

IMPLEMENTAÇÃO DO MICRO-ROS NA ESP32-S3: AVANÇOS E APLICAÇÕES EM ROBÓTICA MÓVEL

MADANA N'BANA¹; ISAAC VICTOR CAMPELO DE SOUZA²; LORENZZO VILELA DA SILVA³; DANIELLE MARTINS DECKER⁴

MARCELO LEMOS ROSSI⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – madananbana5@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – isaacvcampelo@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – lezandrosrw@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas – daniellemrtsdecker@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas – marcelo.rossi@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Existem várias teorias que tentam demonstrar como ocorre o processo de aprendizado. Dentre elas podemos destacar algumas:

A teoria de Vygostky (1987, apud LAMPREIA, 1999), que indica que o aprendizado passa por um papel do social, em que “a formação de conceitos científicos se dá na escola a partir da cooperação entre o aluno e o professor que, trabalhando com o aluno, explica, dá informações, questiona, corrige e faz o aluno explicar”. Em outras palavras, o aprendizado de um indivíduo contido em um grupo social irá aprender o que seu grupo produz, ou seja, o conhecimento surge primeiro no grupo e, então é interiorizado pelo indivíduo.

A teoria de CARL ROGERS (apud MOGILKA, 1999) indicando que o aprendizado experimental, considera que “uma ação pedagógica só é efetivamente democrática quando se baseia no interesse genuíno, na necessidade e na motivação intrínseca do indivíduo”. Assim, de acordo com Rogers, a motivação é um fator essencial para o aprendizado bem-sucedido.

Por fim, podemos apresentar a visão de aprendizado de Paulo Freire que, de acordo com GADOTTI (1999, apud ALBINO, 2003) indica que o educador e educando aprendem juntos numa relação dinâmica, na qual a prática é orientada pela teoria, que reorienta essa prática, num processo de constante aperfeiçoamento.

A ideia trazida por esses três estudiosos do processo de aprendizado se resume em: O trabalho em grupo (o orientador e seus orientados) produz e dissemina o conhecimento no grupo; o interesse do aluno é fundamental no aprendizado; e prática é necessária para o aprendizado, sendo a teoria ligada a essa prática. Com isso em mente montou-se um grupo com objetivos de colocar em prática o aprendizado. Neste grupo, formado por alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação, surgiu o interesse de trabalhar com robótica e, com isso, iniciou-se estudos e desenvolvimentos de técnicas capazes de desenvolver um sistema robótico.

A motivação se deve ao crescente desenvolvimento de sistemas robóticos embarcados que vem ganhando destaque na área de automação, especialmente com o avanço de microcontroladores como o ESP32-S3, que alia baixo custo, conectividade Wi-Fi/Bluetooth e recursos de inteligência artificial. A integração desse microcontrolador ao ecossistema ROS 2 (Robot Operating System) por meio do Micro-ROS permite que dispositivos embarcados participem de arquiteturas

robóticas distribuídas e escaláveis, possibilitando aplicações em robôs móveis, drones e sistemas autônomos.

2. ATIVIDADES REALIZADAS

Inicialmente o grupo realizou um estudo das plataformas robóticas mais utilizadas, verificando que a plataforma ROS (*Robot Operating System*). Com o objetivo inicial de desenvolver uma plataforma robótica móvel ficamos interessados na sua variante, o micro-ROS.

O Micro-ROS é uma adaptação do ROS 2 para microcontroladores com recursos limitados, baseada no Micro XRCE-DDS (eXtremely Resource Constrained Environment DDS). Ele oferece suporte à comunicação entre dispositivos embarcados e nós ROS 2 tradicionais, mantendo compatibilidade com os padrões do ROS 2, como o uso de tópicos, serviços e ações (MICRO-ROS, 2024a).

Segundo o projeto oficial, o Micro-ROS visa "levar o ROS 2 para o mundo dos microcontroladores", promovendo integração nativa com RTOSs e sistemas bare-metal, como FreeRTOS, NuttX, Zephyr e o ambiente ESP-IDF (MICRO-ROS, 2024a).

Como microcontrolador que irá embarcado na plataforma robótica foi escolhido o ESP32-S3. O ESP32-S3, fabricado pela Espressif Systems, é um microcontrolador dual-core Xtensa LX7 com suporte a vetores de aceleração para aplicações de IA, memória RAM de até 512 KB, e conectividade Wi-Fi + Bluetooth LE (ESPRESSIF, 2024). Seu uso é ideal para aplicações embarcadas em que há necessidade de processamento paralelo leve baixo consumo de energia e comunicação sem fio, características comuns em robôs móveis e dispositivos IoT.

Após alguns estudos foi realizada a integração do Micro-ROS com o ESP32-S3 utilizando `espidf_component`, permitindo que o Micro-ROS seja compilado e executado como componente dentro do framework ESP-IDF. O processo segue os seguintes passos: 1 – Instalação da ESP-IDF e dependências via `idf.py`; 2 – Inclusão do Micro-ROS como submódulo via CMake; 3 – Configuração da transport layer (serial, Wi-Fi ou UDP); e 4 – Implementação do executor Micro-ROS com callbacks de publishers e subscribers.

Segundo o repositório oficial (MICRO-ROS, 2024b), há suporte completo à ESP32-S3 com exemplos prontos de comunicação ROS 2 via UDP, incluindo publicadores de sensores, IMUs e controle de atuadores.

Após algumas avaliações e teste verificou-se que A utilização da ESP32-S3 com Micro-ROS é promissora em aplicações de robótica móvel devido à capacidade de embarcar sensores (IMU, ultrassônicos, encoders), comunicação via Wi-Fi com a estação ROS 2 e execução local de rotinas de controle em tempo real. Alguns exemplos de aplicações previstas são:

- Controle de velocidade com feedback de encoder usando um nó subscriber de comandos e publisher de velocidade real.
- Desvio de obstáculos com sensores ultrassônicos publicando distância via Micro-ROS e nó ROS 2 fazendo a decisão de trajetória.
- Navegação em linha usando câmera com ESP32-CAM (integrável via I2C/UART ao ESP32-S3).

Apesar das vantagens apresentadas por esta combinação, a integração exige cuidados com: gerenciamento de memória (heap limitado no ESP32-S3); sincronização de tempo, necessária para integração com SLAM e navegação; e latência da comunicação Wi-Fi em ambientes ruidosos.

Além disso, alguns recursos do ROS 2 (como nodes complexos e transformações TF) não estão disponíveis diretamente no Micro-ROS, exigindo divisão clara entre o processamento embarcado e a estação base ROS 2.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do Micro-ROS na ESP32-S3 representa um avanço significativo para robótica de campo, sistemas distribuídos e soluções de baixo custo com alto potencial de aplicação. Essa integração permite que dispositivos pequenos e baratos se conectem ao ecossistema ROS 2, ampliando horizontes na pesquisa e na indústria.

Espero que, essa implementação, vai além de uma simples aplicação técnica, que representa uma ferramenta de transformação na minha formação como engenheiro, me preparando para o futuro da automação inteligente e da robótica conectada. Também que amplia minha capacidade analítica, prática e inovadora, essencial para resolver os desafios complexos da Engenharia de Controle e Automação no século XXI.

3.1. IMPACTOS NA FORMAÇÃO DOS PARTICIPATES DESTE PROJETO

Espera-se que a implementação do Micro-ROS no ESP32-S3 possa trazer impactos profundos e positivos na formação dos participantes do projeto como Engenheiro de Controle e Automação, tanto no aspecto acadêmico quanto profissional, como por exemplo: consolidação de Conhecimentos Interdisciplinares; desenvolver uma visão sistêmica sobre como diferentes camadas tecnológicas se integram para formar sistemas autônomos; Integrar conceitos de Automação e Controle (PID, sistemas em malha fechada, modelagem dinâmica), eletrônica embarcada (microcontroladores, sensores, atuadores); redes de comunicação e IoT (Wi-Fi, MQTT, DDS), Engenharia de Software (sistemas distribuídos, tempo real, programação em C/C++); além de preparar para novas capacitações como Robótica Moderna e Indústria 4.0, de forma que possam trabalhar com robôs autônomos móveis, sistemas ciberfísicos industriais, veículos inteligentes e drones, controle descentralizado e edge computing.

Espera-se, também, que com o desenvolvimento de projetos práticos e reais forneça experiência prática com sistemas embarcados, através da construção de protótipos de baixo custo com aplicações reais como: carrinhos autônomos; braços robóticos controlados remotamente; sistemas de monitoramento.

Desejamos, com a conclusão desse projeto, o enriquecimento curricular, proporcionando materiais que permitam demonstrar em estágios ou entrevistas de emprego, além de possibilitar aproximação de Comunidades Internacionais que permitam a participação e contribuição em com projetos open-source, participar de fóruns internacionais (como ROSCon), ter acesso a oportunidades de colaboração e pesquisa no exterior; Ter um diferencial profissional a ser apresentado no mercado de trabalho; e ter uma base para Iniciação Científica e Pós-Graduação, possibilitando a abertura de portas para uma carreira acadêmica sólida e inovadora.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, Ayrán Lavra. A escola na internet: uma parceria entre o ensino presencial e o ensino a distância. 2003. **Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção)** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ESPRESSIF. ESP32-S3 Technical Reference Manual. 2024. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32-s3>. Acesso em: 21 jul. 2025.

LAMPREIA, Carolina. Linguagem e atividade no desenvolvimento cognitivo: algumas reflexões sobre as contribuições de Vygotsky e Leontiev. Porto Alegre, v. 12, n. 1, 1999.

MICRO-ROS. Micro XRCE-DDS – Middleware architecture. micro-ROS official documentation. 2024a. Disponível em: https://micro.ros.org/docs/concepts/middleware/Micro_XRCE-DDS/. Acesso em: 06 ago. 2025.

MICRO-ROS. Micro-ROS for ESP32. GitHub repository, 2024b. Disponível em: https://github.com/micro-ROS/micro_ros_esp32_component. Acesso em: 21 jul. 2025.

MOGILKA, Maurício. Autonomia e formação humana em situações pedagógicas: um difícil percurso. São Paulo, v. 25, n. 2, 1999