

PROJETO MECÂNICO (SEM 0347)

Notas de Aulas v.2022

Aula 10 – Controle de máquinas

Professor: Carlos Alberto Fortulan

Colaborador: Mateus Mota Morais

Objetivos

- ✓ Controle de Máquinas - definição
- ✓ Identificar os principais componentes de um sistema de controle de máquinas;
- ✓ Fazer uma listagem preliminar de componentes para seu projeto de máquina
- ✓ Ter uma referência inicial sobre onde buscar mais informações sobre os componentes

O controle de uma máquina

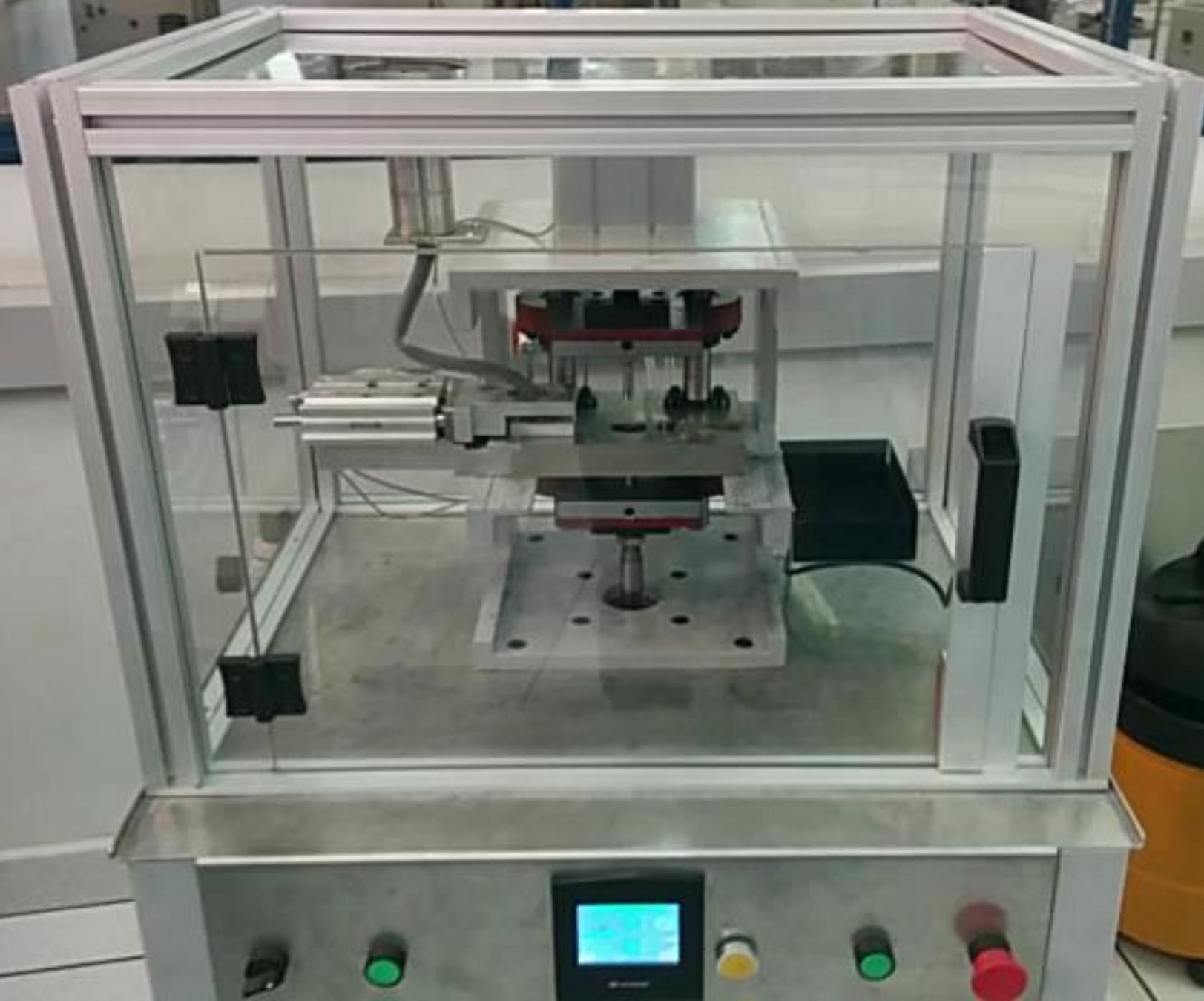
- ✓ Se refere a um Sistema eletromecânico programável (computacional ou não) capaz de atuar em uma máquina no sentido de promover a partida, aceleração, reversão, desaceleração e parada de motores e suas cargas;
- ✓ **Atuação** e **Sinalização** e de forma a garantir a **segurança** do operador e patrimônio;
- ✓ Seu uso foi motivado pela fabricação de geometrias curvas complexas 2D e/ou 3D que eram extremamente caras para serem feitas por meios mecânicos;
- ✓ Necessidade de repetição com precisão

Motivação para a aula



Motivação para a aula





USP
Engenharia Mecânica
Fortulan C.A

EESC - USP
Engenharia Mecânica
prof. Fortulan C.A

EESC - USP
Engenharia Mecânica
prof. Fortulan C.A

EESC - USP
Engenharia Mecânica
prof. Fortulan C.A

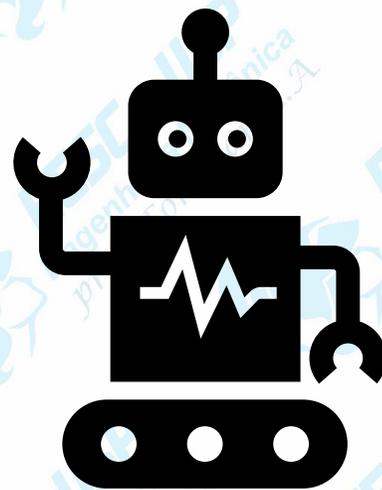
EESC - USP
Engenharia Mecânica
prof. Fortulan C.A

EESC - USP
Engenharia Mecânica
prof. Fortulan C.A

INTRODUÇÃO

O QUE É AUTOMAÇÃO?

Grego *autómatos*: "mover-se por si" ou "que se move sozinho".



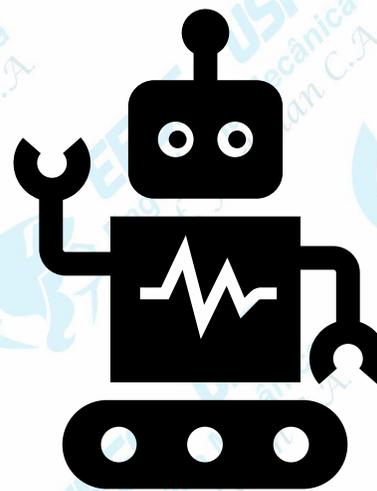
PRA QUE AUTOMAÇÃO?

“Um trabalho de automatização de 80 a 90% pode reduzir bastante o custo. Caso se tentasse automatizar os 10 a 20% restantes do projeto, todo o sistema poderia se tornar economicamente inviável.”

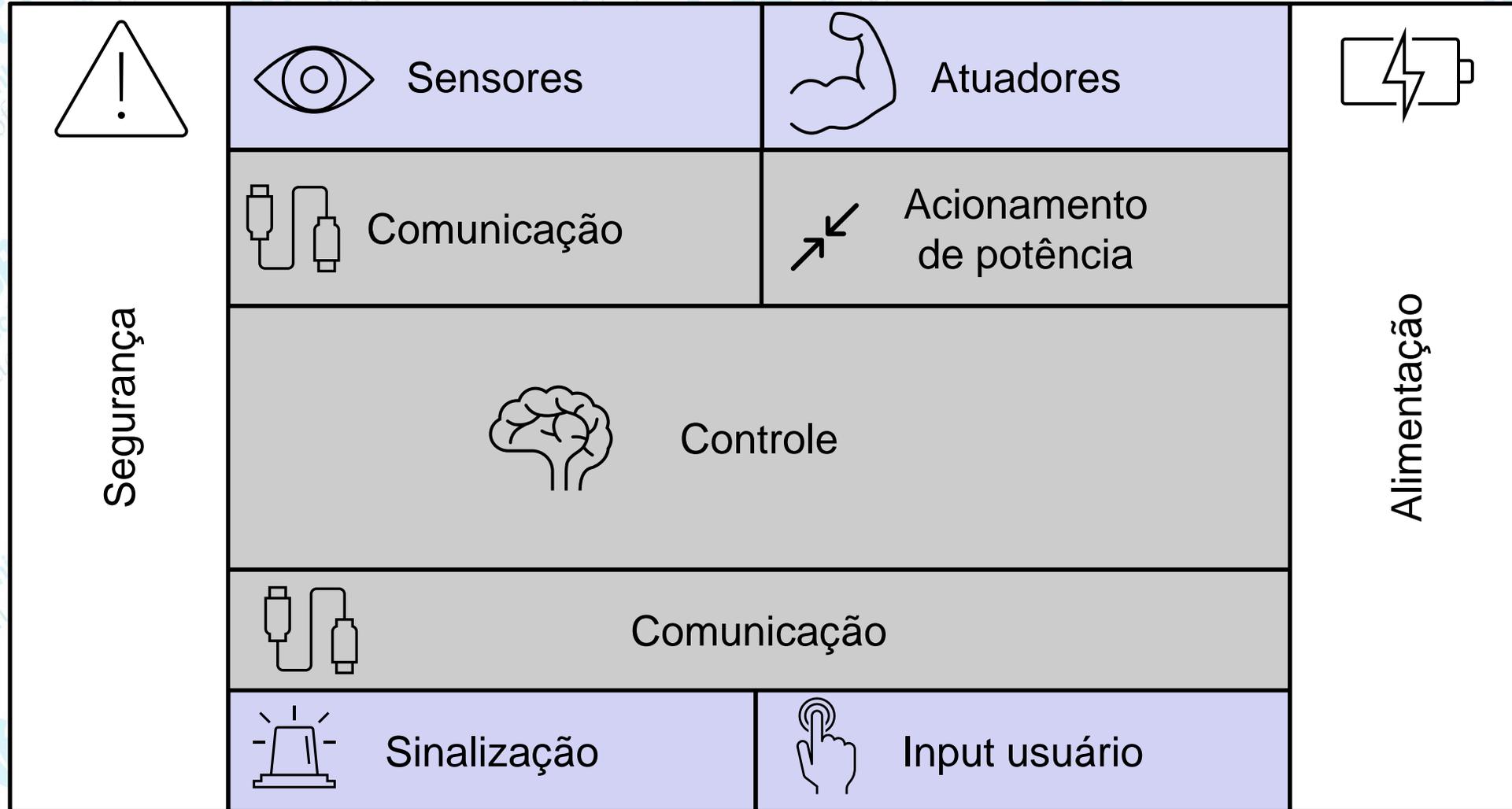
“John Diebold, 1951, A fábrica automática”

É necessário considerar, qual operação deve ser automatizada e qual o grau de automação deve ser implantado.

QUE ELEMENTOS PRECISO PARA FAZER A AUTOMAÇÃO?



Visão Geral





Controle

Unidade central de gerenciamento dos dispositivos de potência (relês, contatos), temporizadores e sequenciadores.

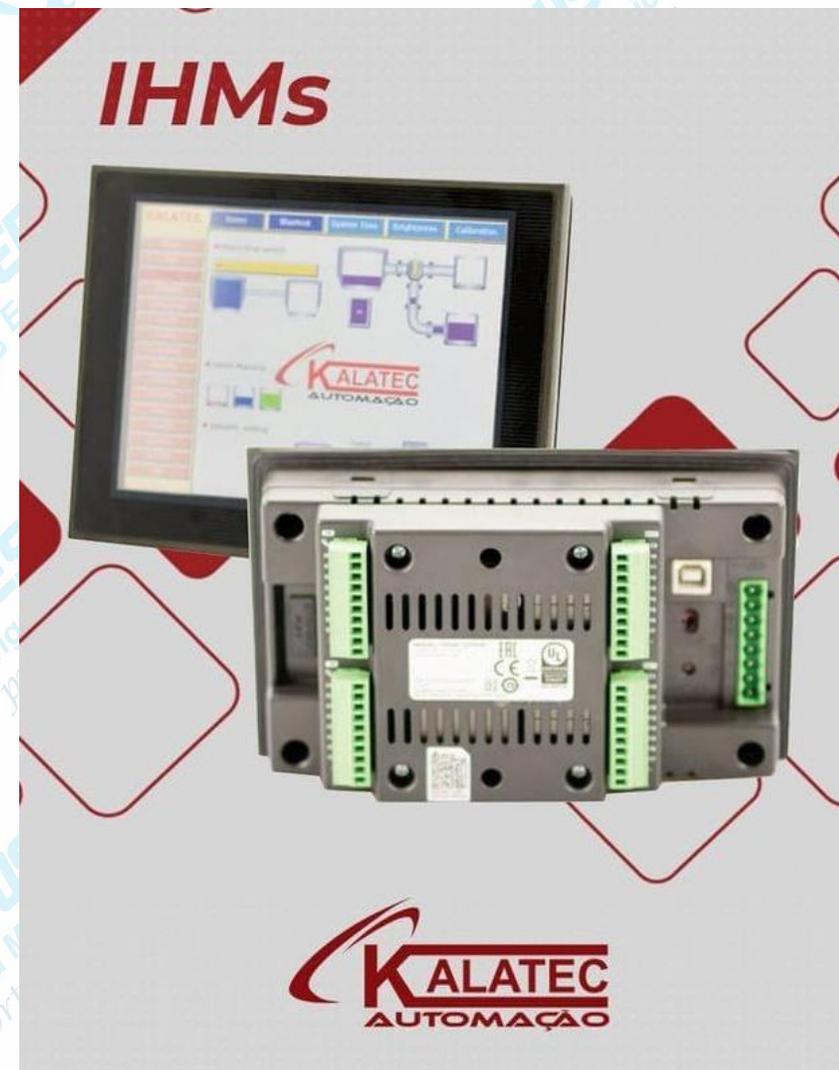
- ✓ Mecânicos (lógica de contatos) – Indústria 2.0;
- ✓ Controle Lógicos Programados (CLPs) - Indústria 3.0;
- ✓ Computacionais - Indústria 4.0;



É necessário um sistema de controle?
Qual a necessidade de processamento?
E memória?
Quantas entradas e saídas?
Sinal eletrônico ou pneumático?
Entradas e saídas digitais ou analógicas?
Qual a latência (velocidade)?
Serial ou paralelo?
Malha aberta ou fechada?
PID? Como fazer o ajuste dos parâmetros?

Que tipo de controlador é necessário?

- Reles, contadoras e válvulas
- CLP
- Arduíno
- Raspberry Pi
- Sistema embarcado/placa dedicada
- Celular
- Computador
- Controlador de Temperatura



Arduino

- Plataforma de desenvolvimento de projetos eletrônicos e prototipagem
- Microcontrolador: microprocessador + entradas e saídas programáveis - “Mini computador”
- Open source (hardware + software)
- Baixo custo (~ R\$ 70)
- Fácil de programar (C/C++) e muita coisa já pronta
- Existe uma comunidade enorme trocando e disponibilizando informações
- Aplicado em: robótica, automação, internet das coisas,



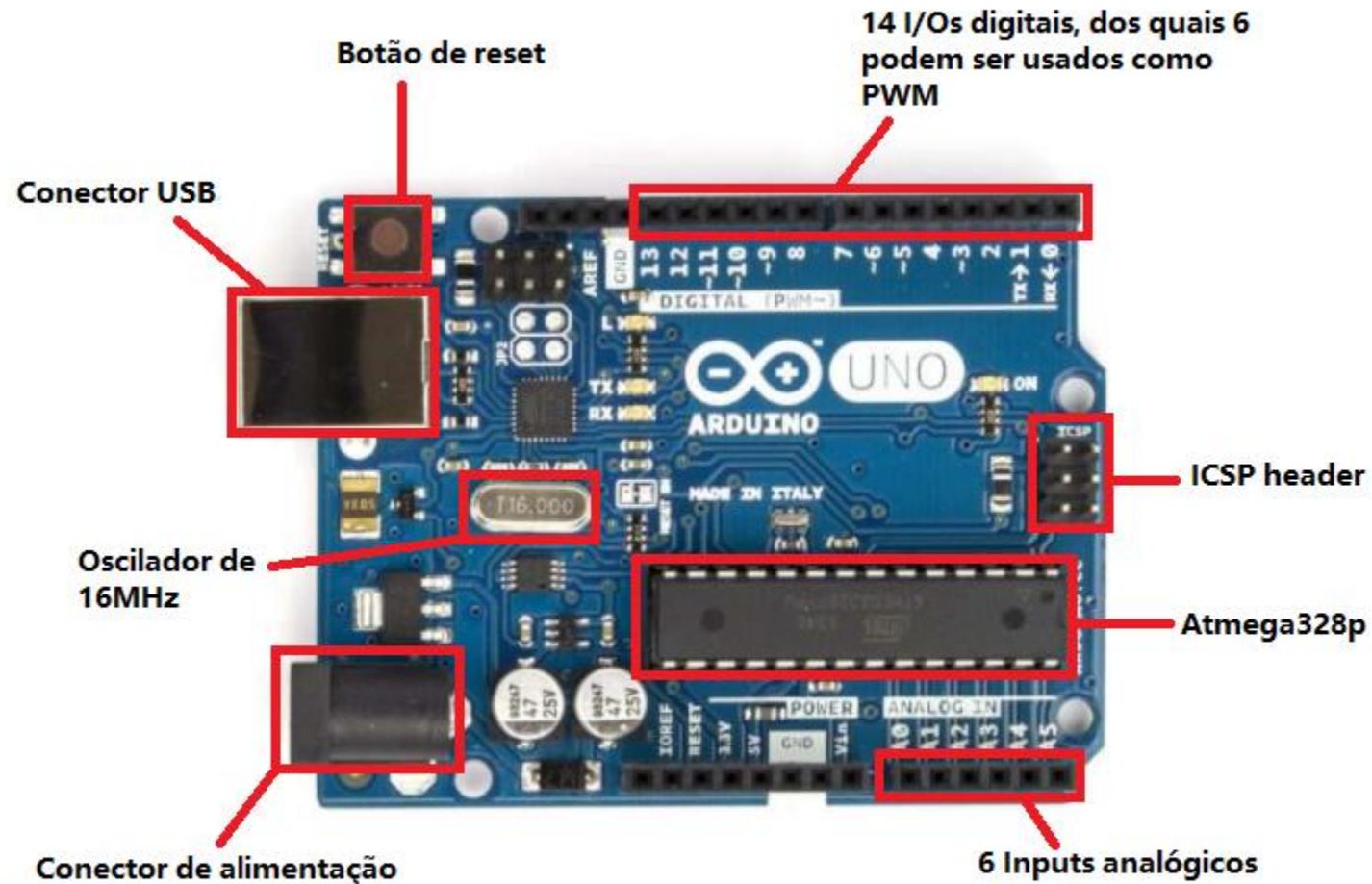
<https://blog.eletragate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>

<https://www.arduino.cc/>

<https://www.youtube.com/watch?v=sv9dDtYnE1g> (O que é Arduino)

<https://www.filipeflop.com/blog/tipos-de-arduino-qual-comprar/>

Arduino



Placa Arduino – Descrição

<https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>

Arduino



	UNO	MEGA 2560	LEONARDO	DUE	ADK	NANO	PRO MINI	ESPLORA
Microcontrolador	ATmega328	ATmega2560	ATmega32u4	AT91SAM3X8E	ATmega2560	ATmega168 (versão 2.x) ou ATmega328 (versão 3.x)	ATmega168	ATmega32u4
Portas digitais	14	54	20	54	54	14	14	-
Portas PWM	6	15	7	12	15	6	6	-
Portas analógicas	6	16	12	12	16	8	8	-
Memória	32K (0,5K usado pelo bootloader)	256K (8K usado pelo bootloader)	32K (4K usado pelo bootloader)	512K disponível para aplicações	256K (8K usado pelo bootloader)	16K (ATmega168) ou 32K (ATmega328) (bootloader: 2K)	16K (2K usado pelo bootloader)	32K (4K usado pelo bootloader)
Clock	16Mhz	16Mhz	16Mhz	84Mhz	16Mhz	16Mhz	8Mhz (modelo 3.3v) ou 16Mhz (modelo 5v)	16Mhz
Conexão	USB	USB	Micro USB	Micro USB	USB	USB Mini-B	Serial/Módulo USB externo	Micro USB
Conector para alimentação externa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Tensão de operação	5V	5V	5V	3.3V	5V	5V	3.3 ou 5V, dependendo do modelo	5V
Corrente máxima portas E/S	40mA	40mA	40mA	130mA	40mA	40mA	40mA	-
Alimentação	7-12Vdc	7-12Vdc	7-12Vdc	7-12Vdc	7-12Vdc	7-12Vdc	3.3-12V (modelo 3.3v) ou 5-12V (modelo 5v)	5V

<https://www.filpeflop.com/blog/tipos-de-arduino-qual-comprar/>

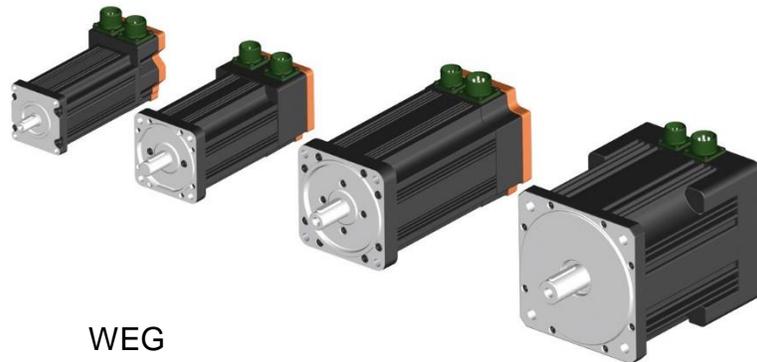


Atuadores

- Quais ações e funções são necessárias?
(Deslocar, girar, aquecer, posicionar...)
 - Movimento: rotativo x linear?
 - Movimento: contínuo x intermitente?
 - Discreto ou continuamente variável?
 - Qual força? Qual velocidade? Qual potência?
 - Qual precisão?
- Motores Elétricos;**
 - AC (monofásico ou trifásico)**
 - Síncrono**
 - DC contínuo**
 - Motor de Passo**
 - Servo**
 - Motor a combustão;**
 - Acionamento pneumático**
 - Acionamento hidráulico**
 - Acionamento piezoelétricos**
 - Resistências térmicas**



Atuadores



WEG

- ❑ Motores Elétricos;
 - ❑ AC (monofásico ou trifásico)
 - ❑ Síncrono
 - ❑ DC contínuo
 - ❑ Motor de Passo
 - ❑ Servo



Alguns fornecedores :

www.faulhaber.com/

<https://www.maxongroup.com/maxon/view/content/index>

www.bosch.com.br

www.kalatec.com.br

www.weg.net/institucional/BR/pt/

www.ampflow.com/ampflow_motors.htm

www.pololu.com/

<https://www.tekkno.com.br/>

<https://www.baudaeletronica.com.br/>

<https://www.eletrorate.com/>

<https://mectrol.com.br/produtos>



Atuadores

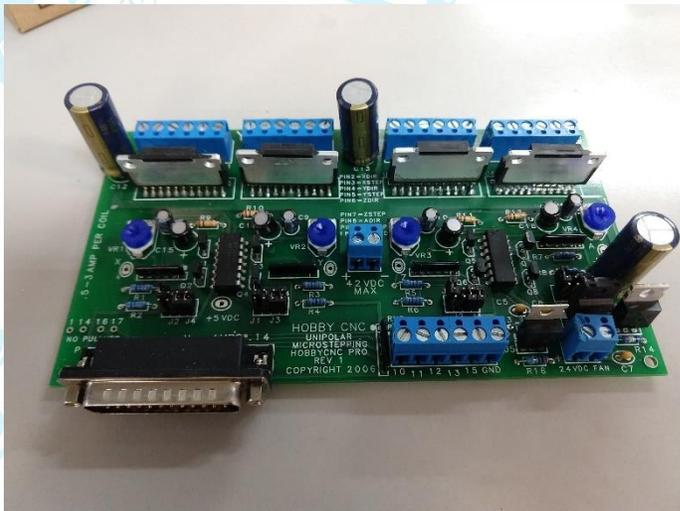
Acessórios para acionamento elétrico de motores

Inversor

Soft-starter

Drivers

Drive CNC

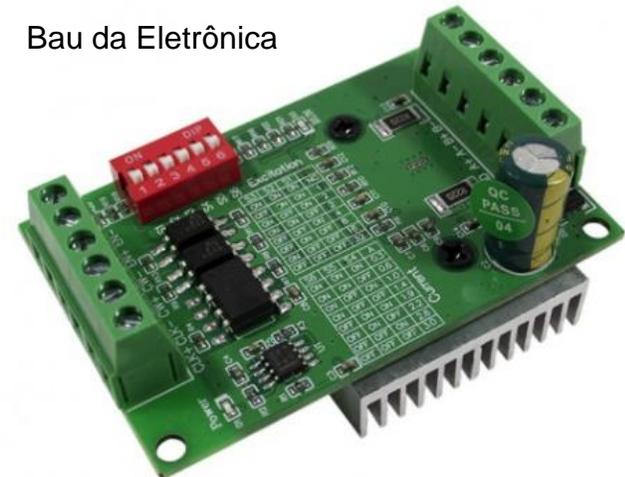


WEG



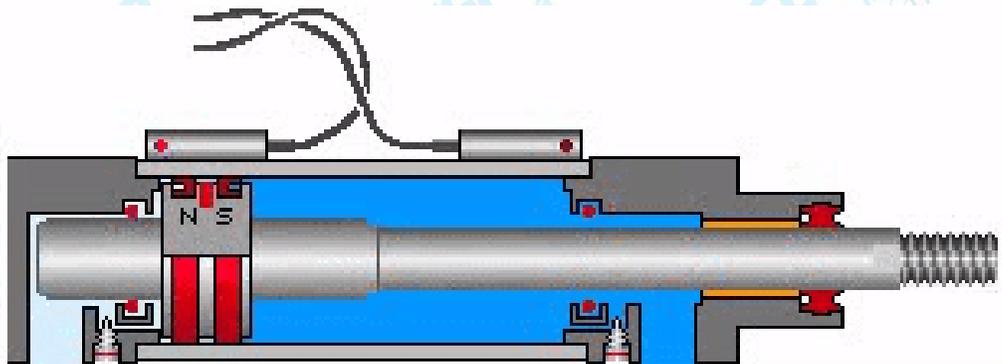
Tekkno

Bau da Eletrônica



 **Atuadores**

Cilindro pneumático



<https://www.mtibrasil.com.br/guia-do-cilindro-pneumatico.php>

Norma ISO para cilindros pneumáticos



ISO 6432
Mini-ISO

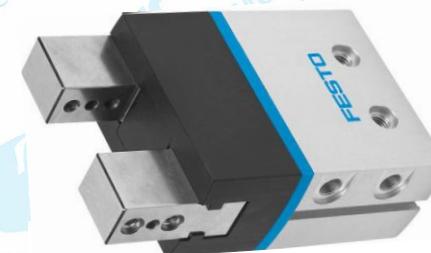


ISO 15552
Cilindro ISO



ISO 21287
Cilindro ISO Compacto

www.mtibrasil.com.br



Alguns fornecedores importantes:

- <https://smcbr.com.br/>
- <https://www.festo.com/br/pt/>
- <https://ph.parker.com/br/pt/products>



Atuadores

Acessórios para atuadores pneumáticos

Geração de ar (filtro de admissão, compressor, refrigerador, condensador, armazenagem, secador)

Distribuição (tubulação, conexões, válvula reguladora, purgadores, acumuladores)

Preparação do ar (válvula, filtro, regulador de pressão, lubrificador)

Componentes (válvulas direcionais, controladoras de fluxo)



<https://www.mtibrasil.com.br/artigos/por-que-usar-pneumatica-na-automacao-industrial.php>



Acionamento
de potência

Circuito de carga x Circuito de comando/controle

- Tenho voltagens diferentes? (ex: 5VDC x 220 VAC)
- Qual a corrente de potência? Meu controlador suporta?
- Tenho diferentes tipos de sinais (ex: elétrico x pneumático)

Dispositivos de manobra

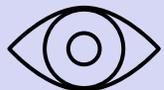
- Contatora
- Relé
- Relé temporizador
- Relé de Estado Sólido (SSR)
- Opto-acoplador
- Válvulas pneumáticas



WEG



<https://www.oceaenergia.com/blog/comandos-eletricos/comandos-eletricos-para-que-servem-e-aplicacoes/>



Sensores

“Se você não pode medir, você não pode controlar”

- Quais grandezas serão medidas?

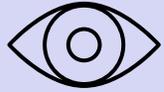
- Dimensão e posição linear
- Dimensão e posição angular
- Velocidade e rotação
- Aceleração
- Gravidade
- Contato
- Movimento
- Forma
- Rugosidade e textura
- Peso
- Força
- Torque
- Tensão
- Deformação
- Temperatura
- Pressão
- Vazão
- Umidade
- Corrente e Tensão
- Luminosidade
- Cor
- Som
- pH
- Pressão de oxigênio



Sensores

O QUE QUERO MEDIR?

- Quais grandezas serão medidas?
- Medida “On-Off” ou contínua?
- Qual é a amplitude e frequência do que será medido?
- Qual velocidade que preciso da resposta?
- Qual resolução e precisão necessárias?
- Qual máximo erro aceitável?
- Sinal analógico ou digital?



Sensores

COM O QUE ESTOU MEDINDO?

- Qual princípio de funcionamento?
 - Mecânico (ex boia, fim de curso)
 - Resistivo (ex strain gauge, potenciômetro)
 - Termoelétrico
 - Termistores (NTC, PTC)
 - Termopar
 - Capacitivos (posição, acelerômetros)
 - Indutivos (posição de condutores, LVDT)
 - Magnético (efeito hall)
 - Piezoelétrico (ultrassom, acelerômetros)
 - Fotoelétrico (opto eletrônico, fim de curso, encoders, tacômetro)
 - Câmera (visão computacional)



Leia as especificações do sensor.

Veja se está usando de acordo com o que ele foi projetado para usar



WEG



WEG



FESTO

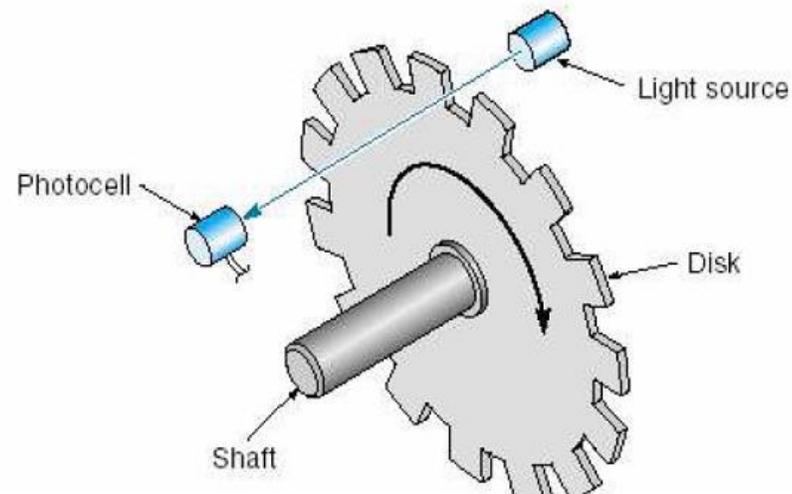
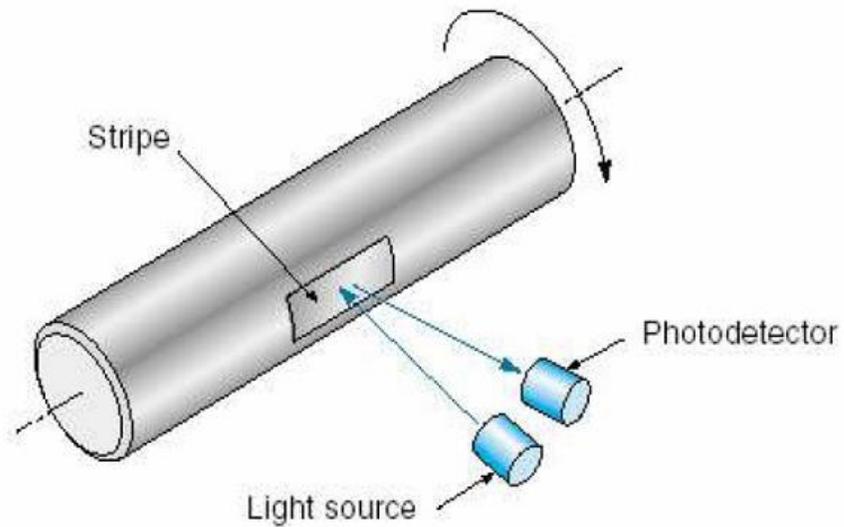


WEG

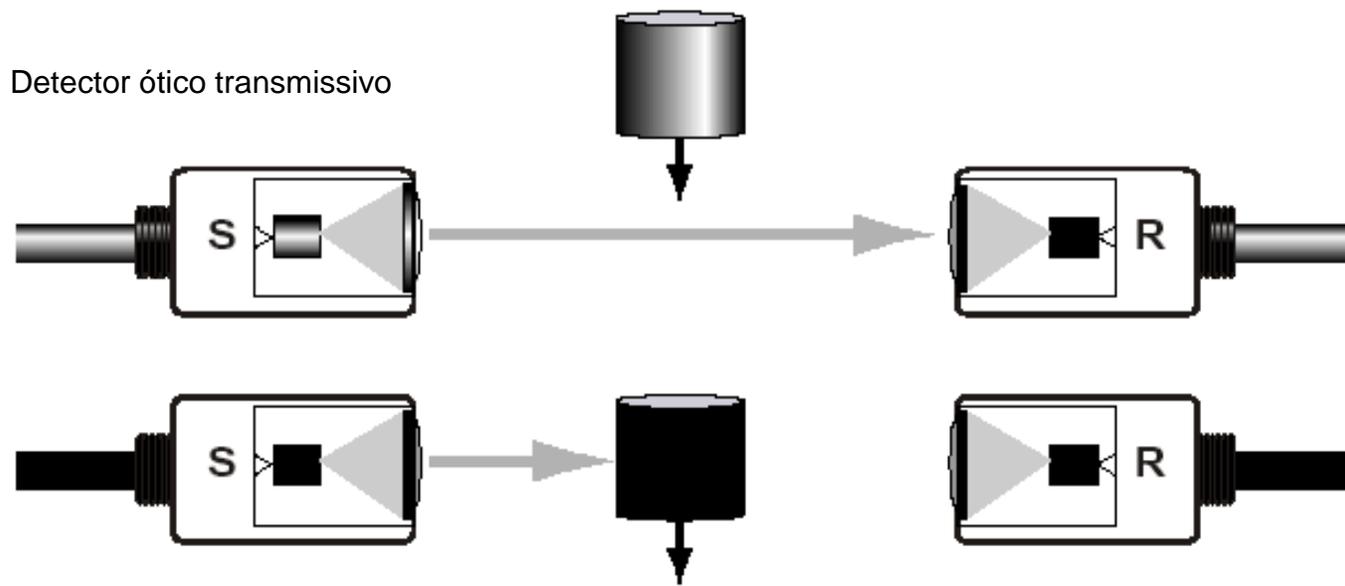


FESTO





Detector ótico transmissivo



SENSORES INDUTIVOS E CAPACITIVOS



Sensores indutivos e capacitivos



Sensor indutivo
 Entrada: tensão AC

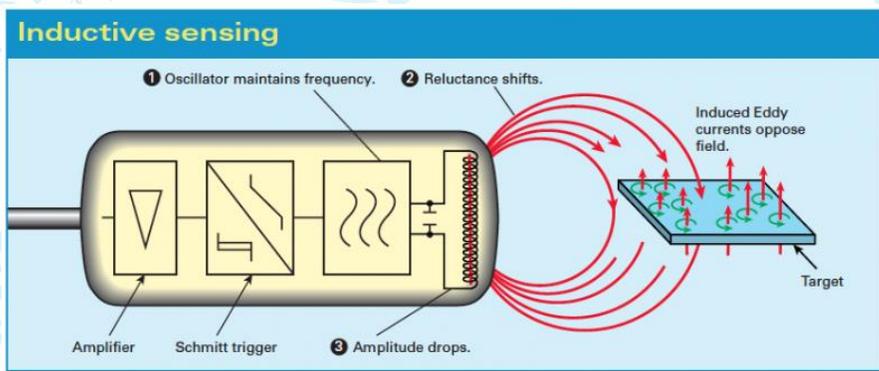
Saída: tensão AC de mesma frequência que entrada e amplitude proporcional à distância

Pode ser usado para frequências de até 100kHz
Necessita de material condutor



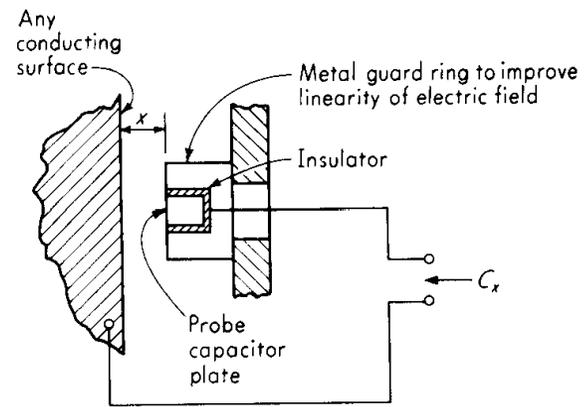
Sensor capacitivo

Pode ter resolução de até 0,2 nm para cursos pequenos
Pode ser usado para diferentes materiais



Ferrous targets change the reluctance of the magnetic circuit; system oscillation frequency, which gets left behind when the natural frequency shifts, then loses amplitude.

<https://www.citisystems.com.br/sensor-indutivo>



<https://www.citisystems.com.br/sensor-capacitivo/>

Sensores indutivos e capacitivos



Fatores	Sensor Capacitivo	Sensor indutivo
Resolução	●	●
Variedade de materiais	●	●
Deteccção de objetos pequenos	●	●
Facilidade de montagem	●	●
Alcance	●	●
Largura de banda	●	●
Custo	●	●
Ambientes sujos ou com poeira	●	●

Legenda:



Ótimo

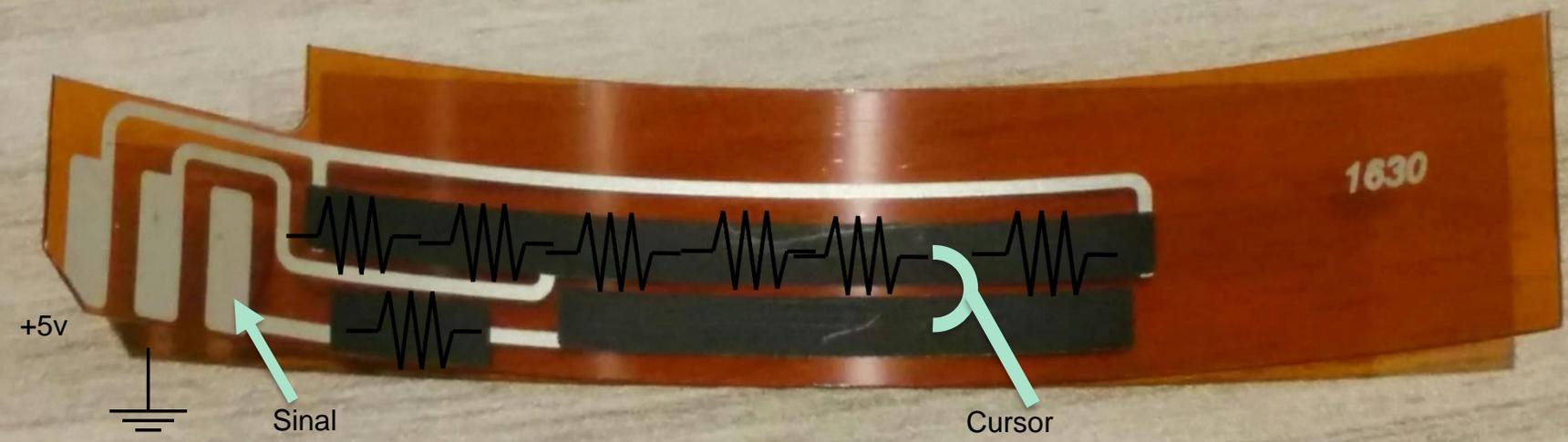


Aplicável



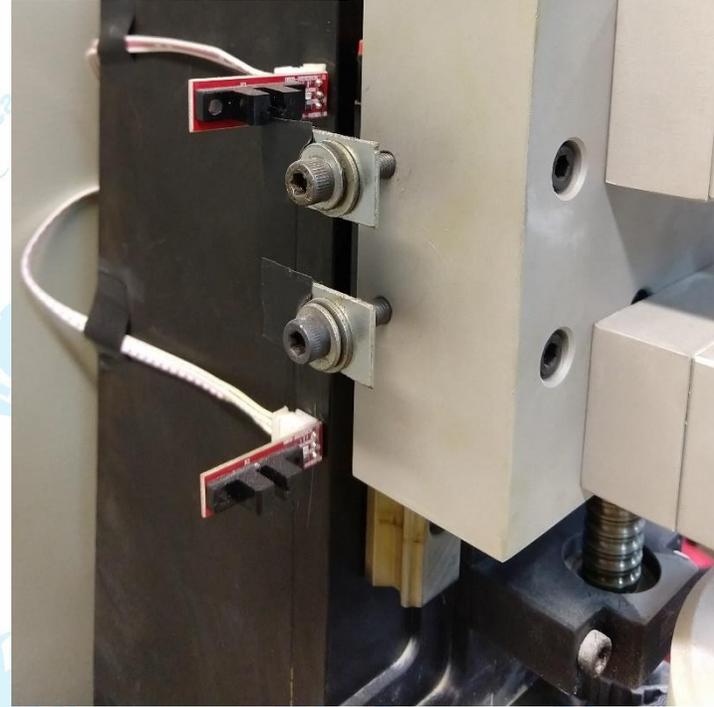
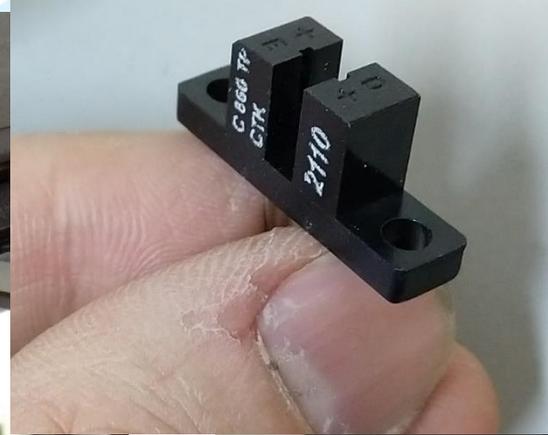
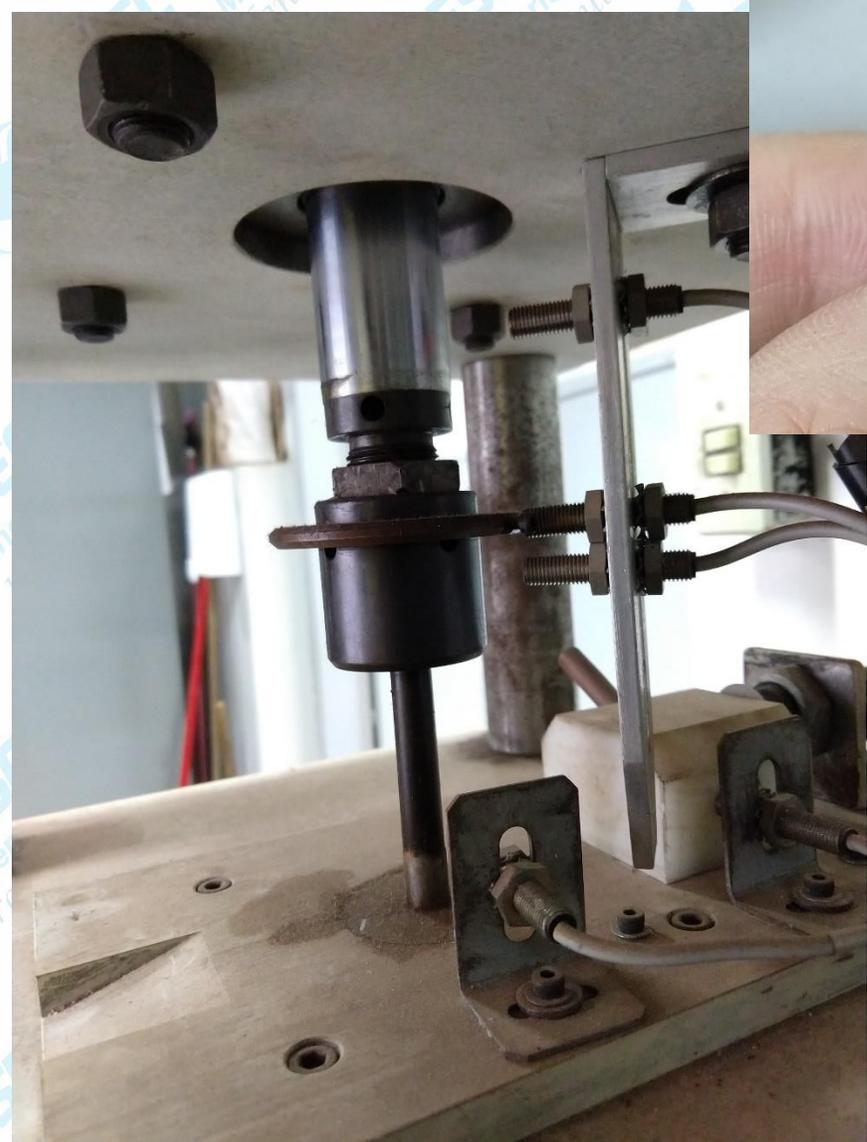
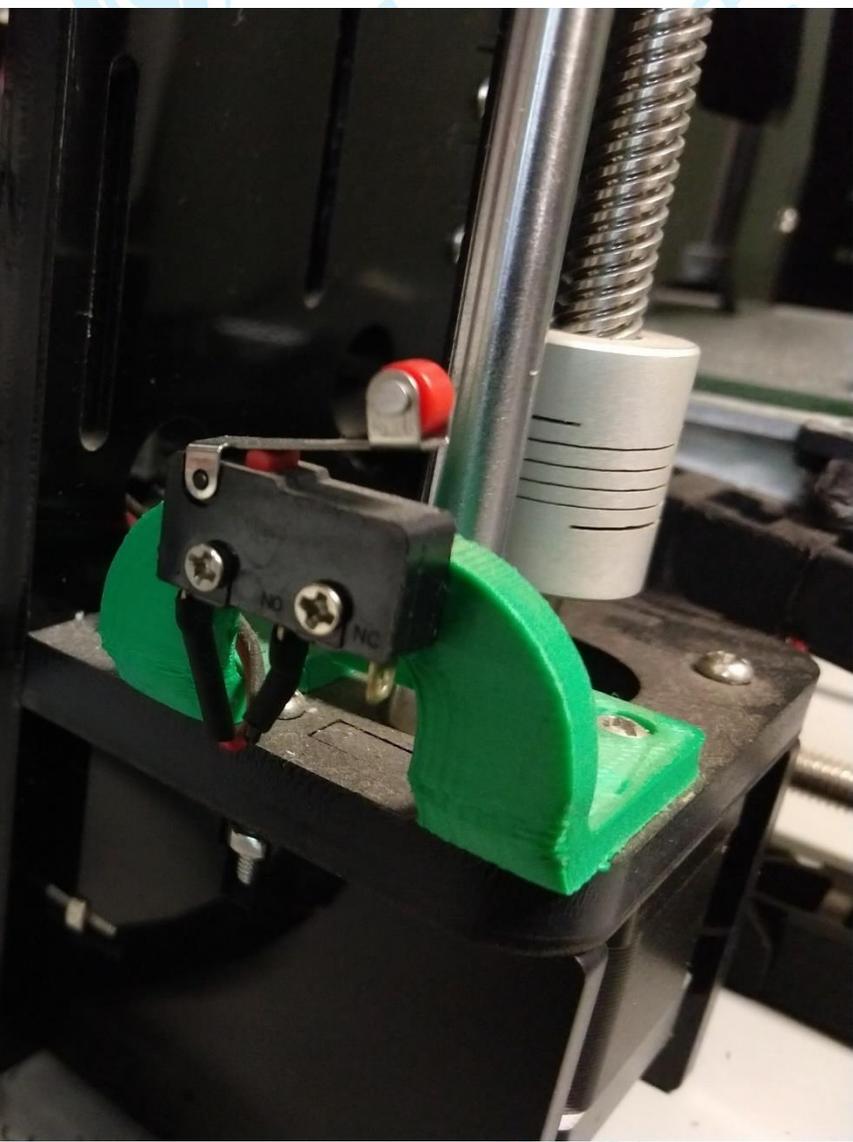
Inadequado

O que é isso?



TPS - SENSOR DE POSIÇÃO DA BORBOLETA





Acessórios Sensores

- Calibração
- Amplificador
- Filtro de frequência
- Conversor analógico → digital
- Placa de aquisição de dados
- Multiplexador (junta tudo e manda em um pacote)
- Transformada de Fourier
- Lab View/Simulink/Matlab



Interface usuário

Como o usuário interage com a máquina?
Quais entradas ele precisa fornecer?



Input usuário

- Botões e botoeiras (NA, NF, bimanual, emergência)
- Chaves seletoras, interruptores
- Alavancas, câmbios
- Potenciômetros
- Joystick/mouse
- Teclado alfa-numérico
- Tela touch

<https://www.oceaenergia.com/blog/comandos-eletricos/comandos-eletricos-para-que-servem-e-aplicacoes/>



<https://www.zacobria.com/universal-robots-zacobria-3-dimension-robot-control-by-joystick-game-controller.html>



<https://www.romi.com/en/produtos/romi-c-series-4/>

Interface usuário

Quais informações ele deve visualizar?



Sinalização

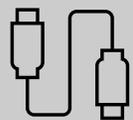
- Luzes (**emergência**, energizado, **em funcionamento**, **manutenção**)
- Avisos sonoros, sirenes (alertas, funcionamento)
- Vibração?
- Tela/Visores
 - com indicação de estados, variáveis
 - Analógico x digital
 - Mensagens de erro



<https://cablematic.com/en/products/industrial-signaling-tower-lamp-warning-traffic-light-with-red-orange-green-blue-led-lights-12-vdc-TD054/>



<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/automatizacao-e-robotica/maxima-automacao-industrial/produtos/servicos/painel-de-ihm>



Comunicação

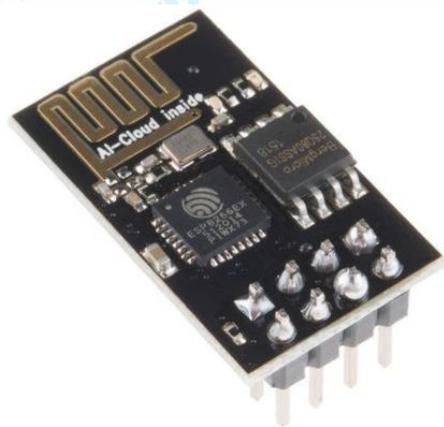
Como será feita a comunicação e armazenamento dos dados?

Onde estão o usuário ou os sensores?

Com ou sem fio?

Atenção aos efeitos do ambiente na transmissão (temperatura, vibração, campo eletromagnético)

Cuidado para não introduzir ruído no sinal dos sensores



Elétrica

(fios, USB, serial, ethernet cabo compensador de termopar...)

Fibra ótica

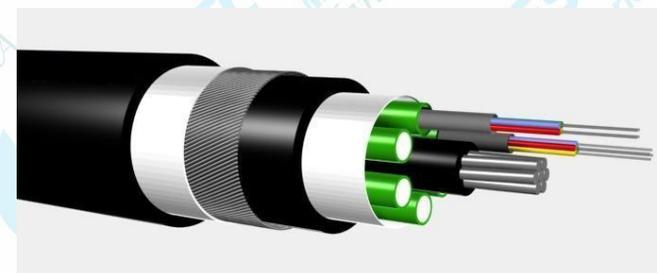
Radiofrequência

Infravermelho

Bluetooth

Internet, Wi-Fi

Ultrassom





Alimentação

Como será energizado o sistema?
Qual a potência requerida?
Qual a voltagem requerida?

- Tensão AC da rede
- Transformador AC
- Alternador/Gerador
- Fonte chaveada DC
- Bateria/Pilha
- Piezoelétrico
- Painel solar
- Combustível ou outra energia térmica
- Acionamento manual



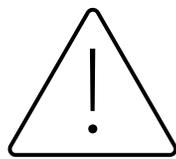
TEKKNO



<https://www.saladaeletrica.com.br/componentes-comandos-eletricos>



WEG



Segurança

Quais as normas de segurança?

Quais os regulamentos da empresa?

Quais possíveis riscos para as pessoas?

Quais os possíveis riscos para a máquina?

Quais os possíveis riscos para a produção?

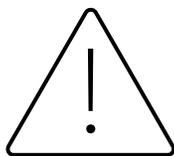
Como evitar os riscos?



<https://www.youtube.com/watch?v=0Y2793E-O2c> (Forte)



<https://www.asmaquinaspesadas.com/2012/01/fotos-de-acidentes-de-trabalho-com.html>



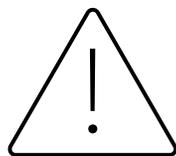
Segurança

- Disjuntor termomagnético (sobrecarga e curto circuito, reutilizável)
- Fusível (curto circuito, uso único)
- Fusível mecânico
- Relé térmico (sobrecarga)
- Diferencial Residual (DR)
- Dispositivo Proteção de Surtos (DPS)
- Aterramento
- Nobreak
- Estabilizador/Retificador

Atenção com resfriamento do sistema e dos componentes



Faça o dimensionamento correto da corrente nos disjuntores e fusíveis



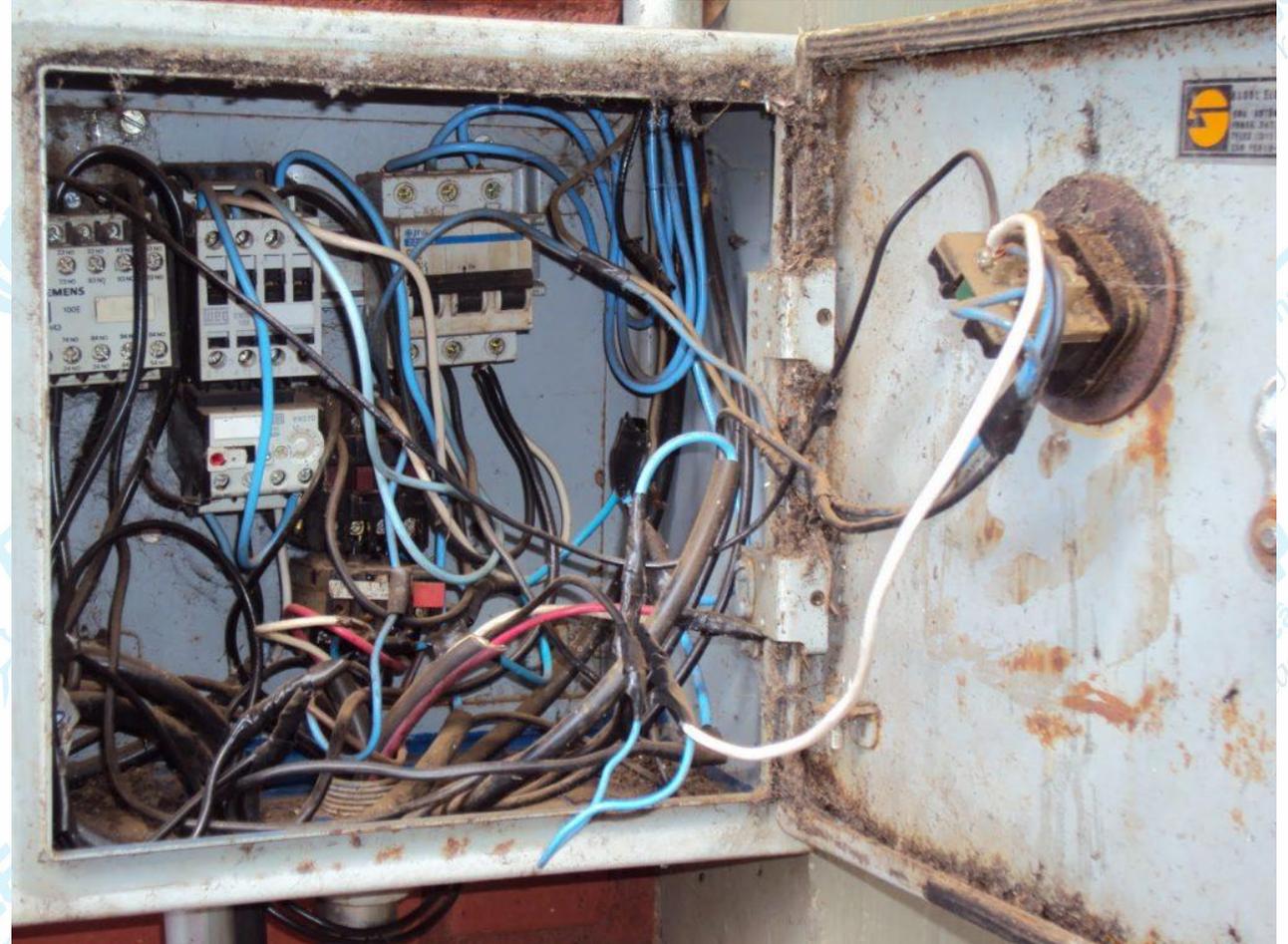
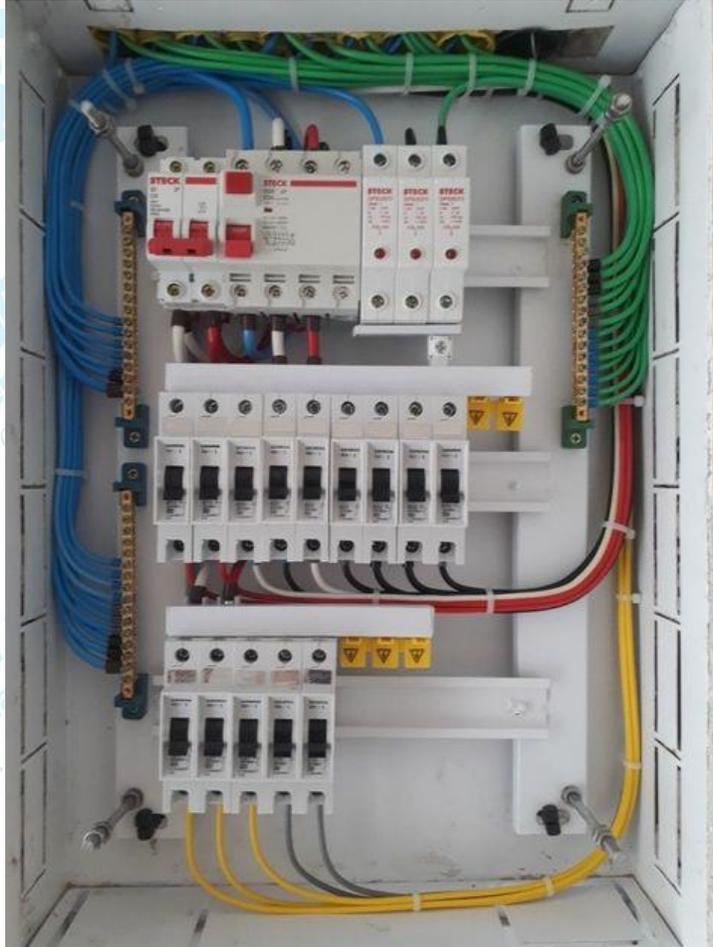
Segurança

- Botão de Emergência
- Bimanual
- Intertravamento
- “Homem morto”
- Sensor nas portas (óptico, magnético)
- Cortina de luz
- Sensor de sobrecarga



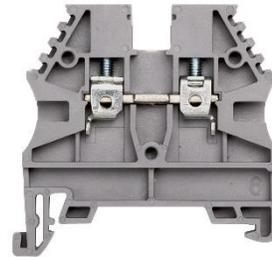
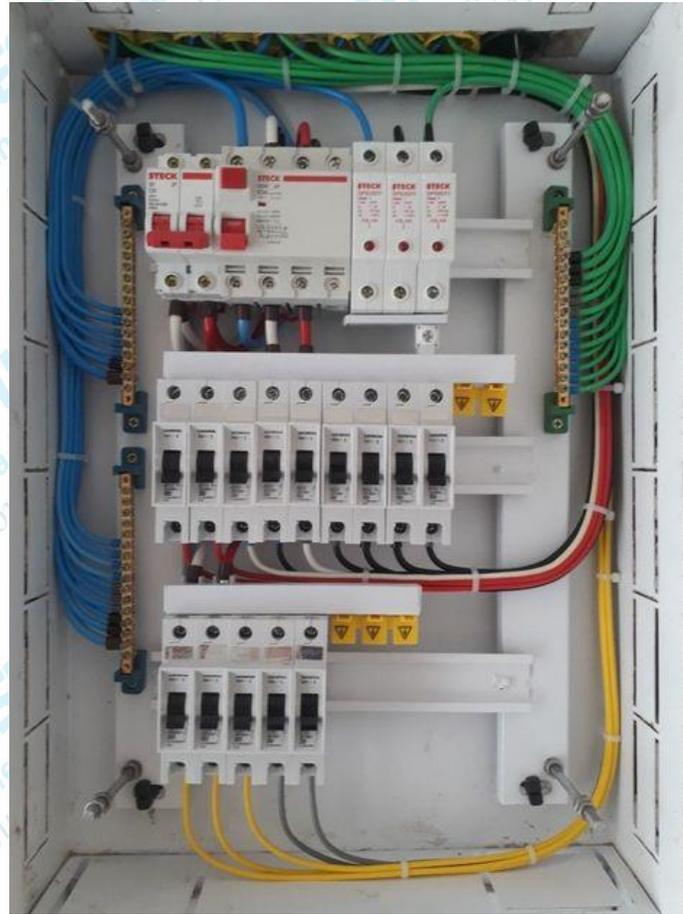
Organização

Como deixar organizado, fácil de usar e mais seguro?



Organização

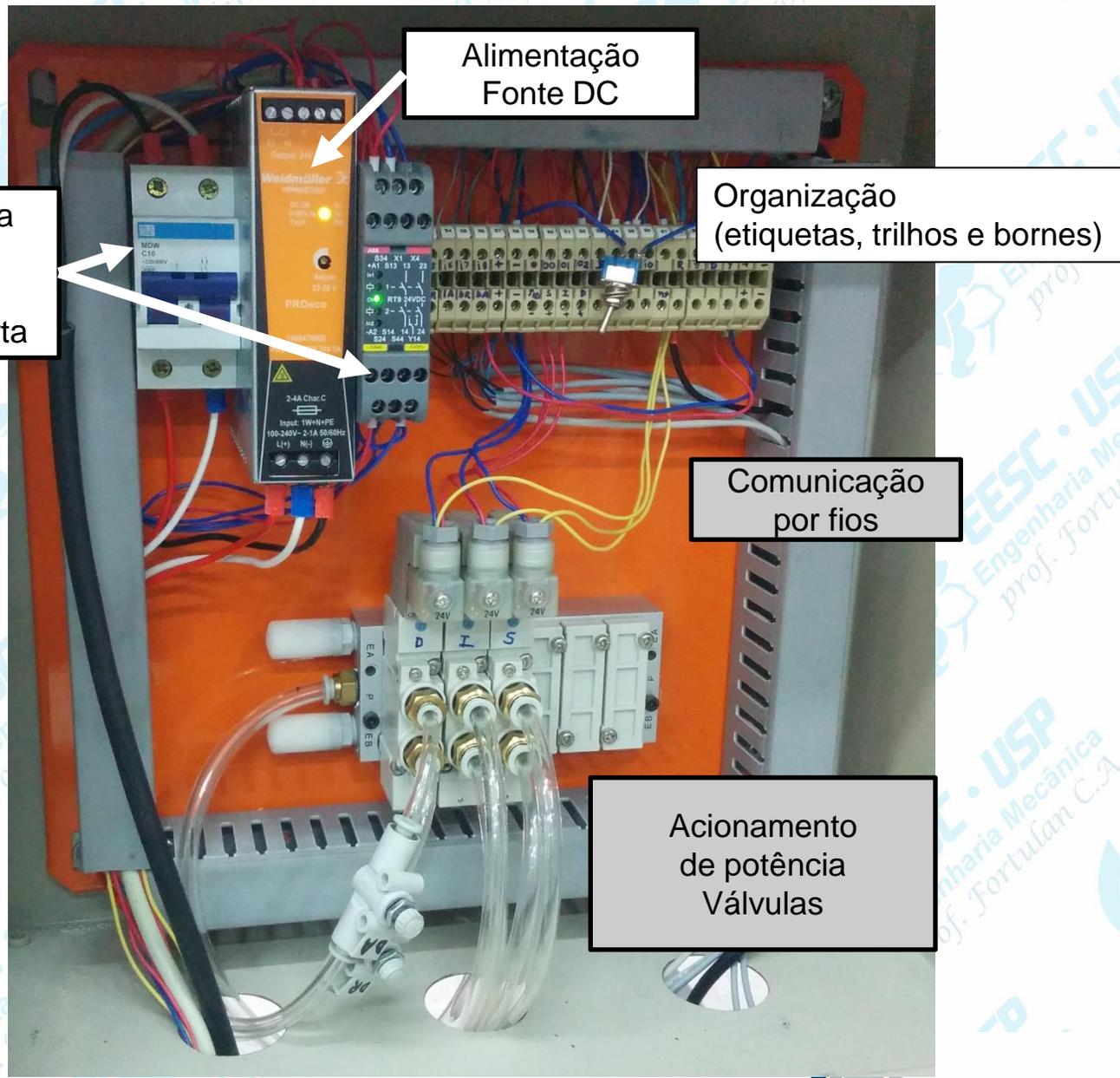
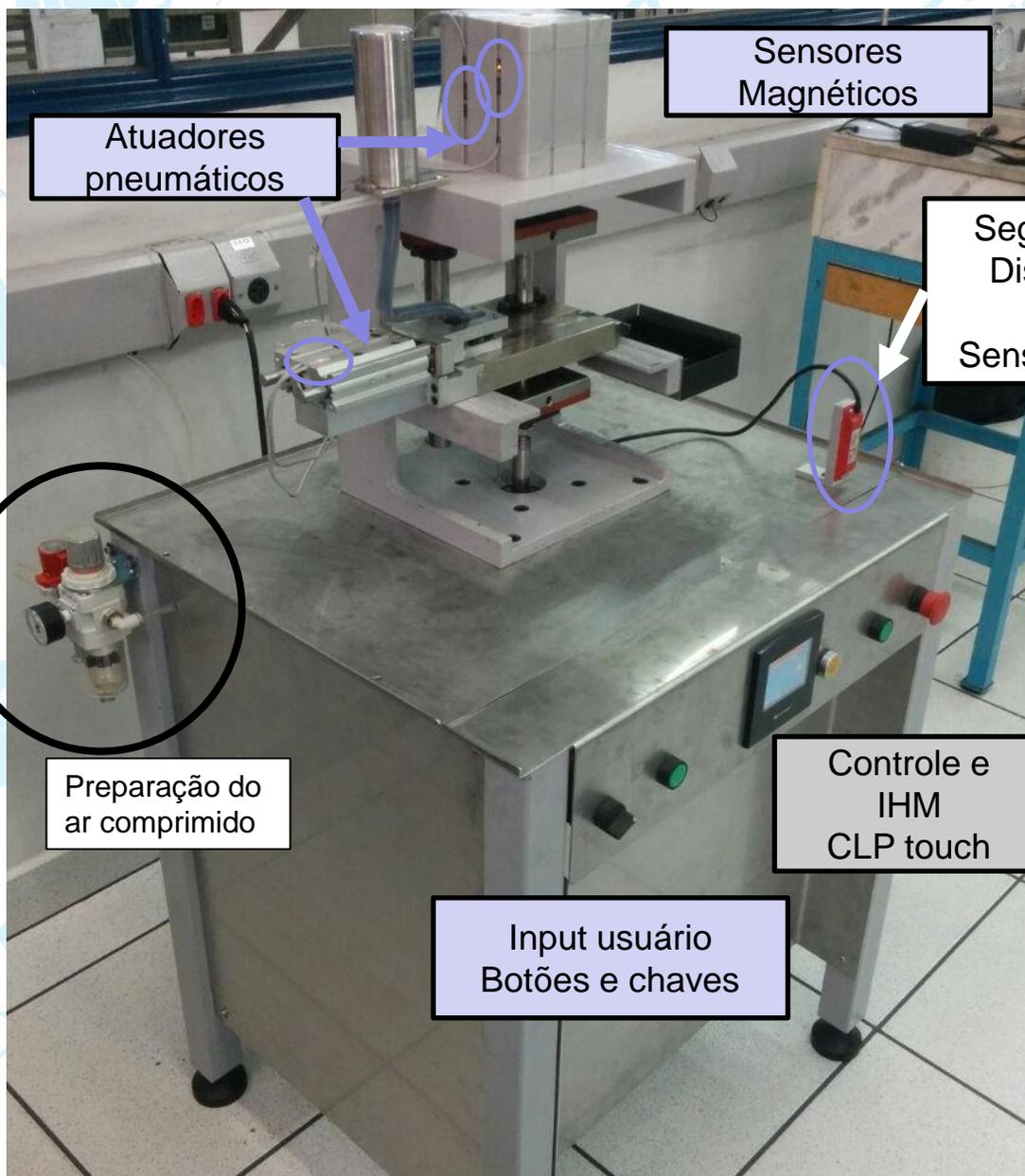
- Caixa de comando
- Cores de fios e etiquetas (cuidado com bitola dos fios)
- Bornes
- Trilhos e canaletas para fios
- Fios com terminais?
- Diagramas

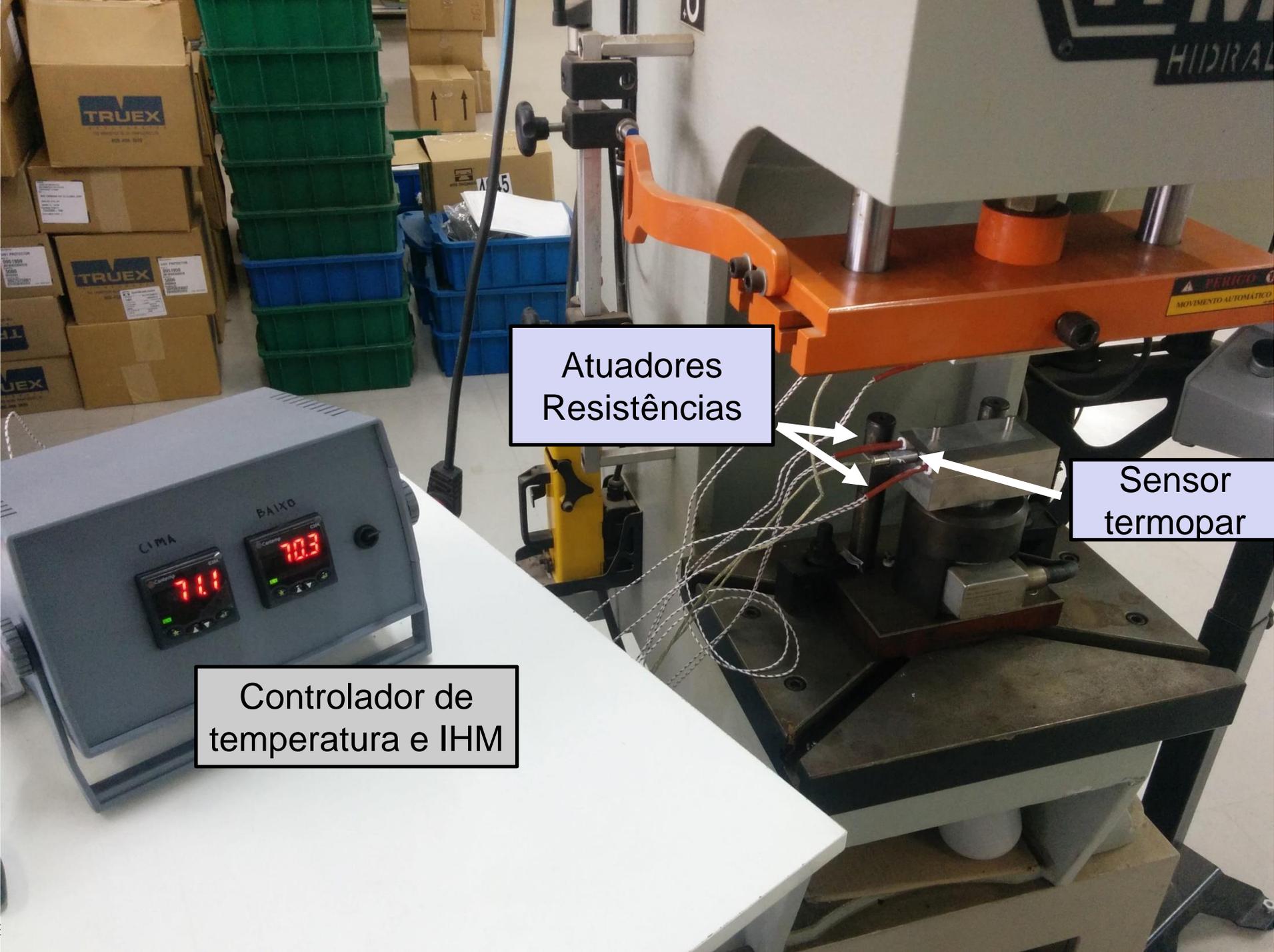


<http://instalamaiz.blogspot.com/2014/12/conectores-e-terminais-para-fios-e.html>



EXEMPLOS

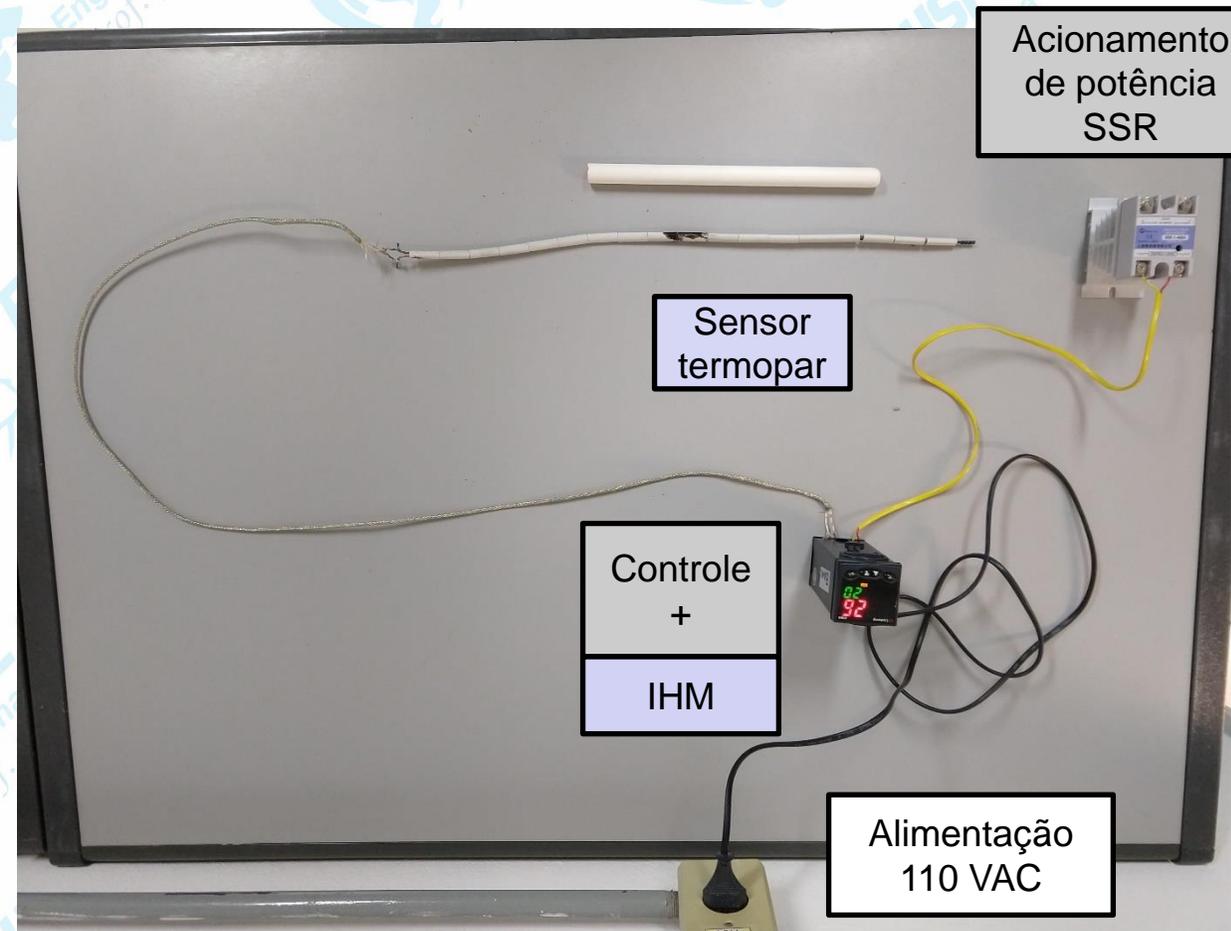


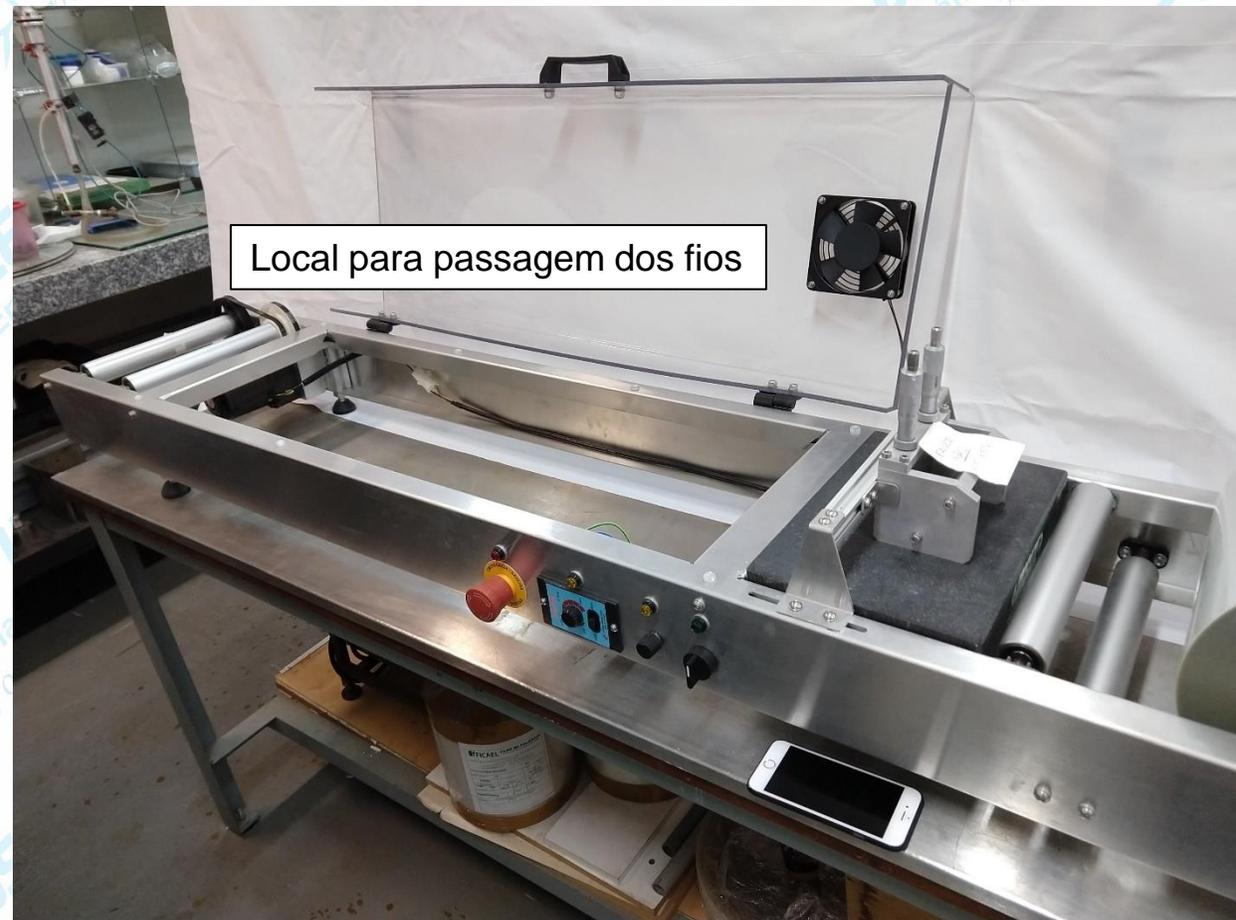
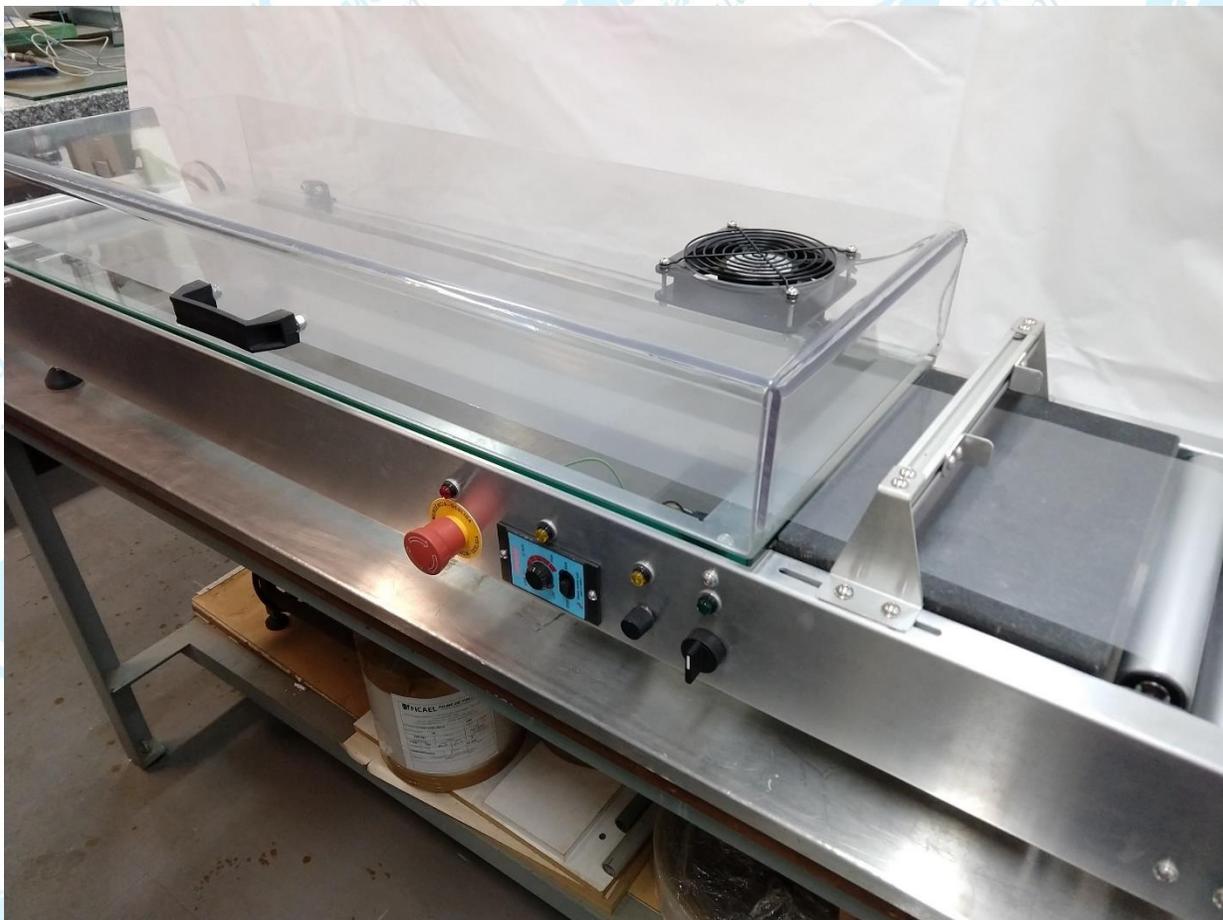


Atuadores Resistências

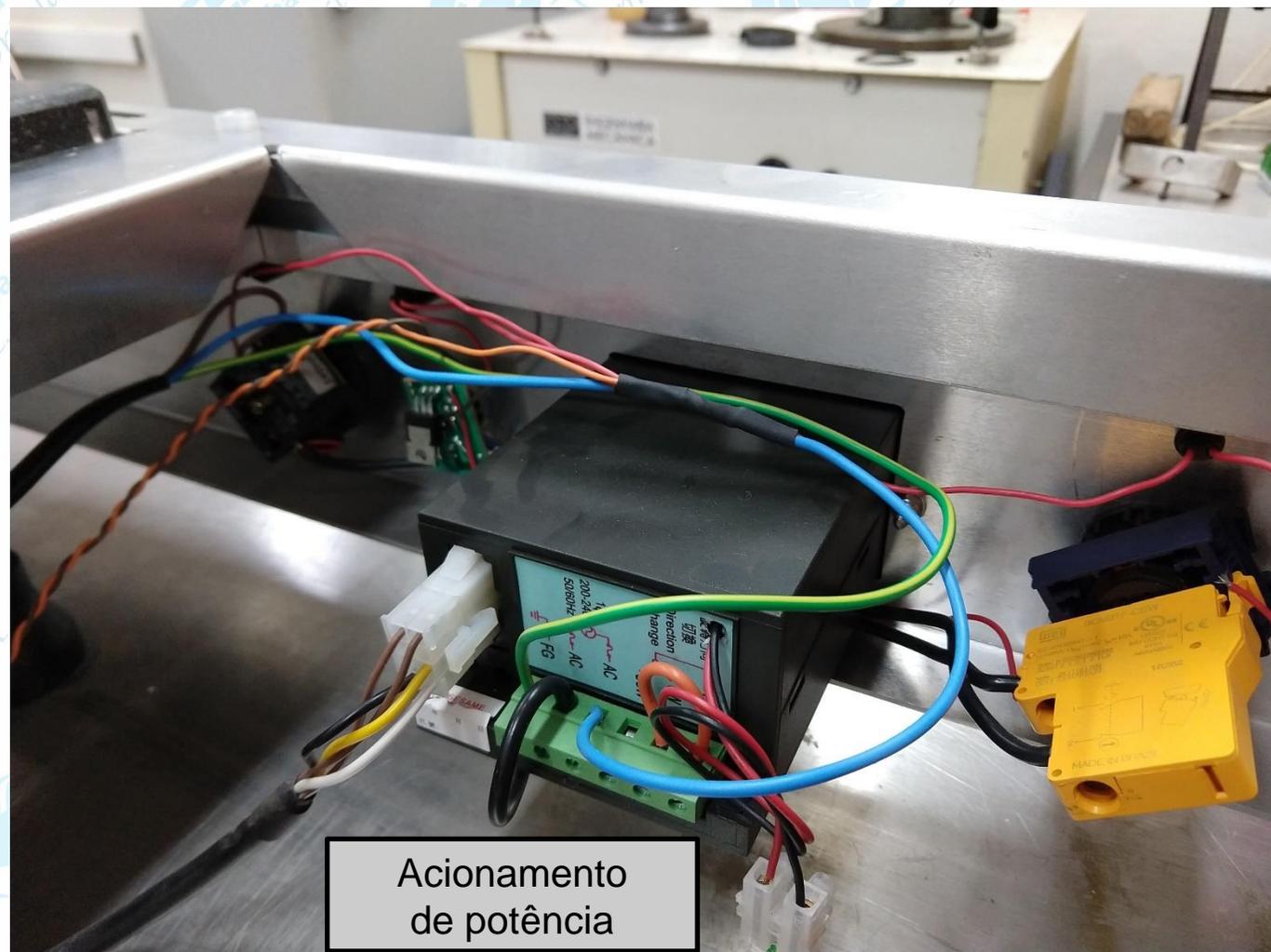
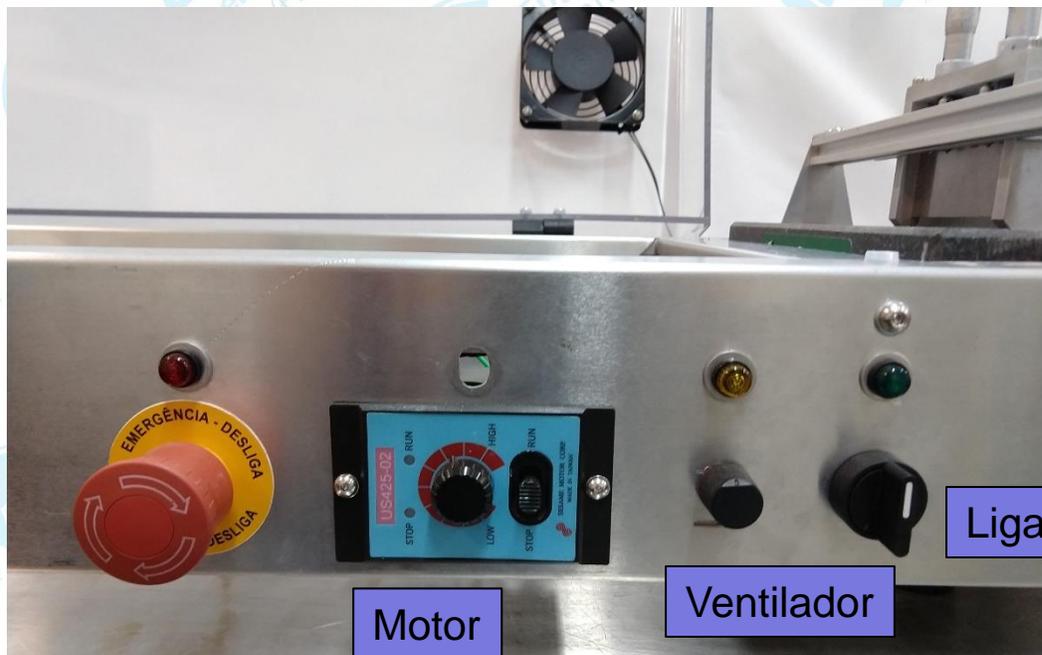
Sensor termopar

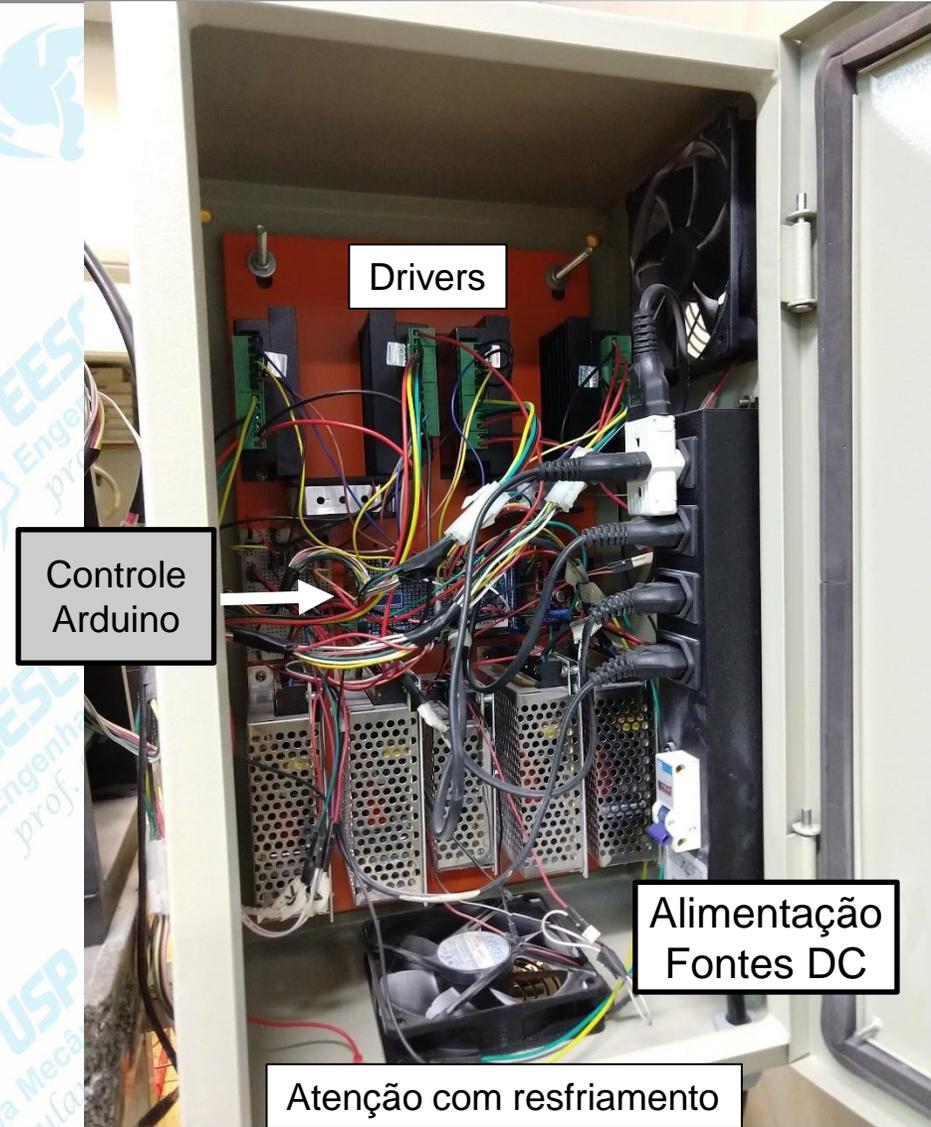
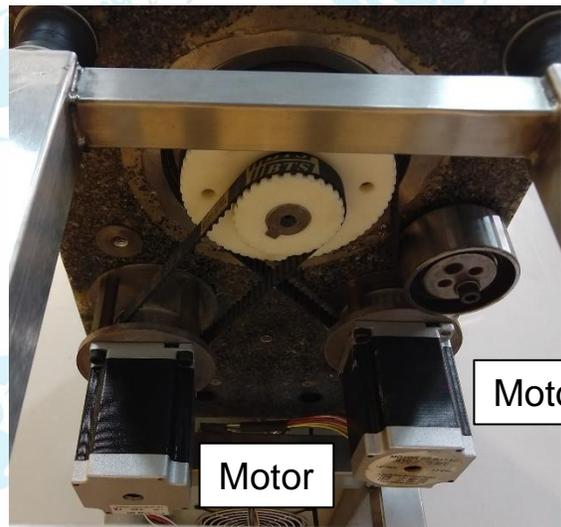
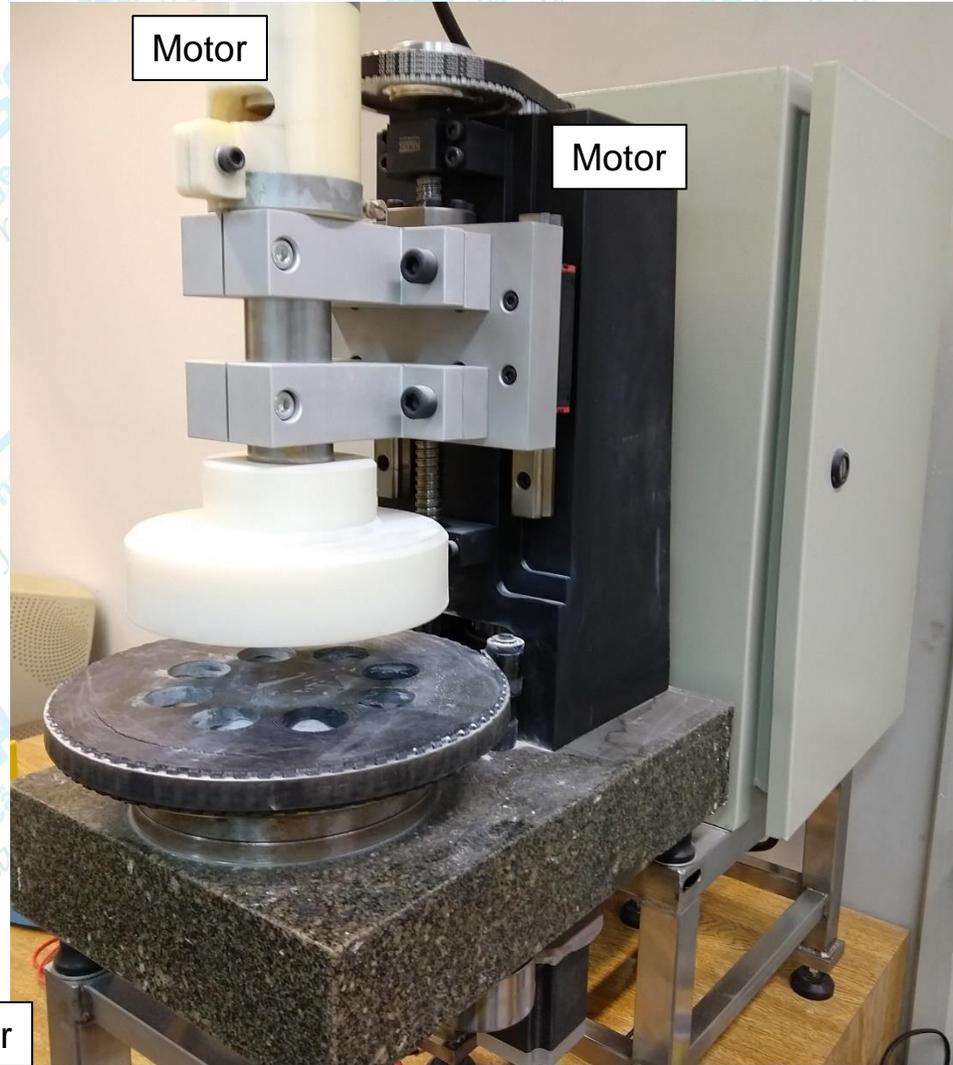
Controlador de temperatura e IHM

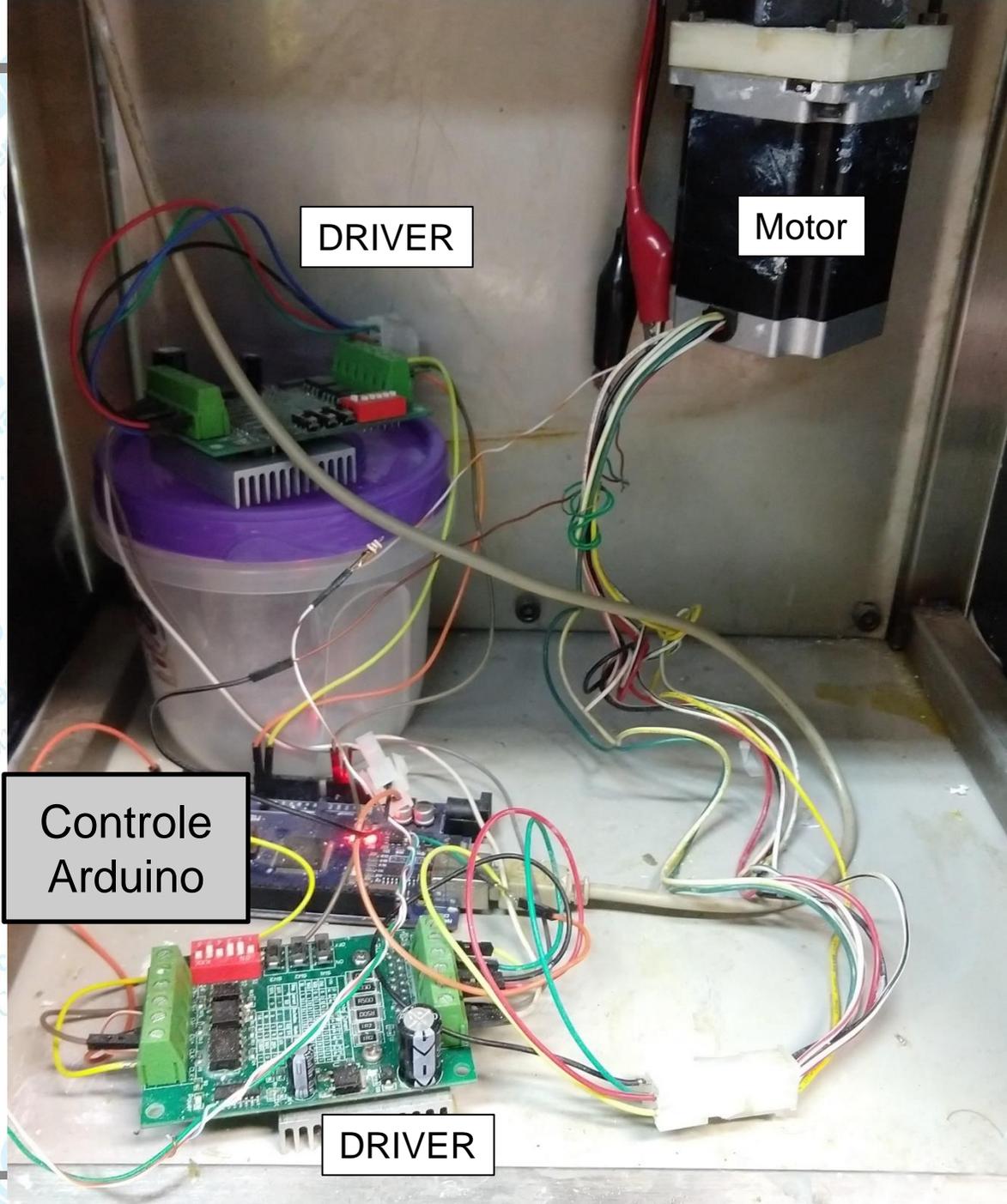
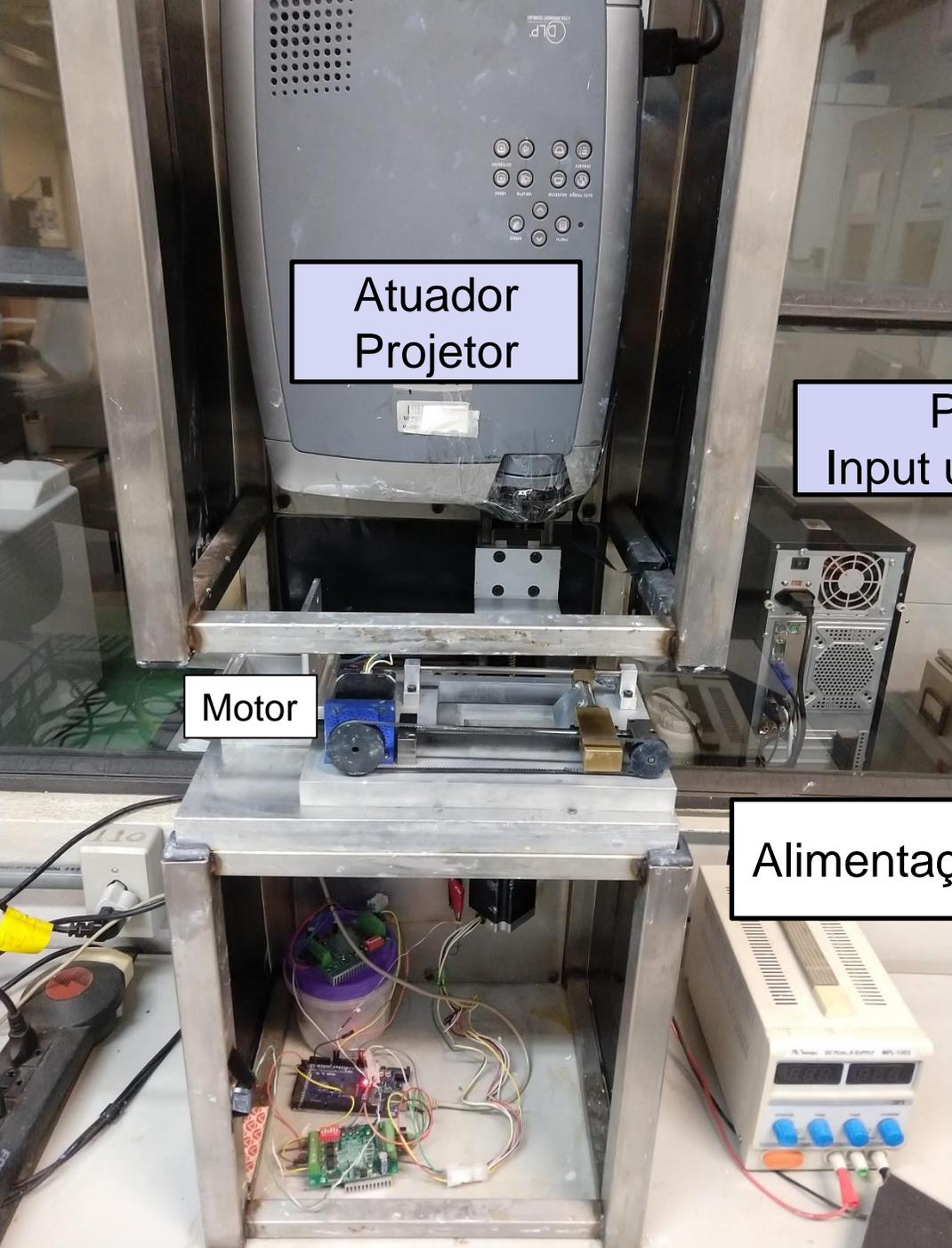


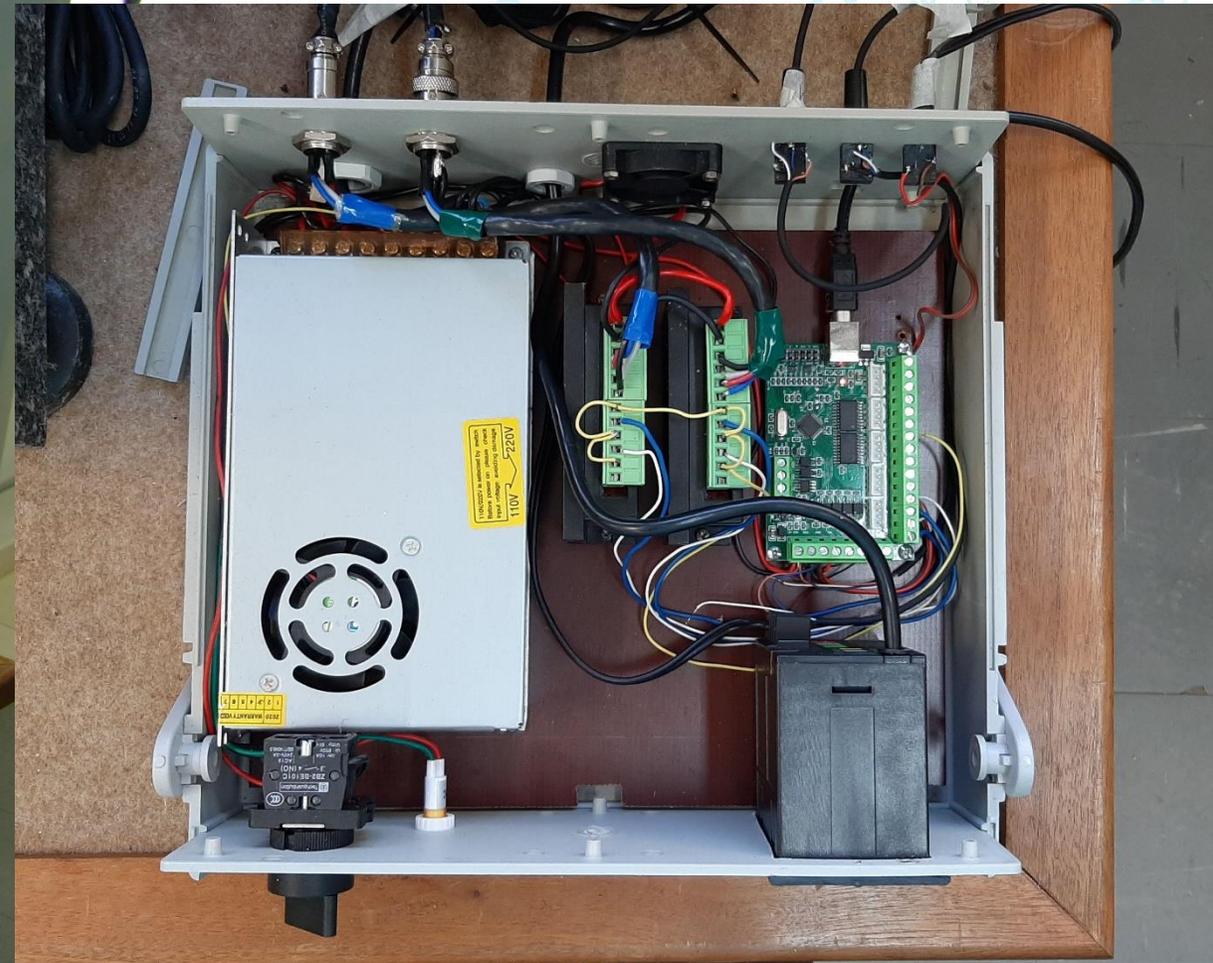


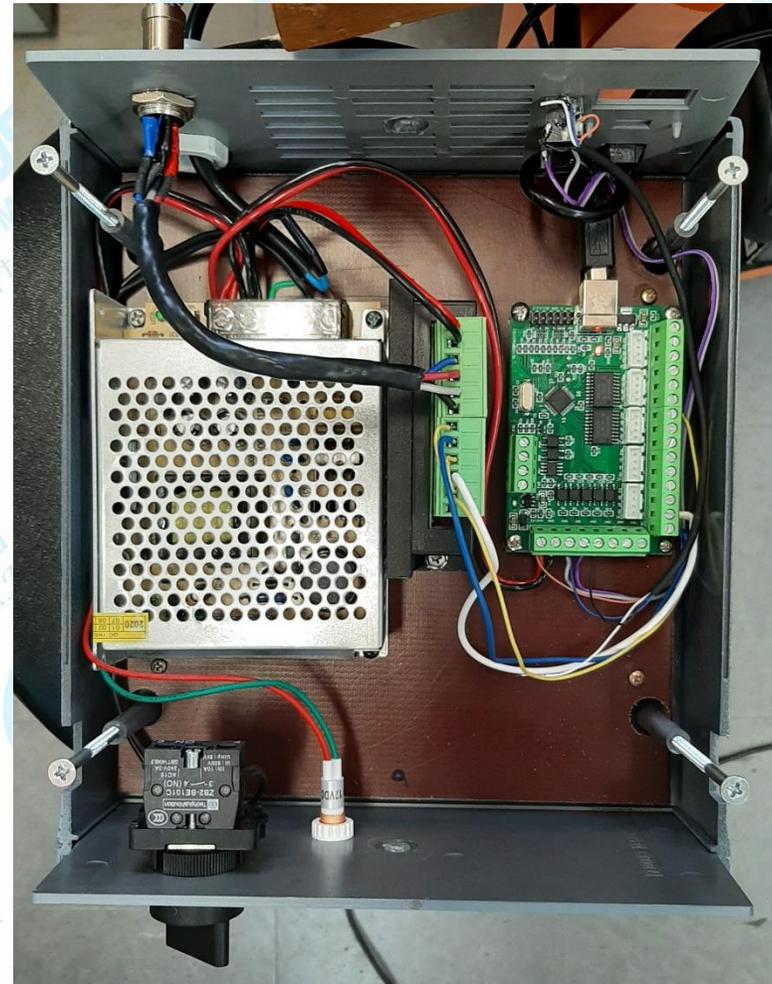
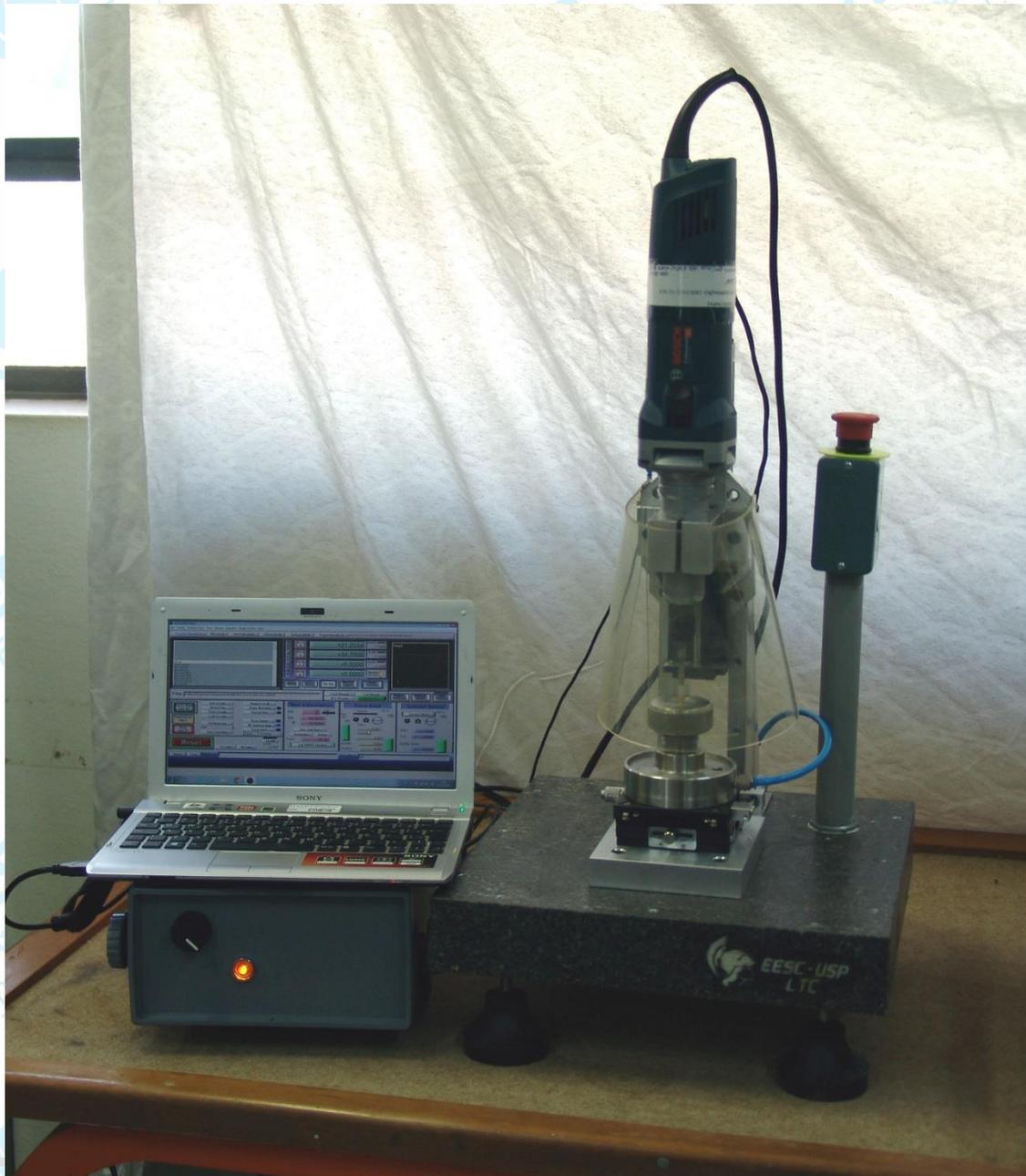
Local para passagem dos fios











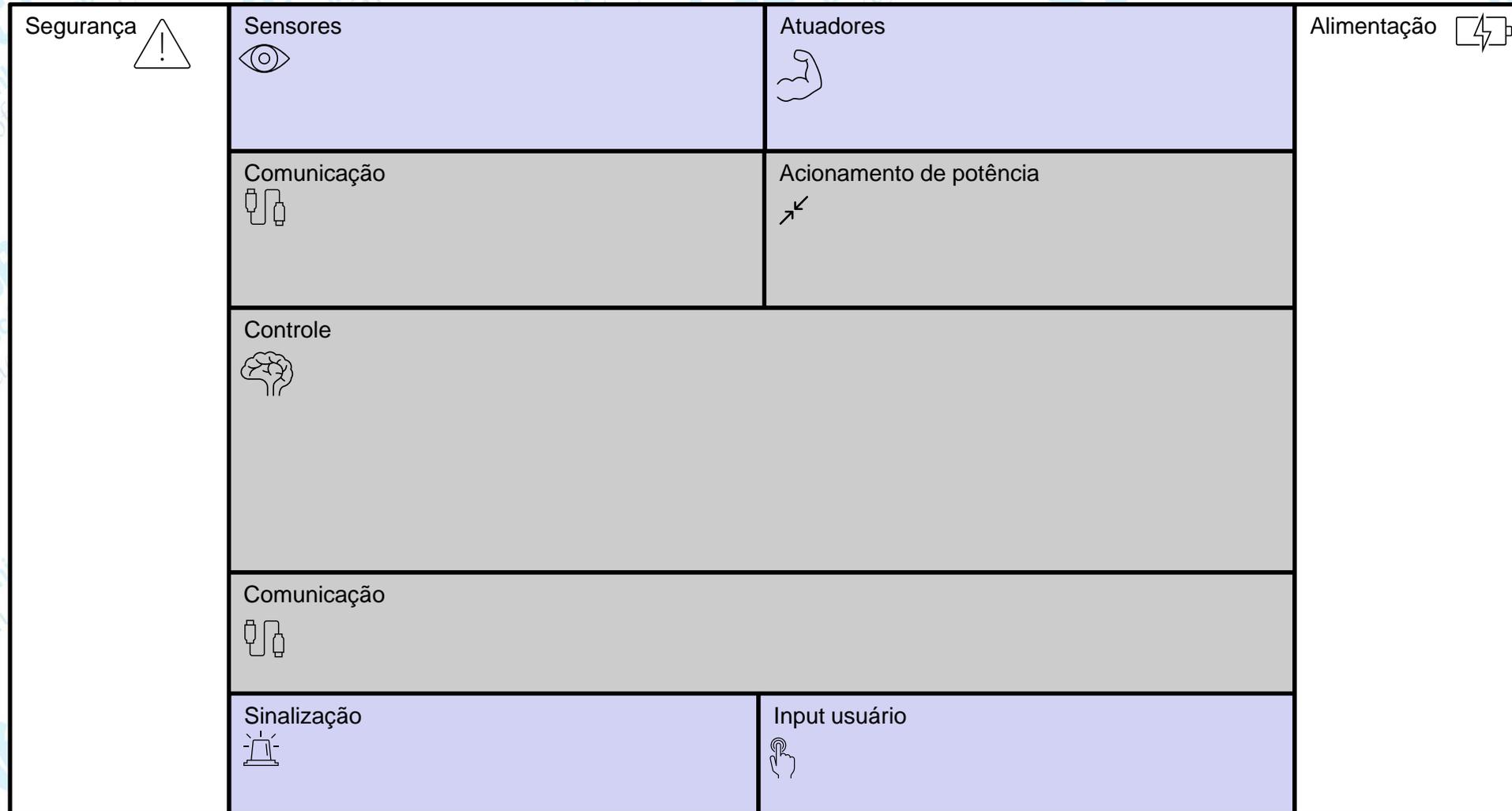
Exercício

Listar os componentes necessários para a sua máquina e colocar no esquema gráfico.

Justificar escolha

Desenhar um diagrama de como os componentes se interligam (Extra)

EXERCÍCIO



Referências

- ✓ <https://www.weg.net/institucional/BR/pt/> - SITE WEG
- ✓ Hakan Gurocak. Industrial Motion Control: Motor Selection, Drives, Controller Tuning, Applications.
- ✓ <https://www.tinkercad.com/> (Simulador Arduino)
- ✓ **Doebelin, E. O. System Dynamics, Modeling, Analysis, Simulation, Design**
- ✓ **Marcel Dekker, 2ª Edição, 1998**
- ✓ **DOEBELIN, E.O. Measurement Systems, Application and Design 4 Ed. McGraw-Hill, 1990.**
- ✓ **Balbinot, A.; Brusamarello, V. J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas. 2ª Edição. LTC, 2010.**
- ✓ **Balbinot, A. Instrumentação e fundamentos de medidas. Volume 2. Rio de Janeiro. LTC, 2007**
- ✓ **Aguirre, L. A. Fundamentos de Instrumentação. Pearson, 2013**
- ✓ **Manual Maker do Manual do mundo (bem básico, mas tem tutoriais interessantes para começar)**
https://www.youtube.com/playlist?list=PLYjrJH3e_wDNLUTN32WittrpBxeleEqNp
- ✓ **NR 10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE**
- ✓ **NR 12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

Referências

Normas de segurança

- - NBRISO12100 - Segurança de máquinas — Princípios gerais de projeto — Avaliação e redução de riscos
- - NBRISO4414 - Transmissão pneumática de potência — Regras gerais e requisitos de segurança para sistemas e seus componentes
- - NBRIEC60204-1 - Segurança de máquinas — Equipamentos elétricos de máquinas - Parte 1: Requisitos gerais
- - NBRISO13849-1 - Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Parte 1: Princípios gerais de projeto
- - NBRISO13849-2 - Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Parte 2: Validação
- - NBRISO13850 - Segurança de máquinas - Função de parada de emergência - Princípios para projeto
- - NBRISO13857 - Segurança de Máquinas - Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores e inferiores
- - NBRISO14119 - Segurança de máquinas - Dispositivos de intertravamento associados às proteções - Princípios de projeto e seleção
- - NBR16746 - Segurança de máquinas - Manual de instruções - Princípios gerais de elaboração
- - NBRIEC60947-5-5 - Dispositivos de manobra e controle de baixa tensão - Parte 5-5: Dispositivos e elementos de comutação para circuitos de comando - Dispositivos de parada de emergência elétrico com travamento mecânico
- - ABNT ISO/TR14121-2 - Segurança de máquinas — Avaliação de riscos - Parte 2: Guia prático e exemplos de métodos
- - NBRISO14159 - Segurança das máquinas — Requisitos de higiene para o projeto das máquinas