



**Célula Robotizada com Robô KUKA e  
CNC HEIDENHAIN**

<b>Gonçalo Ressurreição</b>	<b>93330</b>
<b>Iago Freitas</b>	<b>91334</b>
<b>Marcelo Silva</b>	<b>84700</b>
<b>Miriam Leite</b>	<b>92992</b>
<b>Pedro Monteiro</b>	<b>93336</b>

Relatório da unidade curricular de Projeto em Sistemas de Automação do Mestrado (Integrado) em Engenharia Mecânica (MEM/MIEM), realizada sob orientação do Eng. Abílio Borges.





**palavras-chave**

Célula de Produção, CNC, KUKA, UR, Laser, Automação

**resumo**

Este projeto visa a utilização de um braço robótico para alimentar um centro de maquinaria e posteriormente uma máquina de marcação a laser. Para tal, implementou-se uma câmara inteligente para verificação da posição das peças e identificação do QRCode presente nas peças a fabricar. É também utilizado uma consola HMI para facilitar a interação Homem-Máquina e são guardados exteriormente dados de produção para posterior rastreabilidade.





## Conteúdo

Índice de Figuras .....	7
Introdução .....	1
Tecnologias base e trabalhos relacionados.....	1
Sistema de transporte.....	1
Sistema robótico .....	2
Sistema de recolha.....	5
Tipos de mecanismo.....	5
Sistema de reconhecimento .....	6
Sistema de maquinação .....	7
Sistema de marcação a laser.....	8
Sistema de fixação .....	8
Sistema de controlo e interface.....	8
Proposta geral de solução .....	9
Sistema de transporte.....	11
Sistema robótico .....	11
Sistema de recolha.....	17
Sistema de reconhecimento .....	19
Sistema de maquinação .....	20
Sistema de marcação .....	20
Sistema de Fixação.....	22
CNC.....	22
Máquina laser.....	23
Sistema de controlo e interface.....	24
Desenvolvimento da solução .....	24
Sistema de transporte.....	24
Sistema robótico .....	24
Sistema de recolha.....	25
Sistema de reconhecimento .....	25
Leitura QR Code .....	26
Mensagem a enviar .....	27
Sistema de maquinação .....	27
Sistema de marcação .....	29
Sistema de fixação .....	30
Sistema de controlo e interface.....	30



Experiências e resultados.....	31
Sistema de recolha.....	31
Sistema de fixação .....	31
CNC.....	31
Máquina laser.....	31
Resultados gerais .....	31
Conclusões e trabalho futuro .....	32
Referências.....	33
Anexos.....	34
Anexo I – Script desenvolvido no Software de visão Sherlock .....	34
Anexo II – Grafcet programa SCL modo automático .....	35
Anexo III – Programa SCL modo automático .....	36
Anexo IV – Programa SCL output .....	39
Anexo V - Informações Técnicas do Robô KUKA - KR 5 R1400 .....	40
Anexo VI - Informações Técnicas do Robô UR10e .....	41
Anexo VII – Programa Robô UR10e .....	42
Anexo VIII – Programa CN peça 1 .....	51
Anexo IX – Programa CN peça 2.....	54
Anexo X – Programa CN peça 3.....	57
Anexo XI – Programa marcação laser peça 1 .....	60
Anexo XII – Programa marcação laser peça 2 .....	63
Anexo XIII – Programa marcação laser peça 3 .....	66
Anexo XIV – Projeto elétrico .....	69



## Índice de Figuras

Figura 1 - Constituintes e eixos de rotação de um Robô .....	2
Figura 2 - Espaço de trabalho mediante os 5 tipos de configurações geométricas.....	4
Figura 3 – Diferentes aplicações de robôs em contexto industrial.....	4
Figura 4 – Esquema de princípio comunicação.....	9
Figura 5 - Peça em repouso após passagem pelo sensor, em destaque.....	10
Figura 6 - Interligação dos componentes.....	10
Figura 7 e 8 - Robô linear KUKA e KR 1000 titan - KUKA.....	11
Figura 9 - Componentes principais do robô KR 5 R1400 - KUKA.....	12
Figura 10 e 11 - Direção de rotação dos 6 eixos do Robô e Área de trabalho do robô .....	13
Figura 12 – Exemplo de programa teste, no simulador KUKA.Sim 4.0 .....	13
Figura 13 - Robô UR10e.....	14
Figura 14 - Aplicações do UR10e.....	14
Figura 15 – PolyScope – Interface gráfica do usuário .....	15
Figura 16 - Exemplo de programa teste, na GUI do UR10e .....	15
Figura 17 - Ejetor ZH13 SA.....	18
Figura 18- Curva de funcionamento do ejedor .....	18
Figura 19 - Elevação da peça por ventosas .....	18
Figura 20 - Programa desenvolvido no software Impact .....	19
Figura 21 - Câmera BOA 1280M PRO .....	19
Figura 22 - Máquina marcação laser .....	20
Figura 23 - Calço estrutura eixo Z.....	21
Figura 24 - Suporte motor eixo Z .....	21
Figura 25 - Fixação laser .....	22
Figura 26 - Montagem do sistema de fixação na CNC .....	23
Figura 27 - Batente fixo .....	23
Figura 28 - Desalinhamento inicial da peça segundo a câmara .....	25
Figura 29 - Script para detetar a chegada da peça ao tapete rolante .....	26
Figura 30 – Fase intermédia e final de um processo de marcação a laser .....	30



## Introdução

Em meados do século XX, após a Segunda Guerra Mundial, novos avanços tecnológicos foram integrados à produção dando início à terceira revolução industrial onde se destacaram as indústrias que desenvolveram alta tecnologia ligada à robótica, informática, telecomunicações e genética. Desde então, com a necessidade de uma maior eficiência e produtividade de produção, decorre nos dias de hoje a quarta revolução industrial dando origem à Indústria 4.0 que visa a execução de “Fábricas Inteligentes” com modularidade estrutural, monitoração de processos físicos assim como uma cópia virtual dos mesmos. Com recurso à Internet, os sistemas passam a comunicar entre si e com o operador em tempo real. Nesta era, várias tecnologias são desenvolvidas tais como Internet das Coisas, Internet de Serviços, Sistemas Ciber-Físicos, Sensores Inteligentes e Fabrico Aditivo entre outras. A Engenharia assume um papel fundamental na melhoria de processos. Para absorver os aumentos de produção, os prazos apertados e o aumento de qualidade exigidos, a automação e a robótica mostram-se os principais aliados de qualquer produtor. Equipamentos automáticos são integrados nas linhas de produção com vista a minimizar os tempos de produção e, consequentemente, os custos de produção. O presente trabalho surge exatamente nessa sequência, visa a automatização de um processo de maquinação e marcação a laser de peças, sendo assim possível deslocar os operários responsáveis por essa função a outros projetos, e assim, minimizar custos, conseguindo ainda minimizar o aparecimento de peças não conformes.

Deste modo os objetivos deste projeto passam pelo desenvolvimento de uma célula robotizada para alimentação de um centro de maquinação Heidenhain, com uma integração dos equipamentos em rede profinet, que possibilita rastreabilidade da produção e reconhecimento de peças com recuso a visão.

## Tecnologias base e trabalhos relacionados

### Sistema de transporte

Na maior parte das indústrias, o transporte tem uma grande importância para agilizar e acelerar os processos de produção. Existem diversos tipos de sistemas que são adequados às necessidades e requisitos da produção e dependem do percurso que têm de cobrir e do tipo de material podendo estes ser ou não produtos alimentares, pesados, quentes, frágeis, etc. Entre diversos tipos de transporte são exemplos:

1. **Tapetes** - Os tapetes podem contar para o transporte de carga com, por exemplo, uma tela ou rolos (motorizados ou não). Dependendo do seu propósito, o percurso por ele definido pode ser imensamente comprido em várias direções horizontal ou diagonal. Podem ser capazes de suportar objetos muito pesados e resistir a sujidade sem requerer uma manutenção cuidada. No entanto, também são usados na indústria alimentar.
2. **Pneumático** - Geralmente para o transporte de granulados, este sistema utiliza condutas de diversas dimensões que rodeiam o material a transportar e um fluxo de ar que os arrasta.





Uma vantagem do transporte pneumático é a possibilidade de o mesmo seguir um percurso aéreo sem ocupar espaço no piso do edifício, por outro lado o custo da sua instalação é bastante elevado e a manutenção muito meticulosa.

3. **Elevadores** - O princípio dos elevadores não é muito diferente dos elevadores de transporte de humanos, podem variar entre caros e baratos, de elevada ou reduzida capacidade, etc.
4. **Automóveis** - Como o nome sugere, o automóvel é um veículo motorizado para transporte de pessoas ou carga. Na indústria estes veículos podem ser empilhadores, LGV's, AGV's, stackers entre outros.

## Sistema robótico

Ao longo dos anos, com o desenvolvimento da tecnologia e o lento processo de desenvolvimento de diversos produtos para o mercado, surgiu a necessidade do homem melhorar os seus processos de produção. Em meados do século XX, com a Indústria 3.0, potenciada pela eletrónica em geral, pelos autómatos programáveis e pelo microprocessador em especial, ocorreu o aparecimento dos computadores, dos PLC's, dos comandos numéricos, dos Robôs, dos AGV's mencionados no tópico anterior, e da automatização em geral. Estes Robôs voltados para a automação de processos, também designados por manipuladores robóticos, são dispositivos mecânicos controlados por software, cuja finalidade é específica para diversos processos automatizados, podendo ou não requerer de sensores auxiliares na orientação e movimentação dos seus constituintes dependendo da aplicação pretendida.

Atualmente, os manipuladores industriais são máquinas bastante avançadas e sofisticadas, tomando aspetos em tudo semelhantes a braços humanos, visto que quando analisada a sua estrutura é possível identificar um tronco, um braço, um antebraço, uma mão, e juntas flexíveis que podem ser definidas como ombro, cotovelo e punho (Figura 1).

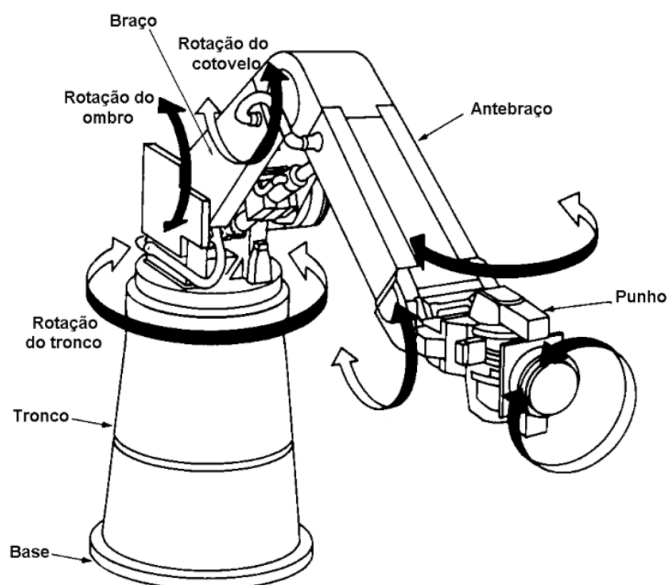


Figura 1 - Constituintes e eixos de rotação de um Robô



Tipicamente, um manipulador industrial possui 6 graus de liberdade, 3 para posicionar e 3 para orientar o órgão terminal (garra, aparelho de soldagem, ventosa). Pode-se ter, também, manipuladores com menor ou maior número de graus de liberdade, conforme a função a ser executada. Quanto maior a quantidade de graus de liberdade, tanto a cinemática, como a dinâmica, como o controlo do manipulador são de crescente complexidade.

Tal como os humanos, também estes “braços” mecânicos, apresentam limitações, sendo estas de alcance e de carga suportada, e dificuldades de adaptação a determinados ambientes, mediante às condições de pressão de temperatura existentes. No entanto, são capazes de operar em ambientes, a velocidades e com cargas, inatingíveis para humanos, daí a sua importância e popularidade crescente destes mecanismos robotizados que podem ser controlados remotamente principalmente por linguagem de programação, determinando a trajetória completa do robô de forma preestabelecida.

Quanto ao alcance, ou espaço de trabalho, é de salientar que depende da configuração geométrica do manipulador e das restrições físicas das juntas, ou seja, dos seus limites mecânicos.

Por sua vez estas juntas robóticas podem ser rotativas, com rotação relativa entre dois membros, ou prismáticas, apenas com translação linear relativa entre dois membros, e são normalmente acionadas por atuadores elétricos, hidráulicos ou pneumáticos.

As diferentes configurações geométricas devem-se a diferentes arranjos entre os membros e os tipos de juntas utilizadas. A maioria dos robôs industriais tem 6 ou menos graus de liberdade. No caso de um manipulador com seis graus de liberdade, os três primeiros graus (a contar da base) são usados para posicionar o órgão terminal no espaço 3D, enquanto os três últimos servem para orientar o órgão terminal no espaço 3D. Com base nos três primeiros graus de liberdade, que servem para posicionar o órgão terminal no espaço, existem 5 tipos de configurações geométricas, onde R é a junta rotativa e P é junta prismática (Figura 2):

1. **Robô Cartesiano (PPP)**, pois é o manipulador de configuração mais simples, sendo muito empregado para armazenamento de peças;
2. **Robô Esférico (RRP)**, porque as coordenadas que definem a posição do órgão terminal são esféricas;
3. **Robô Cilíndrico (RPP)**, porque as coordenadas que definem a posição do órgão terminal são cilíndricas;
4. **Robô SCARA (RRP)**, por ter os três eixos em z, todos verticais e paralelos, sendo muito empregado para montagem;
5. **Robô Articulado (RRR)**, por ser o que mais se assemelha ao braço humano, sendo o mais utilizado na indústria.

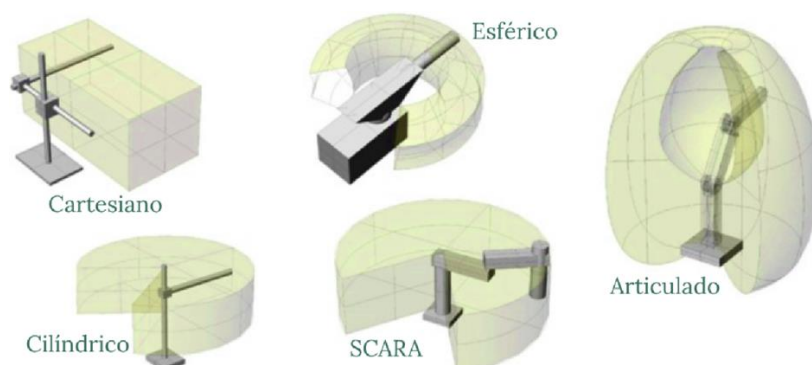


Figura 2 - Espaço de trabalho mediante os 5 tipos de configurações geométricas

A implantação destas máquinas tem sido cada vez mais frequente em indústrias que visam automatizar os seus processos de fabricação, devido à necessidade de produzir peças cada vez mais complexas e maiores, de maneira padronizada, ágil, mais precisa e com mais qualidade final. É de notar ainda a redução de custos, a prevenção de acidentes e o melhoramento da qualidade de vida do homem, como vantagens da utilização de manipuladores industriais.

Existem diversos tipos de robôs industriais, podendo estes serem equipamentos fixos empregues para realizar tarefas específicas com maior clareza e perfeição ou maleáveis, para se adequar a outras tarefas.



Figura 3– Diferentes aplicações de robôs em contexto industrial  
(imagem retirada de site Dreamstime)



## Sistema de recolha

A recolha e elevação das peças trata-se de um assunto que, embora básico, pode originar problemas catastróficos na integridade das peças e até na segurança global do processo. Como tal tem de ser discutido com cuidado e garantia de execução ao longo de todo o funcionamento da célula.

### Tipos de mecanismo

São vários os tipos garras existentes no mercado destinadas ao manuseamento das peças:

1. **Servoelétrica** - Este tipo de garra contém um motor elétrico e um controlador. O controlador fornece um sinal para a determinação da força, posição e velocidade do robô. A pinça ao receber o sinal, o motor realiza o movimento devido. É possível, também, que estas garras comuniquem com o sistema de controlo durante a recolha de uma peça. Esta informação pode ser usada para reduzir erros numa linha de produção e, no caso de a peça cair, pode parar toda a produção e evitar falhas de segurança. Para além do referido, este equipamento não depende de instalações hidráulicas ou pneumáticas, o que pode ser uma mais-valia para certas infraestruturas que não dispõem de tais instalações.
2. **Garras de dois dedos** - Ideais para trabalhos menores, estas garras possuem dois dedos paralelos com bordas planas. Estes dedos abrem e fecham agarrando a peça com força e estabilidade. Por outro lado, este equipamento não tem propriedades maleáveis o que pode dificultar o manuseio de peças irregulares.
3. **Garras de três dedos** - Semelhantes às garras de dois dedos, estas garras são utilizadas para peças redondas já que têm um propósito único de a prender no centro.
4. **Multi-dedo** - Também conhecidas como garras adaptáveis, possuem um elevado número de dedos para que se possam moldar a materiais maleáveis, redondos, irregulares e delicados. Acabam por ser uma boa opção para a indústria alimentar e lidar com objetos pequenos e frágeis.
5. **Garra magnética** - Tal como o seu nome sugere, estas garras contêm uma superfície lisa magnetizada para agarrar materiais metálicos, ideais para movimentar, ao longo de uma linha de montagem, chapas metálicas.
6. **Garra suave e flexível** - Quando delicadeza é a prioridade, estas garras são imbatíveis. Com as extremidades macias e flexíveis previnem qualquer tipo de dano ou marca no produto manuseado. As pinças podem, por exemplo, ser feitas de silicone para manusear alimentos ou outros produtos que exigem a ausência de qualquer tipo de contaminação.
7. **Garras de compressão** - As garras de compressão são cobertas com um acabamento macio para segurarem o produto. São utilizadas para manusear granulados e podem se ajustar a diferentes formas e tamanhos, tornando-se uma escolha versátil para produtos irregulares. O seu modo de funcionamento é interessante, as garras tocam suavemente no produto e é aplicada uma pressão pneumática que imobiliza os grãos uns contra os outros. Quando a pressão é aliviada o material fica solto e cai.



8. **Garras hidráulicas** - Estas são garras pesadas que aplicam a maior força necessária para itens grandes ou pesados. As garras hidráulicas são projetadas com pistões e peças lubrificadas, o que significa que podem exigir mais manutenção do que outras variedades de garras.
9. **Garra pneumáticas** - As garras pneumáticas funcionam usando ar comprimido e pistões. O sistema de garras pneumáticas é semelhante ao da garra elétrica, porém requer a exposição dos pistões da garra ao ar comprimido, fazendo com que a garra feche em volta da peça. A pinça abre e a peça cai quando o ar é expelido.
10. **Garras a vácuo** - Certas garras a vácuo aproveitam a diferença entre a pressão, por efeito de Venturi, do ar comprimido da rede e da atmosfera para levantar, segurar e mover itens. Outras contam com geradores de vácuo embutidos, alimentados pelo mesmo fornecimento elétrico do robô, eliminando a necessidade de uma instalação pneumática. As ventosas atuam como o ponto de contato entre o a peça e a garra do robô e o tamanho, a forma e o número de ventosas, estas garras podem lidar facilmente com produtos desorientados.

## Sistema de reconhecimento

Um sistema de visão/reconhecimento, pode ser definido por um sistema com o auxílio de computador que captura, processa, analisa uma imagem e obtém um resultado face ao problema proposto. Normalmente na indústria, utiliza-se a visão computacional na identificação de padrões, verificação de uso/desgaste de peças, monitorização de equipamentos e principalmente no controlo de qualidade. Pode-se dividir de maneira sucinta um sistema de visão em quatro grandes partes:

1. **Aquisição de imagem**, onde através de uma câmara industrial adquire-se a imagem e alguns fatores influenciam diretamente numa obtenção de boa qualidade, nomeadamente: posição da câmara e iluminação do objeto a capturar. As condições ótimas para uma aquisição de qualidade ocorrem quando se obtém uma posição fixa ou num sistema com movimento que possa ser controlado (braço robótico) e também com uma iluminação constante e que permita facilitar o processamento da imagem e desta forma, identificar as características pretendidas no âmbito do trabalho.
2. **Processamento de imagem**: Trata-se da fase após a aquisição da imagem onde usualmente algum software no computador trata a captura como uma matriz e realiza operações em cada pixel da imagem, com o objetivo de “preparar” a figura para que esteja apta para ser medida e analisada. Muitas vezes nesta fase, a imagem que é captada em níveis “cinzentos” passa por uma técnica de segmentação chamada de binarização (“thresholding”), onde o utilizador seleciona um valor dentro de uma escala e o processo identifica e altera o brilho de todos os pixels, isto é, transforma-os em claro (“branco”) ou escuro (“preto”). Duas operações morfológicas muito utilizadas também são: erosão, que analisa a imagem e “altera” o valor de cada pixel para o menor entre todos na sua fronteira, desta forma removendo pequenos pontos brancos que não são desejados, já a dilatação faz exatamente a operação inversa da erosão e remove pontos pretos dentro de objetos brancos.



Essas duas operações usualmente são utilizadas em conjunto para filtrar a imagem. Também nesta fase ocorre a definição das regiões de interesse, denominadas (“ROIs”), que são locais que devem ser analisadas em fases subseqüentes. Uma vantagem de definir de maneira precisa a região de interesse é a de reduzir o tamanho da imagem a ser analisada e desta forma, diminuir o tempo de processamento e execução do programa.

3. **Análise da imagem:** Neste momento as regiões de interesse previamente definidas são analisadas e também são aplicados os chamados algoritmos, que são funções utilizadas para identificar alguma característica da imagem como um furo, QR code, centroide da peça, vértices, entre outras. De facto, existem inúmeros algoritmos e a escolha pode variar muito de acordo com o objetivo do programa.
4. **Resultado da análise:** nesta fase, em suma, é obtido o resultado da inspeção, um valor que pode ser uma área, semelhança da peça com um modelo previamente definido, localização de um furo, distância entre pontos entre outros. Normalmente é desenvolvido um código ou utilizada uma função que envia uma mensagem (o resultado da análise) para outros dispositivos de controlo.

## Sistema de maquinação

CNC significa controlo numérico computadorizado (Computer Numeric Control). Por outras palavras, é uma máquina-ferramenta em que os movimentos são controlados por um computador industrial. A maquinação CNC é um processo de fabrico subtrativo que permite fabricar um modelo físico gerado em software CAD 3D e com pouca intervenção por parte do técnico/operador. A máquina-ferramenta CNC possibilita fabricar a peça a partir de um bloco de material, que contém as dimensões convenientes da peça a fabricar. Depois da peça ser desenhada no software CAD 3D, como por exemplo o Solidworks (SolidWorks), será feito o upload do ficheiro para um software CAM onde serão determinados os movimentos que posteriormente o CNC irá realizar. Esta fase exige o estabelecimento de características como as dimensões do bloco inicial, orientação dos eixos da máquina, geometria e dimensões das ferramentas a utilizar e a organização das fases do programa (desbaste, acabamento superficial, etc.). Em função destes parâmetros, o software CAM irá gerar as trajetórias que as ferramentas iram percorrer, para que no final a peça tenha a superfície pretendida. Dependendo do controlador e da máquina que se irá utilizar, a informação é condensada num programa CN que inclui as trajetórias, dados tecnológicos como rotações, avanços e lubrificação. Por fim, o programa é enviado para a máquina CNC que o realiza de forma automática.



## Sistema de marcação a laser

A gravação a laser é muitas vezes utilizada para personalização de produtos. A versatilidade de poder marcar vários tipos de materiais e a resistência da gravura a abrasão são fatores que tornam este sistema atrativo. Neste caso o sistema de marcação a laser é necessário para gravar na peça uma etiqueta que contenha informações necessárias para a sua identificação.

## Sistema de fixação

Para grande parte de processos de fabrico, o objeto manufaturado tem de ser colocado e mantido na posição definida para que a operação seja bem-sucedida. Existem várias opções possíveis para a fixação da peça com recurso a:

1. Mesa magnética;
2. Grampos;
3. Prensa de aperto;
4. Sistemas modulares.

## Sistema de controlo e interface

Como qualquer outro processo industrial a unidade de produção projeta recorre a equipamento de controlo e interface humana para permitir uma melhor interação e monitorização do processo. Assim, surge a necessidade de utilizar um PLC, comando lógico programável (Programmable logic controller), para comandar as operações a realizar. Um autómato programável consiste num computador industrial digital reprogramável para executar funções de controlo, projetado para operar em ambiente industrial, com interfaces I/O “especiais” e (re)programação usando uma linguagem própria. É um sistema que atua em tempo-real e que realiza funções lógicas: controla múltiplas saídas a partir de múltiplas entradas. São sistemas de elevada fiabilidade, elevada flexibilidade, elevada velocidade e permitem uma rápida resolução de erros. Em relação à interface humana com o processo, surge a necessidade de implementar uma consola HMI, interface Homem-máquina (Human machine interface), que permite a rápida monitorização, ajuste e rastreabilidade do processo. É também vantajoso visto permitir substituir hardware, como botões, seletores e lâmpadas e ainda é facilmente conectado em rede com o PLC e outros equipamentos associados.

## Proposta geral de solução

A célula robotizada em estudo terá de executar uma série de operações que requerem um conjunto de componentes principais, tais como: tapete, robô, PLC, máquina CNC e máquina laser. Estes dependem uns dos outros no decorrer de toda a sequência de operações. De maneira sucinta as operações seguem a seguinte ordem:

- 1º – O tapete transporta a peça;
- 2º – O robô transfere a peça para a CNC;
- 3º – O robô transfere a peça para o laser;
- 4º – O robô transfere a peça para o armazenamento.

Todo este percurso definido contém sub-etapas, para controlo de todo o processo é utilizado um PLC, que comunica com os diferentes componentes através de rede profinet e IO's digitais (Figura 4).

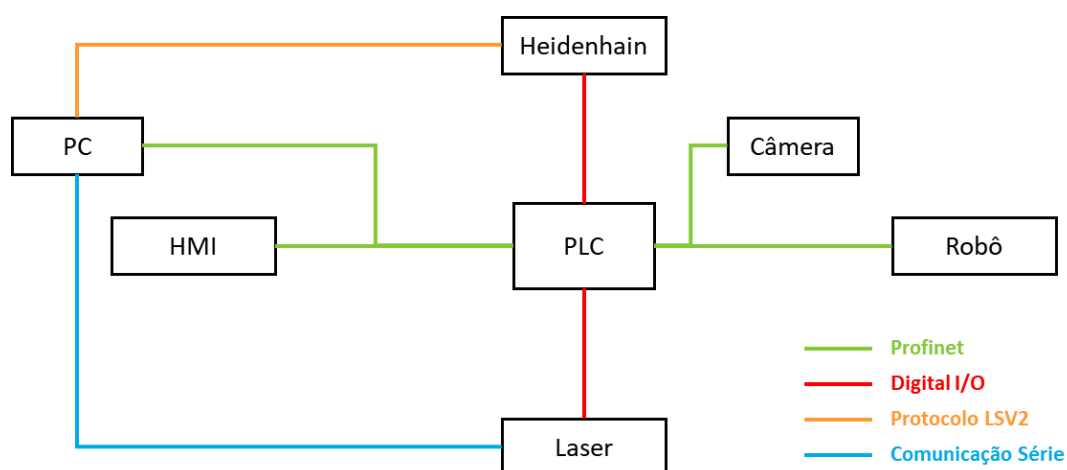


Figura 4 – Esquema de princípio comunicação.

O PLC dá ordem ao tapete para começar a trabalhar, a peça passa por uma célula fotoelétrica acoplada à estrutura do tapete (Figura 55). Após a deteção da peça o PLC para o movimento do tapete.



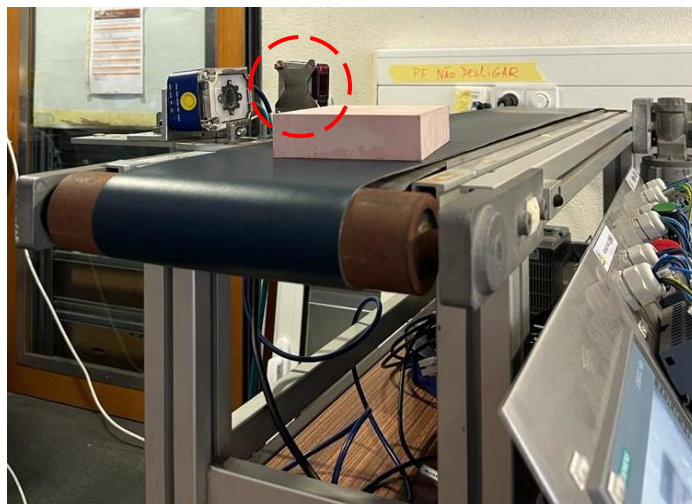


Figura 5 - Peça em repouso após passagem pelo sensor, em destaque

O robô avança para junto da peça até que haja contacto entre a garra e a peça, com a ativação da electroválvula pneumática é criado um vácuo entre a pinça e a peça, capaz de a elevar. De seguida, o robô inicia o movimento e transporta a peça para a CNC, quando o robô chega à posição indicada para largar a peça, a válvula inibe a fluxo de ar deixando, assim, cair a peça e, por fim o robô volta à sua posição inicial. Estando a peça colocada na CNC, os atuadores pneumáticos 1 e 2 comprimem a peça lateralmente, com a ativação das válvulas 2 e 3, de modo a colocar e manter a mesma na posição de maquinação. Assim que a CNC parar, o robô aproxima-se da peça para a transportar para o laser. Semelhante ao posicionamento da peça na CNC, a máquina laser está equipada com dois atuadores elétricos que serão ativados quando esta seja depositada na mesa linear. Nesta fase, enquanto a gravação está a ser feita, o robô recolhe a próxima peça no tapete e coloca-a na CNC. Finalmente, a peça é retirada da máquina de marcação a laser e é colocada no tapete de saída. Após todos estes passos o robô volta a transferir a peça da CNC para o laser e o ciclo repete-se. Assim, a interligação entre os componentes pode ser vista na Figura 6.

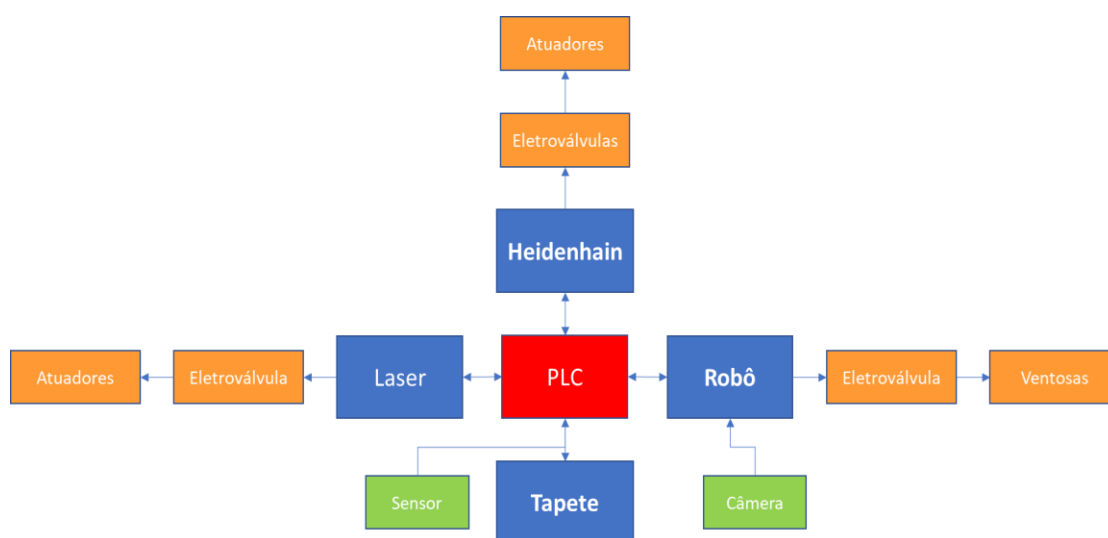


Figura 6 - Interligação dos componentes



## Sistema de transporte

Para colocação em funcionamento do tapete transportador, sendo que este utiliza um motor trifásico assíncrono, foi utilizado um variador de frequência Rexroth EFC3610, que permite a regulação, controlo da velocidade e acionamento do mesmo.

## Sistema robótico

Para o projeto a desenvolver foi proposta a utilização de um robô industrial da marca KUKA, sendo esta a fornecedora líder mundial para instalações de produção na indústria automotiva, com excelência no design de processos de fabricação flexíveis, eficientes e objetivos e com soluções de automação personalizadas para cada Indústria. Na gama dos robôs industriais, a KUKA oferece inúmeras variantes com as mais diferentes capacidades de carga e raios de alcance. Algumas das funções desejadas para os Robôs KUKA são as de: carga e descarga de máquinas; montagem; empilhar/embalar; “pick & place”; sequenciar prensas; solda e corte a laser; solda com gás de proteção; solda ponto; transporte de material; fresagem mecânica e polimento.



*Figura 7 - Robô linear KUKA*



*Figura 8 - KR 1000 titan - KUKA*

Acima estão representados alguns exemplos de modelos de robôs KUKA. Sendo que o modelo da esquerda o mais apropriado para operações de transporte de material e o da diferente é o modelo que oferece maior capacidade de carga (até 1300 kg) e maior raio de alcance (até 3,6 m). Para o projeto, inicialmente foi considerado o modelo KR 5 R1400 da KUKA. Este robô é bastante compacto, tem um design fino, proporciona alto desempenho graças à sua alta velocidade e alta precisão, necessita de pouca manutenção, reduzindo assim custos. Conta com uma estrutura reguladora moderna e otimizada, sendo ideal para se mover com agilidade para um qualquer ponto de posicionamento requerido. A sua utilização é mais popular para manipulação de material e soldadura em arco. Conta com 6 eixos de rotação, com um raio de alcance máximo de 1400 mm e com uma carga máxima de 5kg, tornando-o perfeito para a utilização pretendida neste projeto, que será mais detalhada com o decorrer do documento. Para mais detalhes técnicos deste modelo pode ser observado um excerto do manual do robô no Anexo V - Informações Técnicas do Robô KUKA - KR 5 R1400.

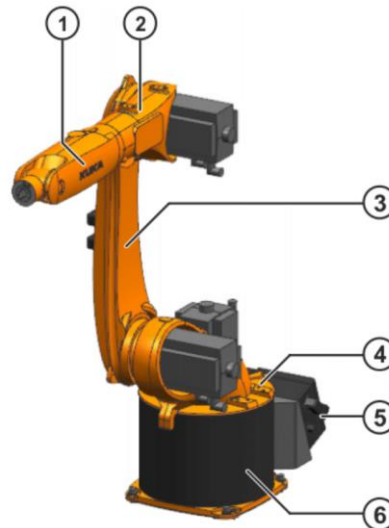


Figura 9 - Componentes principais do robô KR 5 R1400 - KUKA

Na Figura acima, é possível observar os principais componentes do modelo selecionado para o robô da KUKA, no entanto, segue-se a descrição detalhada da funcionalidade de cada um destes componentes numerados:

**1 – Punho do Robô**, que conta com 3 eixos em linha (A4, A5 e A6) e com uma flange de montagem na extremidade que serve a inserção de ferramentas, mediante a função desejada para o robô.

**2 – Antebraço**, sendo este a ligação entre o punho e o braço, abriga o motor responsável pela rotação do eixo A3 e conta também com amortecedores em coligação com o braço de ligação.

**3 – Braço**, é o conjunto situado entre o antebraço e a coluna rotativa que não só encaminha os cabos e linhas de alimentação definidos para os eixos A2 e A6, como abriga as unidades de engrenagem dos eixos A2 e A3.

**4 – Coluna rotativa**, que abriga os motores dos eixos A1 e A2 e serve de apoio para o braço, que está nela assente.

**5 – Instalações elétricas**, que estão sobre a base do robô e constituem a interface para os cabos de ligação entre o robô e o controlador para os motores dos 6 eixos. Contam ainda com a caixa RDC integrada no robô e com um circuito de proteção.

**6 – Base do Robô**, que serve de sustentação de toda a estrutura do robô e das instalações elétricas. São aqui também montados, conectores do motor e dos cabos de dados.

Para maior detalhe, apresenta-se as figuras seguintes:

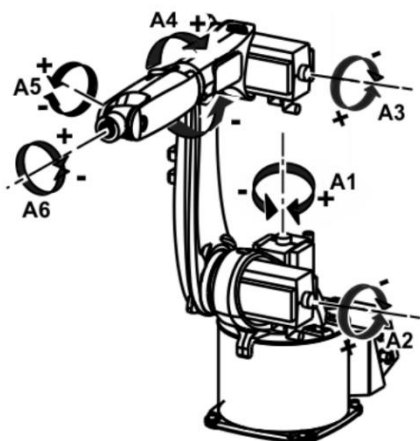


Figura 10 - Direção de rotação dos 6 eixos do Robô

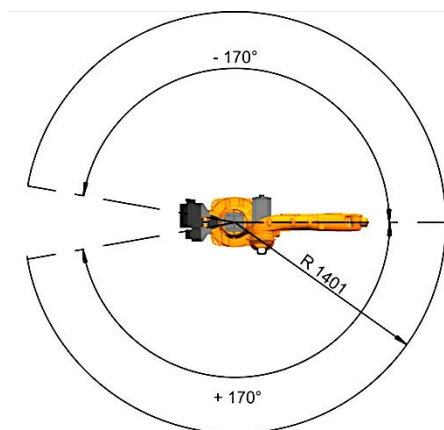


Figura 11 - Área de trabalho do robô

Na Figura 10 é possível verificar com melhor pormenor a localização e a direção dos 6 eixos de rotação referidos em cima, em cada uma das partes constituintes do robô. Com a Figura 10, é ainda visível a área de trabalho admissível para este robô, com raio de alcance máximo 1,4m. Como estava planeado ser utilizado o Robô Kuka, o foco do trabalho ao longo das aulas práticas foi o simulador KUKA.Sim 4.0, começando pela realização de simulações e testes de familiarização com o software, que servem de base para a simulação final do programa, pronto para ser testado no robô físico.

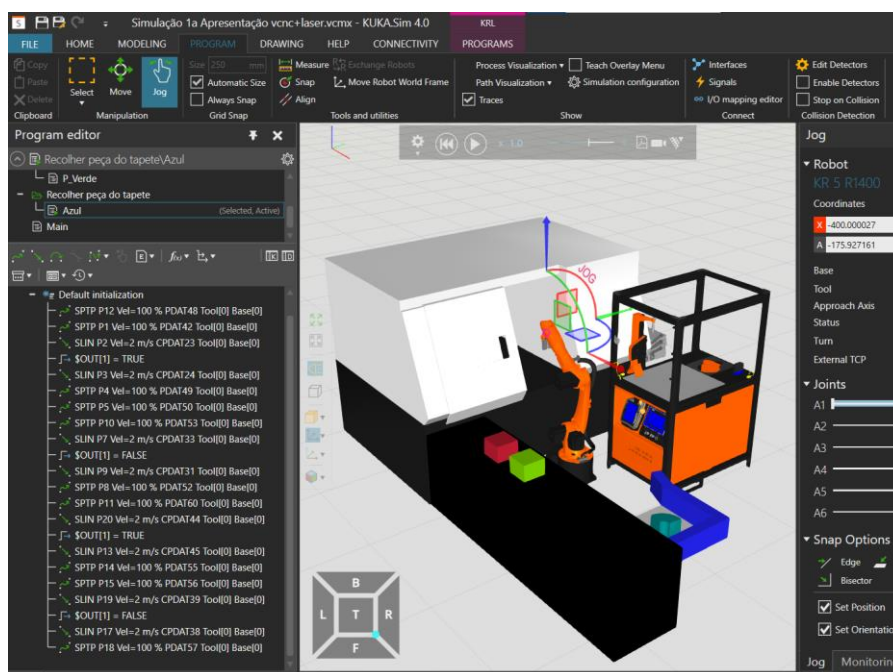


Figura 12 – Exemplo de programa teste, no simulador KUKA.Sim 4.0

Contudo, foi necessário reformular o projeto de maneira a utilizar um robô da Universal Robots (UR), visto não estar disponível um robô Kuka, tendo este sido disponibilizado pela empresa ATENA.

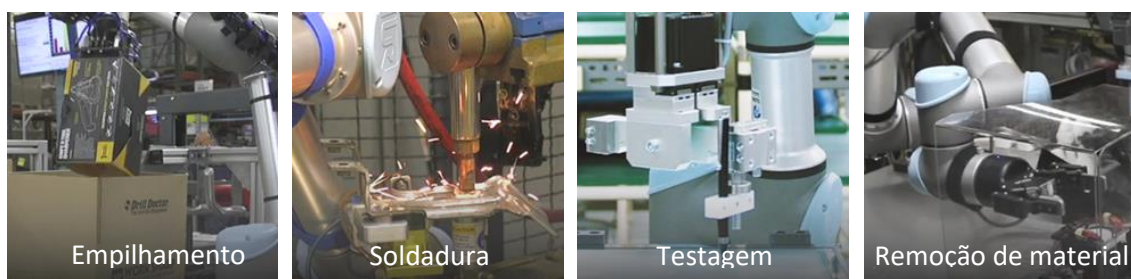


A Universal Robots é focada no fabrico de braços robóticos de 6 eixos, seguros, flexíveis e fáceis de usar para empresas de todas as dimensões e em todo o mundo, com o intuito de automatizar e otimizar processos industriais repetitivos e perigosos de maneira a atribuir aos operários tarefas mais agradáveis, criando empregos que coloquem novos desafios e aportem valor acrescido à sua empresa.



*Figura 13 - Robô UR10e*

O modelo em causa é o UR10e, sendo este um robô industrial colaborativo extremamente versátil, com capacidade de carga útil elevada (12,5kg) e longo alcance (1,3m), que abrange espaços de trabalho amplos sem comprometer a precisão ou o desempenho da carga útil. Para mais detalhes técnicos deste modelo pode ser observado um excerto do manual do robô no Anexo VI - Informações Técnicas do Robô UR10e.



*Figura 14 - Aplicações do UR10e*  
(Imagens retiradas do site da Universal Robots)

A programação deste robô é muito mais intuitiva, sendo toda realizada através de um tablet integrado no Robô, com tela sensível ao toque e de fácil utilização, ou até manualmente, movendo o braço robótico até aos pontos de rota desejados. A tela de toque que é a interface gráfica do usuário do robô (GUI) e tem o nome de PolyScope. É de notar que esta interface, evidenciada na figura seguinte, para além de operar o braço do robô e a caixa de controlo, executar e criar programas do robô, também conta com um botão de emergência.



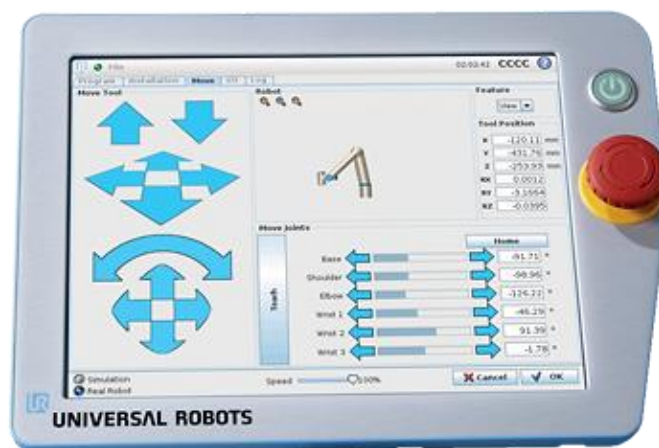


Figura 15 – PolyScope – Interface gráfica do usuário

À luz do processo de familiarização com o Robô KUKA, também com o robô UR10e foram necessários programas iniciais para testar os comportamentos e do mesmo, aos quais, serve de exemplo a seguinte captura ao tablet do robô:

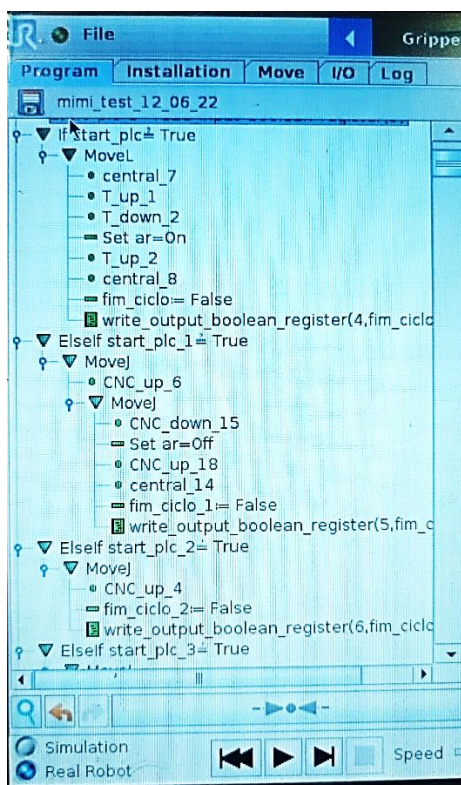


Figura 16 - Exemplo de programa teste, na GUI do UR10e



É de notar, que a programação estudada para o robô KUKA, Figura , facilitou a adaptação a este novo software do UR, visto que os fundamentos de ambos os softwares eram os mesmos. Em ambos os três tipos de movimentos do robô: Movimentos L, J e P.

1. No **movimento linear (L)**, após definidos dois pontos, inicial e final, o robô move o Ponto Central da Ferramenta (TCP) linearmente entre ambos. Isso significa que cada articulação executa uma movimentação mais complicada para manter a ferramenta em um caminho de linha reta, traçando o percurso mínimo possível e mantendo todas as variáveis que não foram alteradas entre os dois pontos, constantes ao longo do percurso, tornando este movimento muito lento, pela dificuldade de execução para o robô. Optou-se por este movimento em situações onde as trajetórias eram lineares, como por exemplo na pega e recolha das peças, e onde os movimentos entre os dois pontos estabelecidos teriam de ser feitos pelo trajeto mais curto, de modo a impedir colisões com outros elementos presentes no espaço.
2. No **movimento pelas juntas (J)**, após definidos dois pontos, inicial e final, o movimento a desenvolver é calculado no espaço de articulação do braço do robô, onde cada articulação é controlada para atingir o local final desejado ao mesmo tempo. Deste modo, é resultado um caminho curvo para a ferramenta. Este trajeto é obtido considerando que as variáveis que não forem alteradas entre os dois pontos só permanecem iguais nas posições inicial e final da trajetória, sendo que em todos os pontos intermédios, as variáveis tomam valores de modo que o percurso entre os 2 pontos seja o mais rápido e fluído possível, originando trajetórias com raios de concordância. Optou-se por este movimento em situações onde não haveria perigo de colisão, pelo que seria preferível este movimento por exercer menos esforço ao robô e por diminuir o tempo da operação, sendo este último aspeto muito importante no meio industrial).
3. Há ainda o **movimento P**, que apesar de não ter utilidade para a realização do nosso programa, é capaz de mover a ferramenta linearmente com velocidade constante com uniões circulares e é destinado a algumas operações do processo, como colar e descartar. O tamanho do raio de união é por padrão um valor compartilhado entre todos os pontos de rota. Um valor menor tornará o caminho mais angular, enquanto um valor maior, resulta numa trajetória mais suave. Como desvantagem, enquanto o braço do robô estiver em movimento pelos pontos da rota, a velocidade constante, a caixa de controlo não poderá esperar por uma operação de E/S ou até por uma ação do operador, pelo que poderá resultar numa paragem do movimento do braço ou até de proteção.



## Sistema de recolha

A garra, do sistema de recolha, escolhida foi a de vácuo com auxílio pneumático externo visto que, para além de ser um sistema barato e versátil, a infraestrutura contém uma rede de ar comprimido e um compressor portátil e o laboratório dispõe de ventosas e ejetores que permitam a sua utilização, sendo assim, esta opção, a mais viável. Este tipo de garras conta com pinças ventosas que, por efeito de Venturi gerado pelo ejetor, criam uma diferença de pressão responsável por prender a peça. Definir a quantidade de ventosas e as dimensões das mesmas é crucial para que a peça não corra o risco de cair. Apesar de existir uma equação simples (1) para tal dimensionamento, em termos práticos, é necessário ter outros fatores em conta:

1. O tipo de ventosa não é descrito pela equação referida, porém é responsabilidade do projetista escolhê-la cuidadosamente.
2. A disposição das ventosas na peça é dos aspetos mais importantes já que, no caso destas serem mal distribuídas, pode-se originar um momento na peça ao qual as ventosas não conseguirão resistir.
3. O tempo de recolha, embora não ponha em causa a segurança e integridade da peça, pode ser crucial no número de peças fabricadas e por isso na capacidade que uma empresa tem a dar resposta às necessidades do mercado.
4. Por fim, é necessário ter em consideração eventuais perdas de carga desde o compressor até à garra.

Passando ao dimensionamento, temos:

$$F = \frac{D^2 \times \pi}{4} \times \frac{\Delta P}{10} \times N \quad (1)$$

Sabendo que:

$F$  = Força de elevação (N)

$D$  = Diâmetro da ventosa (mm)

$\Delta P$  = Diferença de pressão (Bar)

$N$  = Número de ventosas

Sendo a densidade do material utilizado  $\rho=755 \text{ kg/m}^3$ , e as dimensões iniciais da peça  $150 \times 100 \times 30 \text{ mm}$ , a massa da peça irá rondar os 340g. Para gerar a diferença de pressão necessária, um ejetor tem de ser utilizado. O ejetor é responsável pelo efeito de Venturi e, neste projeto, foi utilizado o ejetor ZH13 SA representado na Figura 17. **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, disponível em laboratório. A curva de funcionamento do mesmo é ilustrada na Figura 18, no qual é possível determinar a diferença de pressão (0.9 bar) dependendo da pressão injetada na rede (6 Bar).



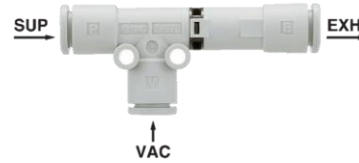


Figura 17 - Ejetor ZH13 SA

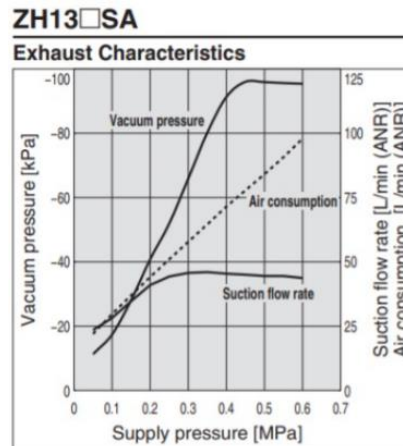


Figura 18- Curva de funcionamento do ejetor

Com todos estes dados e tendo em conta que  $N = 2$  e  $D=15\text{mm}$  (ventosas disponíveis), temos que a força de elevação é de  $3,53\text{N}$ . Como a peça inicial pesa  $3,33\text{N}$  então é possível elevar a mesma sem qualquer problema. Relativamente aos fatores práticos referidos anteriormente. Tanto a peça como as ventosas são simples e, as últimas, estarão distribuídas uniformemente. Neste projeto, a rede de ar comprimido é curta e não apresenta perdas de carga significativas. O tempo de recolha e a segurança não são relevantes pelo que o fator de elevação de  $1,06$  é suficiente para este caso (Figura 19), portanto o número e o diâmetro das ventosas não requerem qualquer alteração.

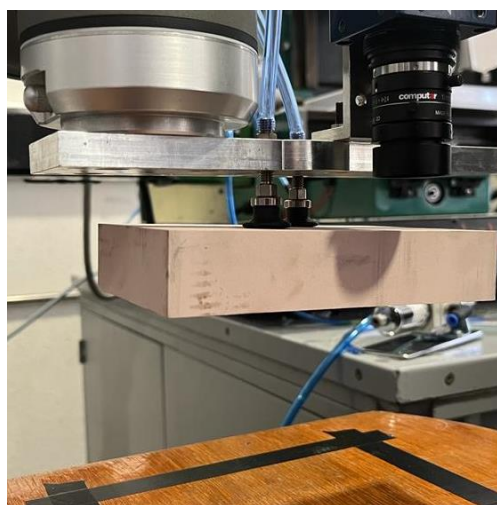


Figura 19 - Elevação da peça por ventosas



## Sistema de reconhecimento

A parte de visão industrial (reconhecimento) no âmbito deste projeto está interligada com o braço robótico, e sua tarefa é identificar a posição e rotação da peça e enviar uma mensagem para o robô para que o mesmo recolha a peça e a coloque corretamente no centro de maquinação. Outra utilização da visão artificial foi na leitura de um QR code presente na peça, para que fosse possível a identificação do programa a maquinar e da marcação a realizar.

Na fase inicial do projeto, foi proposta a utilização de uma câmara industrial inteligente da série P2x da empresa DataLogic, que possui alta capacidade de inspeção e compacta, desta forma, sendo ideal para a utilização da equipa. Para o desenvolvimento do programa de inspeção, foi usado o software Impact da própria empresa DataLogic, visto que era compatível com a câmara a utilizar. Nesta fase do projeto a equipa não tinha em posse a câmara, por isso o desenvolvimento da aplicação foi feito através de imagens que simulavam as peças a utilizar. Na figura 20 está representada uma captura de tela que mostra algumas operações realizadas no software Impact, dentre elas estão os filtros da imagem, identificação de origens, obtenção de ângulo e envio de mensagem através de protocolo de comunicação denominado TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol), que permite que dispositivos se comuniquem em uma rede como a internet.

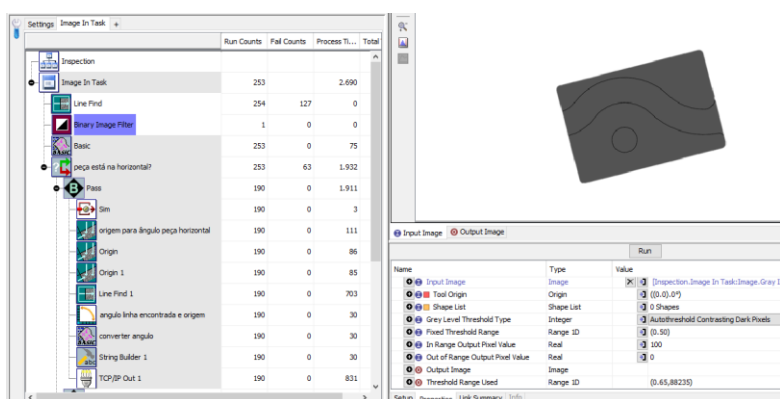


Figura 20 - Programa desenvolvido no software Impact

No entanto, devido a indisponibilidade da câmara inteligente P2x da DataLogic, houve a necessidade de se alterar o dispositivo de captação de imagem. Foi disponibilizada uma câmara inteligente da TeledyneDalsa do seguinte modelo: BOA 1280M PRO, com resolução de 1280 x 960 pixels e frequência de reprodução de imagens de 22 quadros por segundo. O dispositivo utilizado pode ser visto na figura 21.



Figura 21 - Câmera BOA 1280M PRO



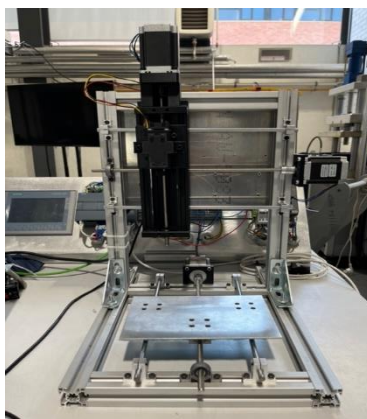
## Sistema de maquinação

O centro de maquinação implementado neste projeto é da marca Maquisis, é uma fresadora vertical com 3 eixos servo-controlados, curso útil de 160x200x130mm, possui troca automática de ferramenta com armazém rotativo com capacidade para 6 ferramentas, é controlado por um comando numérico Heidenhain TNC 426 PB, versão de software 280 470-12, com disco rígido, simulação gráfica 3D de maquinação, comunicação RS232, RS422 e Ethernet e suporta os protocolos FE e LSV2.

## Sistema de marcação

Relativamente à máquina de marcação a laser (figura 22), esta utiliza um controlador NVCMV2.1 da Novusun, e 3 motores de passo de 200 pulsos por volta e um binário de 1.89 N.m. Durante o semestre foi aprimorado o guiamento dos eixos Y e Z, implementado o controlo e a ótica laser e ainda ajustados todos os parâmetros de controlo dos eixos e laser através do software Mach3 (Mach3). Neste software são ajustados os parâmetros:

1. Definição dos pinos de direção e pulso dos steppers dos eixos;
2. Ajuste do número de pulsos por volta, velocidade e aceleração de cada eixo;
3. Regulação da frequência de base do laser.



*Figura 22 - Máquina marcação laser*

É de referir, que o laser é ativo através da saída analógica de 0-10V, normalmente destinada ao spindle, donde é obtido um sinal PWM, cuja frequência é definida nos parâmetros.

Na figura 22 o laser já se encontra praticamente pronto para a sua utilização, no momento em que foi tirada a fotografia estava apenas em falta o sistema de fixação para estabilizar a peça na mesa. No entanto, a máquina não se encontrava assim quando foi disponibilizada para a execução deste projeto. Para isso foi necessário:



1. Eliminar a folga que existia no eixo Z. Com recurso a uma impressora 3D imprimiu-se um calço para a parte superior da estrutura de fixação do eixo Z (figura 23).



*Figura 23 - Calço estrutura eixo Z*

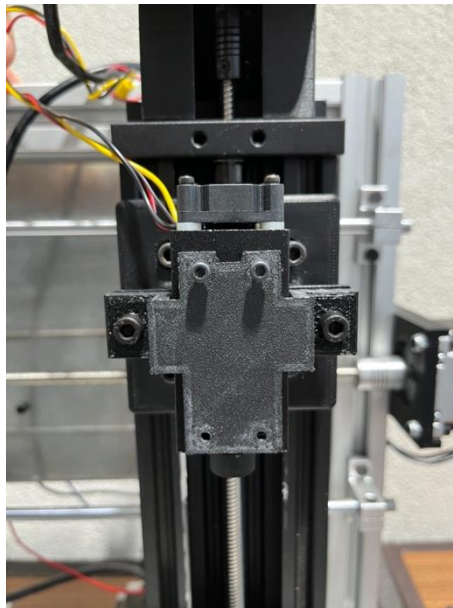
2. Aplicação do motor para o eixo Z. O motor já estava seleccionado e estava junto com a máquina. Para a sua aplicação foi necessário desenvolver um suporte num software CAD 3D, neste caso o Solidworks (SolidWorks, 1993), e mais uma vez recorreu-se a uma impressora 3D para o fabrico do suporte do motor. Para a montagem foi também necessário a aquisição de um acoplador.



*Figura 24 - suporte motor eixo Z*



3. Aplicação do laser. Após a receção do laser, foi desenvolvido num processo semelhante ao ponto anterior, um suporte para fixar o laser à estrutura que é movida pelo fuso do eixo Z.



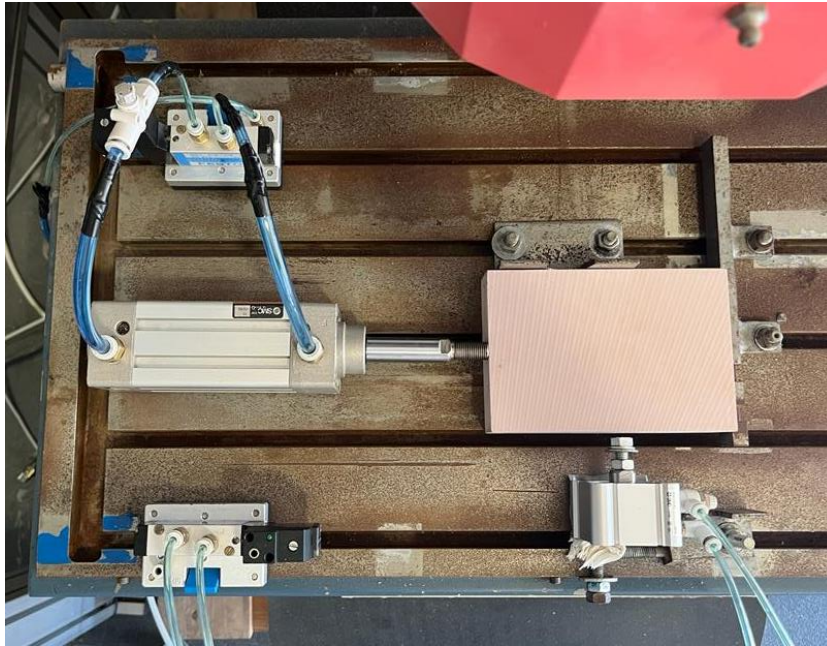
*Figura 25 - Fixação laser*

## Sistema de Fixação

Durante toda a sequência de operações, são duas as etapas em que a peça tem de estar 100% imóvel: na maquinação CNC e na máquina de marcação a laser. Um dos objetivos deste projeto debruça-se na automatização do processo e o sistema de fixação das peças não é exceção. Para tal, este processo requer a comunicação com um controlador.

### CNC

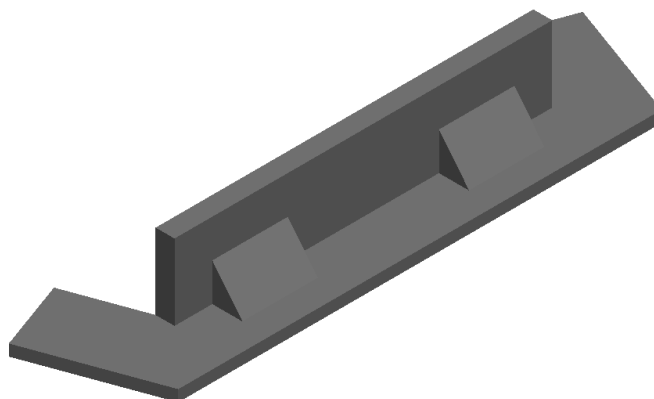
Ao longo de toda a maquinação da peça, a mesma estará sujeita a forças multidirecionais consideráveis, transmitidas pela ferramenta da máquina pelo que, por questões de qualidade e segurança, a fixação da mesma terá de ser capaz de suportar tais esforços. Considerou-se, como opção mais viável, o uso de atuadores pneumáticos e batentes uma vez que apresentam robustez suficiente para o efeito e não requerem qualquer intervenção humana durante o processo. Assim como outros sistemas, a seleção entre os dois fixadores referidos teve origem na disponibilidade de material no laboratório, ar comprimido e atuadores pneumáticos. Para garantir a melhor performance, dois atuadores serão dispostos ortogonalmente para comprimir a peça, no eixo X e Y, contra dois apoios fixos na base da máquina-ferramenta. Como se pode verificar na Figura 26, o sistema pneumático foi instalado dentro do que seria expectável, os cilindros foram colados à mesa da CNC e as electroválvulas contam com um encaixe rápido nas calhas da mesa.



*Figura 26 - Montagem do sistema de fixação na CNC*

#### Máquina laser

O conceito de fixação na máquina laser é semelhante ao referido anteriormente, porém, durante a etapa de marcação, a peça não será exposta a grandes forças e sim a ligeiras vibrações. Com isto em mente ponderou-se, inicialmente, a utilização de 2 atuadores elétricos de peso reduzido. A sua disposição seria idêntica à utilizada na CNC. No decorrer do desenvolvimento deste sistema, algumas alterações tiveram de ser feitas. Os atuadores elétricos escolhidos, demonstraram não ter força suficiente para posicionar a peça e, por isso, foram substituídos por um cilindro pneumático semelhante ao que atua na CNC. Apesar desta permuta de equipamento, um batente fixo na mesa da máquina teve de ser projetado para que o posicionamento da peça fosse o mais preciso possível (Figura 27). Este será responsável por endireitar a peça pois, com recurso à sua geometria afunilada, a peça será obrigada a deslocar-se e a permanecer na posição correta.



*Figura 27 - Batente fixo*





## Sistema de controlo e interface

De acordo com o referido anteriormente, este projeto utiliza um PLC e HMI para controlo e interação do processo. O autómato utilizado nesta aplicação é um Siemens S7-1200, CPU 1214C, que permite a utilização de até 14 inputs e 10 outputs digitais sem a utilização de uma expansão. A programação baseou-se na sua maioria em STL, conforme solicitado no caderno de encargos do projeto. No que diz respeito ao HMI, foi utilizada uma consola Siemens SIMATIC KTP700, conectada em rede profinet com o autómato da mesma marca. Nesta consola é possível verificar o estado das entradas e saídas do PLC, assim como as marcas de registo do robô e ainda a peça a ser maquinada atualmente. É ainda a partir do HMI que se inicia o processo automático e se pode verificar o número de peças produzidas.

## Desenvolvimento da solução

### Sistema de transporte

Considerando as observações anteriores, é de fácil perceção o modo de funcionamento do tapete transportador. Sendo que este é controlado por um variador de frequência, é utilizada uma saída do PLC para ativar o movimento do tapete quando não é detetada a presença de uma peça na fotocélula. O valor da frequência definida para a movimentação do tapete é de 10 Hz. Após a deteção de uma peça no tapete é então desligada a saída.

### Sistema robótico

Em relação ao robô, tal como mencionado anteriormente, este encontra-se conectado na rede profinet com o PLC. Para controlo do movimento do UR, utilizou-se os registos fornecidos no ficheiro GSD do modelo, definiu-se estes registos como variáveis booleanas que são ativadas e desativadas conforme necessário. Um resumo sucinto deste modo de funcionamento baseia-se no seguinte processo: o PLC recebe a informação de que a célula presente no tapete está a detetar uma peça; o autómato coloca o registo "URO"."Reg 1".Bits.Register[0] := TRUE; o sistema robótico que verifica em loop qual dos movimentos irá realizar recebe a mudança da informação dessa variável e executa o movimento associado, sendo que neste caso é a recolha da peça no tapete; quando termina o movimento o robô coloca o registo a "URI".Bits.Register[0] := TRUE; depois do PLC receber a informação desta variável, volta a colocar a variável a false e passa para a etapa seguinte. O sistema robótico irá realizar este processo continuamente consoante as ordens enviadas pelo PLC, sendo que a sequência é definida neste; sendo que se enquanto uma peça estiver a realizar a marcação a laser e estiver uma peça no tapete pronta a ser maquinada o robô irá colocar essa mesma peça na CNC, otimizando assim a produção. Em termos de programação de movimentos no robô em si, este obedece a um tipo de estrutura em loop, onde cada movimento está restringido a uma condição IF, que aguarda a receção de uma mudança de um registo para True para realizar um movimento.

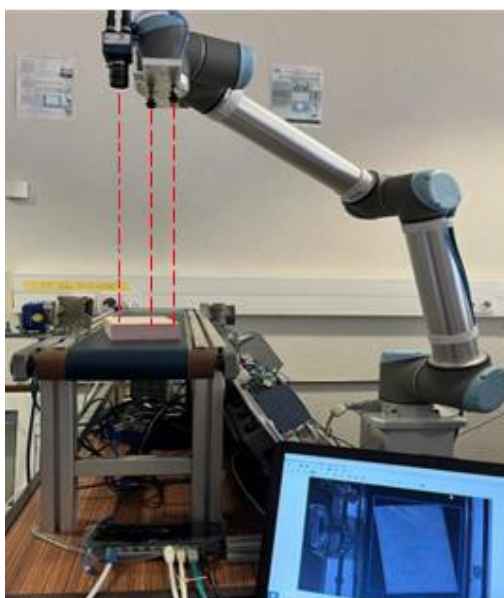


## Sistema de recolha

A electroválvula que fornece o ar à garra que recolhe a peça por vácuo, é ativa por uma saída do robô que por sua vez é ligada sempre que o robô for recolher a peça a um local (tapete, CNC e máquina laser) e permanece ligada até depositar o objeto na localização seguinte.

## Sistema de reconhecimento

Como mencionado anteriormente, o sistema de visão mostrou-se essencial para a identificação da peça na esteira rolante, obtenção das coordenadas do seu centroide, bem como cálculo do ângulo de rotação. No entanto, como pode ser visto na figura x, havia uma diferença entre a posição das ventosas e o centro da câmara, o que levou a uma falha na posição de destino do robô. Para resolver isto, foram feitas correções nas coordenadas em x e y a serem enviadas, para que desta forma, apanhasse com sucesso a peça e a colocasse de maneira correta no centro de maquinação.



*Figura 28 - Desalinhamento inicial da peça segundo a câmara*

O programa utilizado foi desenvolvido no software Sherlock Embedded, que pode ser utilizado numa ampla variedade de programas de inspeção automatizada na indústria. De forma análoga ao software Impact, mencionado anteriormente, a aplicação desenvolvida no Sherlock contém as etapas que acontecem na seguinte ordem:

1. Espera de uma determinada mensagem a ser enviada pelo robô para iniciar a execução do programa ao receber essa mensagem.
2. Aquisição da imagem e definição da região de interesse, que no caso em questão foi considerada toda a imagem capturada pela câmara.





3. Aplicação dos processadores: Binarização (“threshold”), erosão e dilatação, com o objetivo de filtrar alguns pixels indesejados na região de interesse.
4. Execução de um script, mostrado na figura 29 que identifica a peça a se detetar no tapete rolante, faz a correção e converte de pixels para milímetros as coordenadas necessárias, também constrói a cadeia de caracteres (string) a se enviar para o robô.
5. Início de temporizador para enviar a mensagem construída a cada 3 segundos.

```
Code
1 if (VEngine.blobA.blobs==1){
2 VEngine.tcpip_send_lineA.enabled = true;
3 }else{
4 VEngine.tcpip_send_lineA.enabled = false;
5 }
6 //Área do Blob
7 VEngine.BlobArea.value = VEngine.blobA.area[0];
8
9 VEngine.Correcao_Y.value = 615 - 50; //615
10
11 var x = VEngine.blobA.centroid[0].x - VEngine.Correcao_X.value;
12 var y = VEngine.blobA.centroid[0].y - VEngine.Correcao_Y.value;
13
14 VEngine.X_mm.value = x * (10/72); //10/72 //1/77 relação pixels-mm
15 VEngine.Y_mm.value = y * (10/72);
16
17 VEngine.Ang_Rad.value = 1.57 - VEngine.blobA.ellipse_angle[0];
18 if (VEngine.Ang_Rad.value > 1.57){
19 VEngine.Ang_Rad.value = VEngine.Ang_Rad.value - 3.14;
20 }
21
22 L = VEngine.Correcao_Y.value * (10/72);
23 VEngine.Newy.value = L - L * Math.cos(VEngine.Ang_Rad.value);
24 VEngine.Newx.value = L * Math.sin(VEngine.Ang_Rad.value);
25
26 if (VEngine.Ang_Rad.value > 0) { //%% VEngine.BlobArea.value <= 85000){
27 VEngine.TCP_Out.value = "[6," + (Math.round(VEngine.Newx.value) -60) + "," + Math.round(VEngine.Newy.value) +
28 "," + "0" + "," + "0" + "," + "0" + "," + VEngine.Ang_Rad.value + "];";
29 }if (VEngine.Ang_Rad.value < 0){
30 VEngine.TCP_Out.value = "[6," + (Math.round(VEngine.Newx.value) -15) + "," +
31 (Math.round(VEngine.Newy.value)+30) + "," + "0" + "," + "0" + "," + "0" + "," + VEngine.Ang_Rad.value + "];";
32 }
33 }
```

Figura 29 - Script para detetar a chegada da peça ao tapete rolante

## Leitura QR Code

Foram impressos e colocados nas peças, três QR codes, cada um com um número que representa o nome de um componente do grupo (1. Gonçalo, 2. Marcelo, 3. Iago), que foi decodificado e escrito na posição 4(Cz) da string (Mensagem a enviar), mencionada no capítulo seguinte. O robô recebe, armazena essa mensagem e envia para o PLC. Com a recepção desta informação o PLC seleciona o programa de maquinaria a realizar, através da ativação de uma saída digital que está ligada a uma entrada digital do CNC Heidenhain e executa o programa associado a essa entrada; e por sua vez com a mesma saída do PLC é ligada a uma entrada do controlador da máquina de marcação a laser que seleciona assim a marcação a realizar.



## Mensagem a enviar

A cadeia de caracteres (string) que a câmara envia ao robô é composta por seis caracteres com a seguinte estrutura:

$$TCP_{Out} = [6, cx, cy, cz, ct, \theta] \quad (2)$$

Sabendo que:

6 = Caractere que indica o início da mensagem

$cx$  = Coordenada no eixo x do centroide da peça (já corrigida) [mm]

$cy$  = Coordenada no eixo y do centroide da peça (já corrigida) [mm]

$cz$  = Número que representa o nome de um dos 3 componentes do grupo.

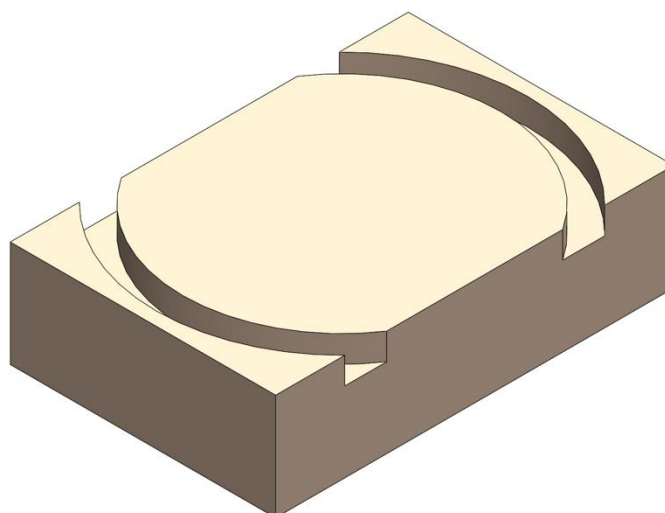
$ct$  = Coordenada para mover o 4º eixo do robô (nenhum valor é enviado)

$\theta$  = Ângulo da peça na vertical [rad]

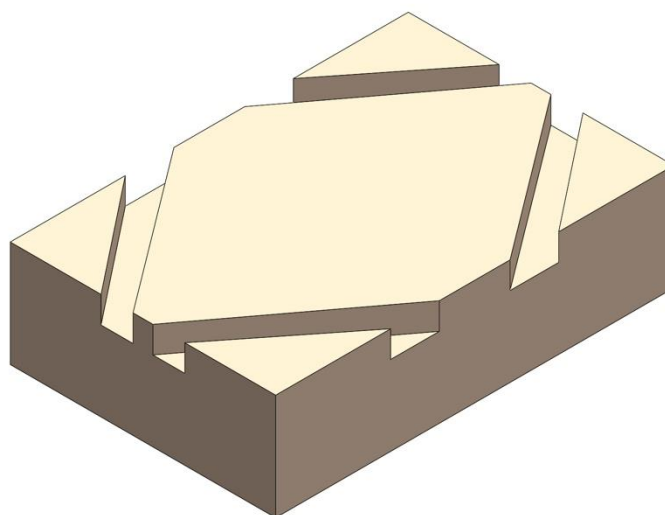
## Sistema de maquinação

Tendo em conta que se pretende maquinar 3 peças diferentes, foi necessário arranjar uma solução que permitisse selecionar o programa da peça a maquinar de forma automática. Dentro do programa principal implementou-se 3 subprogramas distintos correspondentes ao programa CN que permite obter cada uma das 3 peças pretendidas. A seleção do programa é feita através de uma entrada digital, ou seja, cada subprograma tem uma entrada digital associada. O programa principal tem a função de monitorizar as entradas, e aguarda pela ativação de uma das três. Quando o start é acionado no autómato o programa principal corre o respetivo subprograma até ao fim, depois volta para o programa principal e aguarda nova ativação de uma entrada.

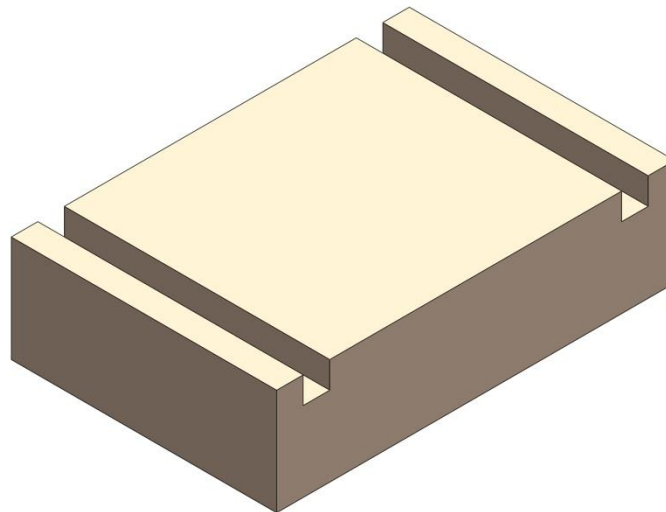
Para a realização do subprograma recorreu-se a um software CAM para a obtenção do programa CN com a linguagem respetiva ao pós-processador utilizado. Para isso foi necessário selecionar a máquina e o pós-processador, selecionar o eixo de coordenadas adequado, o tamanho do bloco inicial e a ferramenta que tínhamos disponível. Como tínhamos apenas uma ferramenta, foram desenhadas peças de geometria simples distintas entre si, como se podem ver nas seguintes imagens. Em todas as geometrias foi deixado espaço suficiente no seu centro para permitir que o sistema de ventosas tenha espaço para agarrar a peça.



*Figura 30 - Peça 1*



*Figura 31 - Peça 2*

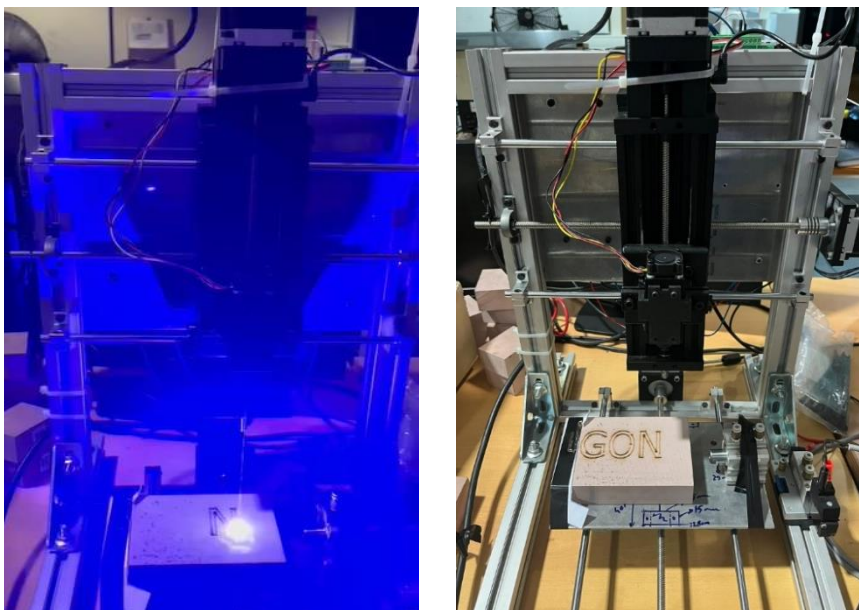


*Figura 32 - Peça 3*

## Sistema de marcação

O pretendido no sistema de marcação é semelhante ao que acontece no sistema de maquinação. O objetivo é que a máquina laser escolha o programa de maneira automática sem precisar que o operador selecione o programa a realizar. Tal e qual como temos 3 peças para maquinar, temos de igual maneira 3 gravuras diferentes para cada peça. Aqui não se recorreu a subprogramas, a solução implementada é um pouco diferente. Existe apenas 1 programa que contém, por ordem sequencial, o código para escrever todas as gravuras. Este programa também monitoriza as entradas, consoante a que estiver ativa o programa salta para a linha que corresponde à respetiva gravura. Para permitir o salto das linhas recorreu-se a macros.

Ao invés de se marcar a peça com informação pertinente, foi proposto pelo professor simplificar o processo e apenas gravar as iniciais dos nomes dos elementos do grupo e desta maneira provar que o sistema funciona.



*Figura 33 – Fase intermédia e final de um processo de marcação a laser*

## Sistema de fixação

Os cilindros de fixação das peças são ativos por outputs de controlador Heidenhain e da máquina de marcação a laser, depois de ser detetada a chegada de uma peça por fotocélulas presentes em cada uma das mesas.

## Sistema de controlo e interface

Sendo o PLC o equipamento que controla todo o processo, para mais fácil explicação do modo de funcionamento foi sendo descrita a intervenção do autómato nos diferentes sistemas da célula de produção. No entanto é apresentado em anexo um Grafcet (ANEXO XXXXX), do modo de funcionamento geral do modo automático do programa. Para além de controlar o sistema o PLC é ainda responsável por exportar para um ficheiro csv periodicamente a informação do número de peças que produziu e a respetiva peça que se obteve. A consola HMI, conforme referido anteriormente permite todo o diagnóstico de IO's, monitorização das peças a serem produzidas e ainda a ativação/desativação de programas.



## Experiências e resultados

### Sistema de recolha

A montagem deste sistema foi simples e, apesar da falta de alguns componentes pneumáticos, os testes práticos foram realizados com alguma brevidade. Com um bom estudo prévio e algum conhecimento intrínseco, o primeiro teste de funcionamento foi bem-sucedido e a peça recolhida. Após o primeiro teste, as ventosas foram colocadas noutra posição de forma a garantir uma maior estabilidade durante o processo e para ficar de acordo com a geometria da peça depois de maquinada.

### Sistema de fixação

#### CNC

O sistema de fixação da CNC, desde a sua montagem apresentou apenas um problema no qual o cilindro do eixo Y descolava frequentemente da mesa devido a sua reduzida área de contacto e ao imenso momento criado pela força de compressão. Contudo, o sistema ficou funcional com o acréscimo de um parafuso e uma chapa metálica capazes de contrariar a rotação induzida no atuador.

#### Máquina laser

Como foi referido anteriormente, a utilização dos atuadores elétricos escolhidos foi um insucesso. Para testar a sua capacidade de executar a tarefa, uniram-se dois atuadores ao bloco inicial da peça e, de seguida, com recurso a uma fonte de alimentação, ligaram-se os mesmos. Além da falha ao mover a peça, um dos atuadores entrou em curto-circuito impedindo o estudo de outra solução com os mesmos componentes. Por este motivo, foram instalados o cilindro pneumático e o batente. Para prender o primeiro á mesa, foi impresso um suporte de modo a evitar o sucedido na máquina CNC. Por fim, o último, também foi impresso de modo a suportar a compressão gerada pelo cilindro.

### Resultados gerais

De um modo geral todos os equipamentos se encontram em funcionamento e será disponibilizado o link de um vídeo de demonstração na data combinada com o orientador.



## Conclusões e trabalho futuro

De um modo geral, e após algumas adversidades, como a mudança de robô e de câmara a meio do semestre conclui-se que o projeto de automatização de uma célula de produção foi bem-sucedido. Apesar de carecer de um pouco de desenvolvimento em alguns sistemas e da falta de criação de uma base de dados acessível por website, considera-se que tendo em conta a dimensão do projeto essa é uma pequena parte e que seria facilmente terminada em trabalho futuro. Existem ainda algumas alterações que se propõe, como a implementação de sensores de fim de curso e de referência na máquina de marcação a laser, assim como o desenvolvimento de sistemas de fixação no centro de maquinaria para uma melhor maquinaria. Seria ainda interessante a inserção deste projeto num ambiente industrial em que se monitorizasse em tempo real a maquinaria das peças, a marcação do laser, inserção de sensorização para utilização de softwares de MES (Manufacturing Execution System) e ERP (Enterprise Resource Planning), visto serem cada vez mais as empresas a implementarem estes sistemas de monitorização, tendo em vista atingir o nível de customização do cliente presente Indústria 5.0 (Indústria 5.0).



## Referências

Artsoft. (2001). Mach3.

*Datasheet BOA 1280M PRO.* (s.d.). Obtido de <https://www.teledynedalsa.com/en/products/imaging/smart-cameras-and-vision-sensors/boa/>

*Força de Elevação de Ventosas.* (s.d.). Obtido de <https://www.dvpbrasil.com.br/single-post/2018/02/06/cálculo-de-capacidade-de-elevação-de-uma-ventosa>

<https://www.dciscanning.co.za/wp-content/uploads/2021/04/Datalogic-P2X-Series-Datasheet.pdf>. (s.d.). *Datalogic P2X Series Datasheet.*

*Indústria 5.0.* (s.d.). Obtido de <https://www.revistaferamental.com.br/artigo/industria-5-0-o-que-e-e-como-aplicar-na-sua-empresa>

*Manual KUKA - KR 5 R1400.* (s.d.). Obtido de [http://supportwop.com/IntegrationRobot/content/2-Robots/Petites\\_charges\(5-16kg\)/KR\\_5\\_arc/English\\_manual\\_KR\\_5\\_R1400\\_en.pdf](http://supportwop.com/IntegrationRobot/content/2-Robots/Petites_charges(5-16kg)/KR_5_arc/English_manual_KR_5_R1400_en.pdf)

*Manual UR10e.* (s.d.). Obtido de [https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/ur-support-site/41267/UR10e\\_User\\_Manual\\_pt\\_Global.pdf](https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/ur-support-site/41267/UR10e_User_Manual_pt_Global.pdf)

SolidWorks. (1993). SolidWorks. EUA.





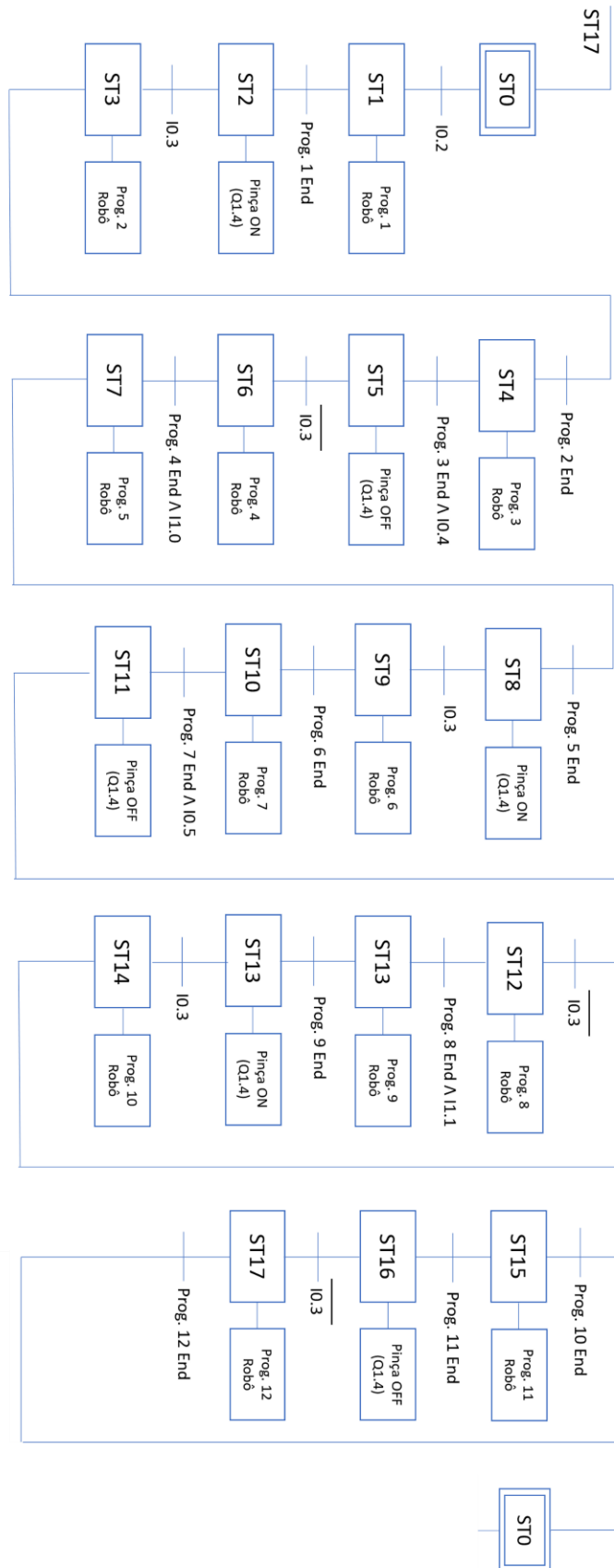
## Anexos

### Anexo I – Script desenvolvido no Software de visão Sherlock

```
if (VEngine.blobA.blobs==1){
VEngine.tcpip_send_lineA.enabled = true;
}else{
VEngine.tcpip_send_lineA.enabled = false;
}
//Área do Blob
VEngine.BlobArea.value = VEngine.blobA.area[0];
//Definicao do valor da correção em pixéis.
VEngine.Correcao_Y.value = 615 - 50;
//Definição de variáveis corrigidas
var x = VEngine.blobA.centroid[0].x - VEngine.Correcao_X.value;
var y = VEngine.blobA.centroid[0].y - VEngine.Correcao_Y.value;
VEngine.X_mm.value = x * (10/72); // conversão de pixel-mm
VEngine.Y_mm.value = y * (10/72); // conversão de pixel-mm
//Imposição de condições para a variável do angulo em radiandos
VEngine.Ang_Rad.value = 1.57 - VEngine.blobA.ellipse_angle[0];
if (VEngine.Ang_Rad.value > 1.57){
VEngine.Ang_Rad.value = VEngine.Ang_Rad.value - 3.14;
}
//Nova correção das coordenadas devido as projeções
L = VEngine.Correcao_Y.value * (10/72);
VEngine.Newy.value = L - L * Math.cos(VEngine.Ang_Rad.value);
VEngine.Newx.value = L * Math.sin(VEngine.Ang_Rad.value);
//Construção da mensagem a ser enviada por TCP/IP
if(VEngine.Ang_Rad.value > 0) { //&& VEngine.BlobArea.value <= 85000){
VEngine.TCP_Out.value = "[6," + (Math.round(VEngine.Newx.value) -60) + "," +
Math.round(VEngine.Newy.value) + "," + "0" + "," + "0" + "," +
VEngine.Ang_Rad.value + "];";
}if(VEngine.Ang_Rad.value < 0){
VEngine.TCP_Out.value = "[6," + (Math.round(VEngine.Newx.value) -15) + "," +
(Math.round(VEngine.Newy.value)+30)+ "," + "0" + "," + "0" + "," +
VEngine.Ang_Rad.value + "];";
}
```



## Anexo II – Grafcet programa SCL modo automático





### Anexo III – Programa SCL modo automático

```
// RECOLHA TAPETE
IF NOT "50S5" AND "50S3" THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[0] := TRUE;
    "M_TAPETE" := TRUE;
    "M_HOME" := FALSE;
END_IF;
//READY TO GO HOME
IF "URI".Bits.Register[0] THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[1] := TRUE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[0] := FALSE;
    "M_HOME" := TRUE;
    "M_TAPETE" := FALSE;
END_IF;
//PLACE CNC
IF "URI".Bits.Register[1] AND NOT "50S5" THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[2] := TRUE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[1] := FALSE;
    "M_CNC" := TRUE;
    "M_HOME" := FALSE;
END_IF;
//BACK HOME
IF "URI".Bits.Register[2] AND "50S5" THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[3] := TRUE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[2] := FALSE;
    "M_HOME" := TRUE;
    "M_CNC" := FALSE;
END_IF;
//START CNC
IF "URI".Bits.Register[3] AND "M_PARTS_OK" AND NOT
"M_TON_START_CNC" THEN
    "START CNC" := TRUE;
END_IF;
IF "M_TON_START_CNC" THEN
    "START CNC" := FALSE;
END_IF;
//PICK CNC
IF "URI".Bits.Register[3] AND "110K2" THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[4] := TRUE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[3] := FALSE;
    "M_CNC" := TRUE;
    "M_HOME" := FALSE;
    "M_TON_START_CNC" := FALSE;
END_IF;
//BACK HOME
IF "URI".Bits.Register[4] THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[5] := TRUE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[4] := FALSE;
    "M_HOME" := TRUE;
    "M_CNC" := FALSE;
END_IF;
//PLACE LASER
IF "URI".Bits.Register[5] AND NOT "50S6" THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[6] := TRUE;
```



```
"URO"."Reg 1".Bits.Register[5] := FALSE;
"M_LASER" := TRUE;
"M_HOME" := FALSE;
END_IF;
//BACK HOME
IF "URI".Bits.Register[6] AND "50S6" THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[7] := TRUE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[6] := FALSE;
    "M_HOME" := TRUE;
    "M_LASER" := FALSE;
END_IF;
//START LASER
IF "URI".Bits.Register[7] AND NOT "M_TON_START_LASER" THEN
    "START LASER" := TRUE;
END_IF;
IF "M_TON_START_LASER" THEN
    "START LASER" := FALSE;
END_IF;
//PICK LASER
IF "URI".Bits.Register[7] AND "120K2" AND "50S6" THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[8] := TRUE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[7] := FALSE;
    "M_LASER" := TRUE;
    "M_HOME" := FALSE;
    "M_TON_START_LASER" := FALSE;
END_IF;
//BACK HOME
IF "URI".Bits.Register[8] THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[9] := TRUE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[8] := FALSE;
    "M_HOME" := TRUE;
    "M_LASER" := FALSE;
END_IF;
//PLACE END
IF "URI".Bits.Register[9] THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[10] := TRUE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[9] := FALSE;
    "M_FIM" := TRUE;
    "M_HOME" := FALSE;
END_IF;
//BACK HOME
IF "URI".Bits.Register[10] THEN
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[11] := TRUE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[10] := FALSE;
    "M_HOME" := TRUE;
    "M_FIM" := FALSE;
END_IF;
//EMERGEN
IF "M_EMERGEN" THEN
    "START_HMI" := FALSE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[0] := FALSE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[1] := FALSE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[2] := FALSE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[3] := FALSE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[4] := FALSE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[5] := FALSE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[6] := FALSE;
    "URO"."Reg 1".Bits.Register[7] := FALSE;
```



```
"URO"."Reg 1".Bits.Register[8] := FALSE;
"URO"."Reg 1".Bits.Register[9] := FALSE;
"URO"."Reg 1".Bits.Register[10] := FALSE;
"URO"."Reg 1".Bits.Register[11] := FALSE;
END_IF;
//RESET REGISTO
IF "M_URO_RESET" THEN
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[0] := FALSE;
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[1] := FALSE;
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[2] := FALSE;
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[3] := FALSE;
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[4] := FALSE;
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[5] := FALSE;
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[6] := FALSE;
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[7] := FALSE;
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[8] := FALSE;
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[9] := FALSE;
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[10] := FALSE;
  "URO"."Reg 1".Bits.Register[11] := FALSE;
  "M_URO_RESET" := FALSE;
END_IF;
```



## Anexo IV – Programa SCL output

```
//START PROGRAMA CNC
IF "START CNC" THEN
    "100K2" := TRUE;
END_IF;
IF NOT "START CNC" OR "M_EMERGEN" THEN
    "100K2" := FALSE;
    "START CNC" := FALSE;
END_IF;
//START PROGRAMA LASER
IF "START LASER" THEN
    "100K4" := TRUE;
END_IF;
IF NOT "START LASER" OR "M_EMERGEN" THEN
    "100K4" := FALSE;
    "START LASER" := FALSE;
END_IF;
//TAPETE
IF "START TAPETE" THEN
    "100K8" := TRUE;
END_IF;
IF NOT "START TAPETE" OR "M_EMERGEN" THEN
    "100K8" := FALSE;
    "START TAPETE" := FALSE;
END_IF;
//PEÇA 1
IF "M_PART1" THEN
    "100K5" := TRUE;
ELSE
    "100K5" := FALSE;
END_IF;
//PEÇA 2
IF "M_PART2" THEN
    "100K6" := TRUE;
ELSE
    "100K6" := FALSE;
END_IF;
//PEÇA 3
IF "M_PART3" THEN
    "100K7" := TRUE;
ELSE
    "100K7" := FALSE;
END_IF;
//POWER ON
IF "URI".State.Robot."PW: Is power on" THEN
    "M_ROBO_POWER_ON" := TRUE;
ELSE
    "M_ROBO_POWER_ON" := FALSE;
END_IF;
```



## Anexo V - Informações Técnicas do Robô KUKA - KR 5 R1400

4 Technical data

KUKA

### 4 Technical data

#### 4.1 Basic data

##### Basic data

Type	KR 5 R1400 KR 5 R1400 C
Number of axes	6
Volume of working envelope	KR 5 R1400: 9.97 m <sup>3</sup> KR 5 R1400 C: 9.97 m <sup>3</sup>
Pose repeatability (ISO 9283)	±0.04 mm
Working envelope reference point	Intersection of axes 4 and 5
Weight	KR 5 R1400: approx. 130 kg KR 5 R1400 C: approx. 130 kg
Principal dynamic loads	See Loads acting on the foundation
Protection classification of the robot	IP 54 ready for operation, with connecting cables plugged in (according to EN 60529) All connectors that are not connected must be sealed with protective caps.
Protection classification of the in-line wrist	IP 54
Sound level	< 70 dB (A) outside the working envelope
Mounting position	Floor, ceiling
Surface finish, paint-work	Base frame: black (RAL 9005); moving parts: KUKA orange 2567

##### Ambient temperature

Operation	283 K to 318 K (+10 °C to +45 °C)
Storage and transportation	233 K to 333 K (-40 °C to +60 °C)
Start-up	283 K to 288 K (+10 °C to +15 °C) At these temperatures the robot may have to be warmed up before normal operation. Other temperature limits available on request.
Ambient conditions	DIN EN 60721-3-3, Class 3K3



## Anexo VI - Informações Técnicas do Robô UR10e

# UR10e technical details

### Performance

Power consumption	Approx. 350 W using a typical program
Safety System	All 17 advanced adjustable safety functions incl. elbow monitoring certified to Cat.3, PL d. Remote Control according to ISO 10218
Certifications by TUV Nord	EN ISO 13849-1, Cat.3, PL d, and full EN ISO 10218-1
F/T Sensor - Force, x-y-z	
Range	100 N
Resolution	2.0 N
Accuracy	5.5 N
F/T Sensor - Torque, x-y-z	
Range	10 Nm
Resolution	0.02 Nm
Accuracy	0.60 Nm

### Specification

Payload	10 kg / 22 lbs
Reach	1300 mm / 51.2 in
Degrees of freedom	6 rotating joints DOF
Programming	Polyscope graphical user interface on 12 inch touchscreen with mounting

### Movement

Pose Repeatability	± 0.05 mm, with payload, per ISO 9283	
Axis movement robot arm	Working range	Maximum speed
Base	± 360°	± 120°/s
Shoulder	± 360°	± 120°/s



## Control box

### Features

IP classification	IP44	
ISO Class Cleanroom	6	
Ambient temperature range	0-50°	
I/O ports	Digital in	16
	Digital out	16
	Analog in	2
	Analog out	2
	500 Hz control, 4 separated high speed quadrature digital inputs	
I/O power supply	24V 2A	





## Anexo VII – Programa Robô UR10e

BeforeStart

fim\_ciclo\_0:= False

write\_output\_boolean\_register(0,fim\_ciclo\_0)

fim\_ciclo\_1:= False

write\_output\_boolean\_register(1,fim\_ciclo\_1)

fim\_ciclo\_2:= False

write\_output\_boolean\_register(2,fim\_ciclo\_2)

fim\_ciclo\_3:= False

write\_output\_boolean\_register(3,fim\_ciclo\_3)

fim\_ciclo\_4:= False

write\_output\_boolean\_register(4,fim\_ciclo\_4)

fim\_ciclo\_5:= False

write\_output\_boolean\_register(5,fim\_ciclo\_5)

fim\_ciclo\_6:= False

write\_output\_boolean\_register(6,fim\_ciclo\_6)

fim\_ciclo\_7:= False

write\_output\_boolean\_register(7,fim\_ciclo\_7)

fim\_ciclo\_8:= False

write\_output\_boolean\_register(8,fim\_ciclo\_8)

fim\_ciclo\_9:= False

write\_output\_boolean\_register(9,fim\_ciclo\_9)

fim\_ciclo\_10:= False

write\_output\_boolean\_register(10,fim\_ciclo\_10)

fim\_ciclo\_11:= False

write\_output\_boolean\_register(11,fim\_ciclo\_11)

part1:= False

write\_output\_boolean\_register(20,part1)

part2:= False

write\_output\_boolean\_register(21,part2)



```
part3:= False
write_output_boolean_register(22,part3)
open:=socket_open("192.168.114.51",5024)
Loop open2 False
open:=socket_open("192.168.114.51",5024)
targetPos:=p[0,0,0,0,0,0]
MoveJ
recolhida
Robot Program
start_plc_0:=read_input_boolean_register(0)
start_plc_1:=read_input_boolean_register(1)
start_plc_2:=read_input_boolean_register(2)
start_plc_3:=read_input_boolean_register(3)
start_plc_4:=read_input_boolean_register(4)
start_plc_5:=read_input_boolean_register(5)
start_plc_6:=read_input_boolean_register(6)
start_plc_7:=read_input_boolean_register(7)
start_plc_8:=read_input_boolean_register(8)
start_plc_9:=read_input_boolean_register(9)
start_plc_10:=read_input_boolean_register(10)
start_plc_11:=read_input_boolean_register(11)
Loop open2 False
open:=socket_open("192.168.114.51",5024)
If start_plc_02 True
MoveJ
fim_ciclo_7:= False
write_output_boolean_register(7,fim_ciclo_7)
fim_ciclo_11:= False
write_output_boolean_register(11,fim_ciclo_11)
fim_ciclo_0:= False
write_output_boolean_register(0,fim_ciclo_0)
```



```
Wait: 0.5
central_7
T_up_2
'T_down_1'
'Set ar=On'
'Wait: 1.0'
'fim_ciclo_0:= True '
'write_output_boolean_register(0,fim_ciclo_0)'
receiveFromServ:=[0,0,0,0,0,0,0]
Wait: 0.5
receiveFromServ:=socket_read_ascii_float(6)
Loop receiveFromServ[0]≠6
Wait: 0.5
sendToServer:="10@"
socket_send_string(sendToServer)
receiveFromServ:=socket_read_ascii_float(6)
CamData
cam_x:=receiveFromServ[2]
cam_y:=receiveFromServ[3]
partread:=receiveFromServ[4]
Cam Calc
target:=p[cam_x/1000,cam_y/1000,0,0,0,0]
QRCODE
If partread2=1
part1:= True
write_output_boolean_register(20,part1)
Elseif partread2=2
part2:= True
write_output_boolean_register(21,part2)
Elseif partread2=3
part3:= True
```



write\_output\_boolean\_register(22,part3)

CamPos

MoveL

target

CamData

pos:=receiveFromServ[6]

Calculo

target:=p[0,0,0,0,0,pos]

CamPos

MoveL

target

receiveFromServ:=[0,0,0,0,0,0]

Wait: 0.5

CamData

cam\_z:=458

Calculo

target:=p[0,0,cam\_z/1000,0,0,0]

Movimento Cam

MoveL

target

'T\_down\_2'

Set ar=On

Wait: 2.0

part1:= False

write\_output\_boolean\_register(20,part1)

part2:= False

write\_output\_boolean\_register(20,part1)

part3:= False

write\_output\_boolean\_register(22,part3)

fim\_ciclo\_0:= True

write\_output\_boolean\_register(0,fim\_ciclo\_0)



```
If start_plc_12 = True
MoveJ
fim_ciclo_0:= False
write_output_boolean_register(0,fim_ciclo_0)
fim_ciclo_1:= False
write_output_boolean_register(1,fim_ciclo_1)
T_up_3
central_8
fim_ciclo_1:= True
write_output_boolean_register(1,fim_ciclo_1)
If start_plc_22 = True
MoveJ
fim_ciclo_1:= False
write_output_boolean_register(1,fim_ciclo_1)
fim_ciclo_2:= False
write_output_boolean_register(2,fim_ciclo_2)
CNC_up_6
MoveJ
CNC_down_3
Set ar=Off
Wait: 3.0
fim_ciclo_2:= True
write_output_boolean_register(2,fim_ciclo_2)
If start_plc_32 = True
MoveJ
fim_ciclo_2:= False
write_output_boolean_register(2,fim_ciclo_2)
fim_ciclo_3:= False
write_output_boolean_register(3,fim_ciclo_3)
CNC_up_3
Set ar=On
```



```
central_9  
fim_ciclo_3:= True  
write_output_boolean_register(3,fim_ciclo_3)  
If start_plc_42 True  
MoveJ  
fim_ciclo_11:= False  
write_output_boolean_register(11,fim_ciclo_11)  
fim_ciclo_3:= False  
write_output_boolean_register(3,fim_ciclo_3)  
fim_ciclo_4:= False  
write_output_boolean_register(4,fim_ciclo_4)  
CNC_up_4  
CNC_down_1  
Wait: 1.0  
fim_ciclo_4:= True  
write_output_boolean_register(4,fim_ciclo_4)  
If start_plc_52 True  
MoveJ  
fim_ciclo_4:= False  
write_output_boolean_register(4,fim_ciclo_4)  
fim_ciclo_5:= False  
write_output_boolean_register(5,fim_ciclo_5)  
CNC_up_1  
central_1  
fim_ciclo_5:= True  
write_output_boolean_register(5,fim_ciclo_5)  
If start_plc_62 True  
MoveJ  
fim_ciclo_5:= False  
write_output_boolean_register(5,fim_ciclo_5)  
fim_ciclo_6:= False
```



write\_output\_boolean\_register(6,fim\_ciclo\_6)

Waypoint\_1

L\_up\_1

MoveL

L\_down\_3

Set ar=Off

Wait: 3.0

fim\_ciclo\_6:= True

write\_output\_boolean\_register(6,fim\_ciclo\_6)

If start\_plc\_7<sup>2</sup> True

MoveJ

fim\_ciclo\_6:= False

write\_output\_boolean\_register(6,fim\_ciclo\_6)

fim\_ciclo\_7:= False

write\_output\_boolean\_register(7,fim\_ciclo\_7)

L\_up\_4

Waypoint\_4

Set ar=On

central\_11

fim\_ciclo\_7:= True

write\_output\_boolean\_register(7,fim\_ciclo\_7)

If start\_plc\_8<sup>2</sup> True

MoveJ

fim\_ciclo\_3:= False

write\_output\_boolean\_register(3,fim\_ciclo\_3)

fim\_ciclo\_7:= False

write\_output\_boolean\_register(7,fim\_ciclo\_7)

fim\_ciclo\_8:= False

write\_output\_boolean\_register(8,fim\_ciclo\_8)

Waypoint\_3

L\_up\_3



L\_down\_1

Wait: 1.0

fim\_ciclo\_8:= True

write\_output\_boolean\_register(8,fim\_ciclo\_8)

If start\_plc\_9<sup>?</sup> True

MoveJ

fim\_ciclo\_8:= False

write\_output\_boolean\_register(8,fim\_ciclo\_8)

fim\_ciclo\_9:= False

write\_output\_boolean\_register(9,fim\_ciclo\_9)

L\_up\_2

Waypoint\_5

central\_5

fim\_ciclo\_9:= True

write\_output\_boolean\_register(9,fim\_ciclo\_9)

If start\_plc\_10<sup>?</sup> True

MoveJ

fim\_ciclo\_9:= False

write\_output\_boolean\_register(9,fim\_ciclo\_9)

fim\_ciclo\_10:= False

write\_output\_boolean\_register(10,fim\_ciclo\_10)

final\_up

final\_down

Set ar=Off

Wait: 3.0

fim\_ciclo\_10:= True

write\_output\_boolean\_register(10,fim\_ciclo\_10)

If start\_plc\_11<sup>?</sup> True

MoveJ

fim\_ciclo\_10:= False

write\_output\_boolean\_register(10,fim\_ciclo\_10)





```
fim_ciclo_11:= False  
write_output_boolean_register(11,fim_ciclo_11)  
  
final_up  
  
central_5  
  
fim_ciclo_11:= True  
write_output_boolean_register(11,fim_ciclo_11)
```



## Anexo VIII – Programa CN peça 1

%

M3

G21 (All units in mm)

G00 Z0.000000

G00 X0.246632 Y0.238370

S1000

G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)

G01 X1.493015 Y0.238370 Z-0.125000 F400.000000

G01 X5.084632 Y7.121675 Z-0.125000

G01 X5.084632 Y0.238370 Z-0.125000

G01 X6.025778 Y0.238370 Z-0.125000

G01 X6.025778 Y7.932996 Z-0.125000

G01 X4.463985 Y7.932996 Z-0.125000

G01 X1.187779 Y1.649137 Z-0.125000

G01 X1.187779 Y7.932996 Z-0.125000

G01 X0.246632 Y7.932996 Z-0.125000

G01 X0.246632 Y0.238370 Z-0.125000

G00 Z0.000000

M5

G00 Z0.000000

G00 X8.671163 Y4.083099

M3

G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)

G02 X8.871464 Y5.510422 Z-0.125000 I5.185630 J0.000000 F400.000000

G02 X9.332509 Y6.393037 Z-0.125000 I2.379601 J-0.681291

G02 X10.100550 Y6.985799 Z-0.125000 I1.634625 J-1.324028

G02 X11.138492 Y7.209525 Z-0.125000 I1.037942 J-2.295814

G02 X12.186159 Y6.984856 Z-0.125000 I0.000000 J-2.555050

G02 X12.954649 Y6.393037 Z-0.125000 I-0.858539 J-1.909693

G02 X13.411963 Y5.511328 Z-0.125000 I-1.927747 J-1.559310

G02 X13.610908 Y4.083099 Z-0.125000 I-5.027164 J-1.428229

G02 X13.406690 Y2.642892 Z-0.125000 I-5.180504 J-0.000000

G02 X12.939388 Y1.762826 Z-0.125000 I-2.335127 J0.675818

G02 X12.166058 Y1.180051 Z-0.125000 I-1.646469 J1.380347

G02 X11.138492 Y0.961840 Z-0.125000 I-1.027566 J2.310329

G02 X10.111620 Y1.180468 Z-0.125000 I-0.000000 J2.520873

G02 X9.342683 Y1.762826 Z-0.125000 I0.866767 J1.943292

G02 X8.875381 Y2.642893 Z-0.125000 I1.867824 J1.555886

G02 X8.671163 Y4.083099 Z-0.125000 I4.976279 J1.440207

G01 X8.671163 Y4.083099 Z-0.125000

G00 Z0.000000

M5

G00 Z0.000000

G00 X8.579592 Y7.049328

M3



G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G03 X8.183301 Y6.494156 Z-0.125000 I2.301973 J-2.062216 F400.000000  
G03 X7.872461 Y5.783255 Z-0.125000 I3.491273 J-1.949957  
G03 X7.691711 Y5.022847 Z-0.125000 I4.229437 J-1.407029  
G03 X7.623184 Y4.083099 Z-0.125000 I6.409417 J-0.939747  
G03 X7.692860 Y3.143681 Z-0.125000 I6.367787 J0.000000  
G03 X7.877548 Y2.377776 Z-0.125000 I4.405617 J0.657136  
G03 X8.192069 Y1.666510 Z-0.125000 I3.882017 J1.291452  
G03 X8.579592 Y1.127205 Z-0.125000 I2.601338 J1.460337  
G03 X9.093023 Y0.669553 Z-0.125000 I2.295442 J2.058379  
G03 X9.688619 Y0.341723 Z-0.125000 I1.741143 J2.458328  
G03 X10.338915 Y0.150463 Z-0.125000 I1.216728 J2.935796  
G03 X11.143579 Y0.078173 Z-0.125000 I0.804664 J4.442250  
G03 X11.928143 Y0.150016 Z-0.125000 I0.000000 J4.319837  
G03 X12.598541 Y0.346891 Z-0.125000 I-0.617073 J3.341118  
G03 X13.204377 Y0.679640 Z-0.125000 I-1.191414 J2.887101  
G03 X13.707567 Y1.127205 Z-0.125000 I-1.706040 J2.424717  
G03 X14.100813 Y1.676366 Z-0.125000 I-2.322269 J2.078322  
G03 X14.414698 Y2.382943 Z-0.125000 I-3.558085 J2.003630  
G03 X14.591354 Y3.137882 Z-0.125000 I-4.228837 J1.387688  
G03 X14.658887 Y4.083099 Z-0.125000 I-6.581035 J0.945217  
G03 X14.591851 Y5.012893 Z-0.125000 I-6.481654 J0.000000  
G03 X14.414698 Y5.767752 Z-0.125000 I-4.437734 J-0.643246  
G03 X14.104437 Y6.479392 Z-0.125000 I-3.846258 J-1.253441  
G03 X13.702480 Y7.049328 Z-0.125000 I-2.853678 J-1.585892  
G03 X13.208334 Y7.490176 Z-0.125000 I-2.099431 J-1.855884  
G03 X12.593453 Y7.824475 Z-0.125000 I-1.793103 J-2.565449  
G03 X11.913298 Y8.022466 Z-0.125000 I-1.326638 J-3.290125  
G03 X11.143579 Y8.093193 Z-0.125000 I-0.769719 J-4.153039  
G03 X10.344709 Y8.018912 Z-0.125000 I-0.000000 J-4.332955  
G03 X9.683531 Y7.819308 Z-0.125000 I0.591974 J-3.155737  
G03 X9.076713 Y7.487638 Z-0.125000 I1.214395 J-2.942788  
G03 X8.579592 Y7.049328 Z-0.125000 I1.672740 J-2.398250  
G01 X8.579592 Y7.049328 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X15.986667 Y0.806811  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G03 X16.616929 Y0.542872 Z-0.125000 I3.636536 J7.799240 F400.000000  
G03 X17.344970 Y0.300382 Z-0.125000 I3.791492 J10.169227  
G03 X18.084686 Y0.138955 Z-0.125000 I1.578546 J5.457932  
G03 X18.764319 Y0.088508 Z-0.125000 I0.679634 J4.552896  
G03 X19.638635 Y0.154941 Z-0.125000 I0.000000 J5.786619  
G03 X20.387160 Y0.336555 Z-0.125000 I-0.674664 J4.413971  
G03 X21.082291 Y0.654959 Z-0.125000 I-1.161020 J3.452702  
G03 X21.643718 Y1.080696 Z-0.125000 I-1.576307 J2.661754



G03 X22.096932 Y1.628880 Z-0.125000 I-2.111051 J2.206767  
G03 X22.452595 Y2.331267 Z-0.125000 I-3.141760 J2.032111  
G03 X22.657721 Y3.100300 Z-0.125000 I-3.715123 J1.402814  
G03 X22.737482 Y4.093434 Z-0.125000 I-6.143027 J0.993134  
G03 X22.434434 Y5.813291 Z-0.125000 I-5.031783 J-0.000000  
G03 X21.679329 Y7.002820 Z-0.125000 I-3.078061 J-1.119501  
G03 X20.488632 Y7.766131 Z-0.125000 I-2.315305 J-2.301319  
G03 X18.764319 Y8.072522 Z-0.125000 I-1.724313 J-4.698864  
G03 X18.122806 Y8.033667 Z-0.125000 I0.000000 J-5.315235  
G03 X17.446715 Y7.912325 Z-0.125000 I0.732796 J-6.027173  
G03 X16.784567 Y7.716193 Z-0.125000 I1.230094 J-5.368606  
G03 X15.991754 Y7.380058 Z-0.125000 I2.942221 J-8.042607  
G01 X15.991754 Y6.165661 Z-0.125000  
G01 X16.083323 Y6.165661 Z-0.125000  
G02 X16.243879 Y6.285766 Z-0.125000 I2.566517 J-3.263523  
G02 X16.541178 Y6.491223 Z-0.125000 I7.815673 J-10.991585  
G02 X16.847879 Y6.681119 Z-0.125000 I2.723566 J-4.056193  
G02 X17.131301 Y6.827120 Z-0.125000 I1.887857 J-3.316699  
G02 X17.489119 Y6.967318 Z-0.125000 I1.458945 J-3.196831  
G02 X17.930004 Y7.090670 Z-0.125000 I1.562690 J-4.735822  
G02 X18.376237 Y7.169055 Z-0.125000 I0.811046 J-3.307787  
G02 X18.937285 Y7.199190 Z-0.125000 I0.561047 J-5.207602  
G02 X20.105350 Y6.967482 Z-0.125000 I0.000000 J-3.060030  
G02 X20.951846 Y6.367199 Z-0.125000 I-0.887044 J-2.147864  
G02 X21.475687 Y5.458860 Z-0.125000 I-1.918565 J-1.711659  
G02 X21.689502 Y4.124440 Z-0.125000 I-4.057155 J-1.334420  
G02 X21.462169 Y2.720321 Z-0.125000 I-4.449936 J-0.000000  
G02 X20.916236 Y1.798999 Z-0.125000 I-2.393602 J0.795931  
G02 X20.041810 Y1.205287 Z-0.125000 I-1.750026 J1.636669  
G02 X18.810103 Y0.972176 Z-0.125000 I-1.231707 J3.137475  
G02 X18.324186 Y0.996664 Z-0.125000 I0.000000 J4.833245  
G02 X17.838433 Y1.070361 Z-0.125000 I0.495509 J4.903687  
G02 X17.356648 Y1.189907 Z-0.125000 I1.091887 J5.431075  
G02 X16.983771 Y1.323576 Z-0.125000 I1.002063 J3.382210  
G01 X16.983771 Y3.209767 Z-0.125000  
G01 X19.013595 Y3.209767 Z-0.125000  
G01 X19.013595 Y4.108937 Z-0.125000  
G01 X15.986665 Y4.108937 Z-0.125000  
G01 X15.986667 Y0.806811 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 X0.0000 Y0.0000  
M2  
%



## Anexo IX – Programa CN peça 2

%

M3

G21 (All units in mm)

G00 Z0.000000

G00 X0.054897 Y0.036771

S1000

G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)

G01 X0.495943 Y0.036771 Z-0.125000 F400.000000

G01 X1.350578 Y1.056521 Z-0.125000

G01 X1.829380 Y1.056521 Z-0.125000

G01 X1.829380 Y0.036771 Z-0.125000

G01 X2.169174 Y0.036771 Z-0.125000

G01 X2.169174 Y2.601649 Z-0.125000

G01 X1.453546 Y2.601649 Z-0.125000

G03 X1.222787 Y2.592399 Z-0.125000 I-0.000000 J-2.882992

G03 X1.067416 Y2.570643 Z-0.125000 I0.106493 J-1.326198

G03 X0.918130 Y2.528189 Z-0.125000 I0.161375 J-0.851157

G03 X0.789402 Y2.463845 Z-0.125000 I0.267103 J-0.695315

G03 X0.664444 Y2.362524 Z-0.125000 I0.365913 J-0.578991

G03 X0.573169 Y2.241636 Z-0.125000 I0.435190 J-0.423486

G03 X0.517145 Y2.102695 Z-0.125000 I0.420747 J-0.250419

G03 X0.494227 Y1.904016 Z-0.125000 I0.849713 J-0.198679

G03 X0.532919 Y1.639449 Z-0.125000 I0.923878 J0.000000

G03 X0.633234 Y1.438927 Z-0.125000 I0.622446 J0.186038

G03 X0.793151 Y1.280401 Z-0.125000 I0.611393 J0.456837

G03 X1.015932 Y1.158151 Z-0.125000 I0.574998 J0.783723

G01 X0.054897 Y0.036771 Z-0.125000

G00 Z0.000000

M5

G00 Z0.000000

G00 X0.849467 Y1.879900

M3

G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)

G02 X0.860290 Y1.987738 Z-0.125000 I0.542615 J-0.000000 F400.000000

G02 X0.888938 Y2.074549 Z-0.125000 I0.378345 J-0.076721

G02 X0.937783 Y2.151305 Z-0.125000 I0.272306 J-0.119368

G02 X1.015932 Y2.219243 Z-0.125000 I0.289476 J-0.254064

G02 X1.093464 Y2.260105 Z-0.125000 I0.223683 J-0.330435

G02 X1.190978 Y2.288145 Z-0.125000 I0.195895 J-0.497671

G02 X1.292827 Y2.302904 Z-0.125000 I0.179185 J-0.877713

G02 X1.429520 Y2.308815 Z-0.125000 I0.136694 J-1.577471

G01 X1.829380 Y2.308815 Z-0.125000

G01 X1.829380 Y1.340742 Z-0.125000

G01 X1.486153 Y1.340742 Z-0.125000

G02 X1.325723 Y1.348578 Z-0.125000 I-0.000000 J1.646133



G02 X1.204707 Y1.368302 Z-0.125000 I0.093489 J0.954702  
G02 X1.091709 Y1.410896 Z-0.125000 I0.118110 J0.484518  
G02 X1.000487 Y1.475100 Z-0.125000 I0.197211 J0.377109  
G02 X0.932842 Y1.553916 Z-0.125000 I0.327184 J0.349249  
G02 X0.887222 Y1.640465 Z-0.125000 I0.350336 J0.239959  
G02 X0.860637 Y1.737349 Z-0.125000 I0.419706 J0.167257  
G02 X0.849467 Y1.879900 Z-0.125000 I0.904028 J0.142551  
G01 X0.849467 Y1.879900 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X2.557021 Y0.036771  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X2.919125 Y0.036771 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X3.169681 Y0.751629 Z-0.125000  
G01 X4.274871 Y0.751629 Z-0.125000  
G01 X4.525427 Y0.036771 Z-0.125000  
G01 X4.870370 Y0.036771 Z-0.125000  
G01 X3.940225 Y2.601649 Z-0.125000  
G01 X3.487166 Y2.601649 Z-0.125000  
G01 X2.557021 Y0.036771 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X3.274365 Y1.044463  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X3.722276 Y2.303648 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X4.171903 Y1.044463 Z-0.125000  
G01 X3.274365 Y1.044463 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X5.258217 Y0.036771  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X5.598011 Y0.036771 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X5.598011 Y2.246804 Z-0.125000  
G01 X6.308491 Y0.743017 Z-0.125000  
G01 X6.510995 Y0.743017 Z-0.125000  
G01 X7.216326 Y2.246804 Z-0.125000  
G01 X7.216326 Y0.036771 Z-0.125000  
G01 X7.533811 Y0.036771 Z-0.125000  
G01 X7.533811 Y2.601649 Z-0.125000  
G01 X7.070455 Y2.601649 Z-0.125000  
G01 X6.389149 Y1.173654 Z-0.125000  
G01 X5.730154 Y2.601649 Z-0.125000



G01 X5.258217 Y2.601649 Z-0.125000

G01 X5.258217 Y0.036771 Z-0.125000

G00 Z0.000000

M5

G00 X0.0000 Y0.0000

M2

%



## Anexo X – Programa CN peça 3

%

M3

G21 (All units in mm)

G00 Z0.000000

G00 X0.079750 Y0.254010

S1000

G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)

G03 X0.295674 Y0.166088 Z-0.125000 I1.236677 J2.727983 F400.000000

G03 X0.545437 Y0.085201 Z-0.125000 I1.294398 J3.570794

G03 X0.798915 Y0.031406 Z-0.125000 I0.539990 J1.920323

G03 X1.032053 Y0.014576 Z-0.125000 I0.233138 J1.606363

G03 X1.332003 Y0.036742 Z-0.125000 I0.000000 J2.040574

G03 X1.588435 Y0.097259 Z-0.125000 I-0.230181 J1.548924

G03 X1.827329 Y0.203713 Z-0.125000 I-0.394397 J1.206346

G03 X2.019238 Y0.345305 Z-0.125000 I-0.526584 J0.914564

G03 X2.175008 Y0.528629 Z-0.125000 I-0.700040 J0.752663

G03 X2.296557 Y0.762161 Z-0.125000 I-1.024981 J0.681882

G03 X2.366915 Y1.018770 Z-0.125000 I-1.208117 J0.469196

G03 X2.394229 Y1.349549 Z-0.125000 I-1.989270 J0.330779

G03 X2.290842 Y1.921002 Z-0.125000 I-1.631001 J-0.000000

G03 X2.031447 Y2.319342 Z-0.125000 I-1.023524 J-0.382882

G03 X1.625075 Y2.573286 Z-0.125000 I-0.782325 J-0.799788

G03 X1.032052 Y2.675908 Z-0.125000 I-0.593023 J-1.662139

G03 X0.812029 Y2.662949 Z-0.125000 I0.000000 J-1.874267

G03 X0.580319 Y2.622509 Z-0.125000 I0.250582 J-2.119820

G03 X0.353066 Y2.557049 Z-0.125000 I0.419926 J-1.885014

G03 X0.081494 Y2.445087 Z-0.125000 I0.998459 J-2.807185

G01 X0.081494 Y2.040289 Z-0.125000

G01 X0.112889 Y2.040289 Z-0.125000

G02 X0.167898 Y2.080299 Z-0.125000 I0.862649 J-1.128227

G02 X0.269862 Y2.148810 Z-0.125000 I2.634044 J-3.810102

G02 X0.374919 Y2.212057 Z-0.125000 I0.919627 J-1.408676

G02 X0.472182 Y2.260775 Z-0.125000 I0.641041 J-1.158357

G02 X0.594743 Y2.307472 Z-0.125000 I0.496601 J-1.119197

G02 X0.746013 Y2.348625 Z-0.125000 I0.534387 J-1.665703

G02 X0.898935 Y2.374748 Z-0.125000 I0.277661 J-1.164732

G02 X1.091353 Y2.384798 Z-0.125000 I0.192419 J-1.836982

G02 X1.493259 Y2.307123 Z-0.125000 I-0.000000 J-1.078607

G02 X1.782034 Y2.107468 Z-0.125000 I-0.295631 J-0.736259

G02 X1.961941 Y1.803446 Z-0.125000 I-0.629844 J-0.577954

G02 X2.034935 Y1.359884 Z-0.125000 I-1.311186 J-0.443562

G02 X1.957334 Y0.893193 Z-0.125000 I-1.442143 J-0.000000

G02 X1.769825 Y0.584739 Z-0.125000 I-0.794399 J0.271695

G02 X1.471467 Y0.387247 Z-0.125000 I-0.590564 J0.568070

G02 X1.047750 Y0.309132 Z-0.125000 I-0.423717 J1.110116

G02 X0.881111 Y0.317298 Z-0.125000 I-0.000000 J1.704326





G02 X0.714618 Y0.341860 Z-0.125000 I0.169559 J1.725884  
G02 X0.549328 Y0.381740 Z-0.125000 I0.373204 J1.909303  
G02 X0.421602 Y0.426264 Z-0.125000 I0.340782 J1.183050  
G01 X0.421602 Y1.054994 Z-0.125000  
G01 X1.117516 Y1.054994 Z-0.125000  
G01 X1.117516 Y1.354716 Z-0.125000  
G01 X0.079750 Y1.354716 Z-0.125000  
G01 X0.079750 Y0.254010 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X2.640153 Y0.064530  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X3.008168 Y0.064530 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X3.262813 Y0.779386 Z-0.125000  
G01 X4.386041 Y0.779386 Z-0.125000  
G01 X4.640686 Y0.064530 Z-0.125000  
G01 X4.991259 Y0.064530 Z-0.125000  
G01 X4.045933 Y2.629400 Z-0.125000  
G01 X3.585479 Y2.629400 Z-0.125000  
G01 X2.640153 Y0.064530 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X3.369206 Y1.072219  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X3.824427 Y2.331399 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X4.281393 Y1.072219 Z-0.125000  
G01 X3.369206 Y1.072219 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X5.275555 Y0.064530  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X6.301111 Y0.064530 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X6.301111 Y0.326357 Z-0.125000  
G01 X5.961003 Y0.326357 Z-0.125000  
G01 X5.961003 Y2.367573 Z-0.125000  
G01 X6.301111 Y2.367573 Z-0.125000  
G01 X6.301111 Y2.629400 Z-0.125000  
G01 X5.275555 Y2.629400 Z-0.125000  
G01 X5.275555 Y2.367573 Z-0.125000  
G01 X5.615663 Y2.367573 Z-0.125000  
G01 X5.615663 Y0.326357 Z-0.125000  
G01 X5.275555 Y0.326357 Z-0.125000



G01 X5.275555 Y0.064530 Z-0.125000

G00 Z0.000000

M5

G00 X0.0000 Y0.0000

M2

%



## Anexo XI – Programa marcação laser peça 1

%  
M3  
G21 (All units in mm)  
G00 Z0.000000  
G00 X0.246632 Y0.238370  
S1000  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X1.493015 Y0.238370 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X5.084632 Y7.121675 Z-0.125000  
G01 X5.084632 Y0.238370 Z-0.125000  
G01 X6.025778 Y0.238370 Z-0.125000  
G01 X6.025778 Y7.932996 Z-0.125000  
G01 X4.463985 Y7.932996 Z-0.125000  
G01 X1.187779 Y1.649137 Z-0.125000  
G01 X1.187779 Y7.932996 Z-0.125000  
G01 X0.246632 Y7.932996 Z-0.125000  
G01 X0.246632 Y0.238370 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X8.671163 Y4.083099  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G02 X8.871464 Y5.510422 Z-0.125000 I5.185630 J0.000000 F400.000000  
G02 X9.332509 Y6.393037 Z-0.125000 I2.379601 J-0.681291  
G02 X10.100550 Y6.985799 Z-0.125000 I1.634625 J-1.324028  
G02 X11.138492 Y7.209525 Z-0.125000 I1.037942 J-2.295814  
G02 X12.186159 Y6.984856 Z-0.125000 I0.000000 J-2.555050  
G02 X12.954649 Y6.393037 Z-0.125000 I-0.858539 J-1.909693  
G02 X13.411963 Y5.511328 Z-0.125000 I-1.927747 J-1.559310  
G02 X13.610908 Y4.083099 Z-0.125000 I-5.027164 J-1.428229  
G02 X13.406690 Y2.642892 Z-0.125000 I-5.180504 J-0.000000  
G02 X12.939388 Y1.762826 Z-0.125000 I-2.335127 J0.675818  
G02 X12.166058 Y1.180051 Z-0.125000 I-1.646469 J1.380347  
G02 X11.138492 Y0.961840 Z-0.125000 I-1.027566 J2.310329  
G02 X10.111620 Y1.180468 Z-0.125000 I-0.000000 J2.520873  
G02 X9.342683 Y1.762826 Z-0.125000 I0.866767 J1.943292  
G02 X8.875381 Y2.642893 Z-0.125000 I1.867824 J1.555886  
G02 X8.671163 Y4.083099 Z-0.125000 I4.976279 J1.440207  
G01 X8.671163 Y4.083099 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X8.579592 Y7.049328  
M3



G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G03 X8.183301 Y6.494156 Z-0.125000 I2.301973 J-2.062216 F400.000000  
G03 X7.872461 Y5.783255 Z-0.125000 I3.491273 J-1.949957  
G03 X7.691711 Y5.022847 Z-0.125000 I4.229437 J-1.407029  
G03 X7.623184 Y4.083099 Z-0.125000 I6.409417 J-0.939747  
G03 X7.692860 Y3.143681 Z-0.125000 I6.367787 J0.000000  
G03 X7.877548 Y2.377776 Z-0.125000 I4.405617 J0.657136  
G03 X8.192069 Y1.666510 Z-0.125000 I3.882017 J1.291452  
G03 X8.579592 Y1.127205 Z-0.125000 I2.601338 J1.460337  
G03 X9.093023 Y0.669553 Z-0.125000 I2.295442 J2.058379  
G03 X9.688619 Y0.341723 Z-0.125000 I1.741143 J2.458328  
G03 X10.338915 Y0.150463 Z-0.125000 I1.216728 J2.935796  
G03 X11.143579 Y0.078173 Z-0.125000 I0.804664 J4.442250  
G03 X11.928143 Y0.150016 Z-0.125000 I0.000000 J4.319837  
G03 X12.598541 Y0.346891 Z-0.125000 I-0.617073 J3.341118  
G03 X13.204377 Y0.679640 Z-0.125000 I-1.191414 J2.887101  
G03 X13.707567 Y1.127205 Z-0.125000 I-1.706040 J2.424717  
G03 X14.100813 Y1.676366 Z-0.125000 I-2.322269 J2.078322  
G03 X14.414698 Y2.382943 Z-0.125000 I-3.558085 J2.003630  
G03 X14.591354 Y3.137882 Z-0.125000 I-4.228837 J1.387688  
G03 X14.658887 Y4.083099 Z-0.125000 I-6.581035 J0.945217  
G03 X14.591851 Y5.012893 Z-0.125000 I-6.481654 J0.000000  
G03 X14.414698 Y5.767752 Z-0.125000 I-4.437734 J-0.643246  
G03 X14.104437 Y6.479392 Z-0.125000 I-3.846258 J-1.253441  
G03 X13.702480 Y7.049328 Z-0.125000 I-2.853678 J-1.585892  
G03 X13.208334 Y7.490176 Z-0.125000 I-2.099431 J-1.855884  
G03 X12.593453 Y7.824475 Z-0.125000 I-1.793103 J-2.565449  
G03 X11.913298 Y8.022466 Z-0.125000 I-1.326638 J-3.290125  
G03 X11.143579 Y8.093193 Z-0.125000 I-0.769719 J-4.153039  
G03 X10.344709 Y8.018912 Z-0.125000 I-0.000000 J-4.332955  
G03 X9.683531 Y7.819308 Z-0.125000 I0.591974 J-3.155737  
G03 X9.076713 Y7.487638 Z-0.125000 I1.214395 J-2.942788  
G03 X8.579592 Y7.049328 Z-0.125000 I1.672740 J-2.398250  
G01 X8.579592 Y7.049328 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X15.986667 Y0.806811  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G03 X16.616929 Y0.542872 Z-0.125000 I3.636536 J7.799240 F400.000000  
G03 X17.344970 Y0.300382 Z-0.125000 I3.791492 J10.169227  
G03 X18.084686 Y0.138955 Z-0.125000 I1.578546 J5.457932  
G03 X18.764319 Y0.088508 Z-0.125000 I0.679634 J4.552896  
G03 X19.638635 Y0.154941 Z-0.125000 I0.000000 J5.786619  
G03 X20.387160 Y0.336555 Z-0.125000 I-0.674664 J4.413971  
G03 X21.082291 Y0.654959 Z-0.125000 I-1.161020 J3.452702  
G03 X21.643718 Y1.080696 Z-0.125000 I-1.576307 J2.661754



G03 X22.096932 Y1.628880 Z-0.125000 I-2.111051 J2.206767  
G03 X22.452595 Y2.331267 Z-0.125000 I-3.141760 J2.032111  
G03 X22.657721 Y3.100300 Z-0.125000 I-3.715123 J1.402814  
G03 X22.737482 Y4.093434 Z-0.125000 I-6.143027 J0.993134  
G03 X22.434434 Y5.813291 Z-0.125000 I-5.031783 J-0.000000  
G03 X21.679329 Y7.002820 Z-0.125000 I-3.078061 J-1.119501  
G03 X20.488632 Y7.766131 Z-0.125000 I-2.315305 J-2.301319  
G03 X18.764319 Y8.072522 Z-0.125000 I-1.724313 J-4.698864  
G03 X18.122806 Y8.033667 Z-0.125000 I0.000000 J-5.315235  
G03 X17.446715 Y7.912325 Z-0.125000 I0.732796 J-6.027173  
G03 X16.784567 Y7.716193 Z-0.125000 I1.230094 J-5.368606  
G03 X15.991754 Y7.380058 Z-0.125000 I2.942221 J-8.042607  
G01 X15.991754 Y6.165661 Z-0.125000  
G01 X16.083323 Y6.165661 Z-0.125000  
G02 X16.243879 Y6.285766 Z-0.125000 I2.566517 J-3.263523  
G02 X16.541178 Y6.491223 Z-0.125000 I7.815673 J-10.991585  
G02 X16.847879 Y6.681119 Z-0.125000 I2.723566 J-4.056193  
G02 X17.131301 Y6.827120 Z-0.125000 I1.887857 J-3.316699  
G02 X17.489119 Y6.967318 Z-0.125000 I1.458945 J-3.196831  
G02 X17.930004 Y7.090670 Z-0.125000 I1.562690 J-4.735822  
G02 X18.376237 Y7.169055 Z-0.125000 I0.811046 J-3.307787  
G02 X18.937285 Y7.199190 Z-0.125000 I0.561047 J-5.207602  
G02 X20.105350 Y6.967482 Z-0.125000 I0.000000 J-3.060030  
G02 X20.951846 Y6.367199 Z-0.125000 I-0.887044 J-2.147864  
G02 X21.475687 Y5.458860 Z-0.125000 I-1.918565 J-1.711659  
G02 X21.689502 Y4.124440 Z-0.125000 I-4.057155 J-1.334420  
G02 X21.462169 Y2.720321 Z-0.125000 I-4.449936 J-0.000000  
G02 X20.916236 Y1.798999 Z-0.125000 I-2.393602 J0.795931  
G02 X20.041810 Y1.205287 Z-0.125000 I-1.750026 J1.636669  
G02 X18.810103 Y0.972176 Z-0.125000 I-1.231707 J3.137475  
G02 X18.324186 Y0.996664 Z-0.125000 I0.000000 J4.833245  
G02 X17.838433 Y1.070361 Z-0.125000 I0.495509 J4.903687  
G02 X17.356648 Y1.189907 Z-0.125000 I1.091887 J5.431075  
G02 X16.983771 Y1.323576 Z-0.125000 I1.002063 J3.382210  
G01 X16.983771 Y3.209767 Z-0.125000  
G01 X19.013595 Y3.209767 Z-0.125000  
G01 X19.013595 Y4.108937 Z-0.125000  
G01 X15.986665 Y4.108937 Z-0.125000  
G01 X15.986667 Y0.806811 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 X0.0000 Y0.0000  
M2  
%



## Anexo XII – Programa marcação laser peça 2

%

M3

G21 (All units in mm)

G00 Z0.000000

G00 X0.054897 Y0.036771

S1000

G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)

G01 X0.495943 Y0.036771 Z-0.125000 F400.000000

G01 X1.350578 Y1.056521 Z-0.125000

G01 X1.829380 Y1.056521 Z-0.125000

G01 X1.829380 Y0.036771 Z-0.125000

G01 X2.169174 Y0.036771 Z-0.125000

G01 X2.169174 Y2.601649 Z-0.125000

G01 X1.453546 Y2.601649 Z-0.125000

G03 X1.222787 Y2.592399 Z-0.125000 I-0.000000 J-2.882992

G03 X1.067416 Y2.570643 Z-0.125000 I0.106493 J-1.326198

G03 X0.918130 Y2.528189 Z-0.125000 I0.161375 J-0.851157

G03 X0.789402 Y2.463845 Z-0.125000 I0.267103 J-0.695315

G03 X0.664444 Y2.362524 Z-0.125000 I0.365913 J-0.578991

G03 X0.573169 Y2.241636 Z-0.125000 I0.435190 J-0.423486

G03 X0.517145 Y2.102695 Z-0.125000 I0.420747 J-0.250419

G03 X0.494227 Y1.904016 Z-0.125000 I0.849713 J-0.198679

G03 X0.532919 Y1.639449 Z-0.125000 I0.923878 J0.000000

G03 X0.633234 Y1.438927 Z-0.125000 I0.622446 J0.186038

G03 X0.793151 Y1.280401 Z-0.125000 I0.611393 J0.456837

G03 X1.015932 Y1.158151 Z-0.125000 I0.574998 J0.783723

G01 X0.054897 Y0.036771 Z-0.125000

G00 Z0.000000

M5

G00 Z0.000000

G00 X0.849467 Y1.879900

M3

G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)

G02 X0.860290 Y1.987738 Z-0.125000 I0.542615 J-0.000000 F400.000000

G02 X0.888938 Y2.074549 Z-0.125000 I0.378345 J-0.076721

G02 X0.937783 Y2.151305 Z-0.125000 I0.272306 J-0.119368

G02 X1.015932 Y2.219243 Z-0.125000 I0.289476 J-0.254064

G02 X1.093464 Y2.260105 Z-0.125000 I0.223683 J-0.330435

G02 X1.190978 Y2.288145 Z-0.125000 I0.195895 J-0.497671

G02 X1.292827 Y2.302904 Z-0.125000 I0.179185 J-0.877713

G02 X1.429520 Y2.308815 Z-0.125000 I0.136694 J-1.577471

G01 X1.829380 Y2.308815 Z-0.125000

G01 X1.829380 Y1.340742 Z-0.125000

G01 X1.486153 Y1.340742 Z-0.125000



G02 X1.325723 Y1.348578 Z-0.125000 I-0.000000 J1.646133  
G02 X1.204707 Y1.368302 Z-0.125000 IO.093489 JO.954702  
G02 X1.091709 Y1.410896 Z-0.125000 IO.118110 JO.484518  
G02 X1.000487 Y1.475100 Z-0.125000 IO.197211 JO.377109  
G02 X0.932842 Y1.553916 Z-0.125000 IO.327184 JO.349249  
G02 X0.887222 Y1.640465 Z-0.125000 IO.350336 JO.239959  
G02 X0.860637 Y1.737349 Z-0.125000 IO.419706 JO.167257  
G02 X0.849467 Y1.879900 Z-0.125000 IO.904028 JO.142551  
G01 X0.849467 Y1.879900 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X2.557021 Y0.036771  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X2.919125 Y0.036771 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X3.169681 Y0.751629 Z-0.125000  
G01 X4.274871 Y0.751629 Z-0.125000  
G01 X4.525427 Y0.036771 Z-0.125000  
G01 X4.870370 Y0.036771 Z-0.125000  
G01 X3.940225 Y2.601649 Z-0.125000  
G01 X3.487166 Y2.601649 Z-0.125000  
G01 X2.557021 Y0.036771 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X3.274365 Y1.044463  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X3.722276 Y2.303648 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X4.171903 Y1.044463 Z-0.125000  
G01 X3.274365 Y1.044463 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X5.258217 Y0.036771  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X5.598011 Y0.036771 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X5.598011 Y2.246804 Z-0.125000  
G01 X6.308491 Y0.743017 Z-0.125000  
G01 X6.510995 Y0.743017 Z-0.125000  
G01 X7.216326 Y2.246804 Z-0.125000  
G01 X7.216326 Y0.036771 Z-0.125000  
G01 X7.533811 Y0.036771 Z-0.125000  
G01 X7.533811 Y2.601649 Z-0.125000  
G01 X7.070455 Y2.601649 Z-0.125000  
G01 X6.389149 Y1.173654 Z-0.125000



G01 X5.730154 Y2.601649 Z-0.125000

G01 X5.258217 Y2.601649 Z-0.125000

G01 X5.258217 Y0.036771 Z-0.125000

G00 Z0.000000

M5

G00 X0.0000 Y0.0000

M2

%





### Anexo XIII – Programa marcação laser peça 3

%

M3

G21 (All units in mm)

G00 Z0.000000

G00 X0.079750 Y0.254010

S1000

G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)

G03 X0.295674 Y0.166088 Z-0.125000 I1.236677 J2.727983 F400.000000

G03 X0.545437 Y0.085201 Z-0.125000 I1.294398 J3.570794

G03 X0.798915 Y0.031406 Z-0.125000 I0.539990 J1.920323

G03 X1.032053 Y0.014576 Z-0.125000 I0.233138 J1.606363

G03 X1.332003 Y0.036742 Z-0.125000 I0.000000 J2.040574

G03 X1.588435 Y0.097259 Z-0.125000 I-0.230181 J1.548924

G03 X1.827329 Y0.203713 Z-0.125000 I-0.394397 J1.206346

G03 X2.019238 Y0.345305 Z-0.125000 I-0.526584 J0.914564

G03 X2.175008 Y0.528629 Z-0.125000 I-0.700040 J0.752663

G03 X2.296557 Y0.762161 Z-0.125000 I-1.024981 J0.681882

G03 X2.366915 Y1.018770 Z-0.125000 I-1.208117 J0.469196

G03 X2.394229 Y1.349549 Z-0.125000 I-1.989270 J0.330779

G03 X2.290842 Y1.921002 Z-0.125000 I-1.631001 J-0.000000

G03 X2.031447 Y2.319342 Z-0.125000 I-1.023524 J-0.382882

G03 X1.625075 Y2.573286 Z-0.125000 I-0.782325 J-0.799788

G03 X1.032052 Y2.675908 Z-0.125000 I-0.593023 J-1.662139

G03 X0.812029 Y2.662949 Z-0.125000 I0.000000 J-1.874267

G03 X0.580319 Y2.622509 Z-0.125000 I0.250582 J-2.119820

G03 X0.353066 Y2.557049 Z-0.125000 I0.419926 J-1.885014

G03 X0.081494 Y2.445087 Z-0.125000 I0.998459 J-2.807185

G01 X0.081494 Y2.040289 Z-0.125000

G01 X0.112889 Y2.040289 Z-0.125000

G02 X0.167898 Y2.080299 Z-0.125000 I0.862649 J-1.128227

G02 X0.269862 Y2.148810 Z-0.125000 I2.634044 J-3.810102

G02 X0.374919 Y2.212057 Z-0.125000 I0.919627 J-1.408676

G02 X0.472182 Y2.260775 Z-0.125000 I0.641041 J-1.158357

G02 X0.594743 Y2.307472 Z-0.125000 I0.496601 J-1.119197

G02 X0.746013 Y2.348625 Z-0.125000 I0.534387 J-1.665703

G02 X0.898935 Y2.374748 Z-0.125000 I0.277661 J-1.164732

G02 X1.091353 Y2.384798 Z-0.125000 I0.192419 J-1.836982

G02 X1.493259 Y2.307123 Z-0.125000 I-0.000000 J-1.078607

G02 X1.782034 Y2.107468 Z-0.125000 I-0.295631 J-0.736259

G02 X1.961941 Y1.803446 Z-0.125000 I-0.629844 J-0.577954

G02 X2.034935 Y1.359884 Z-0.125000 I-1.311186 J-0.443562

G02 X1.957334 Y0.893193 Z-0.125000 I-1.442143 J-0.000000

G02 X1.769825 Y0.584739 Z-0.125000 I-0.794399 J0.271695



G02 X1.471467 Y0.387247 Z-0.125000 I-0.590564 J0.568070  
G02 X1.047750 Y0.309132 Z-0.125000 I-0.423717 J1.110116  
G02 X0.881111 Y0.317298 Z-0.125000 I-0.000000 J1.704326  
G02 X0.714618 Y0.341860 Z-0.125000 I0.169559 J1.725884  
G02 X0.549328 Y0.381740 Z-0.125000 I0.373204 J1.909303  
G02 X0.421602 Y0.426264 Z-0.125000 I0.340782 J1.183050  
G01 X0.421602 Y1.054994 Z-0.125000  
G01 X1.117516 Y1.054994 Z-0.125000  
G01 X1.117516 Y1.354716 Z-0.125000  
G01 X0.079750 Y1.354716 Z-0.125000  
G01 X0.079750 Y0.254010 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X2.640153 Y0.064530  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X3.008168 Y0.064530 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X3.262813 Y0.779386 Z-0.125000  
G01 X4.386041 Y0.779386 Z-0.125000  
G01 X4.640686 Y0.064530 Z-0.125000  
G01 X4.991259 Y0.064530 Z-0.125000  
G01 X4.045933 Y2.629400 Z-0.125000  
G01 X3.585479 Y2.629400 Z-0.125000  
G01 X2.640153 Y0.064530 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X3.369206 Y1.072219  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X3.824427 Y2.331399 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X4.281393 Y1.072219 Z-0.125000  
G01 X3.369206 Y1.072219 Z-0.125000  
G00 Z0.000000  
M5  
G00 Z0.000000  
G00 X5.275555 Y0.064530  
M3  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrate)  
G01 X6.301111 Y0.064530 Z-0.125000 F400.000000  
G01 X6.301111 Y0.326357 Z-0.125000  
G01 X5.961003 Y0.326357 Z-0.125000  
G01 X5.961003 Y2.367573 Z-0.125000  
G01 X6.301111 Y2.367573 Z-0.125000  
G01 X6.301111 Y2.629400 Z-0.125000  
G01 X5.275555 Y2.629400 Z-0.125000  
G01 X5.275555 Y2.367573 Z-0.125000



G01 X5.615663 Y2.367573 Z-0.125000

G01 X5.615663 Y0.326357 Z-0.125000

G01 X5.275555 Y0.326357 Z-0.125000

G01 X5.275555 Y0.064530 Z-0.125000

G00 Z0.000000

M5

G00 X0.0000 Y0.0000

M2

%



## Anexo XIV – Projeto elétrico



## Tabela de conteúdos

Coluna X: uma página gerada automaticamente foi alterada manualmente

F06\_001

[illegible]

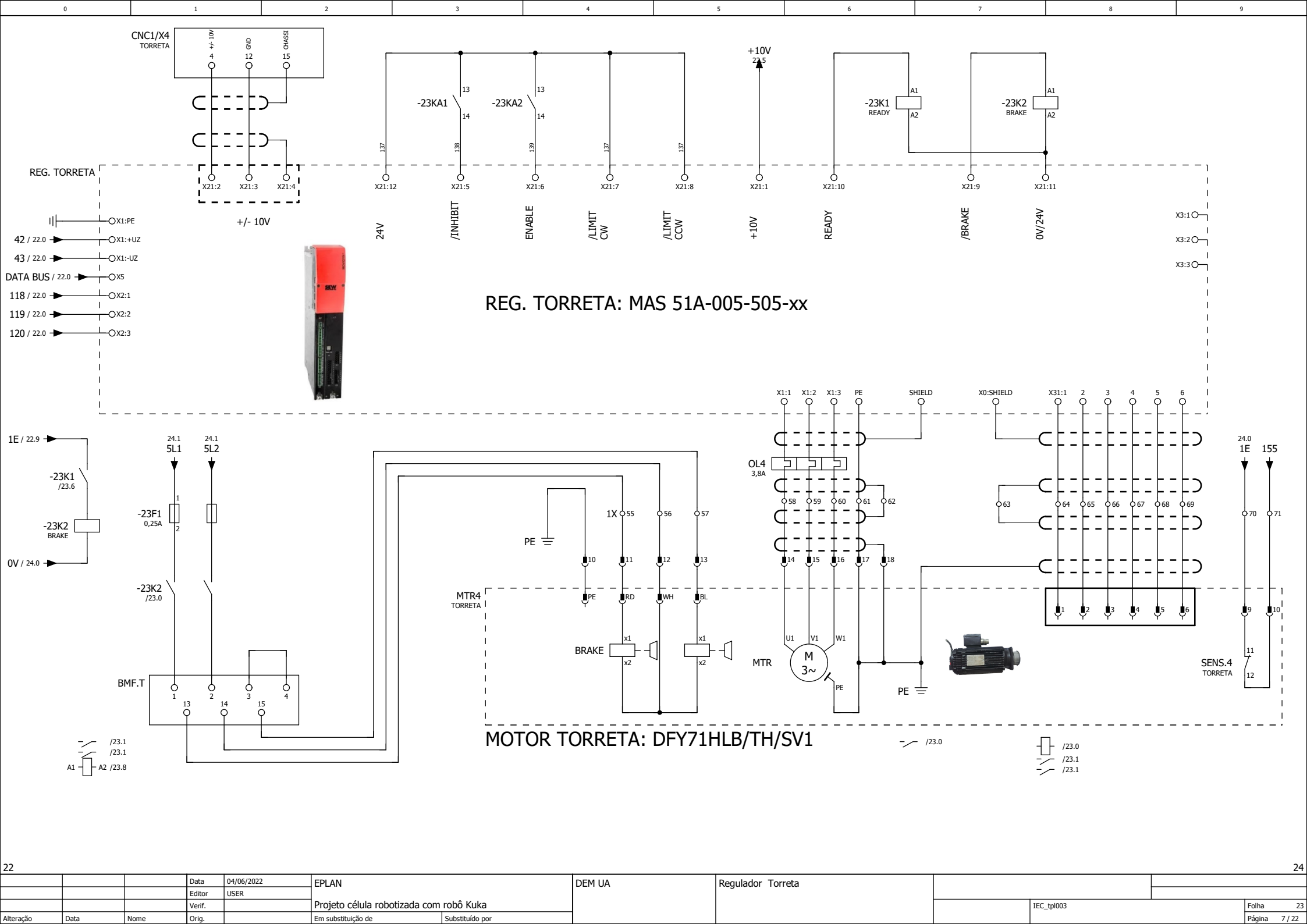


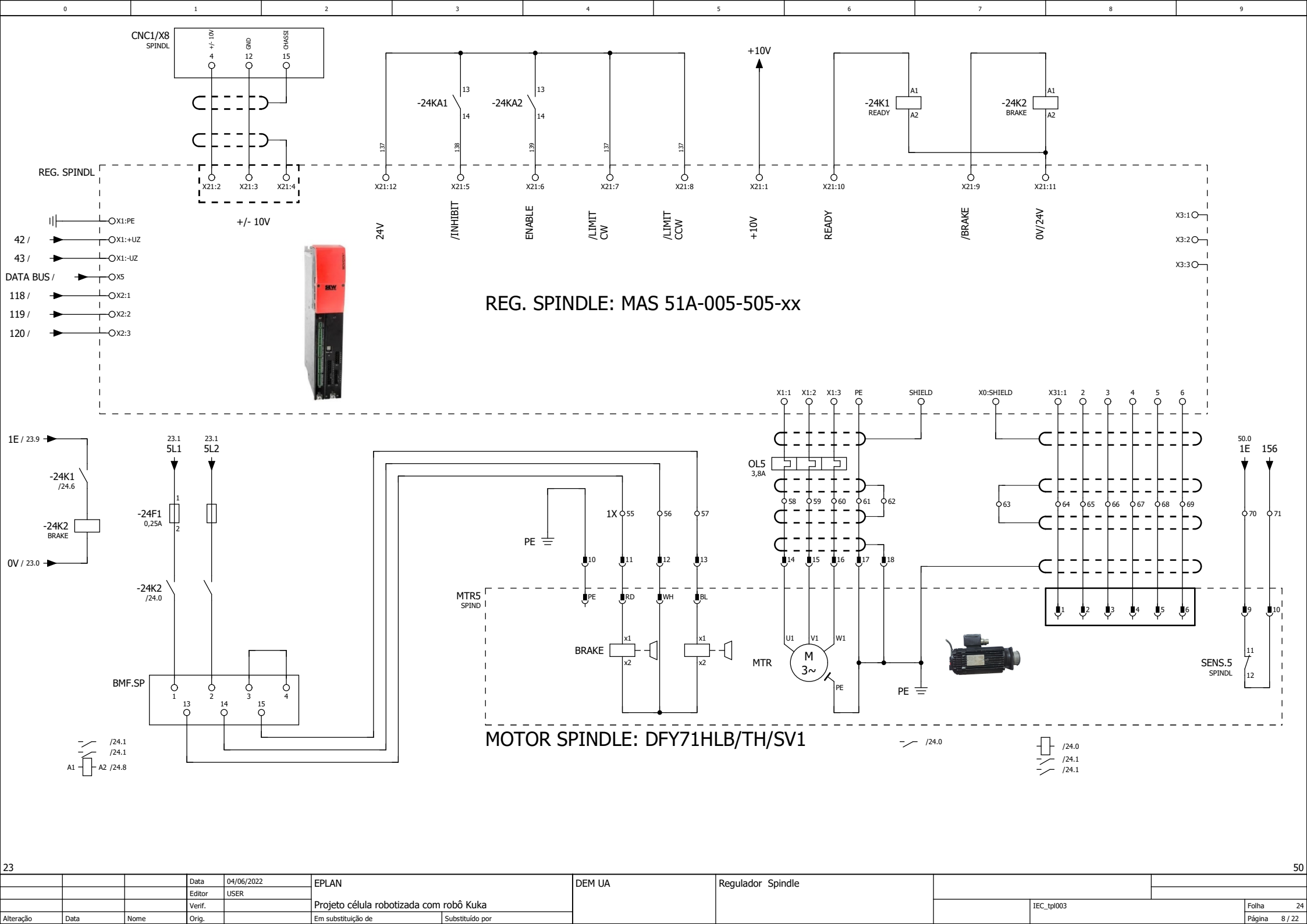




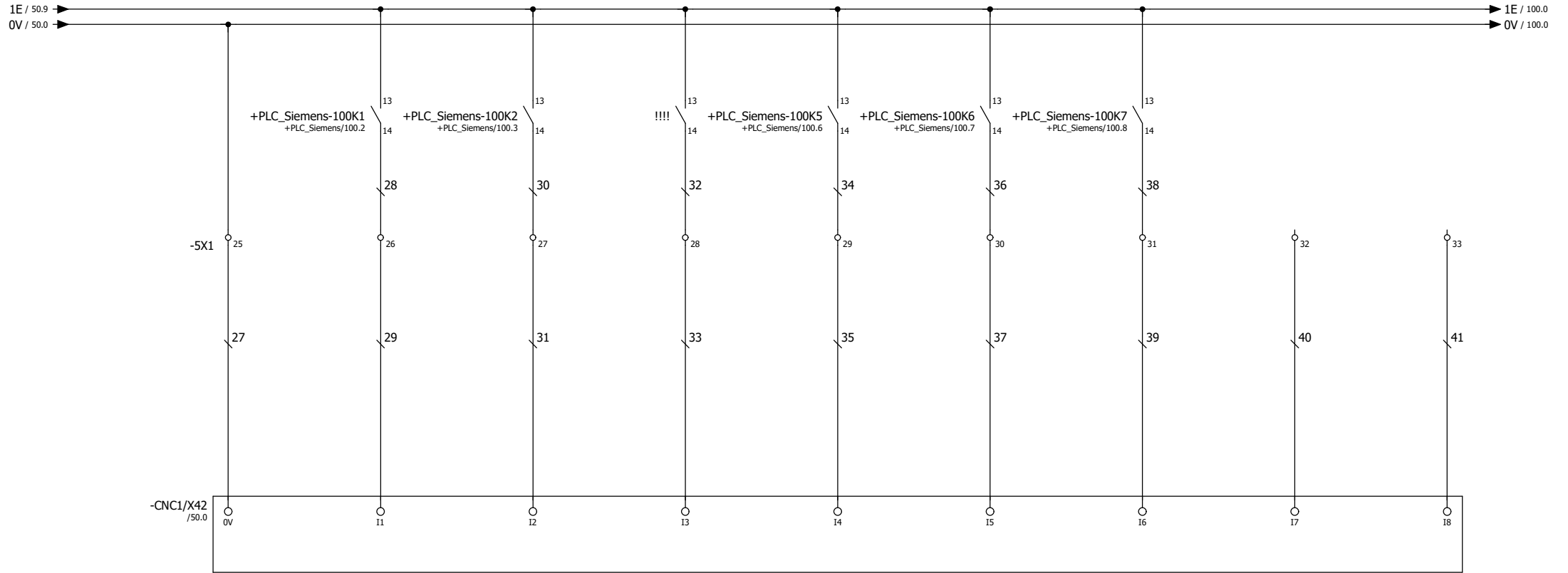












EMERGÊNCIA

START

STOP

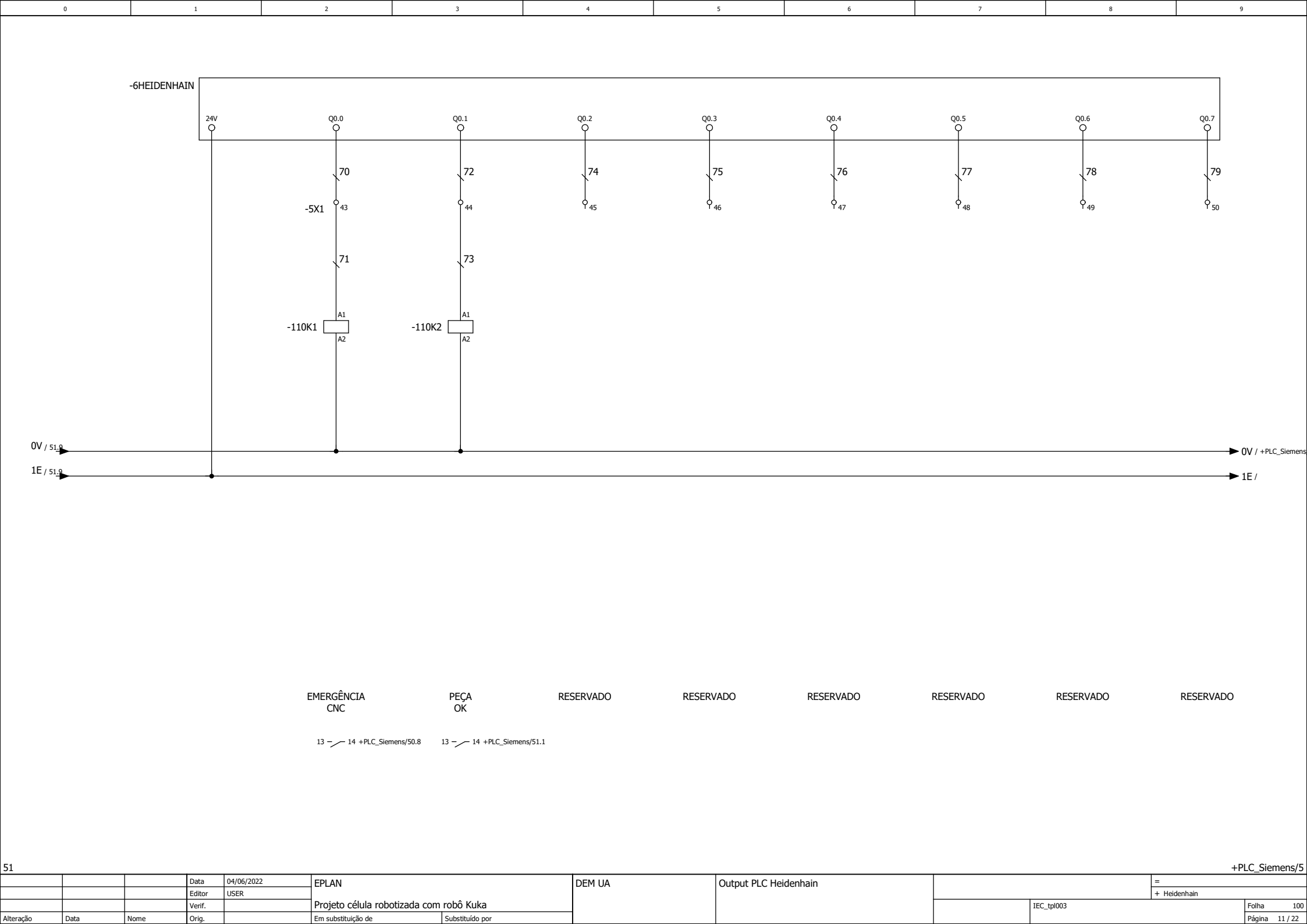
PEÇA 1

PEÇA 2

PEÇA 3

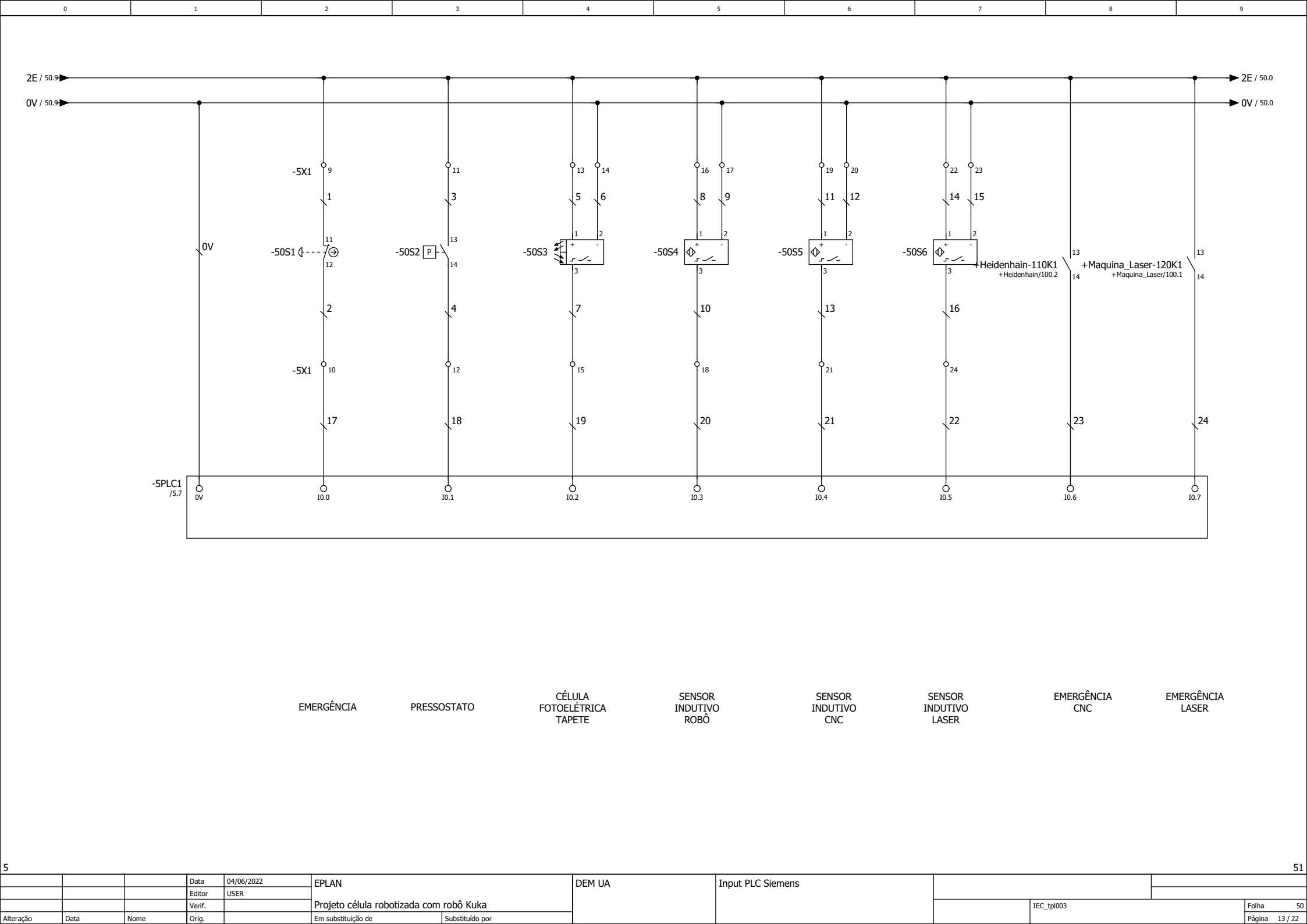
RESERVADO

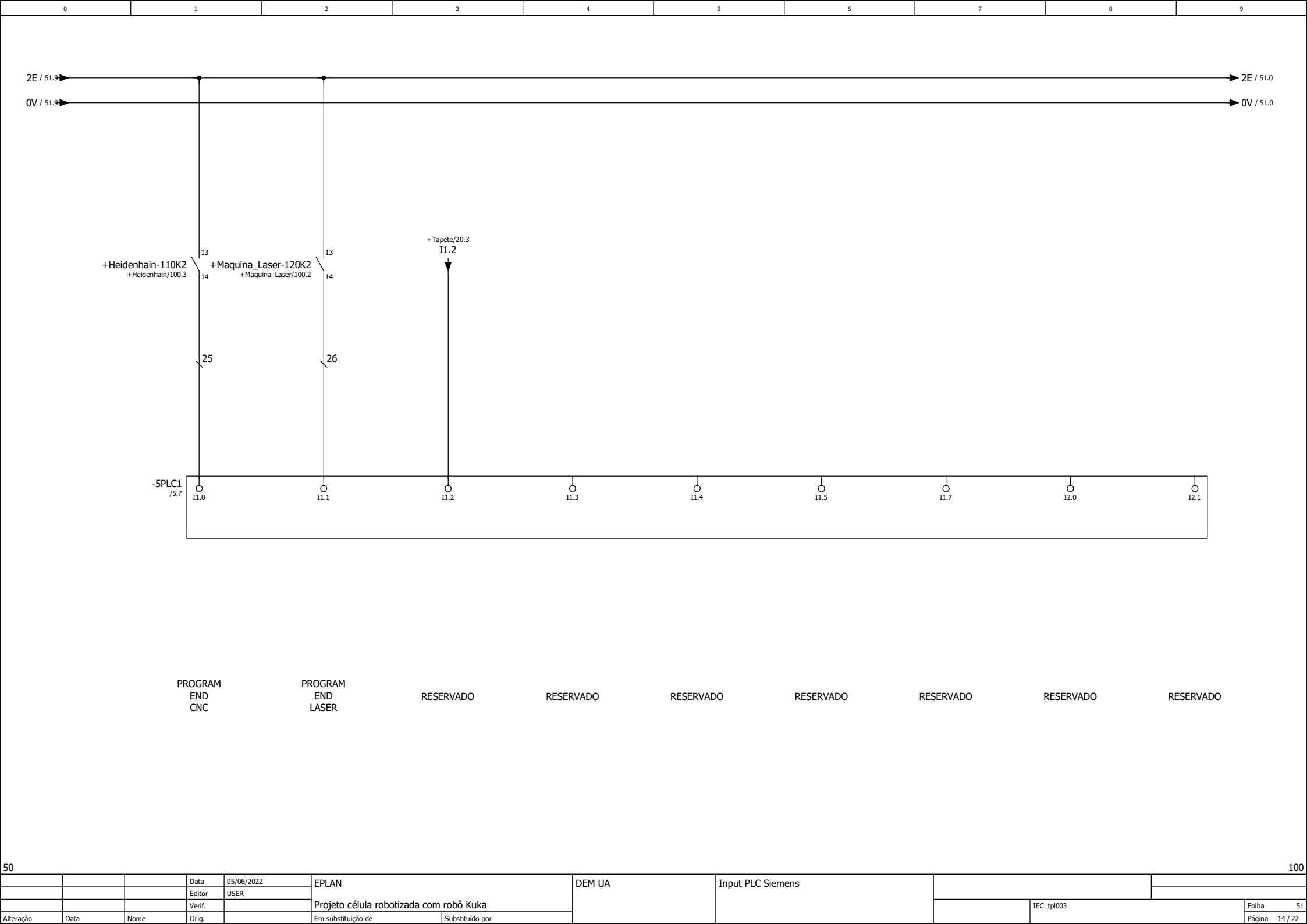
RESERVADO



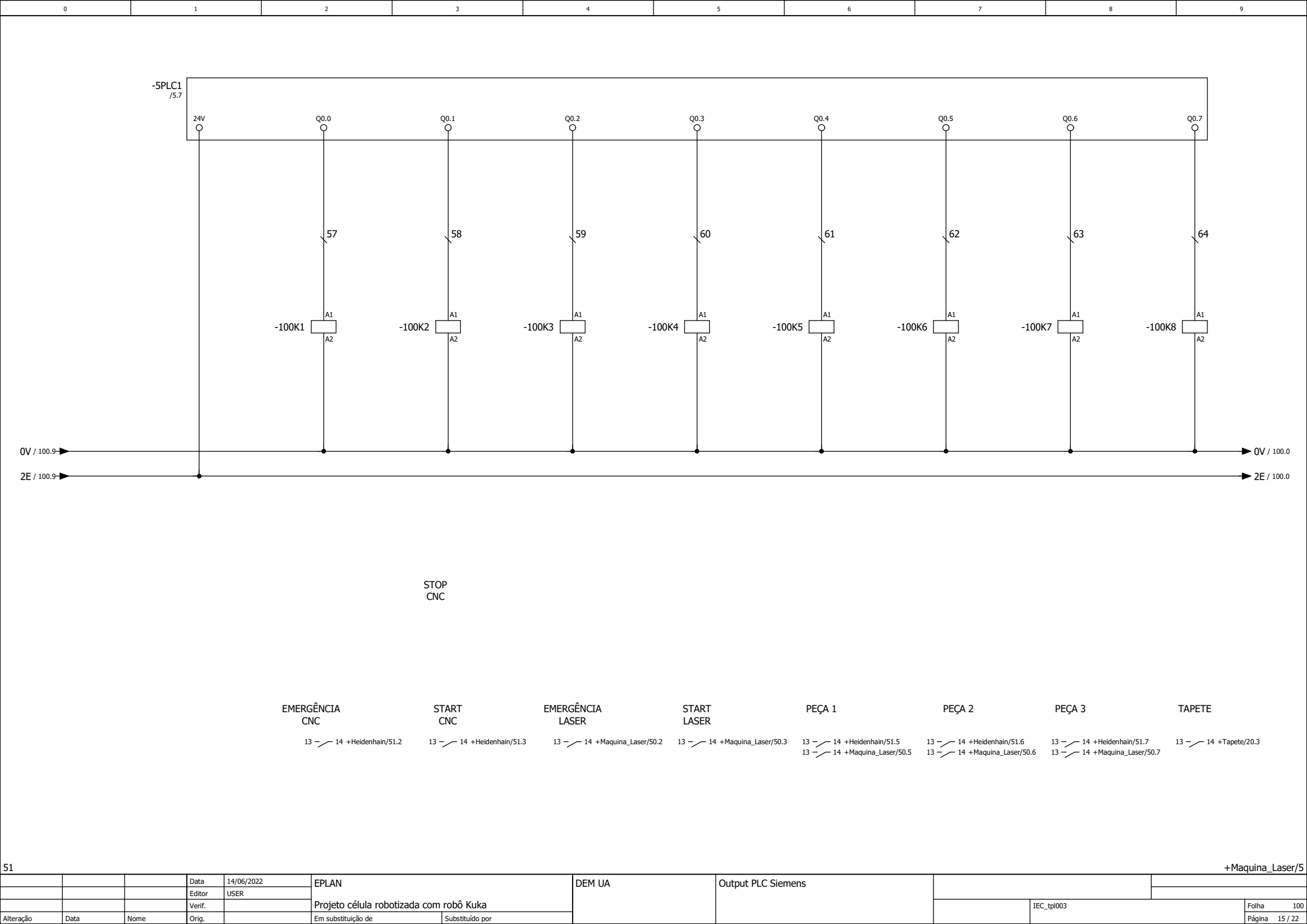




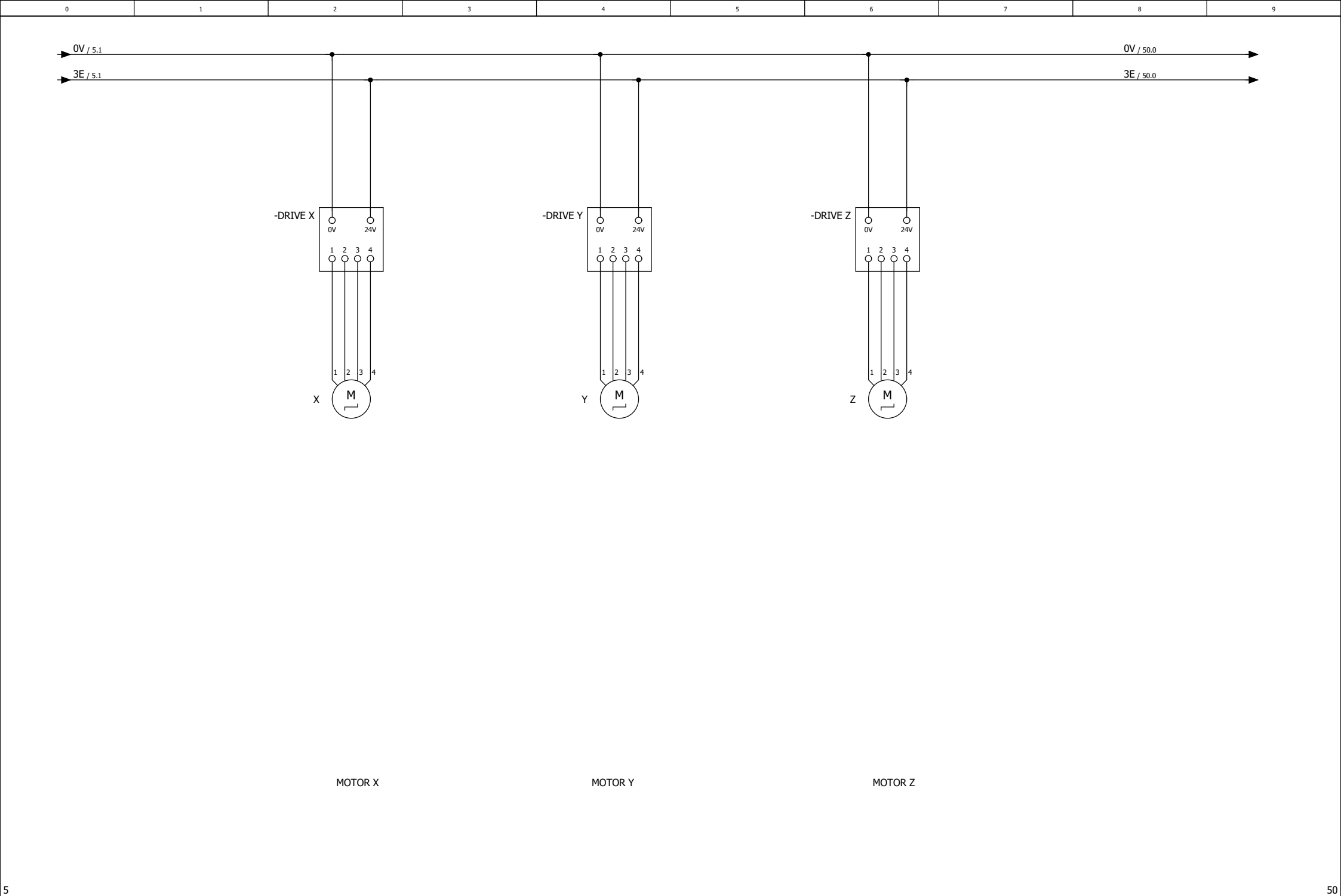




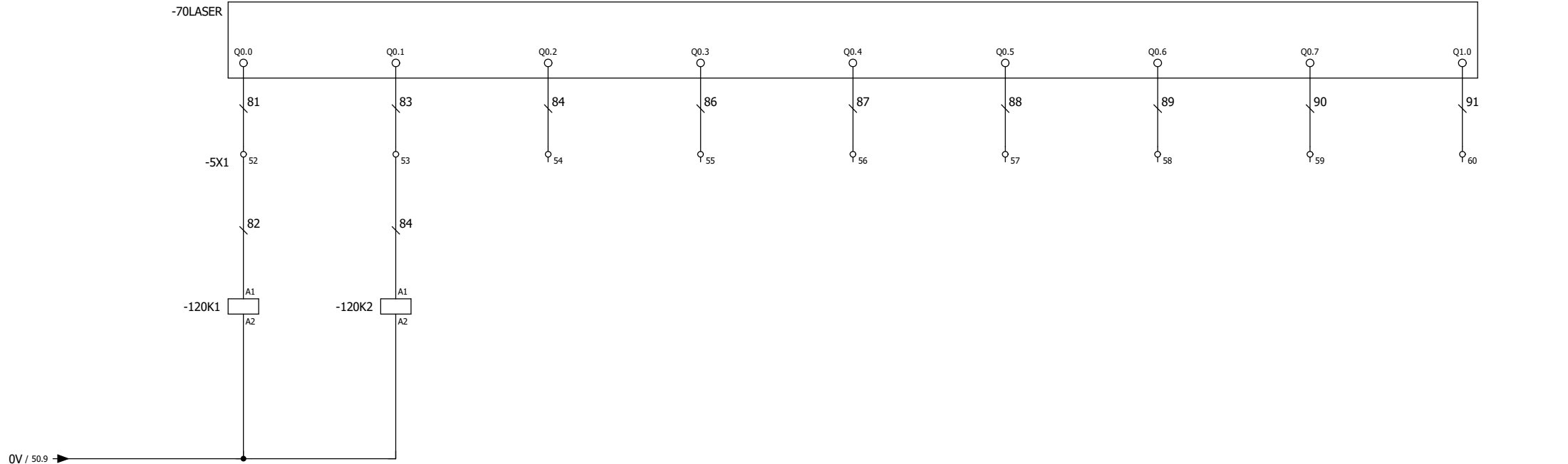
			Data	05/06/2022	EPLAN		DEM UA	Input PLC Siemens			
			Editor	USER							
			Verif.		Projeto célula robotizada com robô Kuka						
Alteração	Data	Nome	Orig.		Em substituição de	Substituído por				IEC_tpl003	Folha 51 Página 14 / 22











EMERGÊNCIA LASER	PEÇA OK	RESERVADO	RESERVADO	RESERVADO	RESERVADO	RESERVADO	RESERVADO	RESERVADO
13 ~ 14 +PLC_Siemens/50.9	13 ~ 14 +PLC_Siemens/51.2							







5 + Tapete/20

