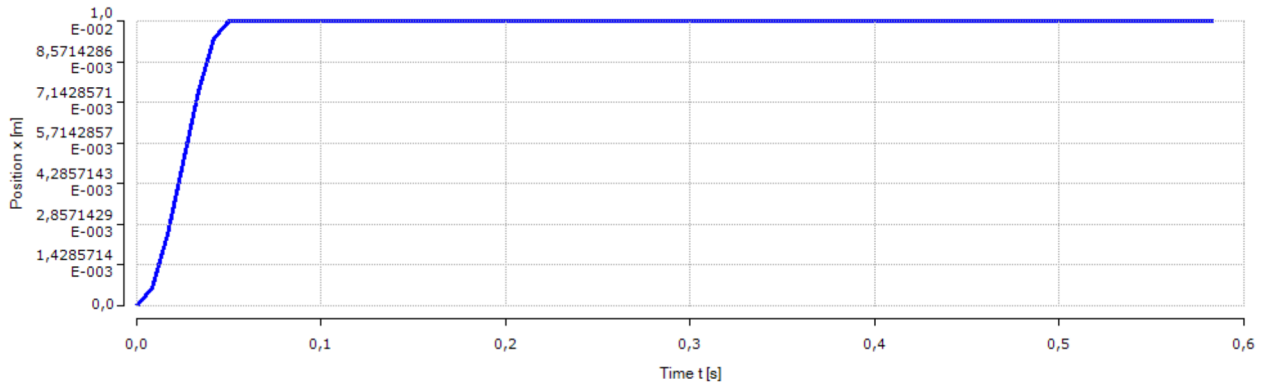
Mechanical data		
Inertia spindle	[J]	0,0617 kgcm ²
Friction coefficient	[μ]	Slide friction steel/steel lubricated
Gravitation	[g]	9,81 m/s ²

Application data		
Effective torque	[T _{eff}]	0,769 Nm
Mean speed	[ω _{avg}]	103 rpm
Mean power	[P _{eff}]	8,9 W
Mean inertia	[I _{eff}]	1,07 kgcm ²

Application data		
Max torque	[T _{max}]	2,16 Nm
Max speed	[ω _{max}]	1800 rpm
Max power	[P _{max}]	204 W
Max inertia	[I _{max}]	1,07 kgcm ²

4.10.1. Motion profile: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR





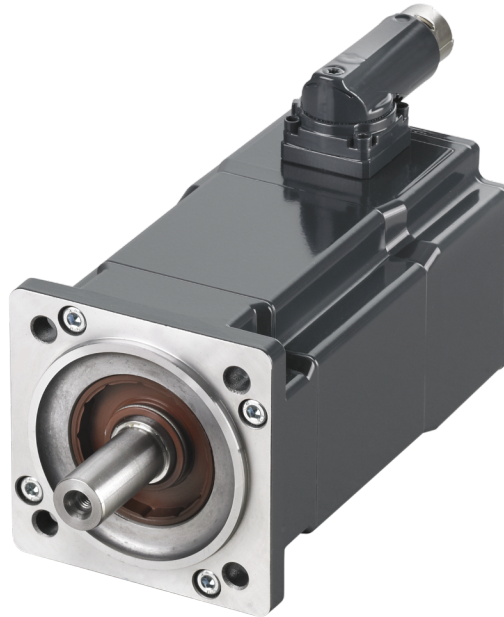
1. Section: Motion section (Third rule)

Input parameter	
Positioning mode	Absolute
Duration	0,05 s

Input parameter	
Position	10 mm

Resulting values	
Starting position	0 m
Max speed	1,08 km/h
Max jerk	∞ m/s ³

Resulting values	
Distance	10 mm
Max acceleration	18 m/s ²
Duration	50 ms



AM8032-1E21-0000

Servomotor, 400 V AC (max. 480 V AC), $M_0 = 2,37 \text{ Nm}$, $I_0 = 2,95 \text{ A}$, $n_n = 6000 \text{ min}^{-1}$, , OCT 18 bit multiturn, Holding brake
Please note: the axial and radial load on the shaft is not considered.

Nominal data		
Cooling		Convection
Standstill torque	$[T_0]$	2,37 Nm
Rated torque @ 115 V AC	$[T_{n115}]$	2,34 Nm
Rated torque @ 230 V AC	$[T_{n230}]$	2,28 Nm
Rated torque @ 400 V AC	$[T_{n400}]$	2,2 Nm
Rated torque @ 480 V AC	$[T_{n480}]$	2,1 Nm
Standstill current	$[I_0]$	2,95 A
Torque constant	$[K_t]$	0,803 Nm/A
Number of pole pairs	$[n_p]$	4
Motor length with brake	$[Y]$	194 mm
Holding brake torque	$[T_{brake}]$	2 Nm

Nominal data		
Protection class		IP 54
Max torque	$[T_{max}]$	11,7 Nm
Nominal rotation speed @ 115 V AC	$[\omega_{n115}]$	1400 rpm
Nominal rotation speed @ 230 V AC	$[\omega_{n230}]$	3200 rpm
Nominal rotation speed @ 400 V AC	$[\omega_{n400}]$	6000 rpm
Nominal rotation speed @ 480 V AC	$[\omega_{n480}]$	6800 rpm
Peak current	$[I_{max}]$	17,2 A
Voltage constant	$[K_e]$	56 mV/rpm
Inertia with brake	$[J]$	0,921 kgcm ²
Motor mass with brake	$[m]$	2,8 kg

Application data		
Effective torque	$[T_{eff}]$	0,855 Nm
Max torque	$[T_{max}]$	3,21 Nm
Mean speed	$[\omega_{avg}]$	103 rpm
Max speed	$[\omega_{max}]$	1800 rpm
Mean power	$[P_{avg}]$	24,6 W
Mean inertia ratio	$[\lambda_{avg}]$	1,17

Application data		
Utilization	$[T_{eff}]$	36,2 %
Utilization	$[T_{max}]$	27,4 %
Utilization	$[\omega_{avg}]$	1,48 %
Utilization	$[\omega_{max}]$	26,6 %
Max power	$[P_{max}]$	457 W
Max inertia ratio	$[\lambda_{max}]$	1,17

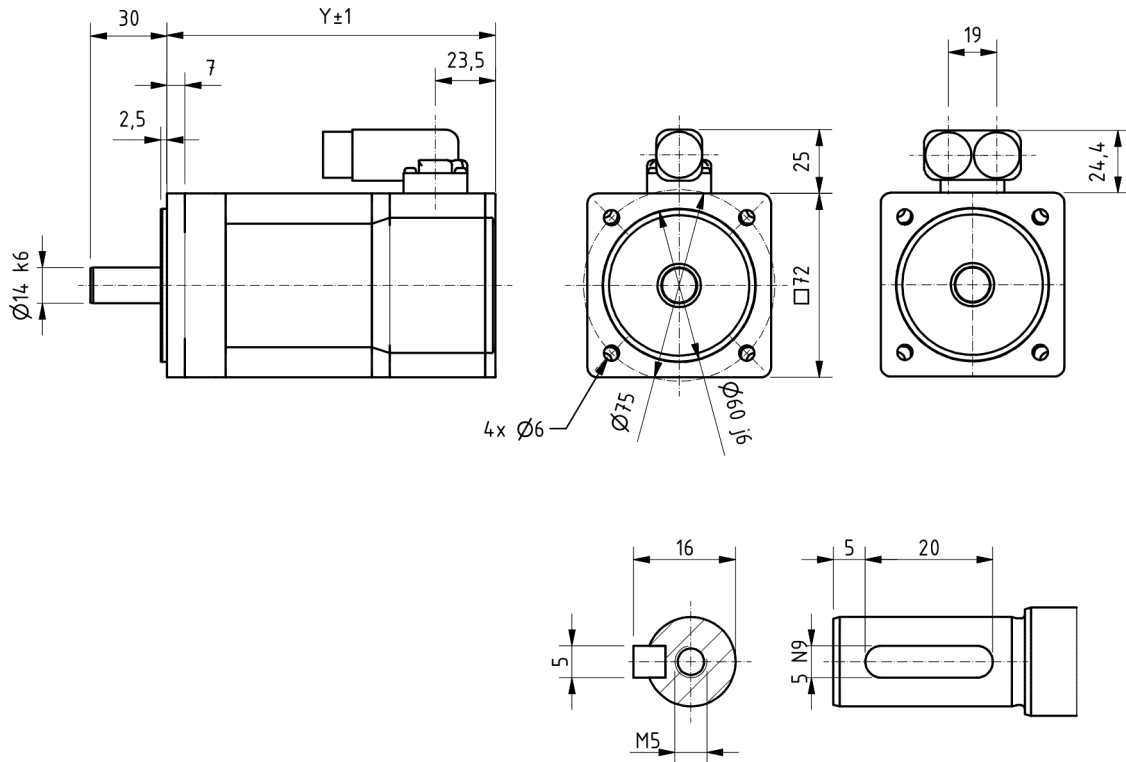
Documentation

http://download.beckhoff.com/download/document/motion/am8000_am8500_ba_en.pdf

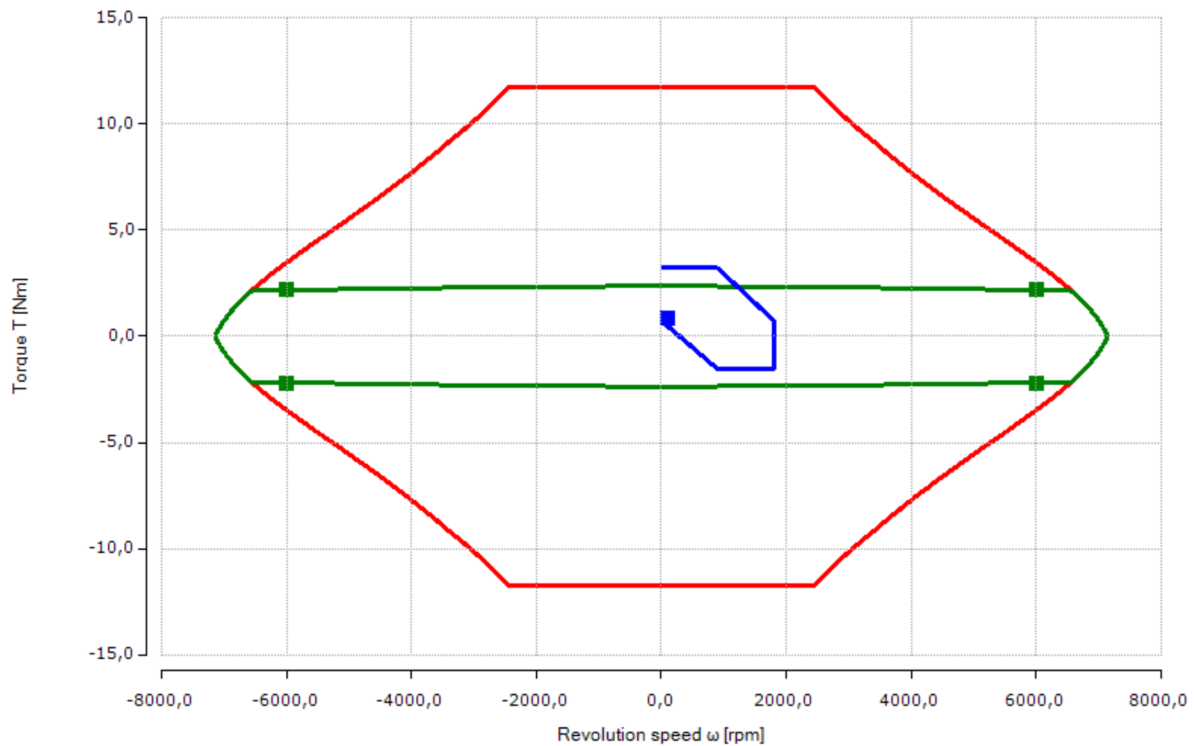
Step model

http://download.beckhoff.com/download/technical_drawings/Drive_Technology/step/AM80xx/AM8032-xx11_STP.zip

4.10.2. Motor: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR



general tolerances according to DIN ISO 2768 mK



- Voltage boundary curve @ 400 V AC
- S1 characteristic curve
- Application curve
- Nominal point @ 400 V AC
- Effective application point

**AX8206-0100-0000**

Twin Axis Module 2 x 6A, OCT, TwinSAFE (STO, SS1)

Please note: first channel of the drive is connected at axis 'EIXO_DECAPAGEM'.

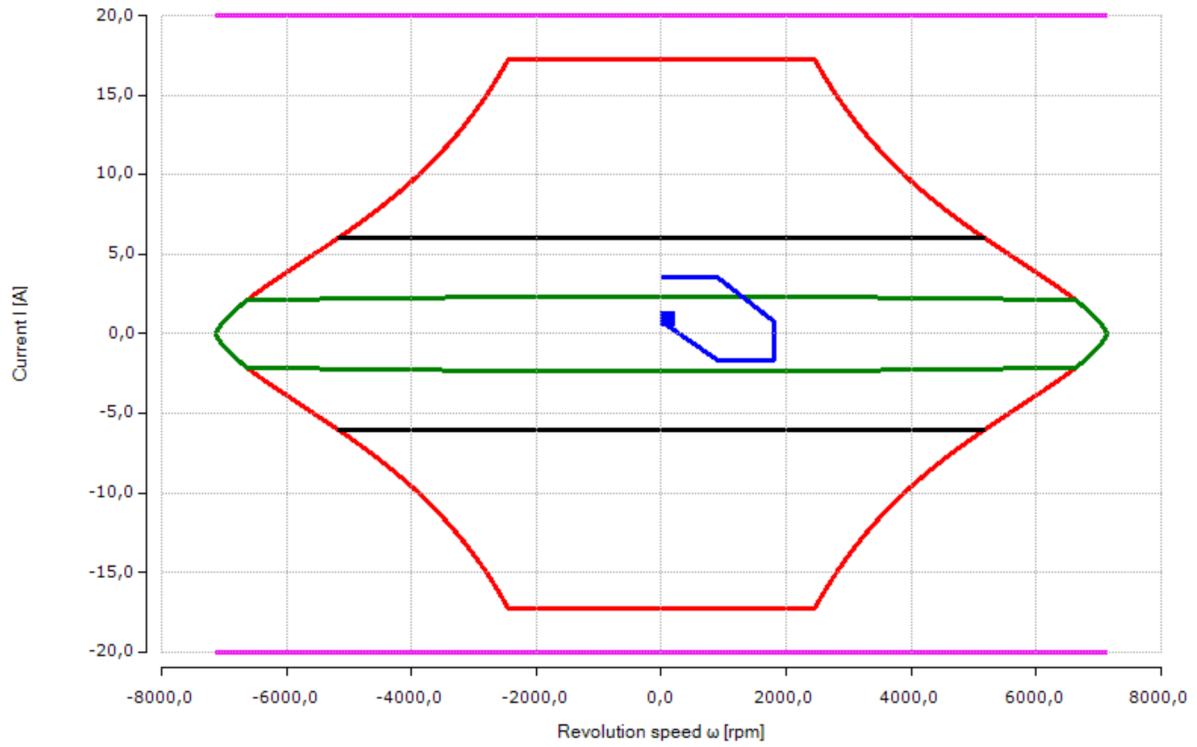
Nominal data	
Number of channels	2
Channel peak current	20 A
Device peak current	28 A

Nominal data	
Channel nominal current	6 A
Device nominal current	12 A
Capacitance	135 μ F

Application data		
Device nominal current	$[I_{d_eff}]$	1,53 A
Device peak current	$[I_{d_max}]$	5,69 A
Device average power	$[P_{d_avg}]$	145 W
Channel nominal current	$[I_{c_eff}]$	914 mA
Channel peak current	$[I_{c_max}]$	3,55 A
Channel average power	$[P_{c_avg}]$	24,6 W

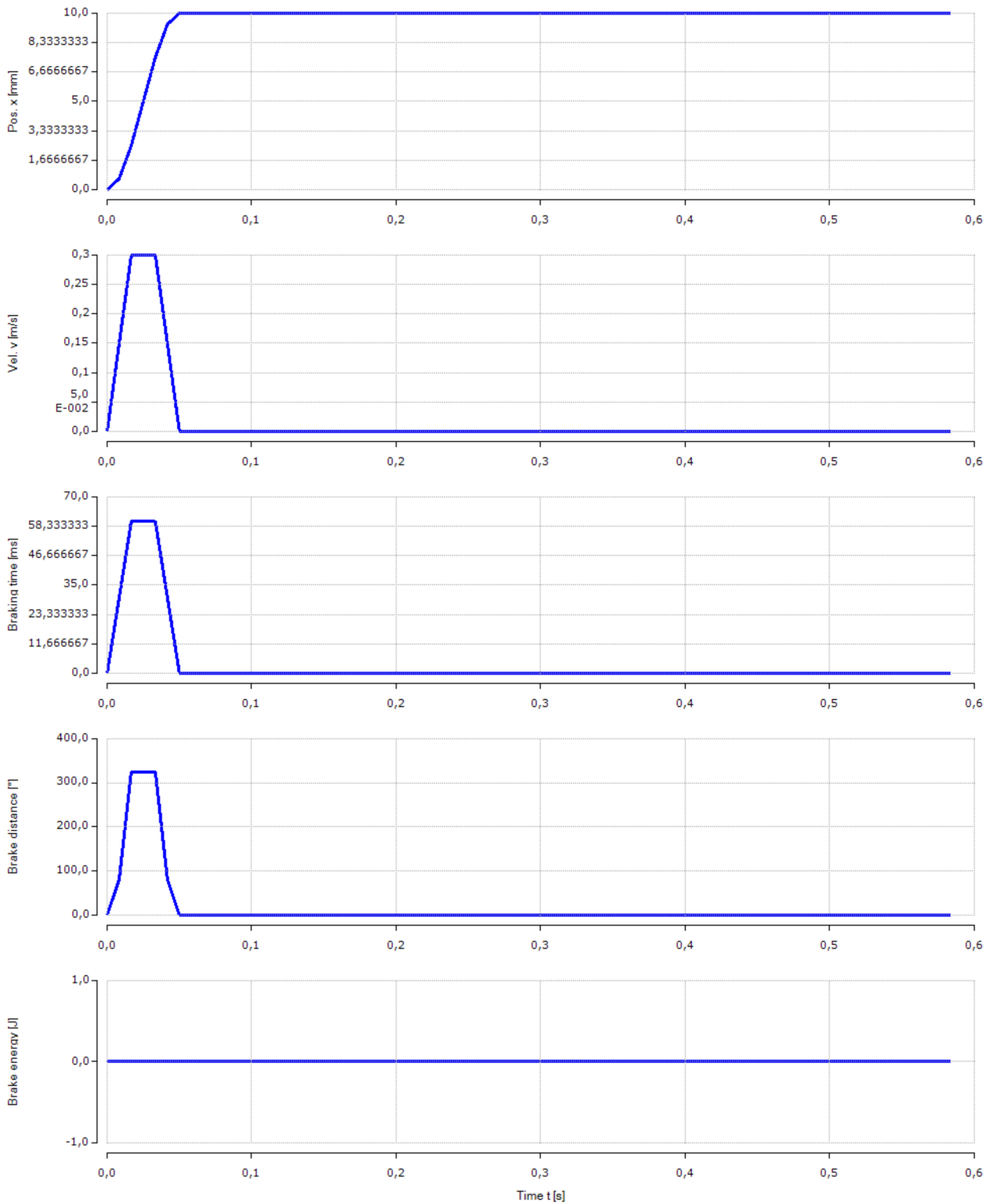
Application data		
Utilization	$[I_{d_eff}]$	12,7 %
Utilization	$[I_{d_max}]$	20,3 %
Device peak power	$[P_{d_max}]$	582 W
Utilization	$[I_{c_eff}]$	15,2 %
Utilization	$[I_{c_max}]$	17,7 %
Channel peak power	$[P_{c_max}]$	457 W

Documentation
http://download.beckhoff.com/download/document/motion/AX8000_ba_en.pdf
Step model
http://download.beckhoff.com/download/Technical_Drawings/Drive_Technology/step/AX8000/ax8108_ax8118_ax8206_stp.zip
EPLAN Macros
http://www.beckhoff.de/default.asp?forms/eplan_macros/default.aspx?lg=de



- Voltage boundary curve
- S1 characteristic curve motor
- Drive nominal current
- Drive peak current
- Application curve
- Effective application point

4.10.4. Emergency brake investigation: EIXO_SUB_DESC_MANIPULADOR



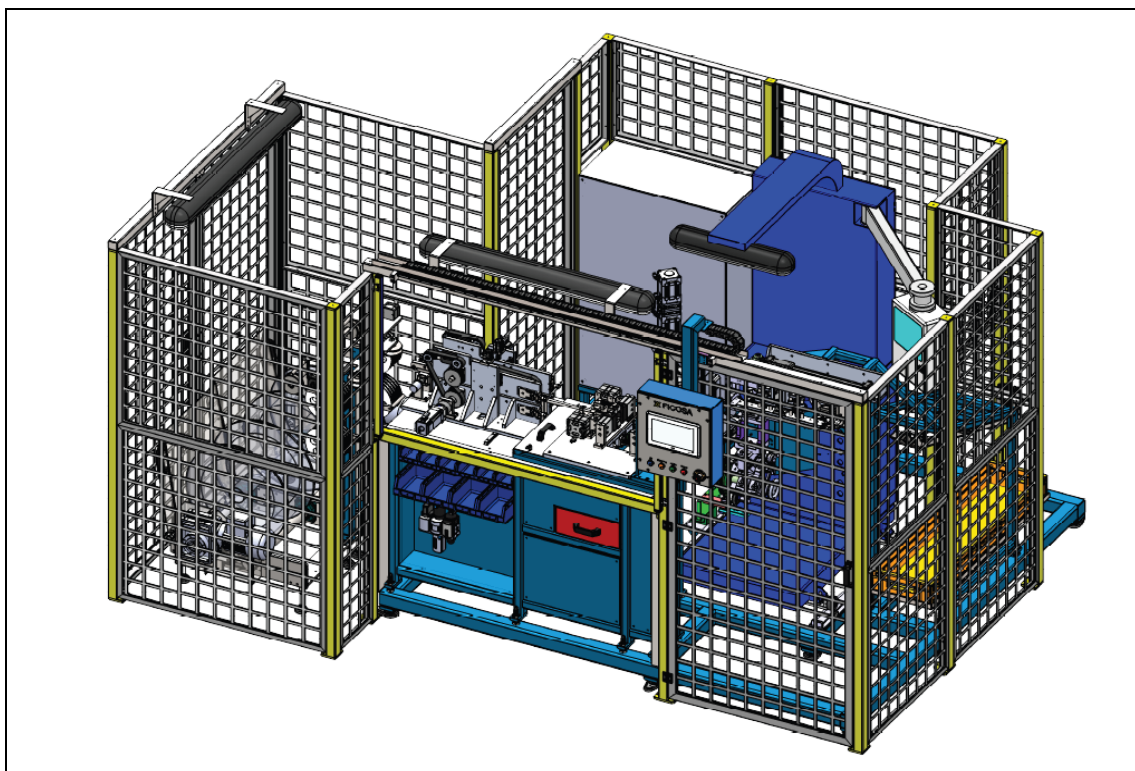
Resulting values		
Emergency braking torque	$[T_b]$	0 Nm
Maximal braking distance load shaft	$[\theta_{bShaft}]$	325 °
Braking time	$[t_b]$	60,2 ms

Resulting values		
Maximal braking distance load	$[x_b]$	9,04 mm
Maximal braking distance motor	$[\theta_{bMot}]$	325 °
Maximal braking energy	$[E_b]$	0 J

7.2 ANEXO 2 – Manual do Equipamento

MANUAL DE INSTRUÇÕES

Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de Zamak



Denominação Social:	Fico Cables – Fabrica de Acessórios e Equipamentos Industriais, Lda.
Endereço do Fabricante:	Rua Cavaco 115, 4470-263 Vermoim, Portugal
Modelo da Máquina:	Equipamento de Preparação de Cabo Revestido
Designação da Máquina:	Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de Zamak
Código da Máquina:	IZS_00083F
Ano de Fabrico	2022

DECLARAÇÃO CE



Fico Cables – Fabrica de Acessórios e Equipamentos Industriais, Lda.
Rua Cavaco 115, 4470-263 Vermoim, Portugal

Declaramos, abaixo assinado, a nossa responsabilidade pelo equipamento:

Modelo da Máquina:	Equipamento de Preparação de Cabo Revestido
Designação da Máquina:	Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de Zamak
Código da Máquina:	IZS_00083F
Ano de Fabrico	2022

Estando de acordo com a diretiva 2006 / 42 / CE do Parlamento Europeu e Conselho de 17 Maio de 2006

Nome:

Data:

Cargo:

Carimbo e Assinatura:



Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de
Zamak
IZS_00083F

Revisão: 0
Data: 07/01/2022
Página Sep: 1 de 1

Manual de Instruções - Registo de Revisões

Registo de Revisões

Revisão	Data	Descrição da Alteração	Responsável
0	07/01/2022	Elaboração do Manual	Eduardo Eiras

índice

1. Introdução
2. Descrição geral da máquina
3. Equipamentos associados
4. Características e dados dos equipamentos
5. Instalação da linha de montagem
6. Descrição da utilização prevista da máquina
7. Descrição da má utilização prevista da máquina
8. Funcionamento da consola
9. Informações sobre os riscos residuais
10. Instrução de segurança para as operações de transporte, movimentação e armazenamento
11. Modo operatório a seguir em caso de acidente ou avaria
12. Instruções que permitam que a regulação e manutenção sejam efetuadas com segurança
13. Planos de manutenção
14. Intrução de SETUP
15. Parametros de linha de montagem
16. Esquemas
17. Desenhos de Conjunto
18. Desenhos / Lista de Peças de Desgaste

Introdução

Este manual foi concebido para o operador(a) ou pessoa encarregada pelo funcionamento da máquina, assim como para as pessoas intervenientes na manutenção e instalação do equipamento. Considerando o operador(a) com um agente qualificado, cabe-lhe igualmente contribuir previamente para a permanência do bom funcionamento da máquina, para isso, recomendamos-lhe que leia atentamente este manual para familiarizar-se com as distintas partes da máquina e o seu funcionamento, servindo assim para favorecer a produtividade e bom funcionamento do equipamento de forma continuada.

Todos os procedimentos estabelecidos neste manual são fornecidos para uma utilização segura e eficaz. O uso indevido ou a alteração da máquina não é da responsabilidade da Fico Cables – Fabrica de Acessórios e Equipamentos Industriais, Lda.

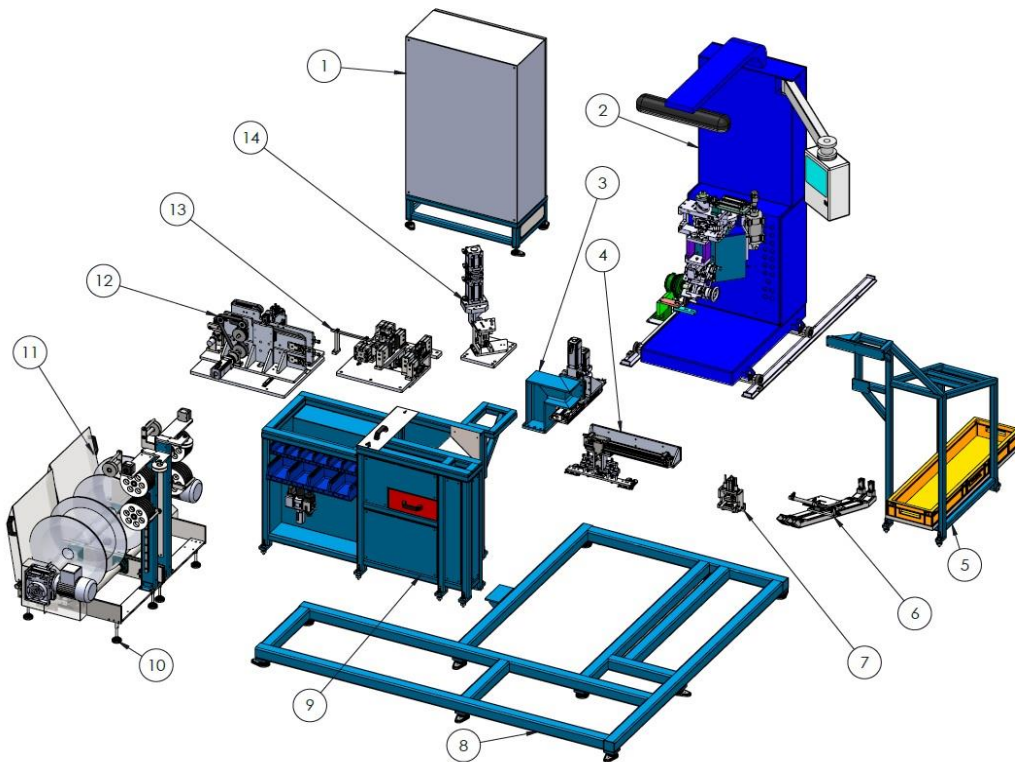
Para além do cumprimento das regras estabelecidas neste manual, cumpra sempre com as regras de segurança estabelecidas pela empresa.

Descrição geral da máquina

O equipamento tem como objetivo a preparação de cabo revestido.

É constituído pelos seguintes sistemas:

- 1) Quadro Elétrico
- 2) Máquina de Injeção de Zamak
- 3) Manipulador Rotativo
- 4) Transfer Extração
- 5) Syporte de Transfer + Cortante Gito e Extração
- 6) Extração
- 7) Cortante de gito de zamak
- 8) Plataforma
- 9) Bancada
- 10/11) Desenrolador de Cabo
- 12) Arrasto de Cabo
- 13) Dispositivo de corte e decapagem
- 14) Dispositivo da flor



O equipamento é capaz de realizar preparação de cabo revestido desde 200 a 1000mm.

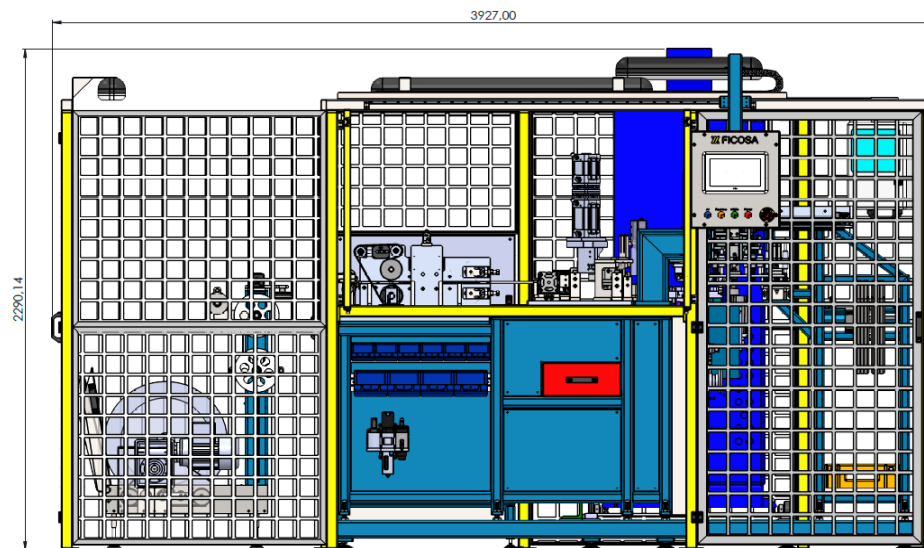
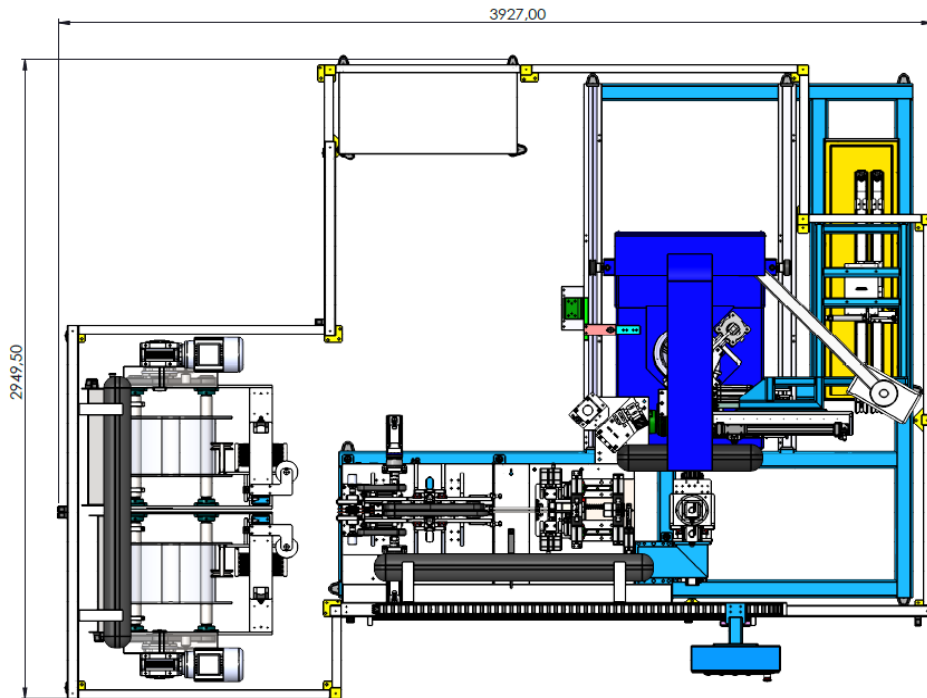
A cadência da máquina é de 1100 peças/hora.

Apenas é permitida a intervenção por um utilizador para garantir a sua segurança durante qualquer intervenção.

Manual de Instruções - 4. Características e dados dos equipamentos

Características e dados dos equipamentos

Características	Dados dos Equipamentos
Potência Instalada	11085 W
Dimensões	3927 - 2949,5 - 2290,14 mm
Peso	1500 kg
Consumo de Ar Comprimido	8 bar



Instalação da linha de montagem

Antes de proceder à instalação da máquina, o responsável deve certificar-se que:

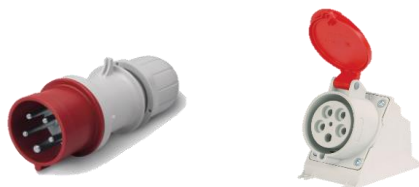
- O local de instalação é adequado às características das máquinas;
- Averiguar se existem condições eléctricas, pneumáticas e hidráulicas para o bom funcionamento;
- Garantir que a máquina é instalada num sítio firme e sem vibrações.

Depois de garantidos os pontos anteriormente mencionados e na fase de instalação devem ser tomados alguns cuidados e seguidos determinados procedimentos, nomeadamente:

Tomada trifásica de 5 pinos (16 A)

- A máquina deve ser ligada à rede eléctrica a partir de uma tomada trifásica de 5 pinos de 16 Amperes;
- A tomada tem 3 fases, neutro e terra.

*Nota: Instalações até 16A.



Ligação pneumática

- A ligação pneumática é efetuada com um tubo pneumático Ø16 mm;
- Esta ligação deve ser realizada por encaixe rápido;
- A rede de ar comprimido deve ter no mínimo 6 bar de pressão.

Ligação hidráulica (Sistema de Arrefecimento da Máquina de Zamak)

- Mangueira de cristal 3/8";
- Ligação deverá ser fixa;
- É obrigatório a existência de um passador (acessível) na entrada e saída para cortar o circuito de água.

Nivelamento e apoios da máquina

- A máquina deve ser nivelada a partir dos apoios existentes na estrutura;
- Deve ser garantido que todos os apoios estão em contacto com o chão.

Terminada a instalação da máquina, e antes da mesma iniciar a atividade para a qual foi concebida, denota-se relevante testar o funcionamento de alguns dos seus sistemas, cumprindo determinados princípios como:

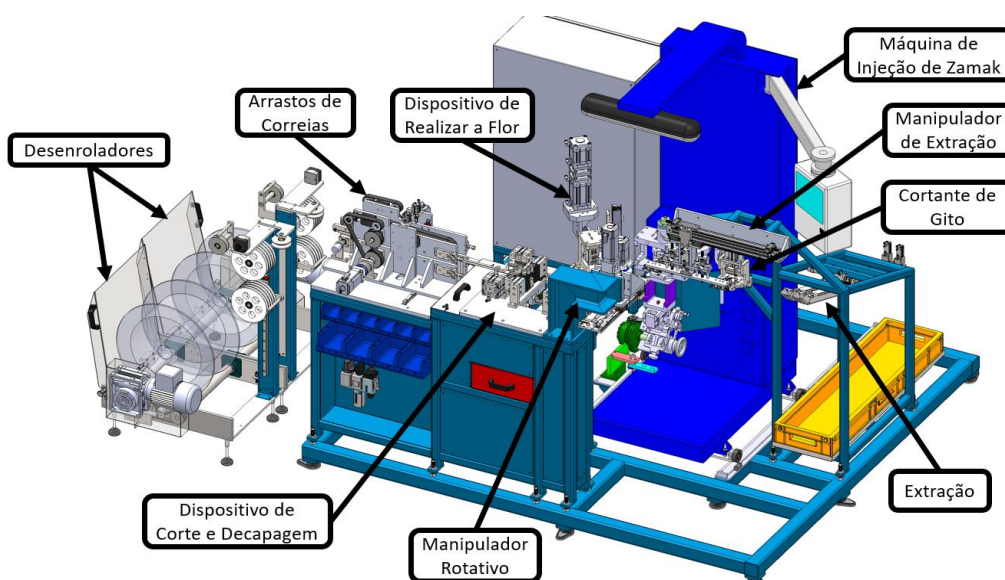
- A colocação da máquina em funcionamento deve ser realizada por técnicos especializados;
- Deve ser testado o funcionamento dos dispositivos de corte geral eléctrico, pneumático e hidráulico;
- Deve ser testado o funcionamento dos sistemas de segurança da máquina: barreiras fotoeléctricas, sensores de segurança e comandos de emergência;
- Averiguar se a máquina detem as devidas proteções físicas, colocadas nos dispositivos previamente definidos.

Descrição da utilização prevista da máquina

6.1 - Utilização prevista da máquina

Para que a máquina funcione deve cumprir os passos seguintes:

- 1) Acionar comando parar no painel de controlo; pedir permissão para abertura das portas de segurança;
- 2) Utilizar a rampa de apoio do desenrolador para ajudar na montagem da bobine;
- 3) Montar a bobine de cabo no desenrolador de cabo;
- 4) Pegar na ponta de cabo e passar pelos rolos do compensador; sistema de arrasto e até ao corte;
- 5) Sair da máquina e fechar as portas de segurança; no painel de controlo seleccionar a referência a produzir;
- 6) A máquina em automático irá decapar a extremidade do cabo, fazer a flor e injetar zamak e extrair o cabo.



6.2. Agentes Químicos

Para permitir a correta extração do terminal injetado, é pulverizado a cada ciclo, para o molde o óleo Ecocut HFN 5 LE.

6.3 - Iluminação

A máquina possui iluminação de forma a que o utilizador e técnicos tenham uma correta iluminação das áreas a intervir.

6.4 - Aspetos ergonómicos

Devido à movimentação e transporte de bobines de cabo e desenvolvimento de lesões musculoesqueléticas, o utilizador deverá utilizar sempre equipamentos auxiliares de transporte.

Descrição da má utilização prevista da máquina



SEGURANÇA

- 1) Não violar sistemas de segurança da máquina;
- 2) Não simular a passagem dos sistemas de segurança;
- 3) Não forçar electroválvulas do quadro pneumático;
- 4) Não utilizar a máquina para fins diferentes do que foi concebida;
- 5) Não alterar componentes, estruturas ou proteções da máquina;
- 6) Não retirar e/ou escamotear ou inoperar os dispositivos de segurança e proteção;
- 7) Não acionar qualquer válvula manualmente. Os danos provocados por um acionamento incorreto poderão ser graves, para os operadores e/ou máquina;
- 8) Não improvisar ferramentas do equipamento ou de trabalho.



MATERIAIS

- 1) Não deixar qualquer tipo de ferramenta/calibres de afinação dentro da área de trabalho da máquina; organizar as ferramentas/calibres nos locais devidamente definidos;
- 2) Cumprir as localizações definidas para armazenamento de materiais;



CONSOLA

- 1) Não utilizar qualquer tipo de objeto como canetas ou outro tipo de ferramentas no touch da consola;








FORMAÇÃO

- 1) Em caso de avaria, apenas técnicos devidamente formados poderão diagnosticar o problema. Os operadores da máquina não podem efetuar tarefas de manutenção;
- 2) Não permitir a operação da máquina por parte de operadores sem formação.

Funcionamento da consola



-  Comando dá indicação para introduzir ar na máquina
-  Comando dá indicação para a máquina rearmar
-  Comando dá indicação à máquina para iniciar o ciclo.
-  Dá indicação à máquina para parar; a máquina termina o ciclo.
-  **Comando de Emergência:** Comando com prioridade em relação aos restantes comandos da máquina. Quando acionado corta o sistema elétrico/pneumático da máquina. Comando com encravamento.

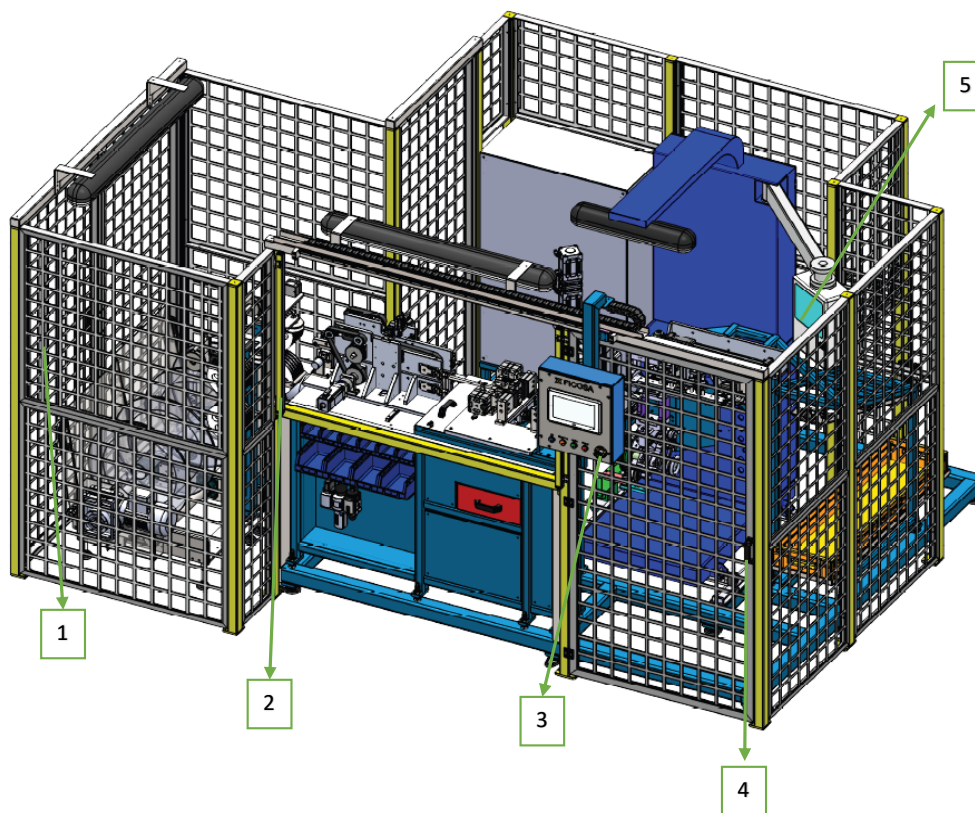
Informações sobre os riscos residuais

9 - Segurança

A conceção do equipamento, incluindo a sua parte mecânica, elétrica e pneumática foi realizada de forma a garantir a máxima segurança do ponto de vista da operação e da manutenção. Contudo, é de forma consciente que afirmamos que existem riscos na máquina que não são possíveis de eliminar sobre a consequência de ser alterada também a sua função.

Neste ponto é importante que os utilizadores, a qualquer nível, sejam conhecedores dos perigos a que se encontram expostos e quais os respetivos dispositivos de segurança que foram implementadas na máquina. Em relação aos técnicos de Manutenção devem ter formação específica sobre o funcionamento do equipamento.

9.1- Dispositivos de segurança



- 1) Estrutura em rede a toda a envólvecia da máquina;
- 2) Barreiras fotoelétricas de deteção de dedo; quando acionadas em modo automático páram de imediato os movimentos perigosos e ocorre corte elétrico e pneumático;
- 3) Comando de emergência: comando com prioridade em relação aos restantes comandos; com encravamento; quando acionado ocorre corte do sistema elétrico/pneumático. Este comando
- 4) Portas de com sensor de segurança: quando as portas são abertas em modo automático ocorre paragem imediata dos movimentos perigosos bem como ocorre corte do sistema elétrico/pneumático.

Informações sobre os riscos residuais

5) Comando de emergência máquina de zamak: comando com prioridade em relação aos restantes comandos da máquina de zamak; com encravamento; quando acionado ocorre corte do sistema elétrico/pneumático. Este comando realiza paragem na máquina de zamak.

Outras proteções máquina Zamak

- 1) Patilha de segurança no gancho
- 2) Validação de fecho de molde
- 3) Proteção em chapa fixa na zona frontal do molde

Informações sobre os riscos residuais

9.2 - Riscos residuais

Existem riscos residuais junto a zonas e movimentos que não foram totalmente eliminados. De forma a garantir a segurança dos utilizadores são identificados os riscos com pictogramas de risco.

De seguida serão descritos quais os equipamentos de proteção individual a utilizar na realização das tarefas e os pictogramas de risco colocados junto aos riscos residuais.

De salientar que a Manutenção de 1º nível (limpeza e verificações) deve ser realizado sempre com a máquina parada e por utilizadores com a devida formação.

Óculos de Proteção



Limpeza da Máquina

Utilização da Pistola de Ar comprimido

Sempre que se encontrar junto à máquina durante o seu funcionamento

* Projeção de zamak

Realização de set up

Calçado de Proteção



Movimentação de bobines de cabo

Realização de setup

Abastecimento da máquina com lingote de zamak

Luvas de Proteção Mecânica



Manuseamento de materiais

Limpeza da máquina

Realização de setup

Luvas de Proteção resistente a altas temperaturas



Limpeza da panela de Zamak

Colocação de novo lingote de zamak

Informações sobre os riscos residuais

9.3 - Pictogramas de risco

Queimadura



Limpeza da panela de zamak
Substituição do lingote de zamak
Intervenção e manutenção à máquina de zamak

Entalamento



Acesso aos movimentos da máquina incumprindo todos os procedimentos de segurança descritos no presente manual.

* Máquina protegida a toda a envólvecia, com métodos de trabalho adequados para aceder à máquina em caso de falhas

Choque Elétrico



Acesso a partes em tensão dos quadros elétricos.

* apenas técnicos especializados podem aceder ao quadro elétrico

* manter os quadros elétricos fechados

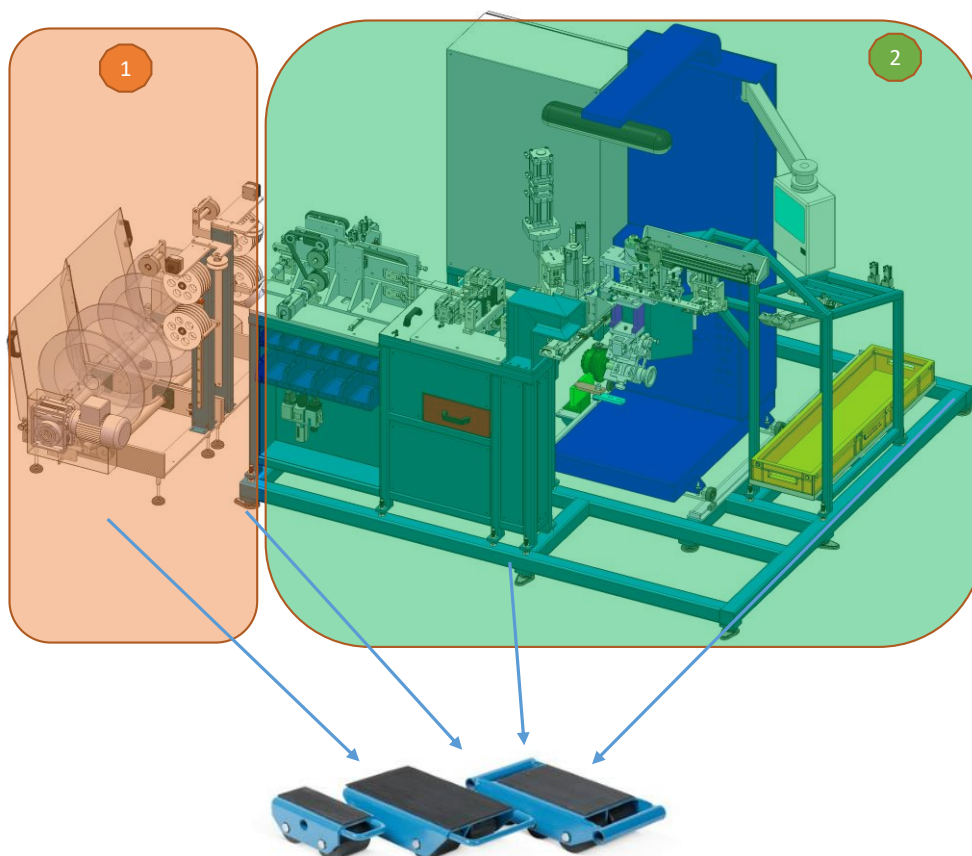
Instrução de segurança para as operações de transporte, movimentação e armazenamento

Aquando da realização de operações como o transporte ou movimentação o responsável e os intervenientes na realização destas tarefas devem atender aos seguintes princípios:

- garantir que os equipamentos de transporte têm capacidade para o peso da máquina;
- a máquina deverá ser elevada o mínimo possível;

Para transportar a máquina deve proceder da seguinte maneira:

- 1) Transportar o desenrolador de cabo
- 2) Transportar a plataforma
- 3) Transportar a proteção (estrutura em rede na envoltória)



- Com ajuda de macaco elevatório, elevar ligeiramente as bases do desenrolador e colocar suportes/carrinhos de transporte; transportar o equipamento até a zona de instalação

- Com ajuda de macaco elevatório, elevar ligeiramente as bases da plataforma (2) e colocar suportes/carrinhos de transporte; transportar o equipamento até a zona de instalação

- Montar a proteção na envoltória da máquina de acordo com layout.

Instrução de segurança para as operações de transporte, movimentação e armazenamento

Se, por outro lado, o transporte tiver como finalidade o seu armazenamento ou desmantelamento, será relevante conhecer as seguintes formas de atuação:

-Antes de realizado o transporte para armazem ou para espaço de desmantelamento, deve previamente ser averiguado se há espaço suficiente para proceder à operação definida em segurança;

-Se a máquina for transportada para armazenamento a mesma deve ser decomposta para permitir uma maior compactação no seu armazenamento e filmada para diminuir ou minimizar a possibilidade de ocorrerem danos, entrada de poeiras ou humidade;

- Por outro lado se a máquina for transportada com o objetivo de ser desmantelada, proceder tendo sempre em conta as regras de manutenção e segurança definidas no ponto 12 deste manual.

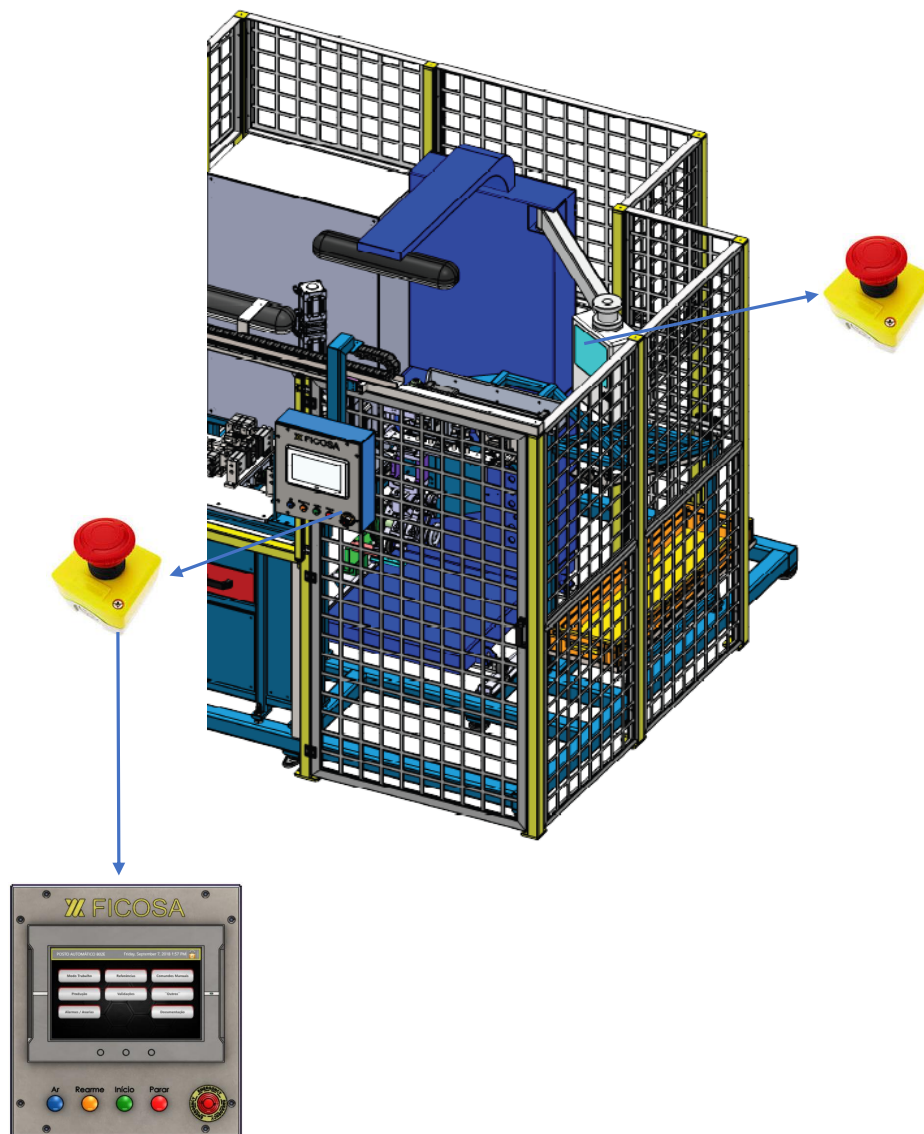
Modo operatório a seguir em caso de acidente ou avaria

No caso de detetar qualquer anomalia no equipamento (vibrações, ruídos estranhos) ou avaria aparente deve sempre parar o equipamento.

Apenas deve voltar a trabalhar quando a avaria estiver solucionada. A paragem do equipamento deve ser feito através do acionamento do comando de emergência existente em cada posto de trabalho.

Quando os dispositivos de segurança (proteções, comandos de emergência, barreiras, sensores e outros), por qualquer motivo, não se encontrarem funcionais deve parar de trabalhar de imediato!

NÃO É PERMITIDO TRABALHAR NESTES EQUIPAMENTOS SEM QUE OS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA SE ENCONTREM OPERACIONAIS!



Modo operatório a seguir em caso de acidente ou avaria

Após a deteção da avaria deverá sempre contactar o seu superior hierárquico por forma a que se possam seguir os procedimentos internos definidos.



Os operadores de máquina não podem efetuar intervenções nestes equipamentos.

Em caso de acidente, deverá informar o mais rápido possível a(s) pessoa(s) mais próximas e indicadas para que possam ativar os meios de socorro e assistência existentes na organização.

Caso ocorram outras situações de emergência como incêndios devem ser seguidos os seguintes passos:

- Em caso de incêndio fuga de água ou óleo desligar a alimentação geral da Linha.
- Recorrer ao extintor mais próximo por forma a controlar o incêndio.
- Desligar o corte geral pneumático e elétrico.
- Contactar os responsáveis da área e segurança da empresa.

Instruções que permitam que a regulação e manutenção sejam efetuadas com segurança

A manutenção influencia a segurança e a saúde dos trabalhadores de duas maneiras. Em primeiro lugar, uma manutenção regular, corretamente planeada e executada, é essencial para manter as máquinas e o ambiente de trabalho seguros e fiáveis. Em segundo lugar, a própria manutenção deve ser executada de forma segura, com uma proteção adequada dos trabalhadores que a efetuam e das restantes pessoas presentes no local de trabalho.

As vantagens da manutenção são:

- Aumento da vida útil do equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Controle dos materiais;
- Diminuição do custo das reparações;
- Melhoria da produtividade da empresa;
- Limitação da quantidade de peças de reposição;
- Melhoria da segurança;

12.1 - Regras básicas para a realização de reparações em segurança

1º Planear

Tratar de saber junto a pessoa que pediu a intervenção qual é o problema e onde se localiza. É necessário realizar uma verificação visual de forma a identificar o problema existente.

No caso de não ser possível a verificação do problema com a máquina parada, verificar visualmente qual o possível problema, parar o equipamento, reparar e voltar a ligar de forma a verificar se o mesmo ficou resolvido.

2º Tornar a zona de trabalho segura

A zona de trabalho tem de ser segura evitando acessos não autorizados, por exemplo, outros colaboradores. A zona tem de ser mantida limpa e segura, com a alimentação elétrica desligada, as peças móveis das máquinas imobilizadas. Desta forma, a segurança do trabalhador que realiza a manutenção na máquina não será comprometida por outro trabalhador que, inadvertidamente, tente ligá-las.

Sempre que haja intervenção em máquinas, equipamentos e que seja necessário retirar as proteções existentes, é obrigatório a sua colocação e deixar o equipamento conforme estava antes da intervenção.

Toda e qualquer reparação de máquinas ou equipamentos é obrigatório desligar o equipamento, ou seja, libertar a máquina de toda a energia que possui. Caso existem vários técnicos, cada um deve proceder ao bloqueio do corte geral elétrico de forma a que a máquina não seja ligada.

3º Utilizar o equipamento adequado

Os trabalhadores envolvidos nas tarefas de manutenção devem ter as ferramentas e os equipamentos adequados.

Em relação aos equipamentos e ferramentas a usar, devem assegurar que:

- Estão em estado adequado
- São adequados ao ambiente de trabalho (por exemplo, não usar ferramentas que façam faíscas em ambientes inflamáveis)

4º Verificação final

O processo de manutenção tem de terminar com verificações finais para garantir que a tarefa foi concluída, que o objeto sujeito a manutenção está num estado seguro e que todos os resíduos gerados durante o processo de manutenção foram limpos.

Instruções que permitam que a regulação e manutenção sejam efetuadas com segurança

12.2 - Equipamentos de proteção individual

Os equipamentos de proteção individual (EPI) têm como principal função a proteção do trabalhador quando já não é possível a implementação de medidas de proteção coletiva, ou quando ainda existem riscos residuais. Assim, para a função de afinador e técnico de manutenção é obrigatório (quando aplicável) os seguintes EPI:

Luas de proteção mecânica: sempre que existe risco de corte, golpes; manuseamento de ferramentas manuais elétricas e não elétricas; realização de tarefas rotineiras; SEMPRE que utilize equipamentos com movimentos rotativos, NÃO UTILIZAR luvas.

Luas resistente a químicos: aquando do manuseamento de produtos químicos (lubrificação, limpeza);

Óculos de proteção: projeção de partículas, por exemplo: utilização de ferramentas manuais elétricas e não elétricas, projeção de partículas dos processos dos equipamentos e linhas de montagem onde se encontram a intervir ou vizinhança, projeção de partículas líquidas (produtos químicos);

Calçado de proteção: manuseamento de partes de máquinas que podem cair sobre os pés, por exemplo: setup's;

Viseira de soldadura: realização de soldadura por arco-elétrico, mesmo que o tempo da solda seja reduzido.

Luas de Proteção Alta Temperatura: sempre que em contacto com máquinas a altas temperaturas;



O EPI deve ser adequado à tarefa a realizar de acordo com os riscos associados.

12.3 - Blockout / Tagout

O bloqueio/sinalização refere-se a proteção dos trabalhadores de energias potencialmente perigosas quando efetuam serviços de manutenção ou reparação em máquinas ou equipamentos.

Antes da realização das tarefas de manutenção o seguinte procedimento terá de ser seguido:

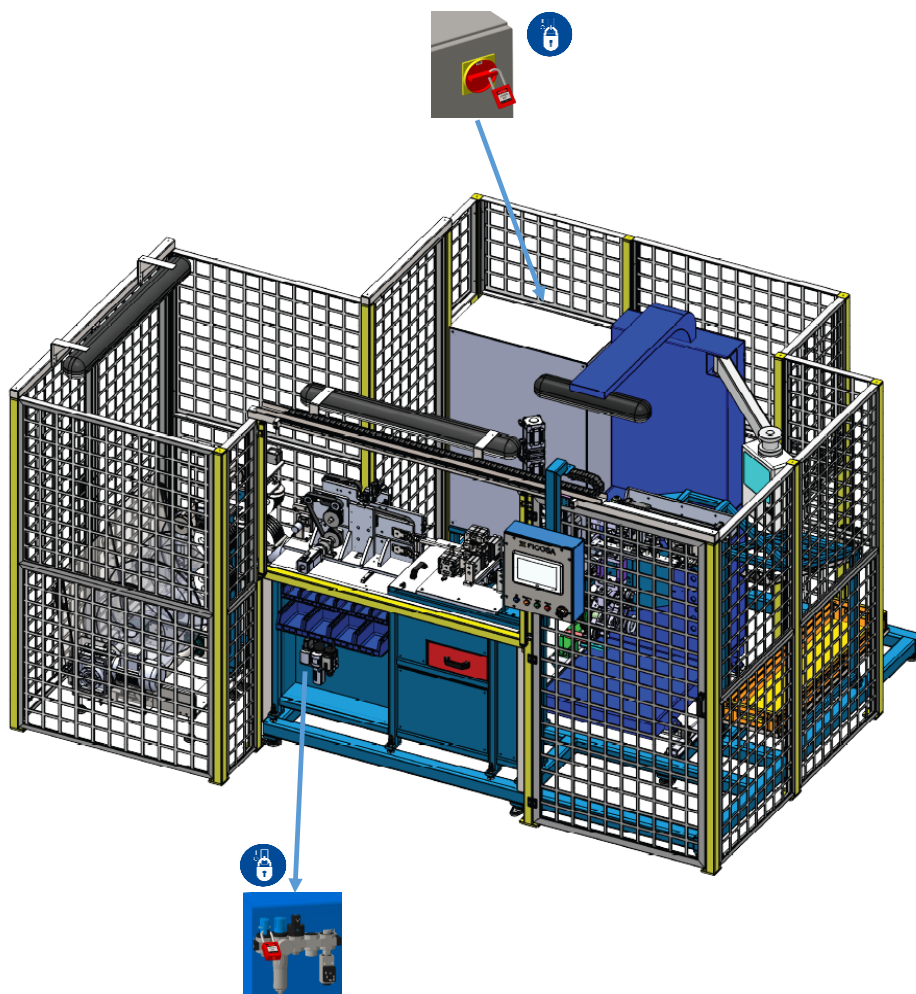
- Avaliar o equipamento e identificar todas as fontes de energia a ser bloqueadas e os dispositivos necessários para os controlar;
- Avisar outros colaboradores que irá efectuar manutenção do equipamento e que irá desligar a energia;
- Isolar (se possível) a área de trabalho;
- Colocar o dispositivo de bloqueio e identificar o mesmo, de modo a isolar a energia identificada;
- Reduzir a energia acumulada a zero (água, ar, gás, movimentos);
- Realizar as tarefas de manutenção

Antes de retirar os dispositivos Blockout/Tagout:

- Assegurar que o equipamento/linha está completamente instalado e as proteções estão nos devidos locais;
- Remover os dispositivos de bloqueio;
- Ligar o equipamento/linha;
- Avisar que o equipamento/linha se encontra operacional.

Instruções que permitam que a regulação e manutenção sejam efetuadas com segurança

12.4. Localização dos Dispositivos de Bloqueio



Manual de Instruções - 13. Planos de manutenção

Planos de manutenção

Aprovado Por: Eduardo Eiras
Data de Aprovação: 07/01/2022

Manutenção da Máquina

Manutenção 1º Nível

Manutenção da Máquina

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Máquina	Verificar fixação dos comandos e estado de funcionamento	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25
Inspeção	Máquina	Verificar existência de ruídos e vibrações anormais	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25
Inspeção	Máquina	Limpeza da totalidade da máquina	Manual Visual	Pistola Ar, Pano e Vassoura	OP	MNT		Turno	S	0,25

Manutenção 2º Nível

Manutenção da Máquina

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Sensores	Verificar estado dos sensores e cablagem	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	60
Validação	Máquina	Validar as acções de manutenção realizadas e sucatar todo o material utilizado nos testes/ensaios	Teste dos Equipamentos		MNT	MNT		Trimestral	N	
Revisão	Máquina	Revisão ao funcionamento das protecções (Barreiras, sensores de segurança, Protecções fixas, comandos de emergência)	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Geral	Revisão às ligações eléctricas e componentes eléctricos. Verificar apertos. Limpeza do quadro eléctrico.	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Geral	Revisão às ligações pneumáticas e componentes pneumáticos. Verificar apertos. Limpeza do quadro pneumático	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Cabos de Comunicação	Verificar estado dos cabos de comunicação	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	

Manual de Instruções - 13. Planos de manutenção

Planos de manutenção

Aprovado Por: Eduardo Eiras
 Data de Aprovação: 07/01/2022

Manutenção Da Máquina

Manutenção 1º Nível

Manutenção do Desenrolador e Arrasto

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Limpeza	Desenrolador e Arrasto	Limpeza desenroladores	Manual	Panos Pistola de ar Vassoura	OP	MNT		Turno	S	2
Limpeza	Desenrolador e Arrasto	Limpar zonas de passagem do cabo	Manual	Pincel, pistola de ar	OP	MNT		Turno	S	2

Manutenção 2º Nível

Manutenção do Desenrolador e Arrasto

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Desenrolador e Arrasto	Verificar desgaste de todas as peças listadas	inspeção visual		MNT	MNT	Substituir	Trimestral	S	50
Lubrificação	Desenrolador e Arrasto	Lubrificar rodas	Manual	Galheta com óleo RENOLIN CLP220	MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Desenrolador e Arrasto	Verificar existência de fugas de ar	Inspeção visual/ audutivo		MNT	MNT	corrigir e/ou substituir	Trimestral	S	
Inspeção	Desenrolador e Arrasto	Verificar a existência de folgas nos mecanismos	inspeção visual/ funcional		MNT	MNT	Reapertar e substituir no caso de estar danificado	Trimestral	S	
Lubrificação	Desenrolador e Arrasto	Lubrificar a guia e patim	Manual	galheta com óleo RENOLIN CLP220	MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Compensador de Cabo	Revisão completa ao compensador: - Veios - Rolamentos - Sensores/fins-de-curso - Estrutura	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Sistema de arrasto de cabo	Revisão Completa: - Rolos - Rolamentos - Veios - Correias - Polias - Motoreductor - Cilindros - Estrutura	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	



Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de Zamak
IZS_00083F

Revisão: 0
Data: 07/01/2022
Página Sep: 3 de 10

Manual de Instruções - 13. Planos de manutenção

Planos de manutenção

Aprovado Por: Eduardo Eiras
Data de Aprovação: 07/01/2022

Dispositivo de Corte Mecânico

Manutenção 1º Nível

Dispositivo de Corte Mecânico

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Dispositivo de Corte Mecânico	Verificar existência de ruídos e vibrações anormais	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25
Inspeção	Dispositivo de Corte Mecânico	Verificar estado das lâminas/pastilha	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25

Manutenção 2º Nível

Dispositivo de Corte Mecânico

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Dispositivo de Corte Mecânico	Verificar desgaste de peças e lâminas/pastilha de corte	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	30
Inspeção	Dispositivo de Corte Mecânico	Verificar estado e folgas nos sistemas de guiamento e sistema de corte	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Corte Mecânico	Verificar alinhamentos	Visual Auditiva		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Corte Mecânico	Verificar desapertos de peças e acessórios	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Corte Mecânico	Verificar estado e fixação das ligações eléctricas e pneumáticas	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Corte Mecânico	Verificar existência de fugas de ar	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Corte Mecânico	Limpeza geral e lubrificação dos movimentos	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	



Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de Zamak
IZS_00083F

Revisão: 0
Data: 07/01/2022
Página Sep: 4 de 10

Manual de Instruções - 13. Planos de manutenção

Planos de manutenção

Aprovado Por:
Data de Aprovação

Eduardo Eiras
07/01/2022

Manutenção da Máquina

Manutenção 2º Nível

Manutenção Manipulador de Extração/Manipulador Rotativo

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Revisão	Manipulador	Reaperto total dos sistemas e estrutura. Revisão mecânica completa	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	20
Revisão	Manipulador	Revisão aos amortecedores	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Manipulador	Verificar aperto das hastes dos cilindros	Inspeção		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Manipulador	Aplicar massa nos carros do transfer	Inspeção	Massa SKF ref LGMT 2/1	MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Manipulador	Limpeza geral aos manipuladores	Limpeza	Pistola Ar, Pano, Aspirador	MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Manipulador	Aplicar massa nos fuso de esferas do transfer	Inspeção	Massa SKF ref LGMT 2/1	MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Manipulador	Verificar estado dos sensores e cablagem	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Manipulador	Verificar alinhamentos	Visual Auditiva		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Manipulador	Verificar desapertos de peças e acessórios	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	

Manual de Instruções - 13. Planos de manutenção

Planos de manutenção

Aprovado Por: Eduardo Eiras
Data de Aprovação: 07/01/2022

Dispositivo de Decapar

Manutenção 1º Nível

Máquina de Decapar

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Dispositivo de Decapar	Verificar existência de ruídos e vibrações anormais	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25
Limpeza	Dispositivo de Decapar	Limpeza do dispositivo e gaveta das aparas	Manual		OP	MNT		Turno	S	0,25
Limpeza	Dispositivo de Decapar	Verificar estado das lâminas de decapar	Manual		OP	MNT		Turno	S	0,25

Manutenção 2º Nível

Máquina de Decapar

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Revisão	Dispositivo de Decapar	Verificar estado dos mordentes	Manual Visual		MNT	MNT	Substituir	Trimestral	S	20
Revisão	Dispositivo de Decapar	Verificar estado dos parafusos	Manual Visual		MNT	MNT	Substituir Parafusos (caso se encontrem danificados/moidos)	Trimestral	S	
Revisão	Dispositivo de Decapar	Verificar estado do batente	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Dispositivo de Decapar	Verificar estado dos suportes das lâminas e as mesmas	Manual Visual		MNT	MNT	Substituir	Trimestral	S	
Revisão	Dispositivo de Decapar	Verificar Estado de Cilindros pneumáticos	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Decapar	Verificar Estado das ligações pneumáticas e fugas de ar	Manual Visual		MNT	MNT	Reparar tubagem danificada	Trimestral	S	
Revisão	Dispositivo de Decapar	Verificar aperto e estado dos sensores e cabos	Manual Visual		MNT	MNT	Substituir	Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Decapar	Verificar alinhamentos	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Decapar	Limpeza geral	Manual Visual	Pistola Ar, Pano e Vassoura	MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Dispositivo de Decapar	Aplicar massa nos fuso de esferas	Inspeção	Massa SKF ref LGMT 2/1	MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Dispositivo de Decapar	Aplicar massa nas guias	Inspeção	Massa SKF ref LGMT 2/1	MNT	MNT		Trimestral	S	



Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de Zamak
IZS_00083F

Revisão: 0
Data: 07/01/2022
Página Sep: 6 de 10

Manual de Instruções - 13. Planos de manutenção

Planos de manutenção

Aprovado Por: Eduardo Eiras
Data de Aprovação: 07/01/2022

Máquina de Zamak

Manutenção 1º Nível

Máquina de Zamak

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Zamak	Verificar existência de óleo desmoldante	Visual		OP	MNT	repor nível	Turno	N	1
Limpeza	Zamak	Limpeza da máquina	Limpar		OP	MNT		Turno	S	5
Limpeza	Zamak	Limpeza da escória de zamak	Panela de Zamak	colher e panela	OP	MNT		Turno	S	5
Limpeza	Zamak	Limpeza dos gitos	Limpar		OP	MNT		Turno	S	5

Manutenção 2º Nível

Máquina de Zamak

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Zamak	Verificar fugas de ar	Visual		MNT	MNT	eliminar fugas	Trimestral	N	480
Inspeção	Zamak	Verificar estado do bico de zamak	Visual		MNT	MNT	substituir	Trimestral	S	
Inspeção	Zamak	Verificar afinação do mecanismo de encosto	Visual		MNT	MNT	Ajustar/afinar	Trimestral	S	
Inspeção	Zamak	Verificar correcto funcionamento da bomba /embolo de zamak	Visual		MNT	MNT	substituir	Trimestral	N	
Inspeção	Zamak	Verificar funcionamento circuitos arrefecimento molde	temperatura mangueiras		MNT	MNT	limpar e/ou substituir	Trimestral	S	
Revisão	Zamak	Eliminação das folgas da máquina	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Zamak	Revisão ao grupo injector (Verificar folgas nos casquilhos e veios, verificar fixações e apertos, revisão à parte pneumática (apertos e fugas)	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Zamak	Eliminação de folgas da máquina (frente, fecho do molde e transfer) e lubrificação	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Zamak	Revisão à parte pneumática (cilindros, válvulas e ligações)	Revisão		MNT	MNT		Trimestral	S	



Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de
Zamak
IZS_00083F

Revisão: 0
Data: 07/01/2022
Página Sep: 7 de 10

Manual de Instruções - 13. Planos de manutenção

Planos de manutenção

Aprovado Por: Eduardo Eiras
Data de Aprovação: 07/01/2022

Manutenção 2º Nível

Máquina de Zamak

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Limpeza	Zamak	Revisão ao quadro elétrico (limpar interior, filtros, rever ligações e estado do ventilador)			MNT	MNT		Trimestral	S	10



Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de Zamak
IZS_00083F

Revisão: 0
Data: 07/01/2022
Página Sep: 8 de 10

Manual de Instruções - 13. Planos de manutenção

Planos de manutenção

Aprovado Por: Eduardo Eiras
Data de Aprovação: 07/01/2022

Molde de Zamak

Manutenção 1º Nível

Molde de Zamak

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Molde zamak	Luibificação guias molde	Visual		OP	MNT		Turno	S	2
Limpeza	Molde zamak	Limpeza de todas as superficies moldantes	Limpar		OP	MNT		Turno	S	2

Manutenção 2º Nível

Molde de Zamak

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Molde zamak	Verificar estado extractores, centradores e superficie das cavidades do molde	visual		MNT	MNT		Semanal	N	
Inspeção	Molde zamak	Verificar conjuntos molde (superficie moldantes, centradores, agulhas, acessórios e mangueira)	Visual		MNT	MNT		Semanal	N	



Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de
Zamak
IZS_00083F

Revisão: 0
Data: 07/01/2022
Página Sep: 9 de 10

Manual de Instruções - 13. Planos de manutenção

Planos de manutenção

Aprovado Por: Eduardo Eiras
Data de Aprovação: 07/01/2022

Dispositi

Manutenção 1º Nível

Dispositivo Flor

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total
						Resp.	Ação			
Inspeção	Disp. Flor	Validar funcionamento da máquina de Fazer Flor	Visual		MNT	MNT	afinar	Turno	S	2

Manutenção 2º Nível

Dispositivo Flor

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Disp. Flor	Verificar desgaste de peças	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	30
Inspeção	Disp. Flor	Verificar estado e folgas nos sistemas de guiamento	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Disp. Flor	Verificar alinhamentos	Visual Auditiva		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Disp. Flor	Verificar desapertos de peças e acessórios	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Disp. Flor	Verificar estado e fixação das ligações eléctricas e pneumáticas	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Disp. Flor	Verificar existência de fugas de ar	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Disp. Flor	Limpeza geral e lubrificação dos movimentos	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	



Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de Zamak
IZS_00083F

Revisão: 0
Data: 07/01/2022
Página Sep: 10 de 10

Manual de Instruções - 13. Planos de manutenção

Planos de manutenção

Aprovado Por:
Data de Aprovação

Eduardo Eiras
07/01/2022

Dispositivo de Corte de Gito

Manutenção 1º Nível

Dispositivo de Corte de Gito

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar existência de ruídos e vibrações anormais	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25
Inspeção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar estado da matriz/cortante	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25
Inspeção	Dispositivo de Corte Gito	Limpeza do caixa de gito	Manual Visual		OP	MNT		Turno	S	0,25

Manutenção 2º Nível

Dispositivo de Corte de Gito

Tipo de Tarefa	Equipamento	Tarefa	Método	Ferramentas Materiais	Resp.	Ação Correctiva		Freq.	Nec. Paragem	Duração Total min.
						Resp.	Ação			
Inspeção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar desgaste da matriz e cortante	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	120
Inspeção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar estado e folgas nos sistemas de guiamento e sistema de corte	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar alinhamentos	Visual Auditiva		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar desapertos de peças e acessórios	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar estado e fixação das ligações eléctricas e pneumáticas	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Corte Gito	Verificar existência de fugas de ar	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Inspeção	Dispositivo de Corte Gito	Limpeza geral	Manual Visual		MNT	MNT		Trimestral	S	
Revisão	Dispositivo de Corte Gito	Aplicar massa nos rolamentos lineares	Inspeção	Massa SKF ref LGMT 2/1	MNT	MNT		Trimestral	S	

Manual de Instruções - 14. Instrução de SETUP

Instrução de SETUP

Aprovado por:

Eduardo Eiras

Data de Aprovação:

07/01/2022

Foto e Diagrama "Spaguetti"	N	Descrição	Setup (IN/EXT)	Resp.	Tarefa	Check ✓
	1	Componentes e Subconjuntos	EXT		Antes de iniciar o SETUP devem garantir que não existem subconjuntos incompletos no equipamento. Caso existam, devem ser terminados ou sucitados. Em relação aos subconjuntos de kanban devem ser retirados e armazenados no local definido.	
	2	Painel de Controlo	INT		Selecionar modo "Setup" no painel de controlo - selecionar o comando "Abrir Arrasto" e aguardar que o arrasto abra (img 1)	
	3	Calibre de controlo de diametro	INT		Desapertar parafuso de fixação do calibre; substituir o calibre; voltar a apertar os parafusos de fixação (img 2)	
	4	Mordentes da flor	INT		Desapertar parafusos de fixação do suporte dos mordentes; substituir de acordo com o diâmetro do cabo; voltar a apertar os parafusos de fixação (img 3); realizar afinação da flor	
	5	Painel de Controlo	INT		Selecionar o comando "Abrir Pinças Radiais" e aguardar que abram (img 1)	
	6	Troca de lâminas de decapar			Desapertar parafusos de fixação do suporte das lâminas; substituir por lâminas do diâmetro do cabo a decapar; voltar a apertar os parafusos de fixação (img 4)	
	7	Molde	INT		Substituir Molde de acordo com o projeto a injetar (img 5)	
	8	Cortante Gito	INT		Desapertar parafusos de fixação da matriz e do cortante (img 6);	
	9	Painel de Controlo	INT		Selecionar o comando "Modo de trabalho automático" e selecionar a referência a produzir	
	10	Sistemas de Segurança	INT		Garantir que as portas de acesso estão fechadas; comando de emergência desclipado e barreiras desobstruídas.	

Manual de Instruções - 14. Instrução de SETUP

Instrução de SETUP

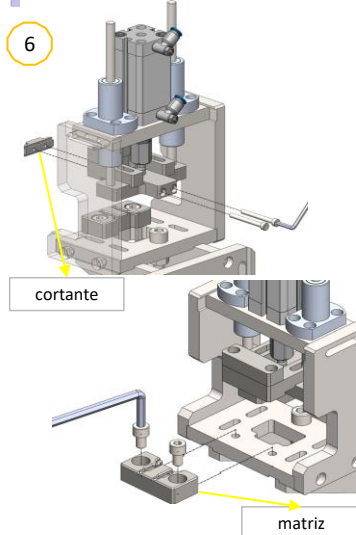
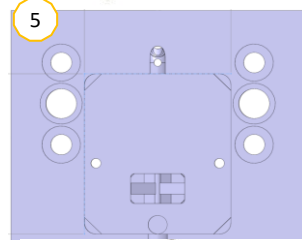
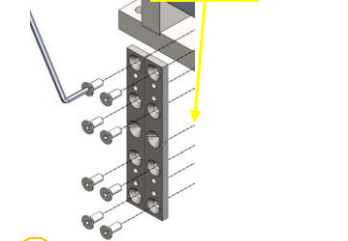
Aprovado por:

Eduardo Eiras

Data de Aprovação:

07/01/2022

Foto e Diagrama "Spaguetti"	N	Descrição	Setup (IN/EXT)	Resp.	Tarefa	Check ✓
	11	Painel de Controlo	INT		Colocar o equipamento em funcionamento (de acordo com a ficha de Posto)	
	12	1ª peça	EXT		Efetuar OK à 1ª peça.	
	13	Fichas de posto	EXT		Colocar ficha de posto correspondente à referência a produzir.	



Ferramentas a utilizar: Jogo chaves sextavado interior (nº 3, 4 e 6)		Tempo do Setup (em minutos): 30min (setup entre projetos distintos) 5 min (setup dentro do mesmo projeto)	
Ass./Nº do Af./Op.:	1º T	2º T	3º T
Data do Setup:	1º T	2º T	3º T

Manual de Instruções - 15. Parâmetros de linha de montagem

Parâmetros Injeção de Zamak

Aprovado por:

Eduardo Eiras

Data da Aprovação:

07/01/2022

Parâmetros de Temperaturas e Pressões na Máquina (Valores Fixos)

Temperaturas *	
Temperatura Panela Zamak:	440 ± 10°C
Temperatura da Resistência (Bico):	590 ± 20°C

Pressão	
Pressão Geral de Ar da Máquina:	7 ± 1 bar
Pressão do Cilindro da Bomba de Injeção:	3 ± 1 bar
Pressão de Extração:	7 ± 1 bar

Tempos (122 37 839)	
Tempo de Injeção (seg):	0,30 ± 0,03 s
Tempo de arrefecimento (seg):	0,30 ± 0,03 s
Tempo de extração (seg):	0,35 ± 0,10 s

Flôr (129 216 766/767/768)	
Ø Flôr	2,5 ± 0,2 mm

Nota: Se a máquina não estiver a injetar os terminais ou a funcionar corretamente dentro da gama de parâmetros acima estabelecida, por favor seguir os seguintes passos:

- 1º Consultar a folha de lições aprendidas e averiguar se está tudo em conformidade;
- 2º Se o problema persistir, escalar o problema para o afinador/ manutenção;
- 3º Se as peças estiverem a ser injetadas fora da gama de tolerâncias indicadas, a Produção deve obrigatoriamente abrir Desvio;
- 4º A Manutenção deverá repor a condição de máquina/peças de desgaste por forma a que a máquina volte a trabalhar nos parâmetros definidos.

* Os parâmetros NÃO serão alterados, apenas será aprovado pelos processos o desvio para que durante esse período seja possível repor a condição da Máquina.



Equipamento de Corte, Decapagem e 1ª Injeção de
Zamak
IZS_00083F

Revisão: 0
Data: 07/01/2022
Página Sep: 1 de 1

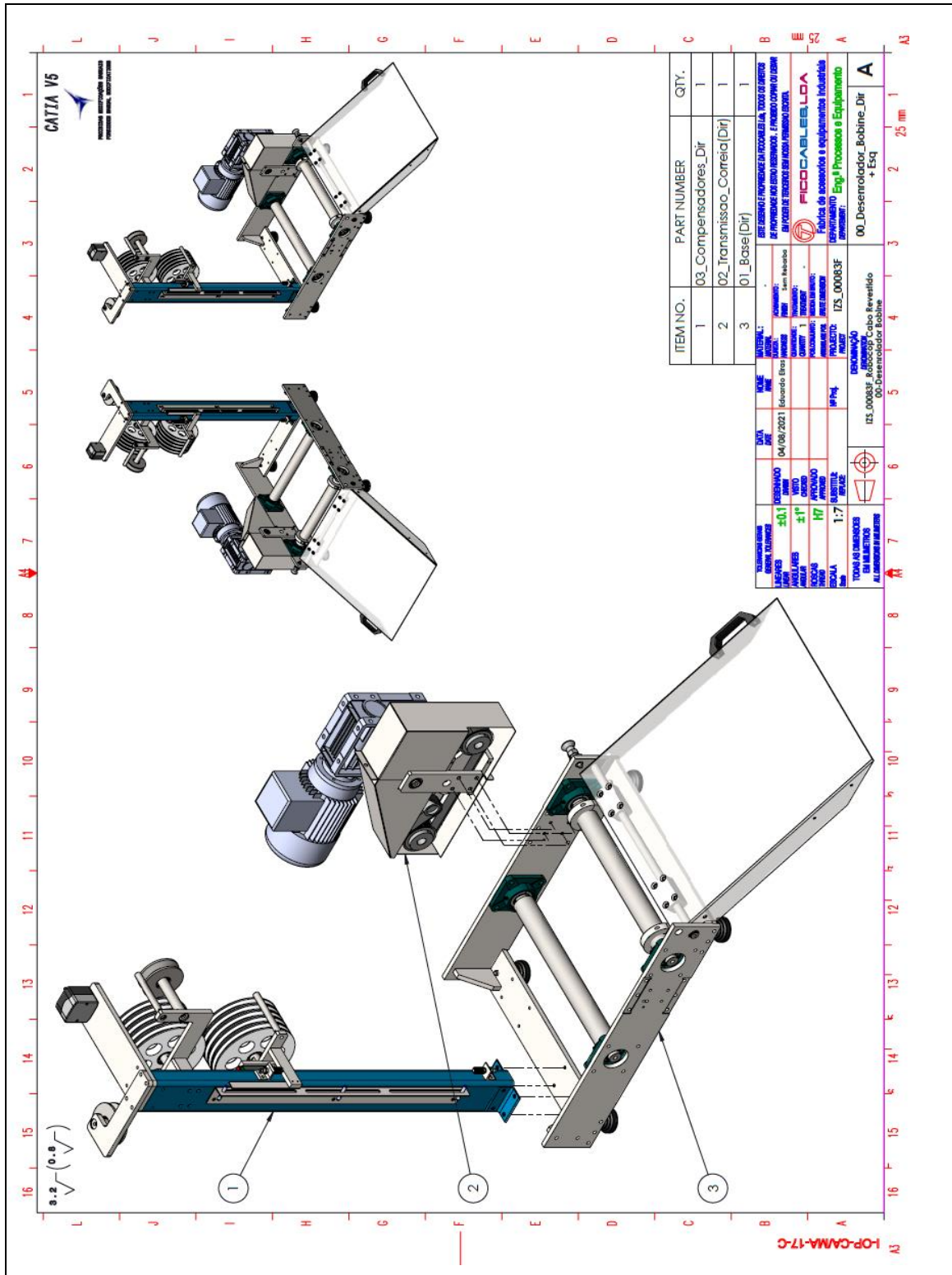
Manual de Instruções - 16. Esquemas

Esquemas Eléctricos/Pneumáticos/Hidráulicos

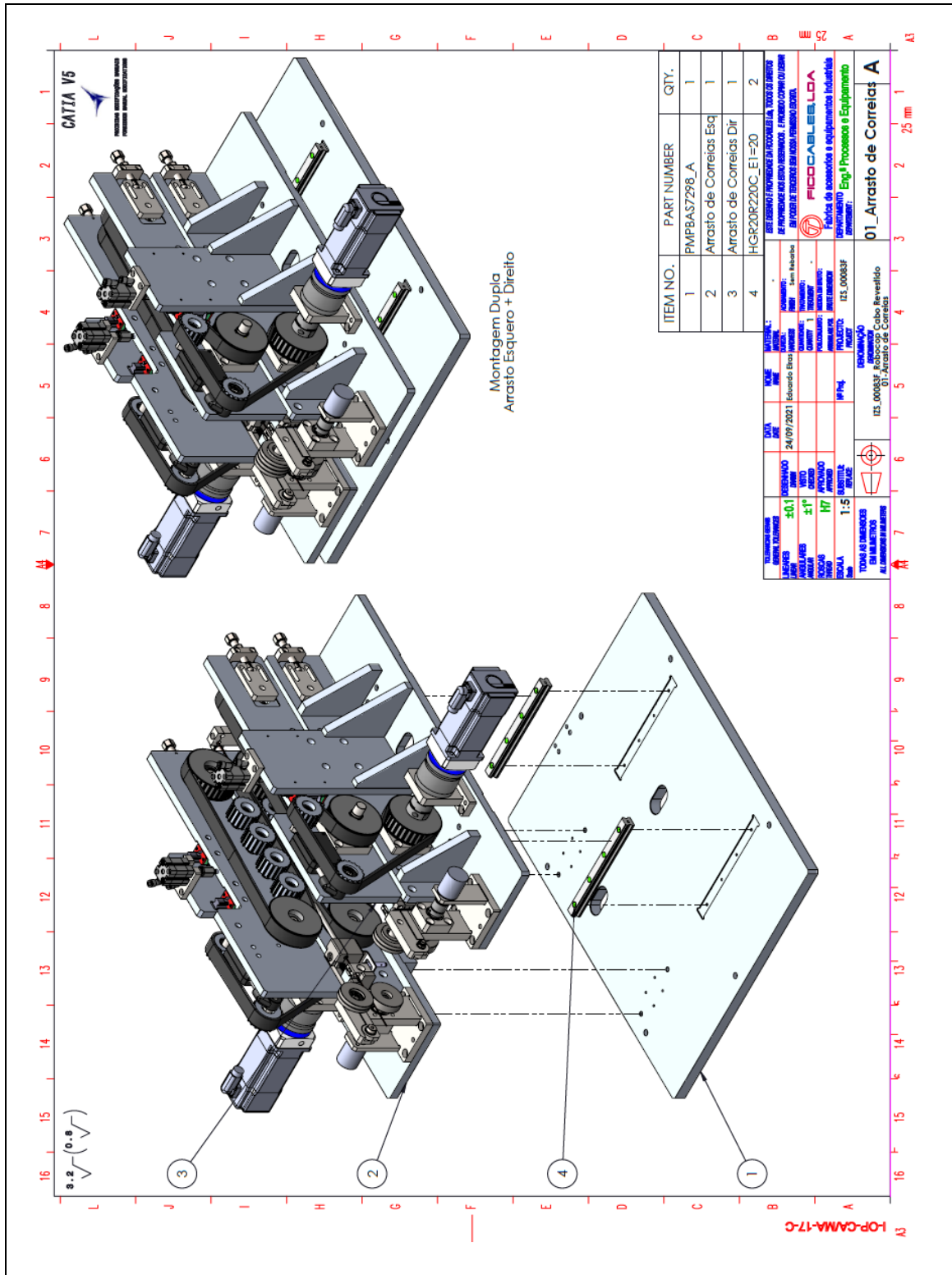
Esquemas em Anexo

Manual de Instruções - 17. Desenhos de Conjunto

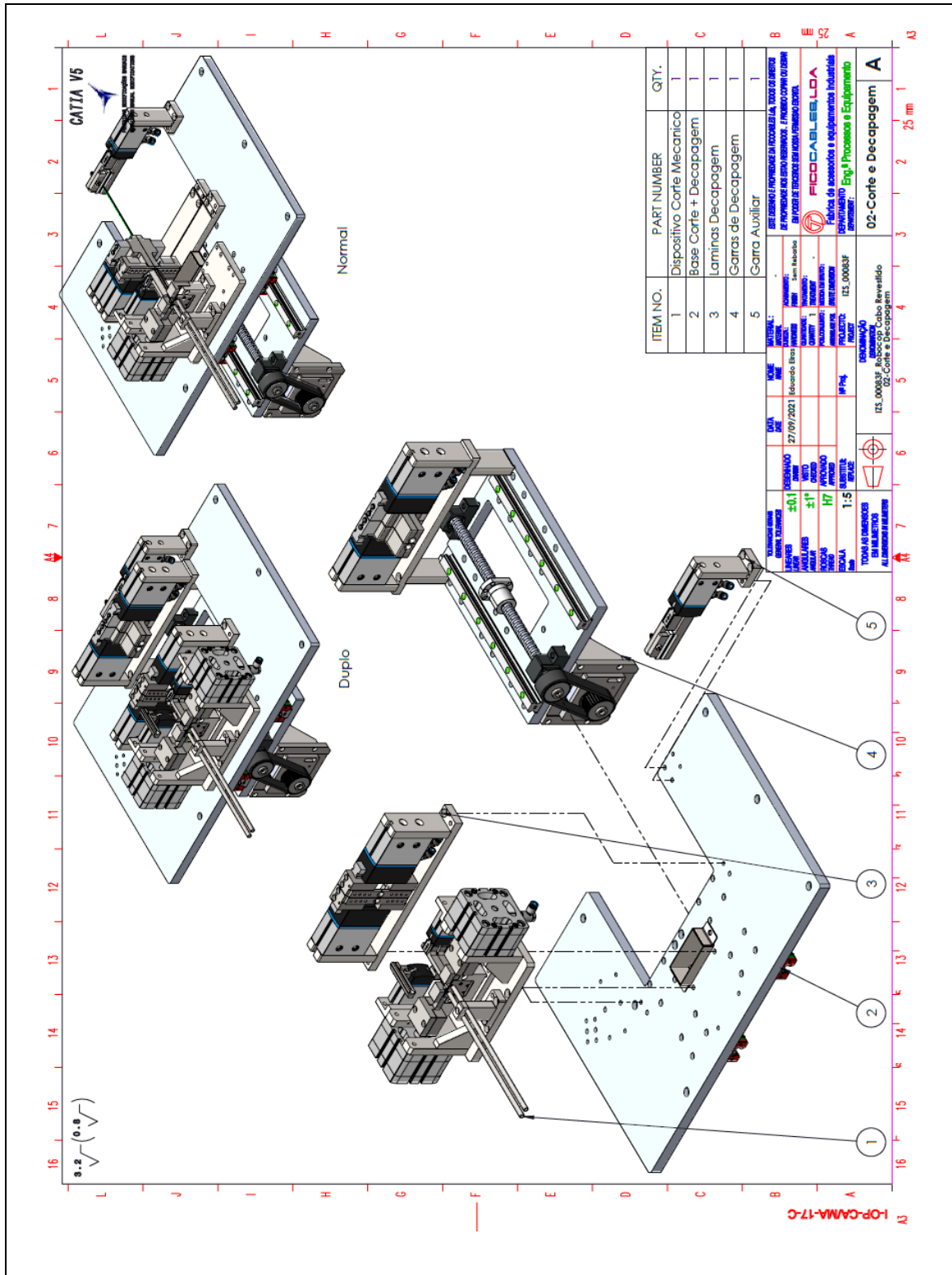
Desenhos de Conjunto



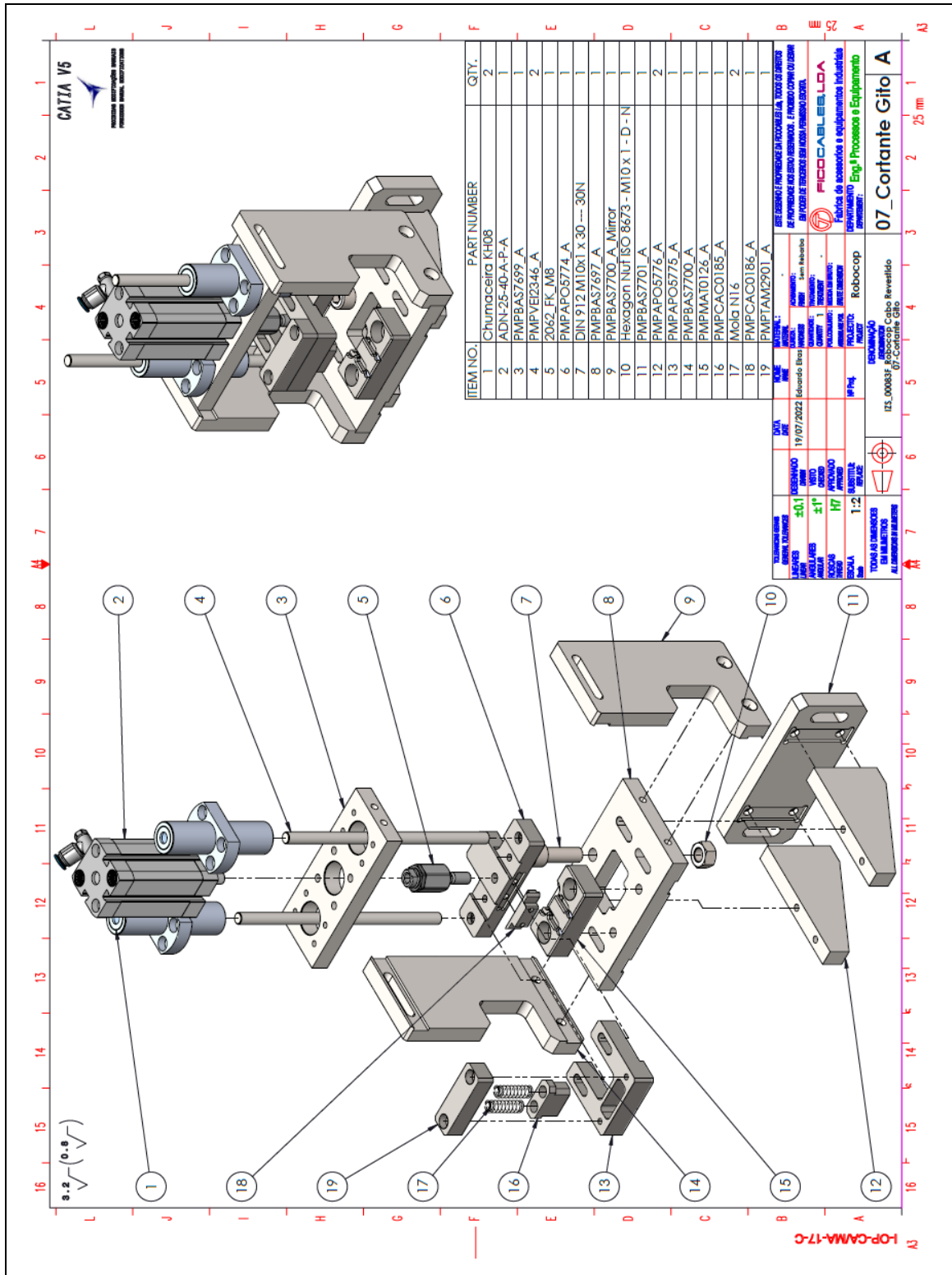
Desenhos de Conjunto



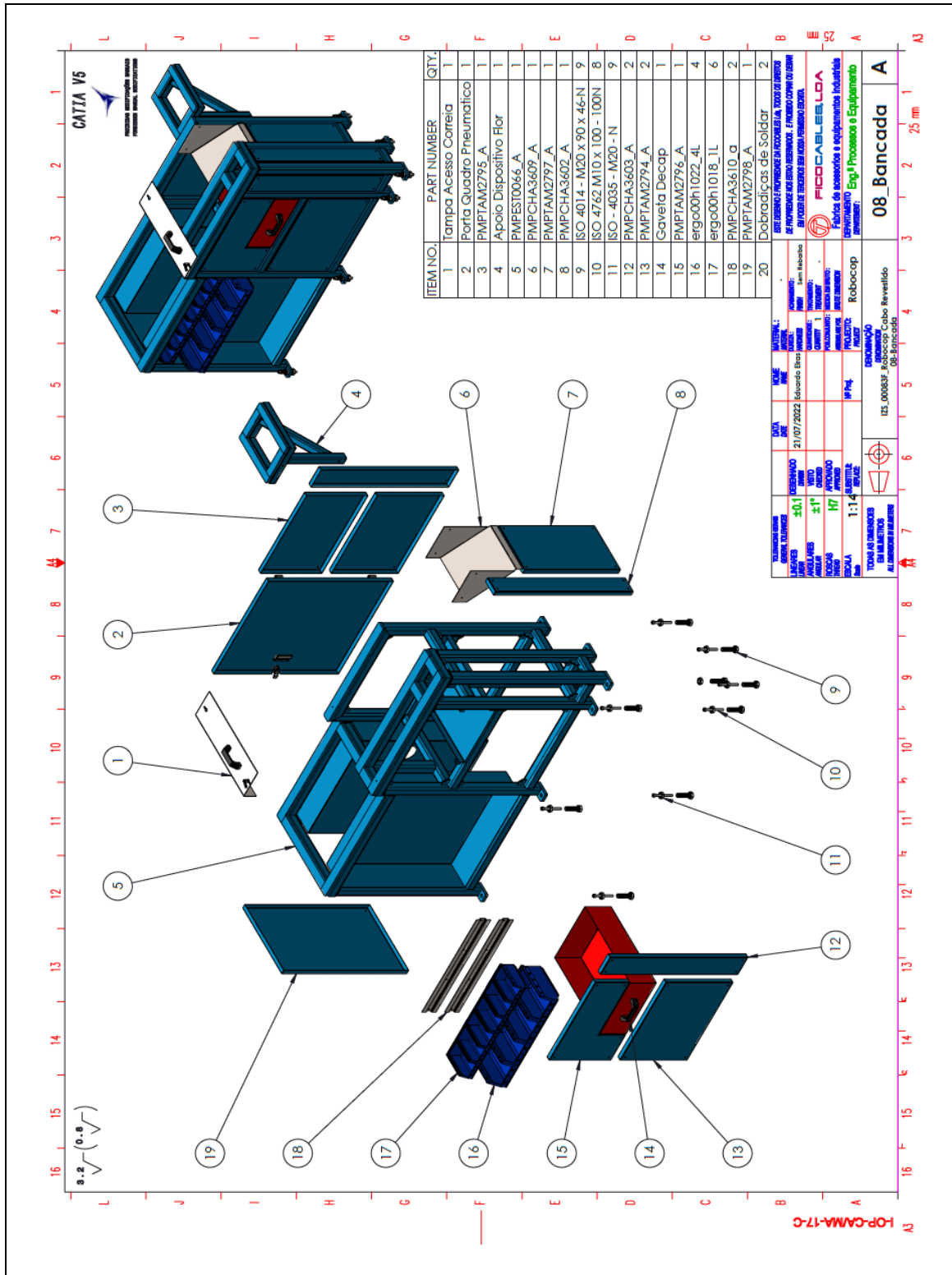
Desenhos de Conjunto



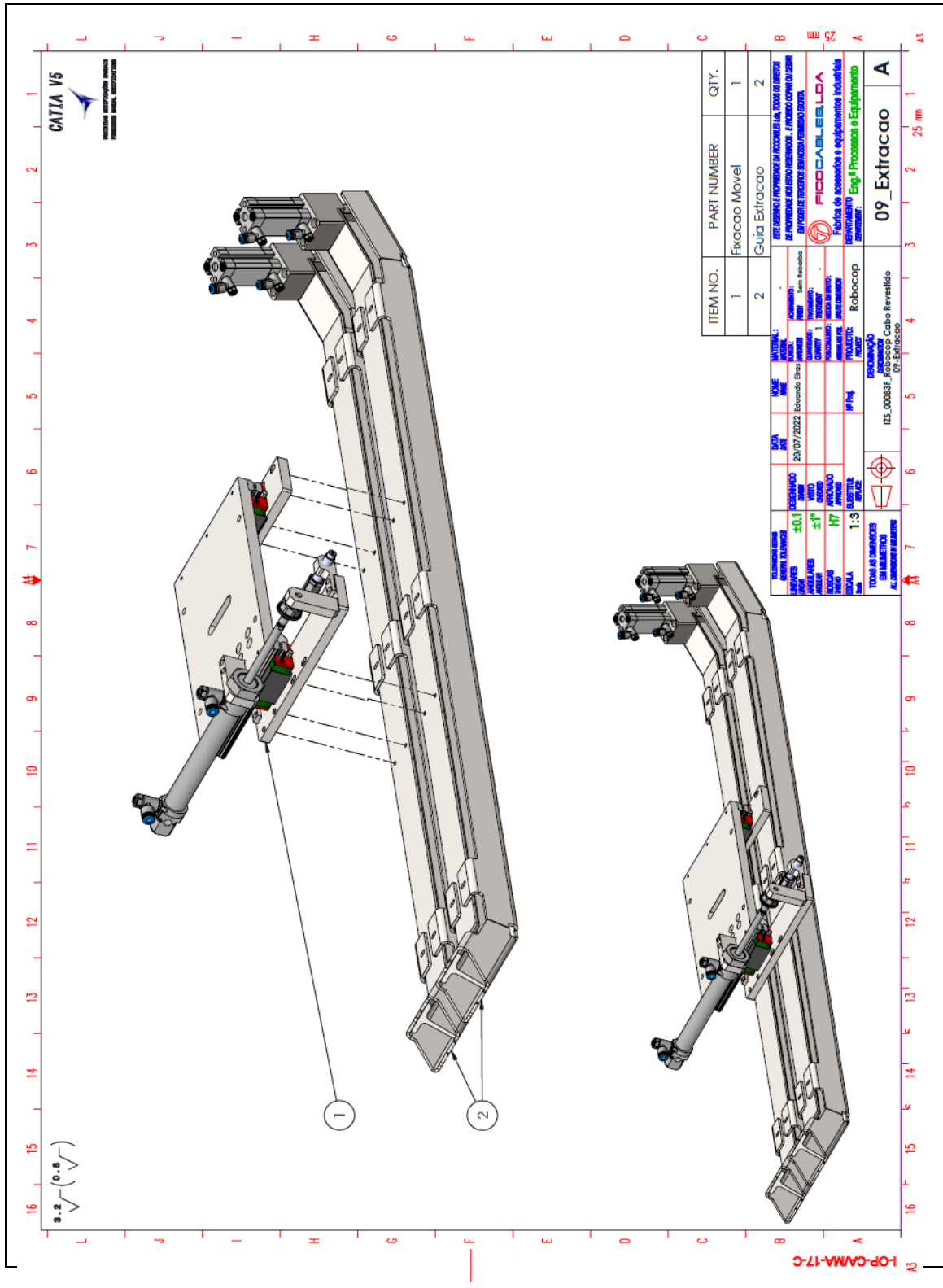
Desenhos de Conjunto



Desenhos de Conjunto



Desenhos de Conjunto

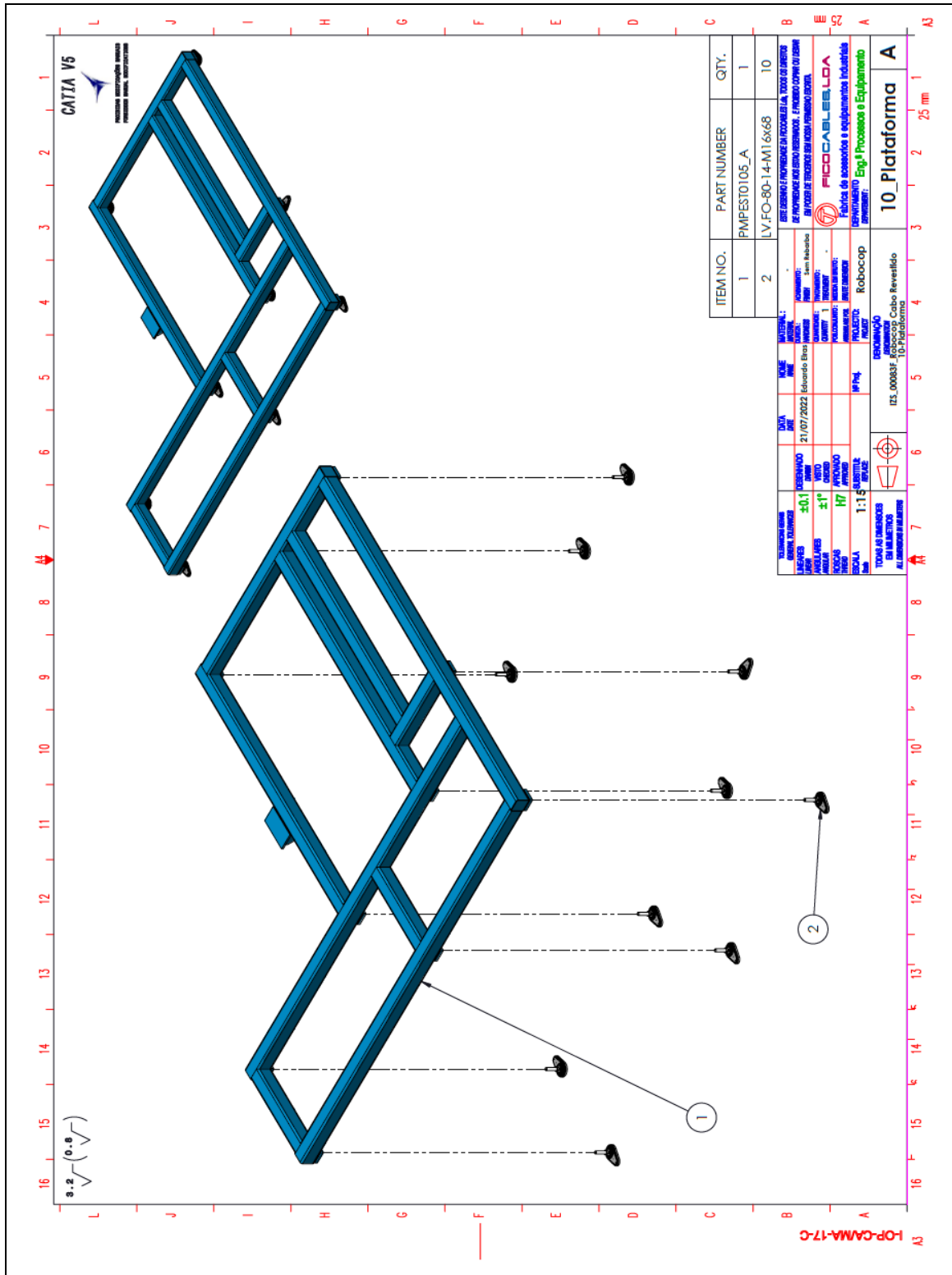


CATIA V5
 PRODUÇÃO AUTOMATIZADA DE DESENHOS
 PRODUÇÃO DE DESENHOS, 1997-2018

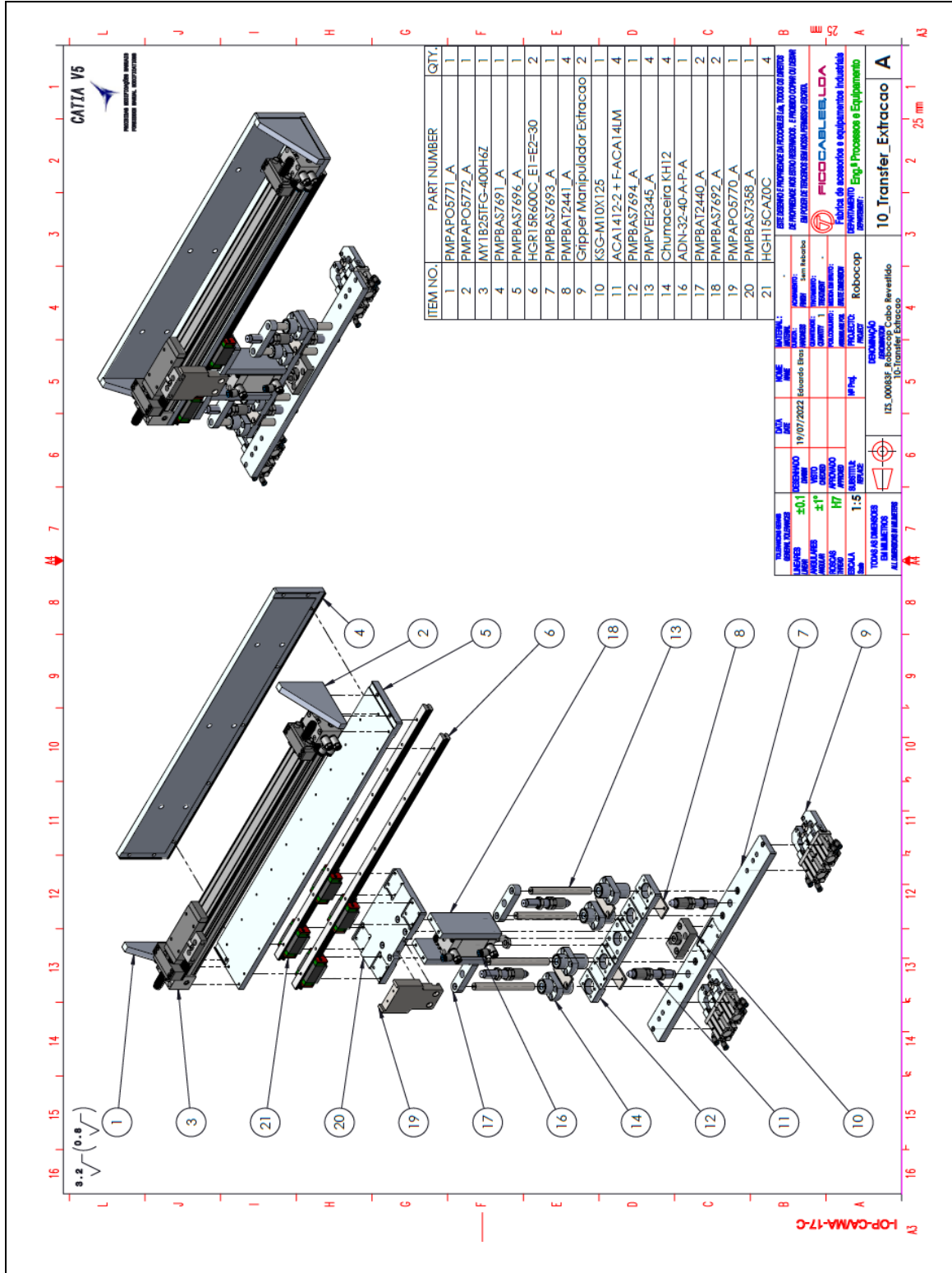
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Fixacao Movel	1
2	Guia Extracao	2

PROJETO	20/07/2022	Eduardo Braga	PROJETO	20/07/2022	Eduardo Braga
REVISÃO	01	Eduardo Braga	REVISÃO	01	Eduardo Braga
REVISÃO	02	Eduardo Braga	REVISÃO	02	Eduardo Braga
REVISÃO	03	Eduardo Braga	REVISÃO	03	Eduardo Braga
REVISÃO	04	Eduardo Braga	REVISÃO	04	Eduardo Braga
REVISÃO	05	Eduardo Braga	REVISÃO	05	Eduardo Braga
REVISÃO	06	Eduardo Braga	REVISÃO	06	Eduardo Braga
REVISÃO	07	Eduardo Braga	REVISÃO	07	Eduardo Braga
REVISÃO	08	Eduardo Braga	REVISÃO	08	Eduardo Braga
REVISÃO	09	Eduardo Braga	REVISÃO	09	Eduardo Braga
REVISÃO	10	Eduardo Braga	REVISÃO	10	Eduardo Braga
REVISÃO	11	Eduardo Braga	REVISÃO	11	Eduardo Braga
REVISÃO	12	Eduardo Braga	REVISÃO	12	Eduardo Braga
REVISÃO	13	Eduardo Braga	REVISÃO	13	Eduardo Braga
REVISÃO	14	Eduardo Braga	REVISÃO	14	Eduardo Braga
REVISÃO	15	Eduardo Braga	REVISÃO	15	Eduardo Braga
REVISÃO	16	Eduardo Braga	REVISÃO	16	Eduardo Braga
REVISÃO	17	Eduardo Braga	REVISÃO	17	Eduardo Braga
REVISÃO	18	Eduardo Braga	REVISÃO	18	Eduardo Braga
REVISÃO	19	Eduardo Braga	REVISÃO	19	Eduardo Braga
REVISÃO	20	Eduardo Braga	REVISÃO	20	Eduardo Braga
REVISÃO	21	Eduardo Braga	REVISÃO	21	Eduardo Braga
REVISÃO	22	Eduardo Braga	REVISÃO	22	Eduardo Braga
REVISÃO	23	Eduardo Braga	REVISÃO	23	Eduardo Braga
REVISÃO	24	Eduardo Braga	REVISÃO	24	Eduardo Braga
REVISÃO	25	Eduardo Braga	REVISÃO	25	Eduardo Braga
REVISÃO	26	Eduardo Braga	REVISÃO	26	Eduardo Braga
REVISÃO	27	Eduardo Braga	REVISÃO	27	Eduardo Braga
REVISÃO	28	Eduardo Braga	REVISÃO	28	Eduardo Braga
REVISÃO	29	Eduardo Braga	REVISÃO	29	Eduardo Braga
REVISÃO	30	Eduardo Braga	REVISÃO	30	Eduardo Braga
REVISÃO	31	Eduardo Braga	REVISÃO	31	Eduardo Braga
REVISÃO	32	Eduardo Braga	REVISÃO	32	Eduardo Braga
REVISÃO	33	Eduardo Braga	REVISÃO	33	Eduardo Braga
REVISÃO	34	Eduardo Braga	REVISÃO	34	Eduardo Braga
REVISÃO	35	Eduardo Braga	REVISÃO	35	Eduardo Braga
REVISÃO	36	Eduardo Braga	REVISÃO	36	Eduardo Braga
REVISÃO	37	Eduardo Braga	REVISÃO	37	Eduardo Braga
REVISÃO	38	Eduardo Braga	REVISÃO	38	Eduardo Braga
REVISÃO	39	Eduardo Braga	REVISÃO	39	Eduardo Braga
REVISÃO	40	Eduardo Braga	REVISÃO	40	Eduardo Braga
REVISÃO	41	Eduardo Braga	REVISÃO	41	Eduardo Braga
REVISÃO	42	Eduardo Braga	REVISÃO	42	Eduardo Braga
REVISÃO	43	Eduardo Braga	REVISÃO	43	Eduardo Braga
REVISÃO	44	Eduardo Braga	REVISÃO	44	Eduardo Braga
REVISÃO	45	Eduardo Braga	REVISÃO	45	Eduardo Braga
REVISÃO	46	Eduardo Braga	REVISÃO	46	Eduardo Braga
REVISÃO	47	Eduardo Braga	REVISÃO	47	Eduardo Braga
REVISÃO	48	Eduardo Braga	REVISÃO	48	Eduardo Braga
REVISÃO	49	Eduardo Braga	REVISÃO	49	Eduardo Braga
REVISÃO	50	Eduardo Braga	REVISÃO	50	Eduardo Braga
REVISÃO	51	Eduardo Braga	REVISÃO	51	Eduardo Braga
REVISÃO	52	Eduardo Braga	REVISÃO	52	Eduardo Braga
REVISÃO	53	Eduardo Braga	REVISÃO	53	Eduardo Braga
REVISÃO	54	Eduardo Braga	REVISÃO	54	Eduardo Braga
REVISÃO	55	Eduardo Braga	REVISÃO	55	Eduardo Braga
REVISÃO	56	Eduardo Braga	REVISÃO	56	Eduardo Braga
REVISÃO	57	Eduardo Braga	REVISÃO	57	Eduardo Braga
REVISÃO	58	Eduardo Braga	REVISÃO	58	Eduardo Braga
REVISÃO	59	Eduardo Braga	REVISÃO	59	Eduardo Braga
REVISÃO	60	Eduardo Braga	REVISÃO	60	Eduardo Braga
REVISÃO	61	Eduardo Braga	REVISÃO	61	Eduardo Braga
REVISÃO	62	Eduardo Braga	REVISÃO	62	Eduardo Braga
REVISÃO	63	Eduardo Braga	REVISÃO	63	Eduardo Braga
REVISÃO	64	Eduardo Braga	REVISÃO	64	Eduardo Braga
REVISÃO	65	Eduardo Braga	REVISÃO	65	Eduardo Braga
REVISÃO	66	Eduardo Braga	REVISÃO	66	Eduardo Braga
REVISÃO	67	Eduardo Braga	REVISÃO	67	Eduardo Braga
REVISÃO	68	Eduardo Braga	REVISÃO	68	Eduardo Braga
REVISÃO	69	Eduardo Braga	REVISÃO	69	Eduardo Braga
REVISÃO	70	Eduardo Braga	REVISÃO	70	Eduardo Braga
REVISÃO	71	Eduardo Braga	REVISÃO	71	Eduardo Braga
REVISÃO	72	Eduardo Braga	REVISÃO	72	Eduardo Braga
REVISÃO	73	Eduardo Braga	REVISÃO	73	Eduardo Braga
REVISÃO	74	Eduardo Braga	REVISÃO	74	Eduardo Braga
REVISÃO	75	Eduardo Braga	REVISÃO	75	Eduardo Braga
REVISÃO	76	Eduardo Braga	REVISÃO	76	Eduardo Braga
REVISÃO	77	Eduardo Braga	REVISÃO	77	Eduardo Braga
REVISÃO	78	Eduardo Braga	REVISÃO	78	Eduardo Braga
REVISÃO	79	Eduardo Braga	REVISÃO	79	Eduardo Braga
REVISÃO	80	Eduardo Braga	REVISÃO	80	Eduardo Braga
REVISÃO	81	Eduardo Braga	REVISÃO	81	Eduardo Braga
REVISÃO	82	Eduardo Braga	REVISÃO	82	Eduardo Braga
REVISÃO	83	Eduardo Braga	REVISÃO	83	Eduardo Braga
REVISÃO	84	Eduardo Braga	REVISÃO	84	Eduardo Braga
REVISÃO	85	Eduardo Braga	REVISÃO	85	Eduardo Braga
REVISÃO	86	Eduardo Braga	REVISÃO	86	Eduardo Braga
REVISÃO	87	Eduardo Braga	REVISÃO	87	Eduardo Braga
REVISÃO	88	Eduardo Braga	REVISÃO	88	Eduardo Braga
REVISÃO	89	Eduardo Braga	REVISÃO	89	Eduardo Braga
REVISÃO	90	Eduardo Braga	REVISÃO	90	Eduardo Braga
REVISÃO	91	Eduardo Braga	REVISÃO	91	Eduardo Braga
REVISÃO	92	Eduardo Braga	REVISÃO	92	Eduardo Braga
REVISÃO	93	Eduardo Braga	REVISÃO	93	Eduardo Braga
REVISÃO	94	Eduardo Braga	REVISÃO	94	Eduardo Braga
REVISÃO	95	Eduardo Braga	REVISÃO	95	Eduardo Braga
REVISÃO	96	Eduardo Braga	REVISÃO	96	Eduardo Braga
REVISÃO	97	Eduardo Braga	REVISÃO	97	Eduardo Braga
REVISÃO	98	Eduardo Braga	REVISÃO	98	Eduardo Braga
REVISÃO	99	Eduardo Braga	REVISÃO	99	Eduardo Braga
REVISÃO	100	Eduardo Braga	REVISÃO	100	Eduardo Braga

Desenhos de Conjunto



Desenhos de Conjunto



Desenhos de Conjunto

