MERO: Mapa de Espaços, Recursos e Orientação para Ambientes Acadêmicos

José Herbert A. Silva[1], **Indigo S. Tavares**[1], **Rubens de S. Matos Júnior**[1]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS) – Campus Lagarto
Lagarto – SE – Brazil

{jose.silva118, indigo.tavares085, rubens.junior}@academico.ifs.edu.br

Abstract. *Interactive maps organize spatial information and can support orientation on academic campuses. This paper presents MERO, a web application of the Federal Institute of Sergipe (IFS), Lagarto campus, with a two-dimensional map, room and laboratory data, graph-based routes, and digital accessibility resources. Developed with Next.js, TypeScript, and Leaflet, the prototype provides access to campus's operational energy dashboard. Technical verification comprised 60 functional executions in six browsers and 76 automated tests, all with the expected results. The results document the operation of the evaluated features in the recorded environments.*

Resumo. *Mapas interativos organizam informações espaciais e podem apoiar a orientação em campi. Este trabalho apresenta o MERO, aplicação web do Instituto Federal de Sergipe (IFS) – Campus Lagarto, com mapa bidimensional, dados de salas e laboratórios, cálculo de rotas em grafo e recursos de acessibilidade digital. Desenvolvido com Next.js, TypeScript e Leaflet, o protótipo oferece acesso ao painel energético operacional do campus. A verificação técnica reuniu 60 execuções funcionais em seis navegadores e 76 testes automatizados, todos com resultados esperados. Os resultados documentam o funcionamento dos recursos avaliados nos ambientes registrados.*

1. Introdução

A adoção do conceito de Campi Inteligentes (*Smart Campuses*) tem estimulado a digitalização dos espaços educacionais, com aplicações voltadas à eficiência operacional, à segurança e à sustentabilidade socioambiental [Bandeira et al. 2022, Fu 2023]. Nesse contexto, ferramentas digitais de mapeamento permitem organizar informações espaciais e dados de infraestrutura em interfaces interativas, facilitando a consulta e a compreensão dos ambientes institucionais. Quando associadas a dados estruturados, essas ferramentas também podem apoiar atividades administrativas e logísticas relacionadas ao uso dos espaços [Liu et al. 2025].

Entretanto, no Instituto Federal de Sergipe – Campus Lagarto, a ausência de uma ferramenta dessa natureza foi identificada a partir de relatos espontâneos na comunidade acadêmica e da observação direta da sinalização física existente. Foram encontrados corredores com indicações insuficientes e ambientes sem identificação visível em suas entradas. Além disso, as informações sobre blocos, salas, laboratórios e outros espaços acadêmicos não se encontravam reunidas em uma interface digital interativa.

Diante desse cenário, o presente artigo apresenta o desenvolvimento e a verificação funcional do Mapa de Espaços, Recursos e Orientação para Ambientes Acadêmicos (MERO)[1], uma aplicação *web* destinada à organização e à consulta de informações espaciais do campus por meio de um mapa digital interativo bidimensional (2D). Na versão atual, o sistema disponibiliza a representação dos blocos institucionais, marcadores interativos, informações sobre salas e laboratórios, cálculo de rotas entre pontos cadastrados e recursos de acessibilidade digital.

O MERO organiza as informações dos espaços acadêmicos em um módulo local de dados, concebido para facilitar a manutenção e a expansão da plataforma. O campus também dispõe de sensores em operação e de um painel alimentado por dados reais de consumo energético [Leal et al. 2025]. Na versão apresentada, a página referente ao Bloco B oferece acesso contextual ao painel alimentado pelos sensores do campus, aproximando as informações espaciais dos dados de consumo energético. Essa associação foi concebida como uma etapa da evolução do MERO em direção à construção de um Gêmeo Digital (*Digital Twin*) institucional. Como continuidade, prevê-se incorporar as séries temporais produzidas pelos sensores diretamente à camada cartográfica, permitindo relacionar os ambientes representados no mapa ao comportamento dos ativos físicos monitorados.

2. Referencial Teórico

O paradigma do *Smart Campus* surge como um desdobramento das Cidades Inteligentes, utilizando Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para apoiar operações e funcionar como um Laboratório Vivo (*Living Lab*) de experimentação tecnológica [Bandeira et al. 2022, Fu 2023]. Para viabilizar a navegação e a gestão espacial nesse ecossistema, destacam-se a Cartografia Digital Web e os Sistemas Baseados em Localização (SBL). Estes últimos empregam a posição de um usuário ou dispositivo para contextualizar informações e serviços [Gualberto et al. 2017, Retscher 2023]. No MERO, os conceitos relacionados aos SBL são aplicados à organização de informações espaciais e ao cálculo de rotas entre pontos cadastrados no campus.

Contudo, para que essa dinâmica espacial cumpra seu papel institucional, torna-se necessário integrar conceitos de acessibilidade digital e interfaces inclusivas, reduzindo barreiras de interação para diferentes perfis de usuários e tecnologias assistivas [Ribtsun et al. 2026, Iniesto and Rodrigo 2024].

Por fim, Gêmeos Digitais (*Digital Twins*) pressupõem representações virtuais dinamicamente relacionadas aos ativos físicos e aos dados produzidos por eles. Redes de sensores e tecnologias de Internet das Coisas (IoT) podem fornecer parte dessa conexão [Huzzat et al. 2025, Liu et al. 2025]. Desse modo, o mapa digital e o módulo local de metadados constituem a base espacial e informacional para a evolução do MERO em direção a um Gêmeo Digital institucional.

[1]Site do MERO: `https://mero.morea-ifs.org/`. Repositório: `https://github.com/Morea-IFS/mapa-ifs-react`.

3. Metodologia

3.1. Diagnóstico e definição de requisitos

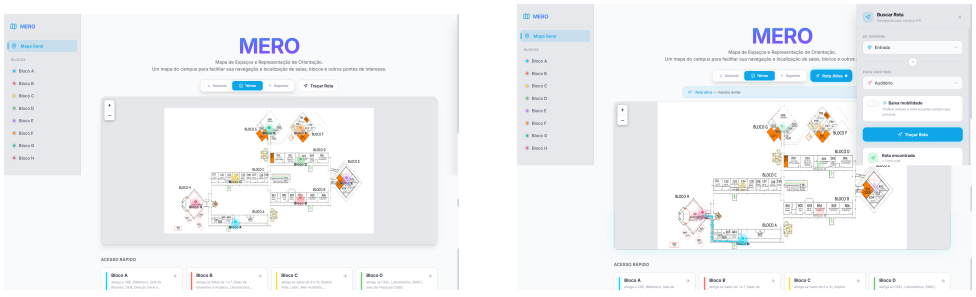
A modelagem e a implementação do MERO partiram de uma análise diagnóstica da infraestrutura física e informacional do ambiente acadêmico. O diagnóstico reuniu: (i) observação direta, pelos autores, da sinalização nos corredores e nas entradas dos ambientes; (ii) relatos espontâneos recebidos durante as atividades no campus; e (iii) levantamento das plantas e relações de ambientes disponíveis para os Blocos A a H. Não houve recrutamento de participantes nem coleta de opiniões ou dados pessoais para fins de pesquisa.

A partir dessa caracterização, foram definidos como requisitos a apresentação integrada do mapa, a consulta a blocos, pavimentos, salas e laboratórios, a seleção de origem e destino, a opção de rota para baixa mobilidade e a oferta de recursos de acessibilidade digital. Os blocos mapeados foram aqueles para os quais havia posição, planta e relação de ambientes disponíveis à equipe.

3.2. Implementação

O ecossistema *web* foi desenvolvido sob uma arquitetura baseada em componentes, utilizando o *framework* Next.js (*App Router*), a linguagem TypeScript e o *Tailwind CSS* para a estilização responsiva. A funcionalidade cartográfica central apoia-se na biblioteca de código aberto *Leaflet*, que renderiza o espaço do campus em planos 2D com suporte a comandos de *zoom* e arraste. O sistema vincula posições do mapa aos dados dos Blocos A a H por meio de marcadores coloridos. O clique sobre o marcador apresenta um *pop-up* com o resumo de pavimentos, salas e laboratórios; uma grade de cartões interativos na página inicial oferece uma segunda forma de acesso.

O módulo de rotas permite selecionar pontos de origem e destino entre os ambientes cadastrados. O percurso é calculado pelo algoritmo A* sobre um grafo espacial estático, no qual os nós registram coordenadas, pavimento e tipo de ponto e as arestas representam conexões transitáveis. No modo de baixa mobilidade, são desconsideradas as conexões incidentes a escadas, mantendo-se os caminhos cadastrados por rampas.



(a) (b)

Figura 1. Navegação no MERO: (a) mapa inicial; (b) rota ativa.

Para garantir a escalabilidade do sistema, o armazenamento de dados estruturais foi centralizado no módulo local estático `blocos.ts`. Cada bloco possui identificador, nome, descrição, pavimentos, posição no mapa e, opcionalmente, identificador do painel energético. Cada pavimento associa uma planta baixa à relação de ambientes. Esse esquema organiza os metadados usados pelo protótipo e facilita a manutenção do sistema.

O campus dispõe de uma infraestrutura de IoT composta por sensores que registram dados de consumo energético e os disponibilizam em um painel operacional [Leal et al. 2025]. No MERO, a página de detalhes do Bloco B oferece acesso contextual ao painel correspondente, reunindo, no fluxo de navegação, o acesso às informações espaciais e ao monitoramento energético.

Alinhada às demandas de inclusão social em ambientes educacionais, a plataforma incorporou três eixos de acessibilidade digital:

- **Integração com o VLibras**: inclusão do *widget* oficial para disponibilizar tradução automatizada de conteúdos textuais para a Língua Brasileira de Sinais [Brasil. Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos 2026];
- **Suporte a leitores de tela**: uso de HTML semântico e de propriedades *Accessible Rich Internet Applications* (ARIA) para fornecer informações aos componentes interativos [MDN Web Docs 2025]; e
- **Apresentação visual**: tema de alto contraste, foco visível e identificação cromática dos blocos.



(a) (b)

Figura 2. Recursos integrados ao MERO: (a) painel operacional alimentado pelos sensores do campus; (b) interface com VLibras e tema de alto contraste.

Esses recursos foram incluídos na verificação técnica descrita a seguir. Uma avaliação específica com usuários de tecnologias assistivas permanece como trabalho futuro.

3.3. Verificação técnica

Para verificar o comportamento da interface, foi elaborado um roteiro com dez casos funcionais: carregamento inicial; marcadores; cartões; consistência dos dados; cálculo e limpeza de rotas; acesso ao painel dos sensores de monitoramento de energia do campus; alto contraste; navegação por teclado; responsividade; e tratamento da indisponibilidade de dados. O mesmo conjunto foi executado em Chrome, Firefox, Edge, Opera, Brave e Chrome Mobile, totalizando 60 execuções. O resultado de cada execução foi registrado de forma binária como “ok” ou falha.

A execução foi conduzida internamente pelos autores e por membros do MOREA (Monitoramento e Operação em Redes Acadêmicas)[2] envolvidos no desenvolvimento. A atividade é caracterizada como verificação técnica da equipe, e não como teste de usabilidade com o público-alvo. Complementarmente, foram executadas 16 suítes automatizadas, totalizando 76 testes de componentes, estruturas de dados e cálculo de rotas.

[2]https://morea-ifs.org/

4. Resultados e Discussão

4.1. Resultados da verificação técnica

As 60 execuções funcionais registradas apresentaram os resultados esperados: os dez casos receberam a marcação “ok” nos seis ambientes de navegação. As 16 suítes automatizadas também foram concluídas sem falhas, com 76 testes aprovados. Os cenários cobriram a consulta aos Blocos A a H e seus ambientes, a seleção de origem e destino, o cálculo e a limpeza de rotas, as transições entre pavimentos, a exclusão de escadas no modo de baixa mobilidade, recursos ARIA, tema de alto contraste, integração do VLibras e acesso ao painel alimentado pelos sensores de energia do campus.

Durante essa verificação, o protótipo apresentou o comportamento previsto nos casos especificados. As Figuras 1 e 2 registram o carregamento dos marcadores, a apresentação de uma rota ativa, o painel dos sensores e os recursos visuais de acessibilidade. A compatibilidade funcional foi observada nos ambientes registrados.

A implementação combinada de propriedades ARIA, do *widget* VLibras e do tema de alto contraste disponibiliza mecanismos voltados à acessibilidade digital. A estrutura centralizada no arquivo `blocos.ts`, por sua vez, facilita a manutenção dos dados espaciais e futuras integrações.

4.2. Limitações

O diagnóstico que orientou o MERO baseou-se em observações diretas e relatos espontâneos, não mensurando a frequência das dificuldades de orientação espacial na comunidade acadêmica. A verificação funcional permite documentar o comportamento dos recursos implementados, enquanto aspectos relacionados à experiência de uso e à efetividade dos mecanismos de acessibilidade deverão ser examinados posteriormente com usuários. No escopo técnico, a representação espacial e o cálculo de rotas utilizam dados e conexões previamente cadastrados, sem posicionamento em tempo real. Os dados produzidos pelos sensores do campus são disponibilizados por meio de um painel operacional, mas sua associação direta aos espaços representados no mapa constitui uma etapa posterior. Esses pontos delimitam o alcance dos resultados e orientam a evolução do MERO em direção a um Gêmeo Digital institucional.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a verificação funcional do MERO, uma aplicação *web* interativa voltada à organização e à consulta de informações espaciais do IFS – Campus Lagarto. A solução, baseada no *framework* Next.js e na biblioteca *Leaflet*, reúne mapas bidimensionais, informações de blocos e ambientes, cálculo de rotas entre pontos cadastrados e recursos de acessibilidade digital.

Os resultados documentam 60 execuções funcionais e 76 testes automatizados concluídos com os comportamentos esperados. As capturas registram o mapa, o cálculo de rotas e os recursos de acessibilidade, enquanto o Bloco B oferece acesso ao painel operacional do MOREA, alimentado por dados reais de consumo energético. A organização local dos metadados e o acesso ao MOREA constituem uma base para integração futura da aplicação como Gêmeo Digital.

Como desdobramento deste estudo, propõem-se quatro eixos: (1) **Avaliação com usuários**: estudo de usabilidade e acessibilidade com a comunidade acadêmica, observados os procedimentos éticos aplicáveis; (2) **Cronogramas acadêmicos**: incorporação de horários e ocupação dos ambientes; (3) **Telemetria e IoT**: incorporação das leituras dos sensores de monitoramento de energia do campus aos espaços do mapa; e (4) **Posicionamento interno**: investigação de tecnologias de localização e roteamento contextualizado.

Referências

Bandeira, L. K. R., Bandeira, B. K. V., Araujo Neto, M. d. S., and Casimiro, A. H. T. (2022). Smart campus no brasil: um estudo exploratório. In *Anais do XI Congresso do Instituto Franco-Brasileiro de Administração de Empresas (IFBAE)*, pages 1–16.

Brasil. Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (2026). VLibras: tradução automática para tornar a web mais acessível. Acesso em: 8 ago. 2026.

Fu, S. (2023). A reinforcement learning-based smart educational environment for higher education. *International Journal of e-Collaboration*, 19(6):1–17.

Gualberto, M., Martinuci, O. d. S., Libório, M., and Laudares, S. (2017). Sistemas baseados em localização: uma leitura geográfica. *Revista Espaço e Geografia*, 20(2):437–470.

Huzzat, A., Anpalagan, A., Khwaja, A. S., Woungang, I., Alnoman, A. A., and Pillai, A. S. (2025). A comprehensive review of Digital Twin technologies in smart cities. *Digital Engineering*, 4:100040.

Iniesto, F. and Rodrigo, C. (2024). Understanding accessibility in MOOCs: Findings and recommendations for future designs. *Journal of Interactive Media in Education*, 2024(1):20.

Leal, F. C., Melo, M. V. S., Lima, V. A., Matos Júnior, R. d. S., and Vieira, A. M. (2025). SPARC: Protótipo para coleta de dados de recursos hídricos e elétricos em campus conectado. In *Anais da XXV Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe (ERBASE)*, pages 308–316.

Liu, X., Antwi-Afari, M. F., Li, J., Zhang, Y., and Manu, P. (2025). BIM, IoT, and GIS integration in construction resource monitoring. *Automation in Construction*, 174:106149.

MDN Web Docs (2025). ARIA – acessibilidade. Última modificação em 24 jun. 2025; acesso em: 8 ago. 2026.

Retscher, G. (2023). Indoor navigation—user requirements, state-of-the-art and developments for smartphone localization. *Geomatics*, 3(1):1–46.

Ribtsun, Y., Kupras, V., Miliutina, K., Nahorniak, S., and Shlapko, T. (2026). Educational accessibility in higher education institutions through the transformation of the academic environment for students with individual needs. *Interface – Comunicação, Saúde, Educação*, 30:e250432.