

INTELLINAV: SISTEMA DE NAVEGAÇÃO INTELIGENTE PARA ÁREAS COMERCIAIS UTILIZANDO IA E IOT**INTELLINAV: INTELLIGENT NAVIGATION SYSTEM FOR COMMERCIAL AREAS USING AI AND IOT****INTELLINAV: SISTEMA DE NAVEGACIÓN INTELIGENTE PARA ÁREAS COMERCIALES UTILIZANDO IA E IOT**

<https://doi.org/10.56238/ERR01v10n7-015>

Arthegnam Henrique Moraes de Souza
Bacharelado em Engenharia da Computação
Instituição: São Judas Tadeu (USJT)
E-mail: ahmdesouza@gmail.com

Bruno Henrique Pereira do Nascimento
Bacharelado em Engenharia de Produção
Instituição: São Judas Tadeu (USJT)
E-mail: bhp.nascimento@gmail.com

Cauê Nóbrega Pimentel
Bacharelado em Engenharia da Computação
Instituição: São Judas Tadeu (USJT)

Felipe Luiz Lafuente
Bacharelado em Engenharia da Computação
Instituição: São Judas Tadeu (USJT)
E-mail: felipelafuente11@gmail.com

Jhony Rodrigues da Costa
Bacharelado em Engenharia Mecânica
Instituição: São Judas Tadeu (USJT)
E-mail: jhony97costa@gmail.com

Matheus Pissarra Gouveia
Bacharelado em Engenharia da Computação
Instituição: São Judas Tadeu (USJT)
E-mail: mapigou03@gmail.com

Vinicius Di Luccio Silva
Bacharelado em Engenharia Mecânica
Instituição: São Judas Tadeu (USJT)
E-mail: vinicius.luccio@hotmail.com

Vinícius dos Reis Moreira

Bacharelado em Engenharia Mecânica

Instituição: São Judas Tadeu (USJT)

E-mail: viremor.vini27@gmail.com

RESUMO

Este artigo descreve o desenvolvimento do IntelliNav, um sistema de navegação indoor para centros comerciais de médio e grande porte. A proposta utiliza sensores da Internet das Coisas (IoT) e algoritmos de Inteligência Artificial (IA) para monitorar em tempo real a localização dos usuários por meio de tecnologias de posicionamento indoor, como redes Wi-Fi e Bluetooth Low Energy amplamente empregadas por sua ampla disponibilidade e baixo custo, embora afetadas por multipercorso e precisão limitada (HAILU et al., 2024). O sistema oferece rotas dinâmicas, personalizadas e acessíveis, com atenção especial a idosos e pessoas com deficiência, a partir de métodos de triangulação e análise de cenas que permitem estimar posições com maior precisão. Além de aprimorar a experiência dos visitantes, o IntelliNav gera dados sobre fluxo de pessoas e padrões de compra, contribuindo para estratégias de marketing e gestão mais eficazes. Os resultados indicam que a combinação entre IA e IoT transforma o ambiente comercial em um espaço mais inclusivo, eficiente e orientado por dados, beneficiando consumidores e gestores.

Palavras-chave: Navegação Indoor. Acessibilidade. Posicionamento Indoor. IA. IoT. Comportamento do Consumidor.

ABSTRACT

This article describes the development of IntelliNav, an indoor navigation system for medium and large shopping centres. The proposal uses Internet of Things (IoT) sensors and Artificial Intelligence (AI) algorithms to monitor users' locations in real time through indoor positioning technologies such as Wi-Fi networks and Bluetooth Low Energy, which are widely used because of their availability and low cost, despite being affected by multipath propagation and limited accuracy. The system provides dynamic, personalised and accessible routes, with special attention to older adults and people with disabilities, based on triangulation and scene-analysis methods that allow more accurate position estimates. In addition to improving visitors' experiences, IntelliNav generates data on foot traffic and shopping patterns, contributing to more effective marketing and management strategies. The results indicate that combining AI and IoT turns the shopping environment into a more inclusive, efficient and data-driven space, benefiting consumers and managers alike.

Keywords: Indoor Navigation. Accessibility. Indoor Positioning. AI. IoT. Consumer Behaviour.

RESUMEN

Este artículo describe el desarrollo de IntelliNav, un sistema de navegación interior para centros comerciales de tamaño mediano y grande. La propuesta utiliza sensores del Internet de las Cosas (IoT) y algoritmos de Inteligencia Artificial (IA) para monitorizar en tiempo real la ubicación de los usuarios mediante tecnologías de posicionamiento interior, como redes Wi-Fi y Bluetooth Low Energy, ampliamente utilizadas por su gran disponibilidad y bajo coste, aunque afectadas por multipath y precisión limitada (HAILU et al., 2024). El sistema ofrece rutas dinámicas, personalizadas y accesibles, con especial atención a las personas mayores y con discapacidad, a partir de métodos de triangulación y análisis de escenas que permiten estimar posiciones con mayor precisión. Además de

mejorar la experiencia de los visitantes, IntelliNav genera datos sobre el flujo de personas y los patrones de compra, lo que contribuye a estrategias de marketing y gestión más eficaces. Los resultados indican que la combinación de IA e IoT transforma el entorno comercial en un espacio más inclusivo, eficiente y orientado por datos, lo que beneficia a consumidores y gestores.

Palabras clave: Navegación en Interiores. Accesibilidad. Posicionamiento en Interiores. IA. IoT. Comportamiento del Consumidor.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento dos centros comerciais e a diversidade do público que os frequenta tornaram imprescindível desenvolver tecnologias que facilitem a mobilidade e a orientação em ambientes internos complexos (KING et al., 2015). Para pessoas idosas e indivíduos com mobilidade reduzida, obstáculos urbanos, como calçadas irregulares, escadas e condições climáticas adversas são barreiras significativas, o que leva muitos a preferirem shoppings para caminhar (KING et al., 2015).

Os shoppings são recomendados por profissionais de saúde por oferecerem ambientes seguros, climatizados e com superfícies planas (KING et al., 2015); no entanto, a navegação dentro desses espaços pode ser desafiadora devido à complexidade das plantas e à escassez de sinalização acessível. Nesse contexto, sistemas baseados em Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT) surgem como soluções promissoras para promover inclusão, autonomia e eficiência na jornada do consumidor.

O IntelliNav propõe integrar algoritmos de IA e sensores de IoT para oferecer navegação indoor dinâmica e personalizada. Além de auxiliar usuários a localizar lojas, serviços e rotas acessíveis, o sistema disponibiliza dados estratégicos aos lojistas sobre fluxo de pessoas e comportamento de compra, possibilitando decisões mais assertivas sobre layout e marketing. Este trabalho apresenta o desenvolvimento conceitual e metodológico da proposta, discutindo fundamentos teóricos, aspectos de design, aplicabilidade no contexto brasileiro, desafios e limitações, bem como o papel da tecnologia como instrumento de inclusão social.

1.1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)

Conforme definido pela Organização Internacional de Normalização (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO, 2022), a Inteligência Artificial consiste em sistemas computacionais capazes de executar tarefas que exigem inteligência humana, tais como raciocinar, aprender, perceber e compreender linguagem. Esses sistemas analisam grandes volumes de dados, identificam padrões, aprendem com a experiência e adaptam-se a novas informações (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO, 2022). No contexto da navegação indoor, algoritmos de IA podem fundir dados de diversos sensores para oferecer informações contextuais relevantes e aprimorar a segurança e a eficiência do deslocamento, por exemplo, sinalizando áreas em obras, estimando tempo de espera em filas ou adaptando rotas em tempo real para diferentes perfis de usuários.

1.2 INTERNET DAS COISAS (IOT)

A Internet das Coisas é uma rede de dispositivos interligados, dotados de sensores e software, capazes de coletar e trocar dados entre si e com serviços em nuvem sem necessidade de intervenção

humana (GILLIS; YASAR, 2025). Esses dispositivos compõem um ecossistema que inclui sensores/atuadores, conectividade, plataformas de análise de dados e interfaces para o usuário (GILLIS; YASAR, 2025). Em sistemas de navegação indoor, a IoT fornece a infraestrutura necessária para reconhecer, rastrear e gerenciar dispositivos e usuários em tempo real, possibilitando a coleta e o processamento contínuo de dados sobre localização, fluxo de pessoas e condições do ambiente.

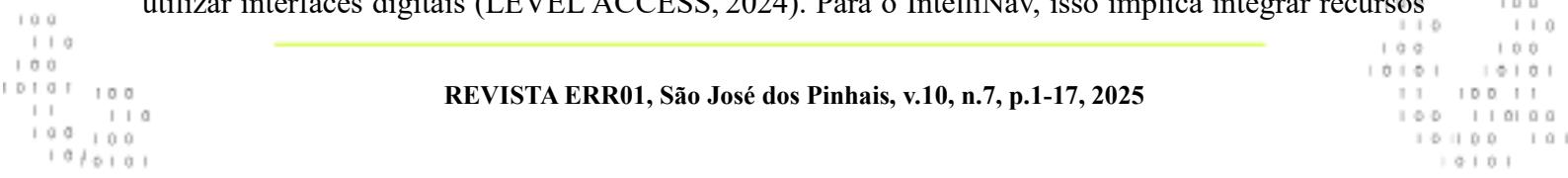
1.3 APLICABILIDADE E BENEFÍCIOS

A combinação de IA e IoT no IntelliNav visa transformar centros comerciais em ambientes mais inclusivos e eficientes. Para os consumidores, especialmente idosos e pessoas com deficiência, um sistema de orientação com rotas acessíveis e feedback em tempo real melhora a autonomia e reduz o estresse da navegação. Para os gestores dos shoppings, a análise de dados de deslocamento e comportamento permite otimizar o layout, gerenciar congestionamentos e elaborar campanhas de marketing mais direcionadas. Estudos que analisam ambientes utilizados por idosos mostraram que características como segurança, acessibilidade e suporte social são essenciais para promover a mobilidade e a prática de atividade física em espaços públicos (KING et al., 2015). Ao incorporar esses requisitos, o IntelliNav se propõe a atender às necessidades de um público diverso e a contribuir para a evolução dos centros comerciais inteligentes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE EM CENTROS COMERCIAIS

A acessibilidade física é fundamental para que todos os usuários possam se deslocar com autonomia em ambientes comerciais. Avaliações em centros comerciais na Indonésia mostram que, embora alguns shoppings ofereçam rampas e sinalização, muitos ainda carecem de elementos básicos como sanitários acessíveis, pisos táteis e vagas reservadas (ATMAJA et al., 2025). Barreiras como falta de recursos, desconhecimento dos gestores e ausência de fiscalização comprometem a inclusão de pessoas com deficiência (ATMAJA et al., 2025). Para superar esse cenário, pesquisas em design universal recomendam que edifícios e espaços sejam concebidos desde o início para atender a pessoas de todas as idades e habilidades, evitando adaptações posteriores (NATIONAL DISABILITY AUTHORITY, 2012). Exemplos de boas práticas incluem entradas niveladas, sanitários mais amplos e sinalização visual e tátil clara (NATIONAL DISABILITY AUTHORITY, 2012). No contexto digital, princípios de acessibilidade se estendem aos aplicativos de navegação. Ferramentas como leitores de tela, ampliação de fonte e comandos por voz são essenciais para garantir que usuários com deficiência visual ou motora possam utilizar interfaces digitais (LEVEL ACCESS, 2024). Para o IntelliNav, isso implica integrar recursos



físicos e digitais acessíveis, seguindo as diretrizes apontadas por Bashiti e Abdul Rahim (2015) e Sarangam (2020) para remover barreiras arquitetônicas e digitais.

2.2 DESIGN UNIVERSAL E DESIGN INCLUSIVO

O design universal visa criar soluções utilizáveis por qualquer pessoa sem necessidade de adaptação ou projeto específico (NATIONAL DISABILITY AUTHORITY, 2012). Steinfeld e Maisel (2012) defendem que esse conceito deve permear a concepção de espaços físicos e produtos digitais, considerando a diversidade humana desde o início. Langdon et al. (2014) reforçam que produtos digitais precisam contemplar usuários idosos e pessoas com limitações cognitivas ou motoras, favorecendo a simplicidade de uso. Entre os elementos recomendados estão interfaces intuitivas, menus e botões bem dimensionados, contrastes adequados entre texto e fundo e opções de personalização. Além disso, diretrizes de design universal sugerem que várias opções sejam oferecidas (por exemplo, escadas e rampas, elevadores com sinais sonoros e táteis) porque uma única solução não atenderá a todos os usuários (NATIONAL DISABILITY AUTHORITY, 2012). Incorporar esses princípios desde a fase de projeto reduz custos futuros e amplia o público atendido.

2.3 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E PERSONALIZAÇÃO

Tecnologias assistivas são ferramentas que aumentam a autonomia de pessoas com deficiência, abrangendo desde leitores de tela e displays braille até softwares de reconhecimento de voz e teclados alternativos (LEVEL ACCESS, 2024). Essas tecnologias possibilitam que usuários naveguem em um aplicativo mesmo sem utilizar a visão ou as mãos, ampliando a inclusão. Gupta et al. (2025) destacam que a personalização, viabilizada por algoritmos de IA, permite recomendar lojas, rotas e promoções com base nos interesses do usuário, tornando a experiência mais relevante. A literatura sobre navegação indoor reforça essa visão: estudos mostram que consumidores em lojas físicas esperam experiências personalizadas e assistência digital para localizar produtos (SAKMAN et al., 2023). Além disso, sistemas de posicionamento interno baseados em beacons e Wi-Fi viabilizam o rastreamento em tempo real, permitindo que o aplicativo ajuste rotas conforme as preferências ou restrições de cada pessoa (SAKMAN et al., 2023).

2.4 INCLUSÃO DIGITAL E CO-CRIAÇÃO

A inclusão digital busca garantir que todos tenham acesso, habilidades, suporte e confiança para utilizar tecnologias, independentemente de suas circunstâncias (UK GOVERNMENT, 2025). Cruse e Boudreau (2025) argumentam que a exclusão digital compromete o acesso a serviços, educação e oportunidades de trabalho, e que aplicativos acessíveis contribuem para a participação

social de grupos frequentemente excluídos. A co-criação, ou design participativo, complementa essa agenda ao envolver os usuários finais, especialmente idosos e pessoas com deficiência, no processo de concepção. Estudos sobre aplicativos para idosos mostram que envolver os usuários na definição de requisitos melhora a usabilidade e a satisfação, pois permite identificar barreiras como sobrecarga cognitiva e falta de alfabetização digital (AMOUZADEH et al., 2025). Cerdán-Chiscano (2024) ressalta que, ao incorporar sugestões de usuários reais, é possível desenvolver interfaces mais simples, acrescentar opções de voz ou texto ampliado e ajustar funcionalidades às necessidades de grupos diversos. No desenvolvimento do IntelliNav, a participação de pessoas com mobilidade reduzida e lojistas deve nortear as prioridades de acessibilidade e personalização.

2.5 COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR E EXPERIÊNCIA DE COMPRA

O comportamento do consumidor em ambientes comerciais é influenciado pela facilidade de orientação, pelo nível de personalização e pelos estímulos oferecidos. A literatura sobre navegação indoor enfatiza que consumidores em lojas físicas esperam “assistentes digitais” que lhes permitam encontrar produtos com eficiência e explorar promoções contextualizadas (SAKMAN et al., 2023). Experimentos mostram que deixar o cliente localizar o produto correto com tecnologia de apoio aumenta o engajamento e a satisfação, e pode resultar em maior conversão de compras (SAKMAN et al., 2023). Além de recomendações personalizadas, estratégias de gamificação (aplicação de elementos de jogos em contextos não lúdicos) podem aumentar a motivação e a fidelidade. Estudos demonstram que gamificação proporciona experiências envolventes, melhorando a interação dos clientes com a marca e aumentando a frequência de uso (APARICIO et al., 2021). Elementos como recompensas, pontos, medalhas e rankings são comuns e têm o objetivo de incentivar comportamentos desejados (APARICIO et al., 2021). Gamificação é definida como o uso de elementos de jogos para modificar comportamentos em ambientes não lúdicos (APARICIO et al., 2021); ao aumentar a motivação e o sentimento de conquista, ela pode promover a fidelização e estimular visitas recorrentes. No IntelliNav, funcionalidades como acúmulo de pontos por visitar determinadas lojas, desafios de exploração e recompensas customizadas podem incentivar os usuários a explorar o centro comercial e retornar com maior frequência.

3 ABORDAGEM DE DESIGN DO SISTEMA

3.1 DESIGN CENTRADO NO USUÁRIO (DCU)

O IntelliNav adota os princípios do Design Centrado no Usuário (DCU), filosofia que coloca o usuário no centro do processo de design. Donald Norman cunhou o termo nos anos 1980 e propôs diretrizes para melhorar a usabilidade de interfaces digitais (HARTE et al., 2017). A norma

ISO 9241-210 ampliou o conceito para “design centrado no ser humano”, definindo-o como uma abordagem que busca tornar sistemas interativos mais utilizáveis ao focar no usuário e aplicar conhecimentos de ergonomia e usabilidade (HARTE et al., 2017). Essa norma descreve quatro fases principais do DCU: (1) identificar o usuário e o contexto de uso, (2) especificar os requisitos dos usuários, (3) produzir soluções de design e (4) avaliar as soluções; e estabelece seis requisitos, como envolvimento contínuo dos usuários, avaliação iterativa e equipe multidisciplinar (HARTE et al., 2017).

No contexto do IntelliNav, aplicar DCU significa:

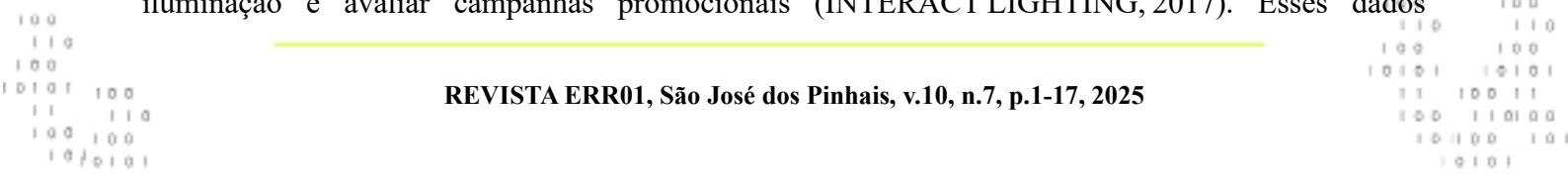
- **Testes de usabilidade com idosos e pessoas com deficiência:** envolvendo usuários reais para identificar necessidades, limitações e preferências, conforme recomendado pela ISO 9241-210 (HARTE et al., 2017);
Adaptação dinâmica da interface: personalizando tamanho de fonte, esquema de cores e modos de interação de acordo com o perfil do usuário;
- **Priorização de rotas acessíveis:** oferecendo caminhos que considerem elevadores, rampas e corredores sem obstáculos, alinhado ao princípio de projetar para diferentes capacidades físicas e cognitivas (HARTE et al., 2017);
- **Suporte multimodal:** integrando voz, toque e leitura de tela para abranger usuários com variadas habilidades sensoriais e motoras.

3.2 TECNOLOGIAS APLICADAS

Para viabilizar a navegação indoor e a coleta de dados em tempo real, o IntelliNav integra diferentes tecnologias de geolocalização, inteligência artificial e análises de dados.

Geolocalização indoor via sensores IoT: Revisões sistemáticas indicam que sistemas baseados em Bluetooth Low Energy (BLE) oferecem alta precisão (nível de centímetros) e baixo consumo de energia, sendo ideais para rastreamento em ambientes internos (WANG et al., 2025). Um estudo recente descreve um sistema de posicionamento BLE que identifica usuários individualmente, não requer plantas baixas e utiliza calibração dinâmica, atingindo 96 % de acerto na detecção de cômodos (WANG et al., 2025). A pesquisa ressalta que o GPS é pouco eficiente em ambientes fechados, tornando necessária a adoção de tecnologias como BLE ou Wi-Fi (WANG et al., 2025).

IA para análise de fluxo e recomendação: Além de localizar o usuário, os sensores coletam dados sobre fluxo de pessoas, permanência em pontos de interesse e padrões de deslocamento. Um white paper sobre analytics em varejo mostra que sensores e redes de iluminação podem reunir informações anônimas sobre o comportamento de clientes, permitindo otimizar layout, ajustar iluminação e avaliar campanhas promocionais (INTERACT LIGHTING, 2017). Esses dados



alimentam algoritmos de IA, que identificam tendências de fluxo, sugerem rotas menos congestionadas e recomendam lojas ou promoções com base no histórico e nas preferências do usuário.

Dashboards para comerciantes: Os dados coletados são apresentados em painéis analíticos que permitem aos lojistas monitorar fluxo de visitantes, tempo de permanência e conversão, apoiando decisões estratégicas como reconfiguração de layout e posicionamento de produtos (INTERACT LIGHTING, 2017).

Notificações inteligentes baseadas no contexto: Com base na localização e no perfil do usuário, o sistema pode enviar notificações em tempo real sobre promoções, eventos e orientações de navegação, viabilizando experiências personalizadas.

Mapas interativos com rotas personalizadas: O aplicativo apresenta mapas detalhados que permitem ao usuário planejar rotas com base em critérios pessoais (acessibilidade, preferências de lojas). Tecnologias de posicionamento BLE e Wi-Fi alimentam esses mapas com dados em tempo real, possibilitando ajustar a rota em caso de obras ou congestionamentos (WANG et al., 2025).

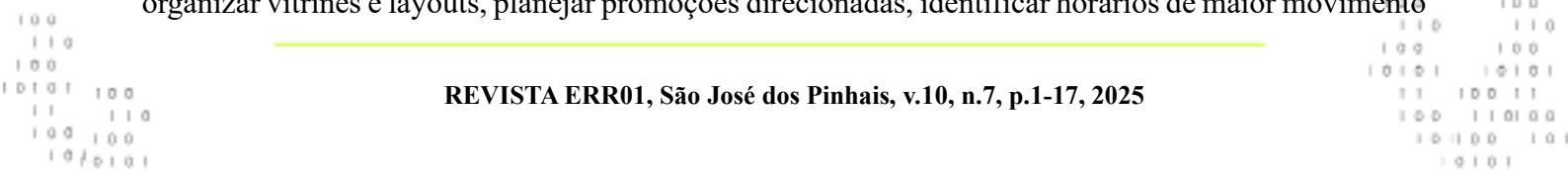
4 APLICABILIDADE NO CONTEXTO BRASILEIRO

4.1 DESAFIOS DE ACESSIBILIDADE NO BRASIL

O Brasil possui legislação abrangente voltada à acessibilidade (como a Lei 10.098/2000 e o Estatuto da Pessoa com Deficiência), mas a efetivação dessas normas em centros comerciais ainda é insuficiente. Estudos jurídicos mostram que, apesar de haver “farta legislação”, as regras são vagas, generalistas e permeadas por lacunas normativas, o que torna a sua implementação ineficaz (SANTOS, 2018). Os autores destacam que a legislação tem a finalidade de garantir a acessibilidade em edifícios de uso público e em propriedades privadas destinadas ao uso coletivo, como shoppings, mas que a efetivação depende de fiscalização ativa e de adaptações físicas, por exemplo, sanitários acessíveis, pisos táteis e vagas (SANTOS, 2018). Além disso, afirmam que a tradicional classificação entre bens públicos e privados não reflete a realidade dos shopping centers, que, mesmo sendo privados, exercem funções públicas e, portanto, devem ser submetidos às regras de acessibilidade (SANTOS, 2018). Na prática, muitos centros comerciais ainda apresentam barreiras arquitetônicas e falta de recursos digitais inclusivos, dificultando o deslocamento de idosos e pessoas com deficiência. O IntelliNav surge como um suporte tecnológico que mitiga esses obstáculos ao fornecer navegação indoor acessível e informações em tempo real, sem depender exclusivamente de reformas físicas.

4.2 BENEFÍCIOS PARA COMERCIANTES E GESTORES DO VAREJO

Ao monitorar o fluxo de pessoas e entender padrões de comportamento, os comerciantes podem organizar vitrines e layouts, planejar promoções direcionadas, identificar horários de maior movimento



e melhorar estratégias de retenção. Sensores integrados a redes de iluminação permitem coletar dados anonimizados sobre como os clientes circulam pela loja e medir de que forma o layout, a sinalização e o posicionamento de produtos influenciam esse comportamento; essas informações fornecem “dados concretos” para escolher a disposição mais adequada e aumentar as vendas (INTERACT LIGHTING, 2017). Além disso, blogs especializados em analytics de varejo indicam que dados de fluxo de visitantes ajudam a otimizar o layout da loja, ajustar os níveis de estoque e dimensionar equipes com base nos horários de pico, melhorando a experiência do cliente e a eficiência operacional (DATA DYNAMIX, 2024). O monitoramento também permite segmentar consumidores segundo o seu comportamento e oferecer promoções e recompensas personalizadas, aumentando o engajamento e a fidelização (DATA DYNAMIX, 2024). Ao incorporar esses recursos analíticos, o IntelliNav não apenas melhora a navegação dos visitantes, mas também se torna uma ferramenta estratégica para comerciantes e gestores tomarem decisões embasadas em dados, contribuindo para um varejo mais competitivo e inclusivo.

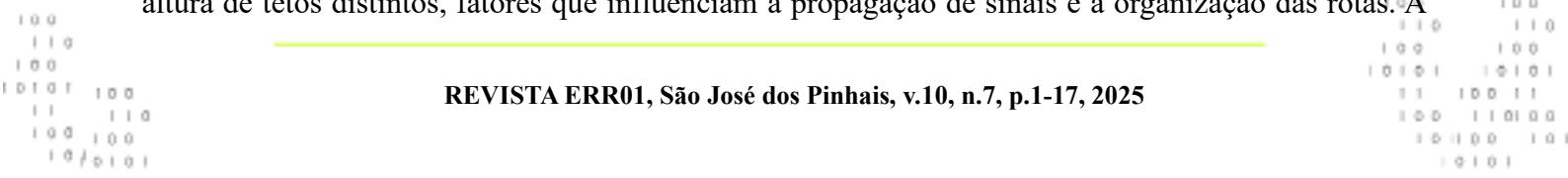
5 DESAFIOS E LIMITAÇÕES

Apesar do grande potencial do IntelliNav, sua adoção em centros comerciais pode enfrentar obstáculos significativos:

Resistência de comerciantes e gestores: Estudos sobre a adoção de IoT no varejo indicam que muitos varejistas ainda não veem um caso de negócios claro para justificar o investimento: 46 % dos líderes consultados não identificaram uma aplicação concreta, e 44 % acreditam que suas lideranças não compreendem os benefícios da Internet das Coisas (IMPINJ, 2020). Há também um descompasso entre expectativas de áreas de negócios e equipes de TI; 29 % dos varejistas afirmam que suas equipes não têm capacidade para assumir projetos de IoT, 34 % relatam que a infraestrutura atual não suporta a tecnologia, e 39 % reconhecem não possuir competências analíticas para explorar os dados gerados (IMPINJ, 2020). Essa falta de clareza e de recursos pode gerar resistência à integração tecnológica.

Necessidade de infraestrutura adequada de IoT: A implementação de navegação indoor exige investimentos em sensores BLE, Wi-Fi ou RFID e em redes de comunicação confiáveis. Revisões técnicas mostram que Wi-Fi consome muita energia, RFID tem alcance curto e BLE oferece alta precisão dentro de um raio de 30 m, mas depende de uma rede de balizas distribuídas pelo edifício (WANG et al., 2025). Sem essas instalações, a precisão do posicionamento indoor pode ser prejudicada. Além disso, a inexistência de plantas baixas ou a necessidade de calibração dinâmica em diferentes edifícios aumenta a complexidade de implantação (WANG et al., 2025).

Variação estrutural entre centros comerciais: Cada shopping possui layout, materiais e altura de tetos distintos, fatores que influenciam a propagação de sinais e a organização das rotas.



literatura em design universal destaca que não existe uma solução única que atenda a todos os usuários; por isso, é necessário oferecer diversas opções de acessibilidade (como rampas e escadas, bilheteiras a diferentes alturas e sinais visuais e táteis) e avaliar as necessidades desde a fase de projeto (NATIONAL DISABILITY AUTHORITY, 2012). Essa diversidade arquitetônica exige ajustes específicos no IntelliNav para cada ambiente, o que pode aumentar os custos de implantação.

Capacitação de usuários com baixa familiaridade tecnológica: Pesquisas qualitativas apontam que idosos e outros grupos vulneráveis enfrentam desafios como resistência à mudança e limitação de alfabetização digital; esses fatores foram identificados como principais barreiras para o uso de tecnologias móveis (SHAMS-GHAHFAROKHI, 2025). Um estudo iraniano sobre alfabetização digital em saúde concluiu que o principal obstáculo para o uso de aplicativos móveis entre idosos é a falta de letramento eletrônico e a resistência ao uso da tecnologia (SHAMS-GHAHFAROKHI, 2025). Além disso, políticas de inclusão digital enfatizam que é preciso garantir não apenas o acesso, mas também habilidades, suporte e confiança para que todos possam usufruir dos recursos digitais (UK GOVERNMENT, 2025). Portanto, a adoção do IntelliNav deve ser acompanhada de programas de treinamento e suporte para usuários menos familiarizados com smartphones ou apps de navegação.

Apesar desses desafios, os benefícios de longo prazo, como maior inclusão social, eficiência operacional e geração de dados para decisões estratégicas, justificam o investimento em tecnologias de navegação indoor. Ao superar a resistência inicial, adaptar a infraestrutura, customizar o sistema a diferentes layouts e capacitar os usuários, centros comerciais poderão oferecer uma experiência mais acessível e competitiva.

6 METODOLOGIA

A pesquisa tem caráter **aplicado** e utiliza uma abordagem **mista**, combinando métodos qualitativos e quantitativos. O uso de técnicas mistas permite compreender melhor o problema porque une dados numéricos e narrativas pessoais, oferecendo um panorama mais completo do fenômeno (LADEWIG et al., 2024). Empregar diferentes métodos também aumenta a credibilidade dos resultados por meio da triangulação e amplia a generalização e a contextualização das descobertas.

6.1 TIPO DE PESQUISA

O estudo se define como **descritivo e exploratório**, pois busca identificar e caracterizar necessidades e dificuldades de locomoção em centros comerciais sem manipular variáveis, respondendo a perguntas sobre “o quê”, “onde” e “como” (SAUNDERS et al., 2023). Embora inclua

experimentação em testes conceituais, a pesquisa não envolve o desenvolvimento do produto final; foca na avaliação da ideia do IntelliNav e de sua viabilidade com usuários reais.

6.2 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA CONCEITUAL

Em vez de construir um aplicativo funcional, a equipe elaborará **propostas conceituais e protótipos de baixa fidelidade** (por exemplo, maquetes digitais ou storyboards) para ilustrar a solução. Guias de testes de usabilidade recomendam utilizar protótipos simples e iterativos, nos quais participantes realizam tarefas imaginadas enquanto descrevem seus pensamentos, permitindo validar hipóteses e identificar necessidades de acessibilidade (NAVA TOOLKIT, 2023). Isso reduz o esforço de desenvolvimento e possibilita ajustar o conceito antes da implementação. Equipes multidisciplinares (designers, especialistas em acessibilidade e desenvolvedores) atuarão na produção e na revisão desses protótipos, baseando-se no feedback de usuários.

6.3 COLETA DE DADOS

- **Quantitativa:** serão aplicados questionários e escalas de avaliação para medir a percepção dos participantes sobre a proposta de solução e para identificar prioridades de funcionalidades. Essas métricas ajudam a quantificar o interesse e a aceitabilidade do conceito entre diferentes perfis de usuários.
- **Qualitativa:** serão realizadas **entrevistas semiestruturadas** com consumidores e lojistas. Esse tipo de entrevista utiliza um roteiro flexível, permitindo aprofundar as respostas e explorar motivações e sentimentos dos participantes (CLEVELAND et al., 2018). O processo segue etapas como definição do propósito, identificação dos participantes, consideração de aspectos éticos, planejamento logístico, elaboração do guia de perguntas, estabelecimento de rapport e condução das entrevistas.

6.4 AMOSTRA

A amostra incluirá:

- **Usuários finais:** consumidores com 60 anos ou mais e frequentadores em geral. A inclusão de idosos é crucial porque eles apresentam menores índices de uso de smartphones (43,5 % usam smartphones, enquanto 82,5 % dos cuidadores os utilizam) e têm menor familiaridade com recursos digitais (MADADI et al., 2023).
- **Comerciantes:** proprietários e funcionários de lojas parceiras, a fim de captar a perspectiva sobre o potencial de negócios e a viabilidade da proposta.
-

1 0 0
1 1 0
1 0 0
1 0 1 0 1 1 0 0
1 1 1 1 0 0
1 0 0 1 0 0
1 0 1 0 0 1 0 0
1 0 1 0 1

1 0 0 1 0 0
1 1 0 1 1 0
1 0 0 1 0 0
1 0 1 0 1 1 0 0
1 1 1 0 0 1 1 0
1 0 0 1 1 0 0 0 0
1 0 1 1 0 0 1 0 0
1 0 1 0 1

Critérios de seleção serão definidos para garantir representatividade e relevância das respostas.

6.5 ANÁLISE DE DADOS

- **Quantitativos:** serão examinados por meio de estatística descritiva (médias, percentuais) e, quando pertinente, correlações para identificar relações entre variáveis (por exemplo, idade e aceitação do sistema).
- **Qualitativos:** aplicar-se-á a **análise de conteúdo**, que visa identificar e interpretar significados em registros de comunicação por meio da segmentação de dados em unidades de significado e organização em categorias que expliquem o fenômeno (KLEINHEKSEL et al., 2020). Esse método é indicado para analisar entrevistas e questionários abertos, fornecendo estrutura a grandes volumes de texto.

6.6 ASPECTOS ÉTICOS

Todos os participantes serão convidados a assinar **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**. A pesquisa obedecerá às diretrizes da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), que estabelece regras específicas para o tratamento de dados pessoais em atividades acadêmicas a fim de equilibrar proteção de dados e liberdade de pesquisa (ANPD, 2023). Os dados serão tratados de forma anônima e utilizados exclusivamente para fins científicos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstra que a integração de Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e princípios de design inclusivo tem potencial para transformar centros comerciais em ambientes mais acessíveis, inteligentes e eficientes. Melhoria da navegação e da experiência dos consumidores: a combinação de sensores BLE ou Wi-Fi com algoritmos de IA permite localizar usuários em tempo real e oferecer rotas personalizadas e dinâmicas. Experimentos mostram que consumidores esperam assistentes digitais que os ajudem a encontrar produtos e promoções dentro de lojas físicas, e que essa personalização aumenta o engajamento e a satisfação (SAKMAN et al., 2023). Promoção da inclusão de idosos e pessoas com deficiência: o conceito de design universal defende que ambientes devem ser projetados para serem acessíveis, compreensíveis e utilizáveis por todos, independentemente de idade, tamanho ou capacidade, beneficiando a população em geral (NATIONAL DISABILITY AUTHORITY, 2012). Essa abordagem é fundamental, pois estudos de campo evidenciam que grande parte dos shopping centers ainda apresenta barreiras arquitetônicas e falta de recursos digitais inclusivos. Além disso, a disparidade no uso de tecnologia entre adultos mais velhos e seus cuidadores, apenas 43,5 % dos idosos utilizam smartphones, em comparação a 82,5 %

dos cuidadores (LEE et al., 2024), reforça a necessidade de interfaces simplificadas e programas de letramento digital.

Fornecimento de dados estratégicos para comerciantes: sensores integrados em sistemas de iluminação ou beacons podem coletar informações anônimas sobre o fluxo de clientes e medir como o layout, a sinalização e o posicionamento de produtos influenciam o comportamento de compra (INTERACT LIGHTING, 2017). Plataformas de análise de tráfego permitem aos varejistas organizar vitrines, planejar promoções direcionadas, identificar horários de pico e segmentar consumidores com base no comportamento, resultando em maior conversão e fidelização (DATA DYNAMIX, 2024). Aprimoramento da gestão de fluxos e do desempenho do varejo: ao integrar dados de movimentação e preferências, comerciantes podem otimizar o layout das lojas, ajustar estoques e dimensionar equipes, contribuindo para um varejo mais competitivo.

Em síntese, os resultados sugerem que a tecnologia, quando orientada por princípios de acessibilidade, personalização e design universal, torna-se um instrumento essencial para criar ambientes comerciais mais humanos, conectados e sustentáveis. Ao considerar as necessidades de públicos diversos e oferecer ferramentas de gestão baseadas em dados, a proposta do IntelliNav destaca-se como uma solução capaz de promover inclusão social, eficiência operacional e tomada de decisões embasadas, contribuindo para a evolução dos centros comerciais no Brasil e em contextos semelhantes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. A.; FERREIRA, J. L. O impacto das tecnologias móveis na experiência de compra em centros comerciais. Revista de Marketing Digital, v. 10, n. 4, p. 42-58, 2018.

AMOUZADEH, Kaveh; et al. Age-friendly mobile apps: a systematic review. [Periódico não identificado], 2025. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

ANPD – AUTORIDADE NACIONAL DE PROTEÇÃO DE DADOS. Guia orientativo para o tratamento de dados pessoais na realização de pesquisas científicas. Brasília: ANPD, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anpd/pt-br/assuntos/guias-e-orientacoes>. Acesso em: 28 nov. 2025.

APARICIO, Manuela; COSTA, Carlos J.; MOISES, Rafael. Gamification and reputation: key determinants of e-commerce usage and repurchase intention. *Heliyon*, v. 7, n. 3, e06383, 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7966992/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

ATMAJA, I. G.; PRANAJAYA, I. K.; SURYANI, N. K.; DWIJENDRA, N. K. A. Evaluation study of the implementation of accessibility design for persons with disabilities in shopping centers in Denpasar, Bali (Case Study of Icon Bali Mall and Matahari Duta Plaza Mall). *International Journal of Educational Technology Research*, v. 3, n. 3, p. 806-817, 2025. Disponível em: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/2454941>. Acesso em: 28 nov. 2025.

BRAND, Nikki; STEPHENS, Makaela. How to plan a usability test. Nava PBC, 28 jul. 2022. Disponível em: <https://www.navapbc.com/toolkits/plan-usability-test>. Acesso em: 28 nov. 2025.

DATA DYNAMIX. The future of retail: leveraging consumer foot traffic data for strategic advantage. Blog [on-line], 9 dez. 2024. Disponível em: <https://www.datadynamix.com/2024/12/09/future-retail-foot-traffic-data-insights/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

DEJONCKHEERE, Melissa; VAUGHN, Lisa M. Semistructured interviewing in primary care research: a balance of relationship and rigour. *Family Medicine and Community Health*, v. 7, n. 2, e000057, 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6910737/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

DIAS BERNARDO, L. As pessoas idosas e as novas tecnologias: desafios para a construção de soluções que promovam a inclusão digital. Scielo, 2022.

GEORGE, Tegan. Mixed methods research: definition, guide & examples. Scribbr, 13 ago. 2021; rev. 14 jan. 2025. Disponível em: <https://www.scribbr.com/methodology/mixed-methods-research/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

GILLIS, A. S.; YASAR, K. What is IoT (internet of things)? IoT Agenda, TechTarget, 21 jul. 2025. Disponível em: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>. Acesso em: 28 nov. 2025.

HAILU, Tesfay Gidey; GUO, Xiansheng; SI, Haonan; LI, Lin; ZHANG, Yukun. Theories and methods for indoor positioning systems: a comparative analysis, challenges, and prospective measures. *Sensors (Basel)*, v. 24, n. 21, 26 oct. 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11548171/>. Acesso em: 27 nov. 2025.

HARTE, Richard; GLYNN, Liam; RODRÍGUEZ-MOLINERO, Alejandro; BAKER, Paul M. A.; SCHAFER, Thomas; QUINLAN, Leo R.; ÓLAIGHIN, Gearóid. A human-centered design methodology to enhance the usability, human factors, and user experience of connected health

systems: a three-phase methodology. JMIR Human Factors, v. 4, n. 1, 16 mar. 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5374275/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

IMPINJ. The challenges and possibilities of IoT as a retail solution now. Impinj Blog, 4 jun. 2020. Disponível em: <https://www.impinj.com/library/blog/the-challenges-and-possibilities-of-iot-as-a>. Acesso em: 28 nov. 2025.

INTERACT LIGHTING. Optimizing brick-and-mortar stores through data analytics: retail analytics – white paper. Signify, 2017. Disponível em: https://www.interact-lighting.com/b-dam/b2b-li/en_AA/interact/what-is-possible/interact-retail/software/indoor-navigation/Interact-Retail-Whitepaper.pdf. Acesso em: 28 nov. 2025.

KING, D. K.; ALLEN, P.; JONES, D. L.; et al. Safe, affordable, convenient: environmental features of malls and other public spaces used by older adults for walking. Journal of Physical Activity and Health, v. 13, n. 3, p. 289-295, 14 jul. 2015. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4927000/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

KLEINHEKSEL, A. J.; ROCKICH-WINSTON, Nicole; TAWFIK, Huda; WYATT, Tasha R. Demystifying content analysis. American Journal of Pharmaceutical Education, v. 84, n. 1, 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7055418/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

LANGDON, Patrick; CLARKSON, P. John; ROBINSON, Peter (Org.). Design inclusive: design for the whole population. Cambridge: Springer, 2014.

LEE, Shinduk; ORY, Marcia G.; DAHLKE, Deborah V.; SMITH, Matthew L. Technology use among older adults and their caregivers: cross-sectional survey study. JMIR Aging, v. 7, e50759, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11084119/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

LEVEL ACCESS. Assistive technology in digital inclusion. Blog [on-line], 2024. Disponível em: <https://www.levelaccess.com/assistive-technology-in-digital-inclusion/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

LIMA, R. C.; RIBEIRO, V. M. O envelhecimento e a transformação digital: como a tecnologia pode melhorar a qualidade de vida dos idosos. Revista de Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento, v. 8, n. 2, p. 153-168, 2020.

MARTINS, L. C. Tecnologia Assistiva e Acessibilidade Digital: O Papel da Tecnologia no Apoio à Inclusão Social. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2021.

McCOMBES, Shona. Descriptive research: definition, types, methods & examples. Scribbr, 15 maio 2019; rev. 22 jun. 2023. Disponível em: <https://www.scribbr.com/methodology/descriptive-research/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

MORAIS, Izabelly Soares de; GONÇALVES, Priscila de F.; LEDUR, Cleverson L.; et al. Introdução a Big Data e Internet das Coisas (IoT). Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. p.18. ISBN 9788595027640. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595027640/>. Acesso em: 24 nov. 2025.

NATIONAL DISABILITY AUTHORITY. Building for everyone: a universal design approach. Dublin: Centre for Excellence in Universal Design, 2012. Disponível em: <https://universaldesign.ie>. Acesso em: 28 nov. 2025.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO; COMISSÃO ELETROTÉCNICA INTERNACIONAL. ISO/IEC 22989:2022 – Information technology — Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology. 1. ed. Genebra: ISO/IEC,



2022. Disponível em: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c86ee148-a050-4bec-b1eb-7300c53a275b/iso-iec-22989-2022>. Acesso em: 28 nov. 2025.

SAKMAN, Mehmet Cihan; GKIKOPOULOS, Panagiotis; MARTELLA, Francesco; VILLARI, Massimo; SPILLNER, Josef. Indoor navigation for personalised shopping: a real-tech feasibility study. In: Proceedings of the 20th International Conference on Smart Business Technologies (ICSBT 2023). Winterthur: SCITEPRESS, 2023. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/c608/47d5159de12390e5476ae31ef3581b20b744.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2025.

SANTOS, Nathália Silva e. Acessibilidade nos shopping centers: uma análise sobre a intervenção estatal na propriedade privada. Revista Digital de Direito Administrativo, v. 5, n. 1, p. 142-167, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347431638_Acessibilidade_nos_shopping_centers_uma_analise_sobre_a_intervencao_estatal_na_propriedade_privada. Acesso em: 28 nov. 2025.

SHAMS-GHAHFAROKHI, Zahra; et al. Challenges in health and technological literacy of older adults: a qualitative study in Isfahan. BMC Geriatrics, v. 25, 247, 11 abr. 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11987337/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

SINCLAIR, Bruce. IoT: como usar a internet das coisas para alavancar seus negócios. São Paulo: Autêntica Business, 2018. E-book. p.15. ISBN 9788551303559. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788551303559/>. Acesso em: 27 nov. 2025.

STEINFELD, Edward; MAISEL, Jordana. Universal design: creating inclusive environments. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.

UK GOVERNMENT. Digital inclusion action plan: first steps. London: Department for Digital, Culture, Media & Sport, 2025. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/digital-inclusion-action-plan-first-steps>. Acesso em: 28 nov. 2025.

WANG, Haixin; GANESH, Guha; ZON, Michael; GHOSH, Oishee; SIU, Henry; FANG, Qiyin. A BLE based turnkey indoor positioning system for mobility assessment in aging-in-place settings. PLOS Digital Health, v. 4, n. 4, 17 abr. 2025. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12005499/>. Acesso em: 28 nov. 2025..