



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de São Carlos

RELATÓRIO FINAL - Grasp-e
Projetos II

João Lucas de Felício Pereira da Silva - 13678904

João Assuéro Rêgo de Alencar - 13678672

Jonathan Silva dos Santos - 13679328

Pedro Augusto Codognhoto dos Santos - 13679120

João Pedro Baltieca Garcia - 13679231

Vinicius Mori Sartor - 13678550

Alberto Resende Steinmetz - 13678800

Joaão Aires Corrêa Fernandes Marsicano - 12609971

Professor Adriano Almeida Gonçalves Siqueira

São Carlos

30 de Novembro de 2025

1. Desenhos CAD e fotos do protótipo

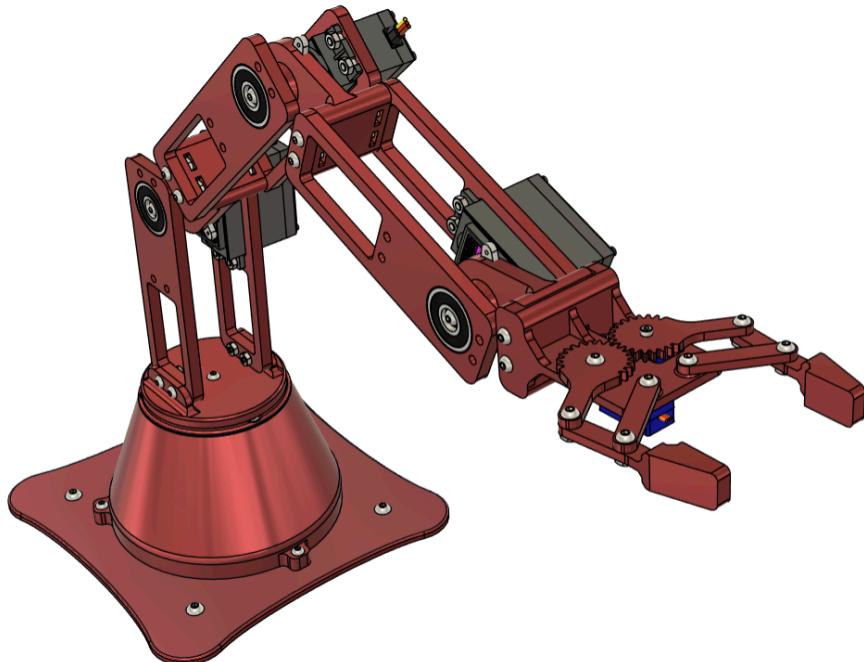


Figura 1: CAD do manipulador

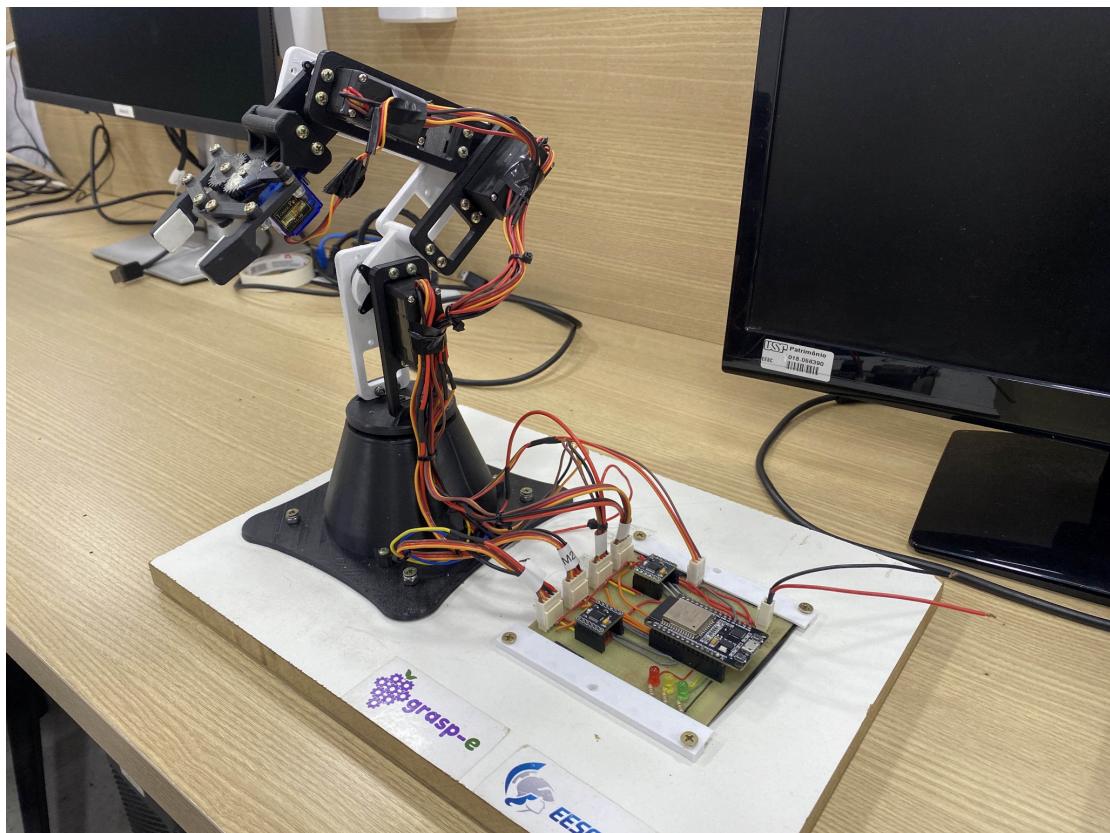


Figura 2: Protótipo do manipulador

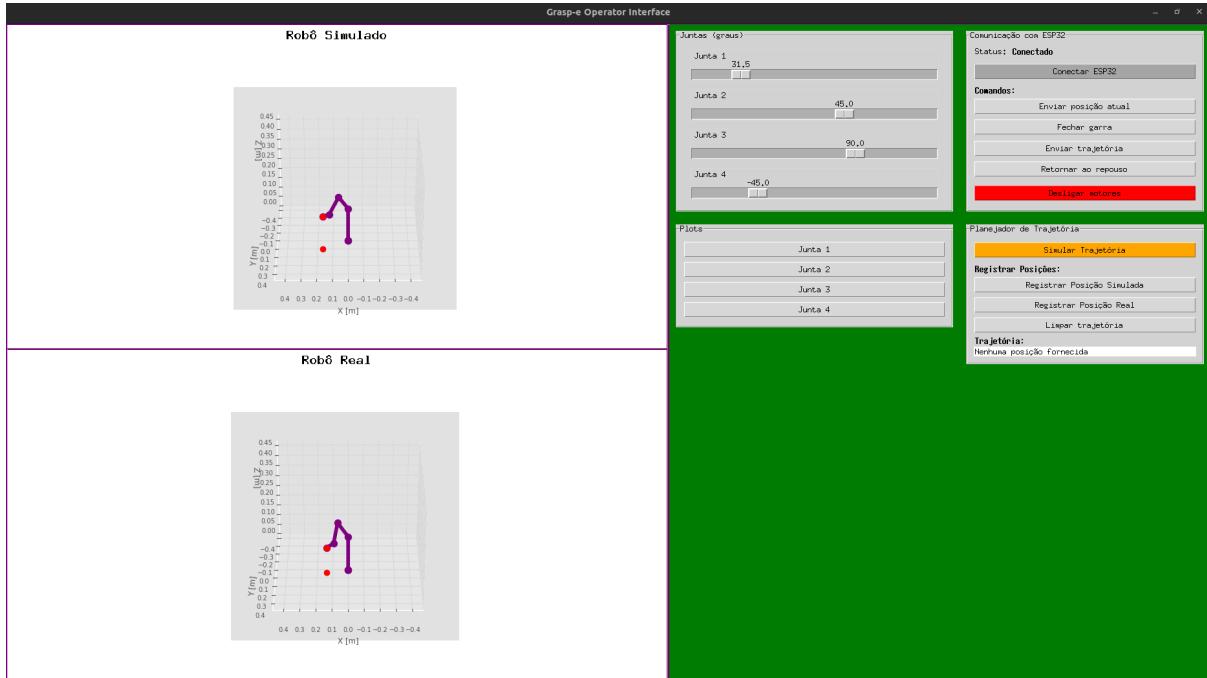


Figura 3: Estado final da interface gráfica

2. Descrição dos materiais utilizados

Mecânica:

- Peças impressas 3d com plásticos ABS e PLA
- Parafusos e porcas de diversos tamanhos
- Base de madeira

Eletrônica:

- Microcontrolador ESP32
- Servomotores mg996r e sg90
- Placa universal para circuito
- Conectores
- LEDs e resistores

É necessário usar também um computador e uma fonte de tensão regulável com 6 V e pelo menos 2 A de capacidade de output.

3. Diagrama eletrônico e de controle

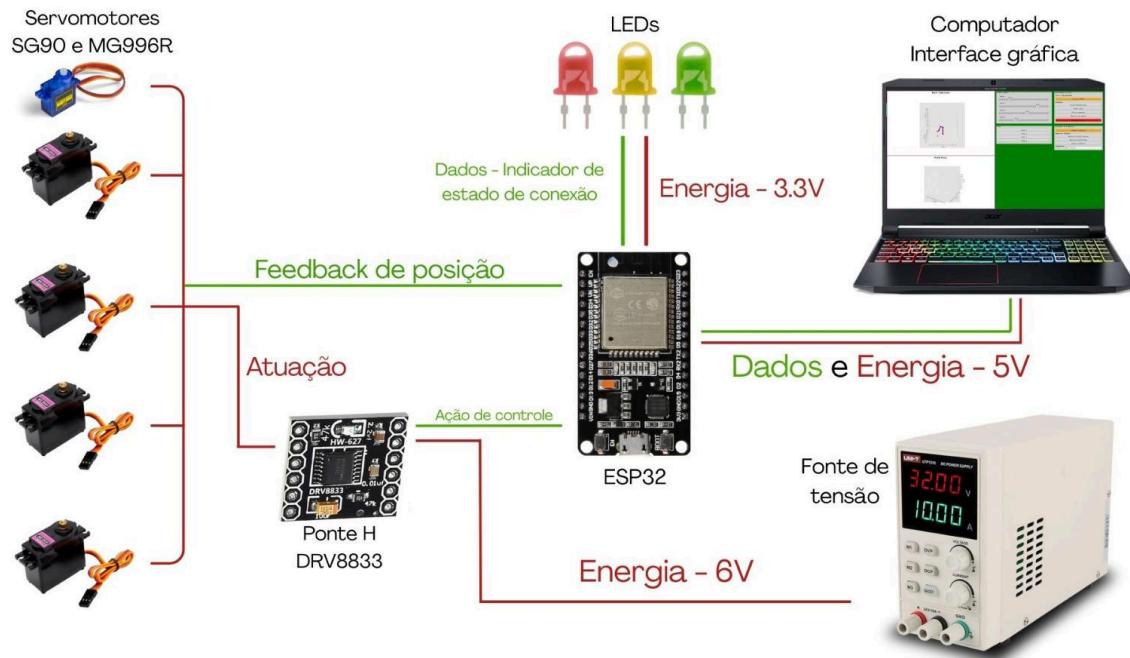


Figura 3: Diagrama eletrônico.

Acima podemos observar o diagrama elétrico do manipulador. Os motores de servos MG996R foram modificados, removendo as placas de controle de fábrica e soldando 5 novos cabos. Desses novos cabos, três referentes ao transdutor, o encoder resistivo (potenciômetro) e dois aos terminais dos motores.

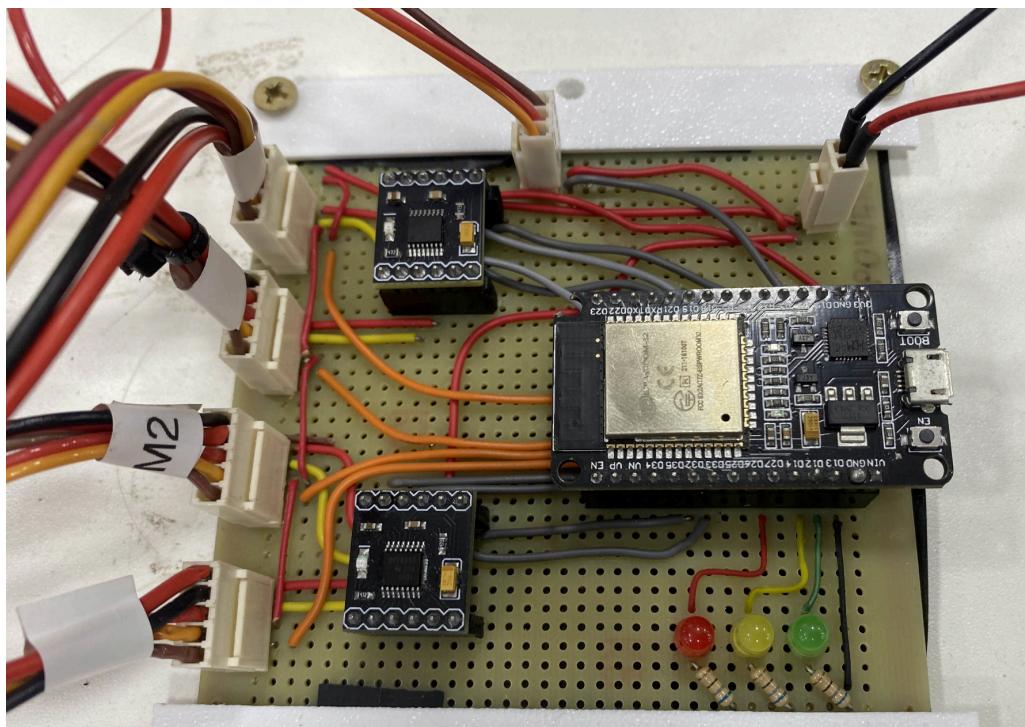


Figura 4: Placa de circuito do projeto

Na foto acima podemos observar a placa de circuito feita para o projeto. Ela foi elaborada usando uma placa perfurada e com roteamento manual das vias, conectando a ESP32 às duas pontes H, ao servo Sg90 e aos LEDs de estado. Podemos ver também a entrada de energia para os motores, que é separada da alimentação da ESP32, que é feita via USB.

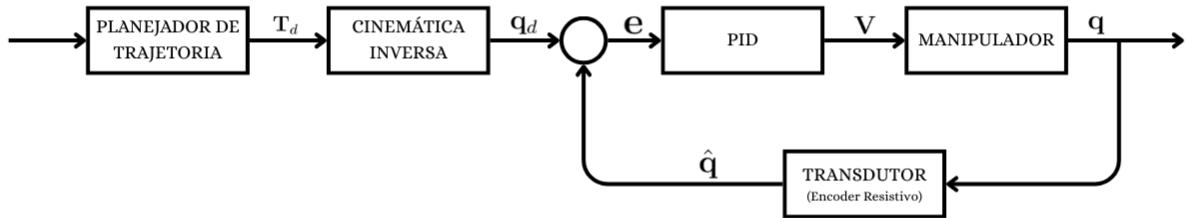


Figura 5: Diagrama de controle.

Na Figura 5 é apresentado o loop de controle do sistema. Nele, T_d e q_d representam, respectivamente, as posições desejadas no espaço de trabalho e no espaço de juntas; V corresponde à tensão aplicada ao atuador, que também pode ser interpretada como a ação de controle; e q e \hat{q} são, respectivamente, a posição real e a posição estimada das juntas.

No projeto, optamos por implementar um controle PID diretamente no espaço de juntas. Nesse esquema, um planejador de trajetória fornece posições no espaço de trabalho e, por meio da cinemática inversa, obtém-se as posições desejadas das juntas, que por sua vez servem de referência para o controlador PID.

Complementando os dois diagramas, o diagrama do código (Figura 6) ilustra como as informações e os módulos do microcontrolador e do computador se comunicam entre si.

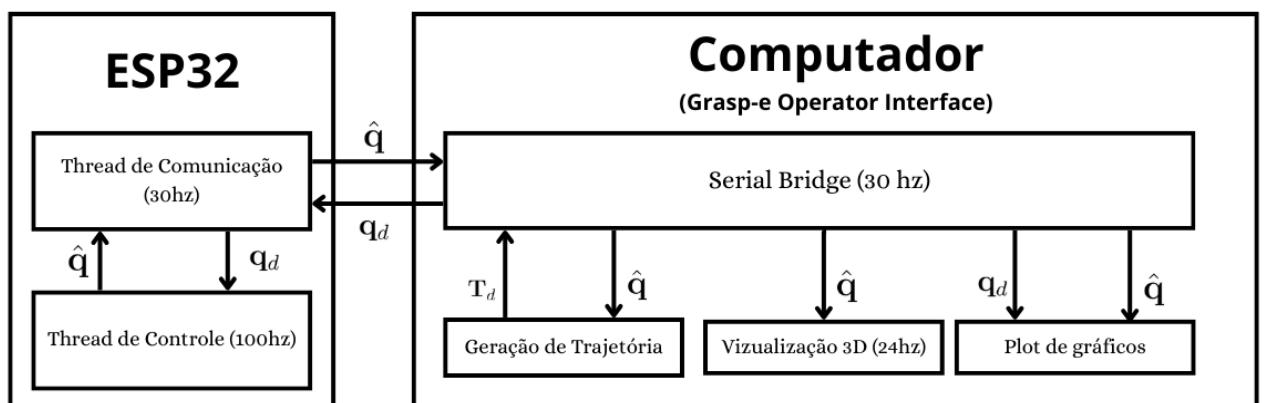


Figura 6: Diagrama do código e da comunicação.

4. Link para os vídeos e para os códigos

Códigos:

<https://github.com/JPBG-USP/graspe-v3>

Vídeos e imagens:

 Multimidia