

INTRODUÇÃO

Pergunta-problema:

Como a tecnologia pode apoiar **bibliotecárias** na organização e recomendação de livros?



Este projeto busca responder a essa questão por meio do desenvolvimento e avaliação de um **robô autônomo para otimizar a organização e recomendação de livros em bibliotecas de grande porte**. O sistema é projetado para aprimorar a gestão do acervo, facilitando a catalogação e a localização de exemplares. Além disso, a tecnologia possibilita a interação com os usuários por meio de recomendações personalizadas, tornando o acesso à informação mais rápido, preciso e eficiente.

PARA CONTEXTO BRASILEIRO

O avanço da robótica e da inteligência artificial (IA) tem transformado a organização de acervos em bibliotecas ao redor do mundo. No entanto, no contexto brasileiro, a adoção dessas tecnologias ainda é limitada devido a **restrições orçamentárias** e à **ausência de políticas públicas voltadas para a modernização das bibliotecas**.

Este estudo investiga a viabilidade da implementação de robôs autônomos e sistemas de recomendação baseados em IA em **bibliotecas públicas e acadêmicas no Brasil**, com enfoque em **soluções de baixo custo e acessíveis**. A proposta visa aprimorar a organização, catalogação e localização de livros, além de proporcionar recomendações personalizadas aos usuários, otimizando a gestão do acervo e a experiência de pesquisa.

ANÁLISE

O desenvolvimento do projeto foi estruturado em duas etapas principais. A primeira concentra-se na **estrutura física do robô**, responsável por sua navegação autônoma e identificação de livros por meio de **sensores RFID e LiDAR**. Nessa fase, a implementação de um sistema de **movimentação inteligente** permite que o robô se desloque com precisão, evitando obstáculos e localizando os livros de forma eficiente.

A segunda etapa refere-se ao **processamento e à tomada de decisões**, onde a IA do robô analisa os dados coletados, incluindo o histórico de empréstimos e preferências dos usuários, para gerar **recomendações personalizadas**. Essa integração entre **navegação autônoma e inteligência artificial** visa otimizar a **organização do acervo** e aprimorar a **experiência dos usuários**, promovendo maior acessibilidade e eficiência no gerenciamento bibliotecário.

1º Estrutura Física do Robô

Tecnologias utilizadas

Sensores RFID: Identificação dos livros sem necessidade de contato direto.
LiDAR e Ultrassônico: Mapeamento e desvio de obstáculos.
Arduino: Controle dos motores e integração dos sensores.

Desafios enfrentados

Calibração do sistema de leitura RFID para maior precisão.
Otimização do fornecimento de energia para garantir autonomia.
Mapeamento digital.

Impacto esperado

Redução do tempo de organização do acervo.
Minimização de erros na catalogação.
Eficiência na localização e transporte de livros.

2º Processamento e Tomada de Decisão

Como funciona o sistema de recomendação?

Filtragem colaborativa: Sugestões com base no histórico de leitura.
Recomendação baseada em conteúdo: Análise semântica das preferências.
Modelo híbrido: Combinação das abordagens anteriores para maior precisão.

Benefícios esperados

Sugestões mais assertivas, melhorando a experiência do usuário.
Maior **acessibilidade** e dinamismo no acesso ao acervo.
Otimização da gestão bibliotecária com menor intervenção humana.

METODOLOGIA

Fase 1: Pesquisa e Planejamento

Análise das Necessidades

Para a implementação do sistema, foi realizada uma avaliação detalhada das demandas da biblioteca, considerando tanto a organização física dos livros quanto a necessidade de recomendações personalizadas. Entre os fatores analisados, destacam-se:
Volume do acervo – impacto da quantidade de livros na eficiência organizacional.
Fluxo de usuários – padrões de acesso e uso dos materiais.
Desafios na recuperação de informações – dificuldades na busca e localização de exemplares.

Levantamento Tecnológico

Foi conduzida uma pesquisa aprofundada sobre as tecnologias disponíveis para automação bibliotecária, destacando:
✓ **RFID (Radio-Frequency Identification)** – rastreamento eficiente de livros.
✓ **Robôs móveis autônomos** – automatização da organização de estantes.
✓ **Sistemas de IA** para recomendação de livros – personalização da experiência do usuário com base no comportamento de leitura.
Essas soluções foram avaliadas quanto à viabilidade técnica e econômica, especialmente no contexto de bibliotecas brasileiras com recursos limitados.

Fase 2: Testes Pilotos

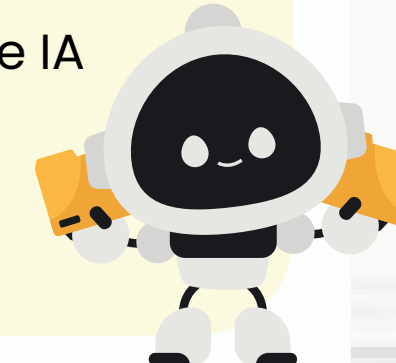
(Atual fase)

Desenvolvimento de Protótipos

- **Ajustes** para compatibilidade com o espaço físico e o tipo de acervo da biblioteca.
- **Integração** de tecnologias para navegação autônoma e personalização da experiência do usuário.

Avaliação de Viabilidade

- **Testes** em ambiente controlado, simulando as condições reais da biblioteca.
- **Avaliação** da navegação dos robôs e da precisão do sistema de IA nas recomendações.
- **Identificação** de possíveis ajustes para otimização da implementação.



Desenvolvimento do Robô

O desenvolvimento do robô foi estruturado para garantir mobilidade eficiente, precisão na navegação e integração com sistemas automatizados de identificação de livros. Para isso, foram utilizados motores controlados por um Arduino, assegurando deslocamento estável entre as estantes. Sensores LiDAR e ultrassônicos foram incorporados ao sistema para mapear o ambiente e detectar obstáculos, permitindo que o robô se mova de forma autônoma e segura. Além disso, a tecnologia RFID foi implementada para facilitar a identificação e organização dos livros no acervo.

Desenvolvimento da IA

O software do projeto foi desenvolvido para integrar a navegação autônoma do robô e o sistema de recomendação de livros. O sistema de recomendação, implementado em Python, utiliza aprendizado de máquina para analisar o perfil do usuário e gerar sugestões personalizadas, comparando as preferências com os dados armazenados na Tabela Google Sheets.

RESULTADOS

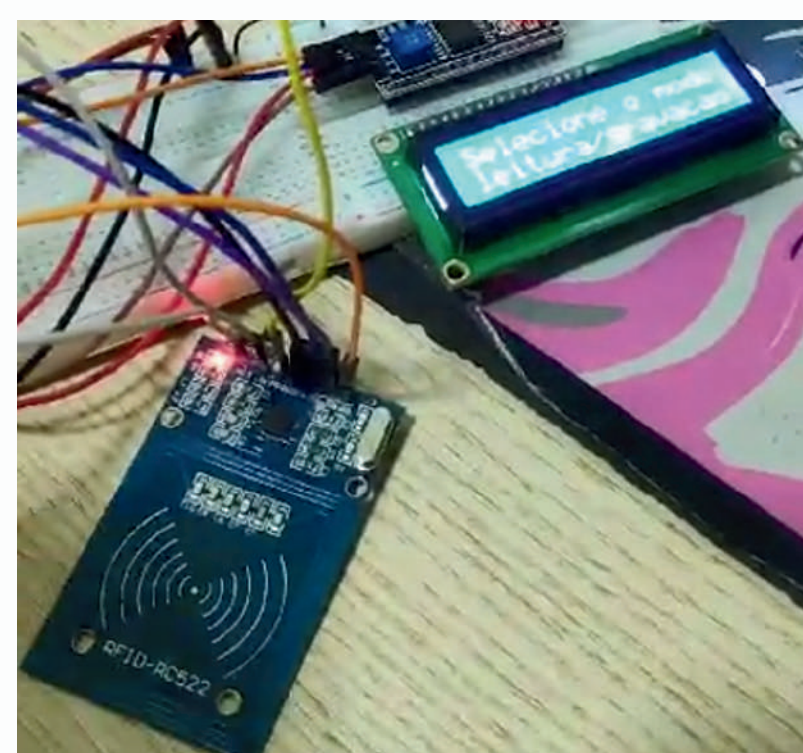
Os testes realizados com a IA e os sensores do robô demonstraram um **desempenho satisfatório para a fase de prototipagem, validando a viabilidade das funcionalidades desenvolvidas**.

1 TESTE DO ROBÔ

Durante os testes iniciais das peças, o robô enfrentou desafios como a baixa aderência das rodas, que comprometia a precisão dos deslocamentos entre as estantes. Esse problema foi solucionado com a substituição do material das rodas e ajustes no controle dos motores. Além disso, o sistema de leitura RFID apresentou instabilidade devido a mau contato nas conexões, resultando em leituras inconsistentes das tags. Após revisão das conexões e otimização do código, o funcionamento do RFID foi estabilizado como mostrado na figura 1. Outro obstáculo foi o encaixe inadequado da bateria, que causava interrupções no fornecimento de energia e comprometia a operação do sistema. A substituição da bateria e do encaixe garantiu um suprimento de energia mais estável. Apesar dessas melhorias, ainda são necessários testes adicionais para avaliar o desempenho do robô em relação ao tempo de operação, precisão de leitura e eficiência na organização dos livros.

Figura 1: Teste RFID

Primeiros testes RFID.



Fonte: autores, 2025.

2 TESTE DA IA

Durante os testes do sistema de recomendação, avaliamos o desempenho de seis modelos de inteligência artificial, incluindo SBERT, multilingual-e5-large-instruct, BERT-large-portuguese-cased, entre outros

Para testar a eficácia desses modelos, selecionamos cinco perguntas representativas de diferentes gêneros literários:

- Você pode me recomendar um livro com um mundo mágico bem construído, cheio de criaturas fantásticas e uma história envolvente?
- Qual é um bom livro de sci-fi que explora tecnologias futurísticas e dilemas filosóficos sobre o avanço da humanidade?
- Existe algum livro de suspense com uma investigação intrigante e reviravoltas inesperadas?
- Pode me indicar um romance histórico que recrie um período fascinante e seja baseado em eventos reais?
- Quais são os melhores livros de terror que conseguem misturar tensão psicológica, atmosfera sombria e personagens marcantes?

Para avaliar os resultados, criamos uma lista de referência com títulos essenciais que deveriam aparecer nas recomendações, considerando obras amplamente reconhecidas em cada gênero. A avaliação foi feita com base em três critérios principais: (1) a presença dos livros selecionados nas listas geradas pelos modelos, (2) a posição desses livros no ranking de recomendações e (3) a adequação dos demais livros recomendados ao gênero literário correspondente. A seleção foi baseada principalmente em clássicos ou livros famosos, tanto internacionais quanto nacionais, por serem de mais fácil acesso e possuírem maior popularidade.

Os resultados obtidos nas avaliações entre as IA's apresentam a comparação entre os modelos, conforme na tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Pontuação de desempenho dos modelos

Pontuação	Melhor desempenho					Pior desempenho	
	6pts	5pts	4pts	3pts	2pts	1pts	
Pergunta 1	2	4	6	1	5	3	
Pergunta 2	6	5	4	1	2	3	
Pergunta 3	6	1	5	4	2	3	
Pergunta 4	6	1	5	4	2	3	
Pergunta 5	2	5	4	6	3	1	

Fonte: autores, 2025.

Ademais, a Tabela 2, encontrada a seguir, mostra o somatório final dos desempenhos de cada modelo.

Tabela 2: Desempenho IA

Modelo	Pontuação final
(1) Alibaba-NLP/gte-Qwen2-1.5B-instruct	17
(2) Paraphrase-multilingual-mpnet-base-v2	18
(3) Bert-large-portuguese-cased-legal-mlm-sts-v1	6
(4) Paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2	19
(5) Alibaba-NLP/gte-multilingual-base	20
(6) Multilingual-e5-large-instruct	25

Fonte: autores, 2025.

O modelo multilingual-e5-large-instruct (código 6) apresentou o melhor desempenho geral, seguido pelos modelos 5 e 4. Com base nesses resultados, decidimos manter os modelos 6, 5 e 4 para a próxima fase do projeto.

Apesar do acervo utilizado nos testes ser relativamente pequeno, os modelos conseguiram fornecer recomendações relevantes. No entanto, a limitação de opções disponíveis impacta diretamente a qualidade das sugestões, pois, dependendo da complexidade e profundidade do pedido do usuário, pode não haver um livro ideal no banco de dados. Esse aspecto é particularmente relevante para bibliotecas menores, onde a diversidade do acervo pode restringir a precisão do sistema de recomendação. Isso pode ser visto, por exemplo, na pergunta sobre livros mágicos, cujos resultados no melhor modelo estão apresentados na Figura 2.

Figura 2: Resultados gerados pelo modelo citado

```
1º -O Hobbit: 0.803266704082489
2º -As Crônicas de Nárnia: 0.7985835671424866
3º -Harry Potter e a Pedra Filosofal: 0.7979154586791992
4º -Percy Jackson e o mar de monstros: 0.7975085973739624
5º -O Senhor dos Anéis: 0.792290210723877
6º -Admirável Mundo Novo: 0.7761334180831909
7º -Primeiras Estórias: 0.775314211845398
8º -O Pequeno Príncipe: 0.7737388610839844
9º -O Médico e o Monstro: 0.7736302018165588
10º -A Menina que Roubava Livros: 0.7734533548355103
```

Fonte: autores, 2025.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento do protótipo de robô autônomo para automação de bibliotecas apresentou avanços significativos, especialmente na superação de desafios técnicos relacionados à mobilidade, alimentação de energia e leitura de etiquetas RFID.

1 DESEMPENHO DO ROBÔ

Atualmente, o projeto encontra-se na fase de testes pilotos, avaliando a performance do robô em ambientes controlados. Os resultados preliminares indicam que ele é capaz de reconhecer e processar informações bibliográficas, como UID das tags RFID, nome do autor e título, além de se deslocar corretamente por rotas predefinidas. No entanto, ajustes são necessários para aprimorar a navegação autônoma e a resposta a obstáculos, especialmente em cenários mais complexos.

2 SISTEMA DE IA

O sistema de recomendação baseado em inteligência artificial (IA) está em estágio inicial de desenvolvimento. Testes com modelos pré-treinados, como o Sentence-BERT, demonstraram um potencial promissor na personalização de sugestões de leitura, utilizando dados como histórico de empréstimos e preferências individuais dos usuários. Entretanto, a integração plena da IA ao sistema robótico e a validação da qualidade das recomendações ainda exigem refinamentos e testes adicionais para garantir eficácia em contextos reais.

ALINHAMENTO COM A ODS4

A implementação de tecnologias inovadoras nas bibliotecas, alinhada ao ODS 4, fortalece a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, promovendo aprendizado contínuo e acessível. A modernização por meio da automação não só melhora a organização e o acesso ao acervo, mas também capacita os bibliotecários com novas competências. Através de ações educativas e conscientização sobre inteligência artificial e automação, essas tecnologias potencializam as habilidades informacionais dos usuários, tornando as bibliotecas ambientes dinâmicos de aprendizagem, pesquisa e inclusão digital, e reforçando seu papel fundamental na promoção da educação de qualidade.

PROJEÇÕES FUTURAS

Os próximos passos do projeto incluem a realização de experimentos mais abrangentes para avaliar a robustez do sistema em condições operacionais reais. Será necessário aprimorar a calibração dos sensores de navegação e otimizar a integração entre hardware e software, garantindo a confiabilidade do robô em ambientes dinâmicos de bibliotecas.

Além disso, a fase de desenvolvimento do sistema de inteligência artificial será aprofundada, buscando maior precisão na personalização das recomendações de leitura. Com esses aprimoramentos, o projeto visa consolidar sua aplicabilidade e contribuir para a facilitação da gestão de bibliotecas, especialmente em contextos com recursos limitados.

Após isso, as próximas fases do projeto incluem a 3 e 4, que serão realizadas futuramente. A fase 3 corresponde à implementação dos sistemas nas bibliotecas, garantindo a adaptação do robô ao ambiente real e sua integração com os processos bibliotecários. Já a fase 4 abrangerá o monitoramento e a avaliação do desempenho do sistema após a implementação, considerando métricas como eficiência na organização do acervo, precisão das recomendações e impacto na experiência dos usuários. Essas etapas serão fundamentais para validar a aplicabilidade do projeto e realizar ajustes necessários para sua otimização.

PRINCIPAIS REFERÊNCIAS

- BOWEN, P.; HUDSON, A.; LIU, Q. Library Automation and User Satisfaction in the Digital Age. *Journal of Library Science*, v. 46, n. 2, p. 123-135, 2020.
- CAMPBELL, T.; ROY, M. The Role of Robotics in Library Management: A Case Study of Automated Shelving Systems. *Library Innovations Journal*, v. 32, n. 1, p. 45-57, 2018.
- CÉSAR, D. R. Robótica Educacional Livre: Reutilização de Materiais e Ensino de Robótica em Escolas Públicas. In: CONGRESSO DE ROBÓTICA EDUCACIONAL, 2024, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2024.
- DAS, D.; CHATTERJEE, P. Automação de bibliotecas: uma visão geral. *International Journal of Research in Library Science*, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2015.
- KUMAR, N.; GUPTA, A.; SINGH, R. Implementing RFID Technology in Modern Libraries: A Path to Efficient Book Management. *International Journal of Information Systems*, v. 8, n. 4, p. 98-105, 2019.
- MAZUMDAR, S.; PATEL, V.; ANAND, A. Automation and Artificial Intelligence in Libraries: Trends and Applications. *International Journal of Library Technology*, v. 11, n. 3, p. 67-82, 2020.