

EMOB-UX: Methodological Adaptation and Systematization of Usability Patterns, Guidelines, and Heuristics in E-commerce for Urban Mobility Contexts — A Case Study in Road Toll Systems

Lucas Quadros Silva¹, Marcelo Morandini¹

¹Universidade de São Paulo (USP)
São Paulo – SP – Brazil

quadros.lucas@usp.br, m.morandini@usp.br

Abstract. Research Context: The digitalization of urban mobility services, especially in toll e-commerce systems, introduces complex rules, regulatory requirements, and sociotechnical diversity. This scenario demands solutions integrating technology, processes, and people, grounded in usability and user experience. **Scientific and/or Practical Problem:** Generic usability patterns, guidelines, and heuristics do not adequately address domain-specific aspects such as tariff variability, regulatory interoperability, and user heterogeneity, which compromises effectiveness and digital inclusion. **Proposed Solution and/or Analysis:** The study adapted and applied the EMOB-UX method to the e-commerce domain in urban mobility, with emphasis on toll roads. It developed, validated, and delivered a systematized set of usability patterns, guidelines, and heuristics, configuring a scientific artifact that supports both the design and evaluation of digital systems in this context. **Related IS Theory:** The work aligns with IS theories on acceptance and success of digital systems, such as the DeLone and McLean IS Success Model, the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), the Diffusion of Innovations, and Task–Technology Fit (TTF). **Research Method:** The study was empirical-applied, exploratory, and mixed-method, with an experimental technical procedure. EMOB-UX was structured into eight stages, including scope review, heuristic evaluation, interviews, usability tests, and questionnaires, with triangulation of qualitative and quantitative data. **Summary of Results:** Seven patterns were consolidated by interface components, complemented by consolidated guidelines (organization, responsiveness, feedback, accessibility, security) and emergent ones (sustainability, AI, automation). Ten domain-specific heuristics were also proposed: five novel and five adapted from Nielsen. Prototype applications showed improvements in effectiveness, efficiency, and user satisfaction. **Contributions and Impact to IS Area:** The study delivers a validated and systematized artifact, associated with a replicable methodological process, providing a theoretical and practical basis for regulated contexts and contributing to IS Grand Challenges in digital inclusion and governance of digital services.

1. Introdução

A transformação digital da mobilidade urbana tem provocado mudanças na forma como cidadãos interagem com serviços essenciais, ampliando a demanda por sistemas digitais eficientes, transparentes e inclusivos. No contexto das rodovias pedagiadas, essa

transformação ganha destaque com a introdução de modelos de cobrança eletrônica, como o *free flow*, regulamentado pela Lei nº 14.157/2021 [Brasil 2021], que substitui barreiras físicas por pórticos automáticos de detecção e cobrança. Essa mudança impõe novos requisitos tecnológicos e regulatórios, ao mesmo tempo em que amplia os desafios de usabilidade, especialmente pela diversidade sociotécnica de usuários e pela necessidade de comunicação clara sobre tarifas, regras e condições de uso.

Em paralelo, o *e-commerce* consolidou-se como um dos pilares da vida digital contemporânea, estendendo-se para além do varejo tradicional e incorporando serviços financeiros, de transporte e de mobilidade. Essa expansão exige que sistemas sejam projetados para contextos cada vez mais regulados e heterogêneos, nos quais a experiência do usuário depende não apenas da eficiência das transações, mas também de atributos como acessibilidade, inclusão e confiança [Guimarães et al. 2020, Lara et al. 2020]. Embora existam padrões e heurísticas consolidadas para avaliar a usabilidade de sistemas digitais, tais referências mostram-se insuficientes para lidar com particularidades do domínio de pedágios rodoviários, marcado por interoperabilidade regulatória, variação tarifária e exigências de transparência [Guimarães et al. 2020, Vasconcellos 2020].

Nesse cenário, o problema deste estudo consiste na ausência de abordagens metodológicas sistematizadas para adaptar padrões, *guidelines* e heurísticas de usabilidade a domínios regulados e críticos, como os sistemas no contexto de mobilidade urbana, levando à aplicação de referenciais genéricos pouco sensíveis às suas especificidades. Diante disso, esta pesquisa busca responder à seguinte questão: como adaptar e sistematizar tais recomendações para sistemas de *e-commerce* em contextos de mobilidade urbana? Como objetivo, propõe-se adaptar e aplicar o método EMOB-UX para produzir e validar um conjunto estruturado dessas recomendações, ampliando a proposta metodológica de Quiñones, Rusu e Rusu (2018) e entregando um artefato implementável para o contexto.

A relevância deste estudo está em preencher lacunas teóricas e práticas, ao propor um modelo replicável de recomendações de usabilidade sensíveis a domínios regulados. Além disso, a investigação dialoga com os Grandes Desafios em Sistemas de Informação, ao abordar inclusão digital, diversidade de perfis, governança de serviços digitais e impactos socioculturais da transformação tecnológica [Boscarioli et al. 2017].

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os fundamentos conceituais do estudo; a Seção 3 discute os trabalhos relacionados; a Seção 4 descreve o método de pesquisa adotado; a Seção 5 expõe em detalhe o método EMOB-UX; a Seção 6 reúne e analisa os resultados obtidos; e, por fim, a Seção 7 traz as conclusões, destacando limitações e perspectivas para estudos futuros.

2. Conceitos fundamentais

A usabilidade é definida pela Norma ISO 9241-11:2018 como o grau em que um produto é utilizado por usuários específicos para atingir objetivos específicos como eficácia, eficiência e satisfação [ISO 2018]. A Experiência do Usuário (UX) amplia essa definição ao incorporar percepções emocionais, cognitivas, sociais e contextuais na avaliação da qualidade da interação [ISO 2019].

Os padrões e *guidelines* de projeto de *software* são técnicas para descrever e resolver problemas. Enquanto os padrões descrevem soluções recorrentes, as *guidelines* são guias prescritivos que abrangem desde expressões de alto nível de forma

genérica até baixo nível que delimitam famílias de casos específicos [Gamma et al. 1995, Barbosa and Silva 2021].

O comércio eletrônico (em inglês, *e-commerce*), refere-se à condução de transações comerciais por meio de redes de comunicação eletrônica, predominantemente a Internet, abrangendo processos de compra, venda, troca de produtos, serviços e informações entre organizações, consumidores e demais partes interessadas [Albertin 2010]. Ele pode ser categorizado de acordo com a natureza da transação, que pode ser entre empresas e consumidores, bem como pelo canal de vendas utilizado [Turban et al. 2015, Laudon and Traver 2021].

A mobilidade urbana é área que trata do modo como a população urbana se locomove pelos espaços geográficos urbanos, além de interferir diretamente no bem-estar social da população [Vasconcellos 2005, UN-Habitat 2022, Litman 2024]. Um dos elementos importantes nesse contexto são as rodovias pedagiadas, onde os veículos pagam uma tarifa para acessar determinadas regiões. Essa cobrança tem como objetivo financiar a manutenção das estradas e a prestação de serviços [Faria and Campos 2012, de Vasconcellos 2013, Farias et al. 2024].

Além desses fundamentos, este estudo dialoga com teorias de Sistemas de Informação voltadas à aceitação, adoção e sucesso de tecnologias digitais. Destacam-se o Modelo de Sucesso de SI de DeLone e McLean, que avalia qualidade, uso e impacto de sistemas [DeLone and McLean 1992, DeLone and McLean 2003]; a Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT), que explica intenções e fatores de adoção [Venkatesh et al. 2003]; a Teoria da Difusão de Inovações, que aborda como novas soluções são incorporadas socialmente [Rogers 2003]; e a Teoria do Ajuste Tarefa-Tecnologia (TTF), que relaciona a adequação entre requisitos da tarefa e funcionalidades do sistema [Goodhue and Thompson 1995]. O trabalho também se alinha aos Grandes Desafios de Sistemas de Informação no Brasil, especialmente aqueles relacionados à inclusão digital, à diversidade sociotécnica e à governança de serviços digitais [Boscarioli et al. 2017], reforçando a relevância científica e prática das recomendações.

3. Trabalhos Relacionados

Esta seção descreve a revisão de escopo realizada para mapear padrões e *guidelines* de usabilidade em *e-commerce*, identificar problemas recorrentes e áreas de aplicação. A análise foi estruturada em três etapas: protocolo, condução e resultados

3.1. Protocolo da Revisão

O protocolo da revisão de escopo descreve as escolhas metodológicas que nortearam a busca, incluindo critérios de inclusão e exclusão, bases consultadas e decisões adotadas ao longo do processo. Segundo a tipologia de Paré et al. (2015), a abordagem foi exploratória, com foco em estudos empíricos e teóricos na área de Sistemas de Informação.

A revisão buscou responder às seguintes questões: QP1 – Quais modelos, padrões e *guidelines* de usabilidade são empregados em sistemas de *e-commerce*? QP2 – Quais problemas de usabilidade são mais frequentemente reportados nesses sistemas? QP3 – Em quais áreas de aplicação os estudos analisados concentram suas contribuições?

A estratégia de busca foi construída a partir de palavras-chave relacionadas a usabilidade, avaliação e *e-commerce*, combinadas com operadores booleanos. A *string* final

foi: (usability AND (evaluat* OR assess*) AND ("e-commerce" OR ecommerce)), aplicada a título, resumo e palavras-chave nas bases Scopus e Web of Science. A escolha dessas bases deveu-se ao seu caráter multidisciplinar e à ampla indexação de periódicos relevantes, dispensando buscas complementares.

Foram incluídos estudos focados na usabilidade de sistemas *web* e de *e-commerce*. Foram excluídos textos não primários, fora do escopo temático, em idiomas diferentes do inglês ou indisponíveis em acesso completo. Esses critérios asseguraram a seleção de trabalhos relevantes e metodologicamente consistentes.

3.2. Condução da Revisão

A revisão foi conduzida de forma sequencial, garantindo rastreabilidade e reprodutibilidade. A busca inicial, realizada em abril de 2023, resultou em 597 registros. Após a aplicação dos critérios de exclusão, 68 estudos foram selecionados para leitura completa, dos quais 21 foram considerados alinhados aos objetivos da pesquisa.

Em maio de 2025, foi realizada uma atualização da busca, seguindo a mesma estratégia e critérios. Essa etapa identificou 140 novos estudos publicados desde a coleta inicial. Após a triagem, apenas quatro foram incorporados à amostra, totalizando 25 artigos analisados. A Figura 1 sintetiza o processo de seleção, enquanto a Figura 2 apresenta a distribuição dos estudos por categoria de publicação e ano.

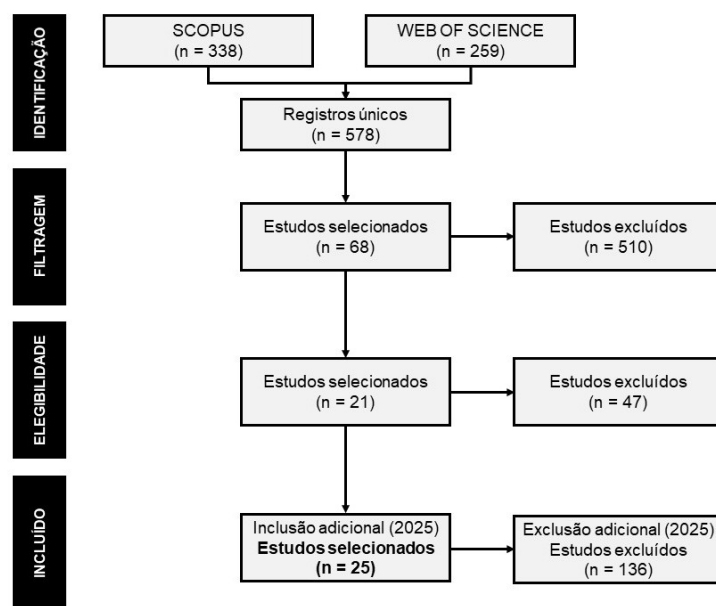


Figura 1. Fluxo de seleção dos estudos

Nos primeiros anos da amostra, predominaram publicações em conferências, evidenciando o caráter emergente do tema. Nos últimos anos, porém, houve um aumento expressivo em periódicos especializados, sinalizando maior consolidação teórica e metodológica. Esse movimento acompanha o crescimento global do interesse em usabilidade de *e-commerce*, com forte concentração em publicações revisadas por pares.

A análise geográfica revelou predominância de estudos oriundos da Ásia (9), seguida pelas Américas (9), Europa (4), África (2) e Oceania (1). Esses dados refletem

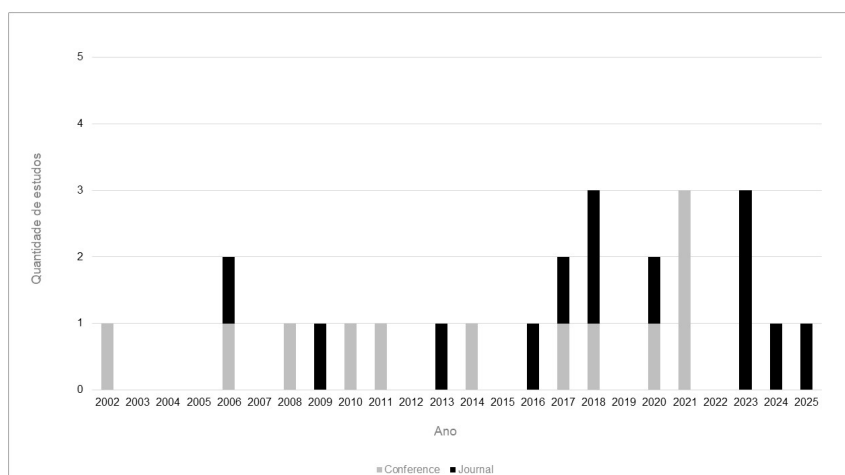


Figura 2. Distribuição de estudos por categoria de publicação e ano.

o protagonismo asiático no setor, em consonância com relatórios da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (2019; 2021), que apontam a região como líder em *e-commerce*, além de indicar a expansão do mercado americano após a pandemia de COVID-19.

No conjunto, os 25 estudos selecionados, publicados entre 2002 e 2025, empregam métodos variados de avaliação de usabilidade, com ênfase em padrões, *guidelines* e heurísticas adaptadas a contextos culturais e tecnológicos diversos [Sutcliffe 2002, Gabriel 2006, Petre et al. 2006, Soufi and Maguire 2008, Hasan et al. 2009, Martim et al. 2010, Sivaji et al. 2011, Presley and Fellows 2013, Quiñones et al. 2014, Hasan 2016, Díaz et al. 2017, Patil and Rao 2017, Yeratziotis and Zaphiris 2018, Gonçalves et al. 2018, Yu et al. 2018, Hamid et al. 2020, Huang 2020, Samuel Nkwo and Orji 2021, Bascur et al. 2021, Kharel et al. 2021, Liu and Wu 2023, Samawi et al. 2023, Muñoz et al. 2025, Hasan 2023, Casare et al. 2024].

3.3. Análise dos Resultados da Revisão

A análise dos resultados obtidos na revisão de escopo foi organizada em três dimensões principais, em consonância com as questões de pesquisa estabelecidas: (i) padrões e *guidelines* de usabilidade mapeados (QP1), (ii) problemas de usabilidade reportados na literatura (QP2) e (iii) áreas de aplicação identificadas (QP3). A seguir, apresentam-se os achados de cada dimensão.

3.3.1. Padrões e *Guidelines* Mapeados

Para responder à QP1, examinou-se o conjunto dos estudos que abordam modelos, padrões e *guidelines* de usabilidade em sistemas de *e-commerce*. A análise concentrou-se em atributos e métricas avaliados, métodos e ferramentas empregados e princípios de design consolidados na literatura. Durante a interação nesses sistemas, o usuário enfrenta esforço cognitivo para buscar, interpretar e processar informações, o que afeta diretamente sua satisfação e sucesso nas tarefas. Em cenários de decisão de compra, incertezas

ou design pouco claro ampliam esse esforço e reduzem taxas de conversão. Assim, a avaliação de usabilidade busca reduzir atritos cognitivos e otimizar fluxos, ao demonstrar que a atratividade estética favorece a motivação inicial, e ao destacar que fluxos bem projetados diminuem a complexidade cognitiva no *checkout* e fortalecem a confiança do cliente [Sutcliffe 2002, Petre et al. 2006].

Os atributos mais recorrentes encontrados na literatura incluem navegação intuitiva [Petre et al. 2006, Patil and Rao 2017], informações detalhadas e confiáveis [Hasan et al. 2009, Hasan 2023], clareza nas políticas de uso [Casare et al. 2024], facilidade de reserva e compra [Martim et al. 2010, Liu and Wu 2023], suporte acessível a diferentes perfis de usuários [Soufi and Maguire 2008, Hamid et al. 2020], mobilidade responsiva e adaptação a dispositivos móveis [Yu et al. 2018, Samuel Nkwo and Orji 2021], fornecimento de informações em tempo real [Liu and Wu 2023], feedback imediato das ações do sistema [Samuel Nkwo and Orji 2021], segurança de dados e privacidade [Gabriel 2006], além da prática de testes contínuos com usuários para ajustes iterativos [Presley and Fellows 2013]. Esses atributos, identificados em diferentes contextos culturais e tecnológicos, convergem para princípios centrais de clareza, confiança, acessibilidade e eficiência.

No que se refere aos métodos de avaliação, predomina a inspeção heurística baseada nos princípios de Nielsen [Nielsen 1994], frequentemente adaptada para contemplar privacidade, acessibilidade, diversidade cultural e ecossistemas multicanal [Gabriel 2006, Soufi and Maguire 2008, Hasan 2016, Kharel et al. 2021]. Também aparecem testes com usuários em cenários controlados ou remotos [Hamid et al. 2020], análises de métricas de navegação obtidas por ferramentas como Google Analytics [Hasan et al. 2009], caminhadas cognitivas para avaliar compreensão de fluxos [Petre et al. 2006], entrevistas e grupos focais voltados a diversidade de perfis [Díaz et al. 2017] e questionários padronizados, como SUS e SUPR-Q, para mensuração de satisfação [Samuel Nkwo and Orji 2021]. Complementarmente, estudos mencionam listas de verificação de design [Gabriel 2006], modelos analíticos que combinam *guidelines* com AHP [Presley and Fellows 2013] e abordagens que integram usabilidade a estratégias de relacionamento com o cliente [Petre et al. 2006].

Também emergem propostas de modelos híbridos e heurísticas especializadas. Entre elas, destacam-se as heurísticas culturais de [Díaz et al. 2017], que reforçam a adaptação local; o conjunto ECUXH de [Bascur et al. 2021], que amplia a cobertura de confiabilidade, acessibilidade e valor percebido; as heurísticas *omnichannel* de [Kharel et al. 2021], voltadas à continuidade da experiência em múltiplos canais; além das heurísticas empáticas propostas para cenários de crise [Samawi et al. 2023]. Estudos recentes acrescentam diretrizes voltadas a clareza visual, navegabilidade e percepção de confiança [Muñoz et al. 2025, Hasan 2023, Casare et al. 2024]. Essa diversidade de modelos mostra que as heurísticas de Nielsen permanecem como alicerce, mas são constantemente ajustadas às demandas emergentes.

3.3.2. Problemas Reportados na Literatura

Para responder à QP2, identificaram-se na literatura oito categorias recorrentes de problemas de usabilidade em sistemas de *e-commerce*. As questões de segurança e priva-

cidade aparecem de forma proeminente, envolvendo ausência de criptografia adequada, políticas pouco claras e mecanismos frágeis de autenticação, o que amplia a percepção de risco e compromete a confiança dos usuários [Gabriel 2006, Sivaji et al. 2011, Patil and Rao 2017]. Outro entrave recorrente é a navegação complexa, marcada por arquiteturas de informação desorganizadas, rotulagem inconsistente e falta de indicadores de progresso, que aumentam a frustração e as taxas de abandono de sessão [Petre et al. 2006, Quiñones et al. 2014, Liu and Wu 2023]. A acessibilidade também se destaca como lacuna, com carência de suporte a leitores de tela, alternativas textuais, legendas ou adaptações para daltônicos e idosos, dificultando a interação inclusiva [Soufi and Maguire 2008, Hamid et al. 2020, Samuel Nkwo and Orji 2021].

A falta de *feedback* claro em etapas críticas, como processamento de pagamento ou validação de formulários, gera incerteza quanto ao status das operações [Hasan et al. 2009], enquanto barreiras culturais relacionadas a idioma, normas sociais e modelos mentais exigem personalização e adaptação local para maior aceitação [Hasan 2016, Díaz et al. 2017, Bascur et al. 2021]. Problemas de desempenho, como lentidão no carregamento de páginas e falhas em conexões instáveis, reduzem a continuidade da experiência, especialmente em dispositivos móveis, onde a ausência de design responsivo e elementos otimizados para telas pequenas agrava a dificuldade de navegação [Martim et al. 2010, Kharel et al. 2021].

Por fim, a confiança do usuário, considerada condição indispensável, é frequentemente minada por percepções de insegurança, transparência limitada nos processos de compra e falhas no suporte ao cliente [Gabriel 2006]. Estudos recentes, em especial no contexto da pandemia de COVID-19, ampliam esse quadro ao relatar problemas em *chatbots*, personalização limitada, inconsistências terminológicas, falhas de clareza estética e ausência de suporte contínuo [Samawi et al. 2023, Muñoz et al. 2025, Hasan 2023].

3.3.3. Áreas de Aplicação Identificadas

Para responder à QP3, os estudos foram classificados em três grandes domínios de aplicação, de acordo com a natureza dos bens ou serviços comercializados: sistemas de compras, sistemas de serviços financeiros e sistemas de serviços de mobilidade urbana. Observa-se predominância dos trabalhos voltados às plataformas de compras, reflexo da representatividade econômica e do amplo uso do varejo *online*. Nesse domínio, as investigações contemplam tanto portais generalistas quanto segmentos específicos, como turismo, hotelaria, artesanato, moda e tecnologia, o que demonstra a diversidade de contextos em que questões de usabilidade são tratadas. Em menor escala, encontram-se os sistemas de serviços financeiros, com foco em autoatendimento *online*, abrangendo desde bancos digitais até carteiras eletrônicas, em que os estudos priorizam aspectos de confiança, segurança e clareza na execução de transações. Por fim, os sistemas de mobilidade urbana aparecem de forma pouco expressiva, concentrados majoritariamente em companhias aéreas e sem registros de análises direcionadas a outros modais de transporte.

A predominância de abordagens generalistas nos estudos de compras evidencia a busca por ampliar a aplicabilidade dos resultados, mas também sugere que características próprias de cada setor — como fluxos de negócio, jornadas do usuário e requisitos de integração — acabam subexploradas. Nesse sentido, a ausência de investigações so-

bre usabilidade no transporte rodoviário, especialmente no contexto brasileiro, representa uma lacuna relevante. Considerando a importância econômica desse setor e a crescente diversificação dos meios de pagamento eletrônicos e de processos de autorização, como os sistemas de arrecadação de pedágios, identificam-se oportunidades promissoras para a definição de padrões e *guidelines* especializados em mobilidade urbana rodoviária e em outros modais ainda pouco contemplados. Assim, a caracterização das áreas de aplicação reforça a justificativa de aprofundar o estudo em contextos de mobilidade urbana, alinhando-a às necessidades locais e às especificidades do domínio.

4. Método de Pesquisa

Este estudo caracteriza-se como empírico-aplicado, de natureza exploratória e abordagem mista (qualitativa e quantitativa) [Gerhardt and Silveira 2009, Creswell and Creswell 2018]. A estratégia metodológica incluiu levantamento bibliográfico, avaliação heurística, entrevistas semiestruturadas, testes de usabilidade com protótipos e questionários pós-tarefa, compondo uma triangulação de dados.

O procedimento técnico foi de caráter experimental, conduzido em um sistema real de *e-commerce* para pedágios digitais. As etapas empíricas seguiram protocolo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Parecer nº 6.707.701, CAAE: 77172624.6.0000.5390).

A análise dos dados envolveu codificação temática qualitativa e estatísticas descritivas quantitativas, assegurando rigor científico e validade das evidências.

5. Apresentação e Descrição da EMOB-UX

O método EMOB-UX foi concebido neste estudo como uma adaptação da abordagem proposta por Quiñones, Rusu e Rusu (2018), originalmente voltada à criação de heurísticas de usabilidade. A motivação para a adaptação decorre da insuficiência de heurísticas genéricas, como as de Nielsen (1994), em contextos complexos e regulados como o *e-commerce* aplicado a rodovias pedagiadas.

Dessa forma, o EMOB-UX expande o escopo metodológico para contemplar não apenas heurísticas, mas também padrões e *guidelines* de usabilidade, articulando avaliação heurística, análise empírica e validação em estudo de caso.

O referencial metodológico de Quiñones, Rusu e Rusu (2018) estrutura-se em oito etapas sequenciais. No EMOB-UX, essas etapas foram mantidas como base, porém adaptadas para incluir práticas de prototipação, triangulação de métodos qualitativos e quantitativos e integração com normas regulatórias do domínio da mobilidade urbana.

As oito etapas do EMOB-UX foram:

1. Revisão de Escopo: identificação de padrões, *guidelines* e heurísticas na literatura e normas [Paré et al. 2015b];
2. Avaliação Inicial: inspeção heurística com especialistas e testes exploratórios com usuários;
3. Análise e Priorização: correlação entre problemas encontrados e referenciais teóricos;
4. Formalização: descrição estruturada de padrões e *guidelines*;

5. Validação Empírica: aplicação de protótipos em cenários reais e coleta de métricas;
6. Atualização Condicional: ajustes após a validação;
7. Documentação: organização do conjunto sistematizado segundo o formato *Gang of Four* [Gamma et al. 1995];
8. Síntese e Reflexão: consolidação dos achados, análise de limitações e discussão de generalização.

A Figura 3 apresenta as etapas e seus objetivos de forma integrada, reforçando a replicabilidade do processo.

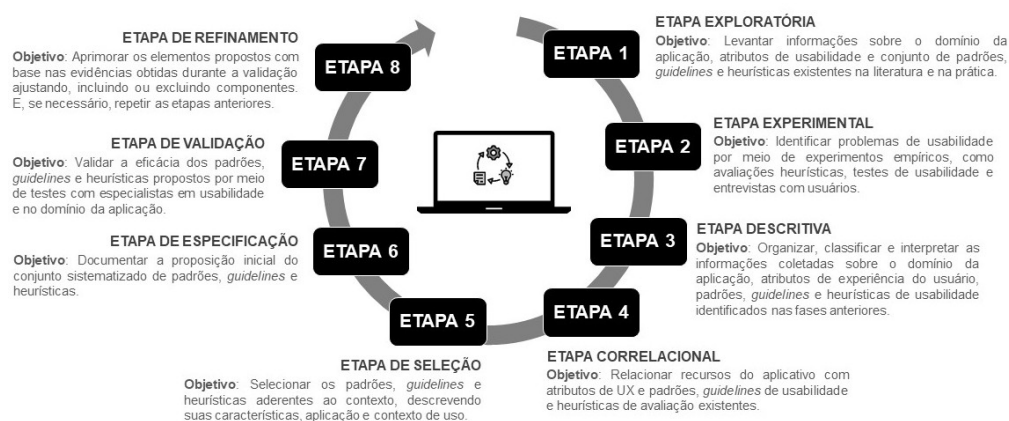


Figura 3. Etapas do método EMOB-UX

6. Aplicação e Análise dos Resultados Preliminares

O método EMOB-UX foi aplicado a um sistema de *e-commerce* de uma Concessionária de Rodovias no Brasil, voltado ao pagamento digital de pedágios. A condução seguiu oito etapas. O mapeamento inicial identificou componentes de interface críticos que subsidiaram o conjunto sistematizado de recomendações.

A primeira rodada contou com 15 usuários e 5 especialistas em usabilidade e mobilidade. Embora Nielsen (1994) indique que cerca de cinco participantes bastam para identificar a maioria dos problemas de usabilidade, optou-se por ampliar a amostra de usuários não especialistas para abranger perfis variados de letramento digital e frequência de uso do sistema. As tarefas incluíram consulta de débitos, pagamento e abertura de suporte. As avaliações em escala Likert (1–5) revelaram alta satisfação nas funções de busca e pagamento (mediana = 5), mas desempenho inferior em histórico e ajuda (mediana = 3). Comentários qualitativos indicaram necessidade de maior clareza na navegação e feedbacks mais contextuais. Um problema crítico emergiu: a consulta de débitos exigia que o usuário informasse data, horário e rodovia do trajeto — requisito inicialmente adotado para atender à Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018), mas que se mostrou excessivamente restritivo. Essa limitação reduzia a autonomia do usuário e podia resultar em infrações graves por não pagamento, conforme o Código de Trânsito Brasileiro (Lei nº 9.503/1997, art. 209).

Na segunda rodada, cinco especialistas aplicaram heurísticas de Nielsen, identificando alta visibilidade e consistência (mediana = 5), mas fragilidades em prevenção de

erros e flexibilidade (medianas = 3–4). Foram observadas lacunas de acessibilidade, como baixo contraste e ausência de indicadores de progresso.

Após iterações de refinamento, o protótipo apresentou ganhos mensuráveis: redução do tempo de execução, maior confiança no fluxo de pagamento e diminuição de erros. As Figuras 4 e 5 exemplificam parte das melhorias implementadas no sistema.

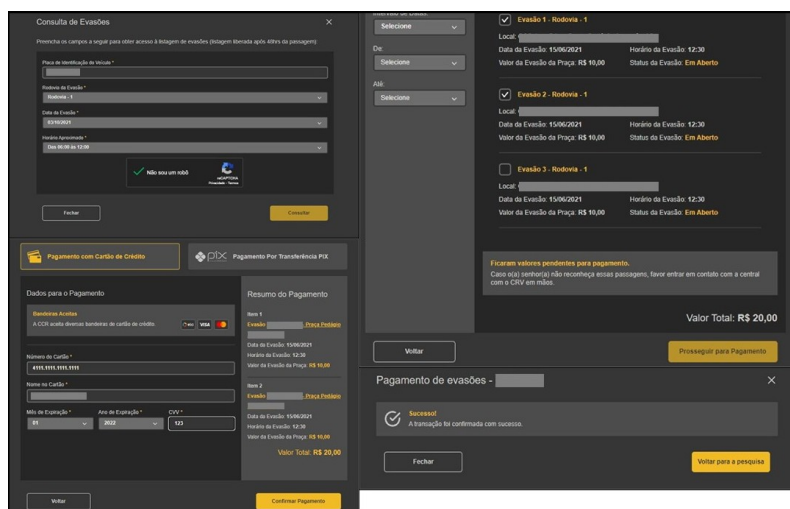


Figura 4. Versão inicial do sistema de e-commerce de pedágios

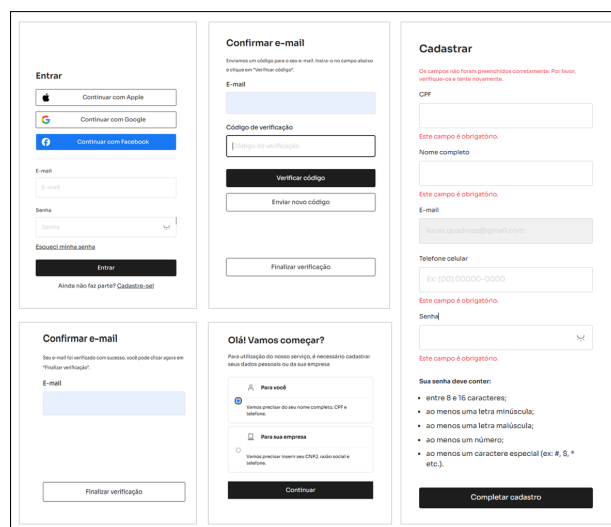


Figura 5. Versão refinada após aplicação do conjunto sistematizado

7. Resultados

Esta seção apresenta os principais resultados, destacando a consolidação de padrões por componentes de interface, *guidelines* e heurísticas voltadas ao design e implementação.

7.1. Padrões de Usabilidade

Os padrões de usabilidade foram definidos a partir de componentes recorrentes das interfaces analisadas, como formulários, tabelas, menus, caixas de diálogo e notificação, indicadores de progresso e mapas, promovendo clareza, acessibilidade e eficiência.

7.1.1. Design de Formulário de Entrada de Dados

O padrão "Design de Formulário de Entrada de Dados" tem como objetivo estruturar e centralizar a coleta de informações fornecidas pelos usuários, tornando explícitos o propósito dos dados inseridos, o contexto de uso, as regras de validação e as formas de utilização dessas informações. Um design inadequado compromete a experiência, gera frustração, abandono de tarefas e inconsistências nos registros. No domínio estudado, aplica-se a fluxos de cadastro de veículos e clientes, inserção de dados de pagamento, autenticação e abertura de suporte.

A implementação inicia-se com o acesso ao formulário, que deve considerar autenticação adequada, aplicação de princípios/recursos de acessibilidade e otimização do carregamento da interface por meio de técnicas como *lazy loading* e compressão de recursos. Sua estrutura modular é composta por quatro componentes. Na Entrada de Dados (1), com organização lógica dos campos e validações iniciais, os campos devem ser agrupados por categoria (como perfil do usuário, dados do veículo, forma de pagamento), com uso de máscaras, *placeholders* informativos, validações de tipo e limite de caracteres, além de recuperação automática de dados previamente armazenados. A etapa de Validação e Feedback (2) exige mecanismos de verificação em tempo real, com retorno visual e auditivo (como bordas coloridas e mensagens contextuais) e validações externas a órgãos envolvidos (como validação da placa vinculada ao CPF/CNPJ pelo Departamento de Trânsito). O Processamento (3) deve garantir a segurança dos dados por meio de criptografia e autenticação robusta, além de fornecer comprovantes digitais e tratar adequadamente exceções como dados inválidos ou veículos irregulares. Por fim, a Conclusão (4) deve oferecer mensagens claras de sucesso ou erro, orientações para correção de falhas, registro de *logs* e aplicação de atributos ARIA para assegurar acessibilidade.

7.1.2. Design de Tabela

O padrão de "Design de Tabelas" visa garantir a apresentação clara, eficiente e acessível de dados estruturados, especialmente em contextos que exigem leitura rápida, comparação de informações ou análise detalhada, como o caso da tarifação (estática ou dinâmica) em mobilidade. Tabelas são componentes críticos em sistemas interativos e, quando mal projetadas, podem comprometer a compreensão dos dados, acarretar prejuízos financeiros ou gerar conflitos contratuais. A estrutura recomendada inclui cabeçalhos informativos com descrições textuais, ícones explicativos e possibilidade de ordenação; corpo com linhas alternadas visualmente (*zebra striping*), elementos de destaque ao passar o cursor (efeito *hover*) e, quando necessário, suporte à expansão de dados em linha; rodapés com totais e resumos para facilitar a análise consolidada. Recursos interativos, como filtros, busca e exportação de dados, ampliam a utilidade do componente em diferentes contextos de uso. Do ponto de vista da acessibilidade, recomenda-se suporte à navegação por teclado, contraste adequado, compatibilidade com leitores de tela (via atributos como `aria-label`, `aria-describedby`, `role`), ajuste dinâmico da fonte, adaptação responsiva para diferentes dispositivos e testes contemplando múltiplos navegadores.

7.1.3. Design de Menu

O padrão de "Design de Menu" visa estruturar a navegação em sistemas digitais, oferecendo um ponto central de acesso claro, eficiente e acessível para diferentes seções e funcionalidades. No contexto da aplicação, os menus devem abranger áreas como Cadastro de Usuário, Veículos, Pagamentos, Débitos Pendentes, Recarga, Histórico, Planejamento de Viagem, Localização e Mapas, Alertas e Notificações, Integrações, Suporte ao Usuário, Benefícios e Promoções e Segurança e Privacidade. Menus bem projetados nessas áreas ajudam a orientar os usuários, reduzir o esforço cognitivo e melhorar a experiência de uso. Devem apresentar rótulos objetivos, hierarquia funcional clara e feedback visual que indique o item ativo, por meio de cores, sublinhados ou animações suaves. A navegação deve ser acessível tanto por mouse quanto por teclado, com foco visível e compatibilidade com leitores de tela (via atributos ARIA). A responsividade deve atender as telas maiores, menus suspensos ou horizontais para serem eficazes; em dispositivos móveis, menus do tipo "hambúrguer" ajudam a economizar espaço e manter a clareza funcional.

7.1.4. Design de Caixa de Diálogo e Notificação

O padrão de "Design de Caixas de Diálogo e Notificações" busca estabelecer uma estrutura de componente para exibir mensagens contextuais, confirmar ações, coletar comandos do usuário ou informar estados do sistema de forma clara e acessível. Para garantir acessibilidade, a diferenciação de mensagens deve ir além das cores, combinando-as com ícones, textos ou padrões visuais que transmitam claramente o significado. O posicionamento também deve seguir boas práticas: caixas modais centralizadas para capturar a atenção do usuário, enquanto notificações flutuantes devem aparecer nos cantos da tela com tempo de exibição automático (temporizador). O uso adequado desses componentes contribui para uma experiência mais fluida e confiável, enquanto o uso excessivo ou fora de contexto pode gerar sobrecarga informativa e frustração.

A implementação deve combinar boas práticas de desenvolvimento e princípios de acessibilidade. Elementos semânticos como `<div role="dialog">` e `<div role="alert">` auxiliam tecnologias assistivas na identificação das mensagens. O estilo visual requer contraste adequado, espaçamento confortável e disposição clara, evitando ruído visual. A interação é controlada por funções JavaScript (`showDialog()`, `hideDialog()`), com foco gerenciado (`trapFocus()`) e suporte à navegação por teclado e atributos ARIA (`aria-live`, `aria-labelledby`, `aria-hidden`). Transições sutis, como variações de opacidade e tempo, tornam a interação mais fluida. Recomenda-se validar o componente com ferramentas de acessibilidade e testes com usuários em diferentes dispositivos, garantindo consistência.

7.1.5. Design de Indicação de Progresso

O padrão "Design de Indicação de Progresso" estabelece mecanismos visuais que comunicam o andamento de tarefas e processos, como cadastros, consultas e pagamentos, promovendo previsibilidade, confiança e controle ao usuário. Sua ausência tende a gerar incerteza e abandono de fluxos longos, especialmente em operações financeiras. A

estrutura recomenda etapas nomeadas, diferenciação entre estados ativos e concluídos e reforços visuais sutis, como cor, espessura e ícones. Em fluxos complexos, admite retorno e edição de etapas anteriores, fortalecendo o senso de autonomia.

A implementação deve usar estrutura semântica clara (`<div class="progress-step">`), estilos distintos para estados e transições suaves que mantenham a coerência visual do sistema. A função `updateProgress(step)` permite sincronizar o avanço com validações e o *backend*, assegurando que erros sejam tratados de modo contextual e recuperável. Recomenda-se uso de atributos ARIA (`aria-current="step"`, `aria-live="polite"`), foco visível e navegação por teclado. A barra deve adaptar-se a diferentes resoluções e condições de conectividade, garantindo legibilidade e continuidade. O padrão sintetiza previsibilidade, acessibilidade e fluidez.

7.1.6. Design de Mapas

O padrão “Design de Mapas” define a representação visual e interativa de informações geográficas, promovendo orientação espacial e fluidez na navegação. Em contextos de mobilidade urbana, mapas eficazes permitem localizar praças de pedágio, rotas, áreas de serviço e pontos de interesse, reduzindo a carga cognitiva e ampliando a autonomia do usuário. Devem combinar legibilidade, responsividade e acessibilidade, com marcadores claros, controle intuitivo de zoom e rotação e feedback visual imediato nas interações.

A implementação recomenda o uso de bibliotecas como Google Maps, Leaflet ou OpenStreetMap, com estrutura semântica (`<div class="map-container">`) e camadas dinâmicas renderizadas via JavaScript. O design deve ser responsivo (*media queries*), adotar contrastes adequados e aplicar atributos ARIA para descrever regiões e elementos focáveis. O sistema deve permitir foco por teclado, leitura por leitores de tela e adaptação a diferentes resoluções e conexões.

7.2. Guidelines de desenvolvimento

As *guidelines* de desenvolvimento foram organizadas em duas categorias: consolidadas, derivadas de práticas validadas no estudo, e complementares. Ambas são estruturadas em cinco macrodimensões que orientam o design de componentes da interface, assegurando a transversalidade dos princípios de usabilidade em contextos de mobilidade.

7.2.1. Guidelines Consolidadas

Estrutura e Organização da Informação: A dimensão é transversal a diversos componentes e enfatiza a clareza da arquitetura da informação. Em formulários, recomenda-se o agrupamento lógico de campos, priorização visual dos obrigatórios e decomposição de fluxos extensos. Em tabelas, sugere-se o uso de cabeçalhos descritivos, ordenação lógica, bordas visuais e recursos como filtros e paginação. Menus devem ser logicamente organizados, com itens representativos, submenus condicionais e destaque para opções frequentes. No caso de mapas, recomenda-se o uso de ícones intuitivos, cores contrastantes e informações legíveis para rápida compreensão. Em sistemas de pedágio digital, essa es-

estrutura minimiza a sobrecarga cognitiva em tarefas como preenchimento de dados, busca por comprovantes ou visualização de tarifas.

Responsividade e Adaptação Multiplataforma: Trata da adaptação da interface a diferentes dispositivos e resoluções. Tabelas devem se ajustar a diferentes tamanhos de tela por meio de CSS responsivo e estratégias como empilhamento de colunas ou botões “Ver Mais”. Menus devem ser adaptáveis, utilizando ícones como o menu “hambúrguer” e garantindo áreas de toque adequadas. Indicadores de progresso devem ser compactos e escaláveis, agrupando etapas quando necessário, e caixas de diálogo devem ser minimamente intrusivas, com *layouts* otimizados para telas reduzidas.

Feedback Imediato e Interatividade Multicanal: Essa dimensão perpassa todos os componentes e visa garantir respostas rápidas e compreensíveis às ações do usuário. Em formulários, recomenda-se validação em tempo real com máscaras, expressões regulares e feedback multimodal — como cores, ícones e mensagens acessíveis. Tabelas e mapas devem reagir com realces visuais, filtros dinâmicos e botões como “Detalhes” ou “Exportar”. Menus devem sinalizar interações com cores, sublinhados e animações suaves, mantendo a consistência visual. Caixas de diálogo devem apresentar respostas visuais imediatas e opções visíveis de ação. Indicadores de progresso devem exibir resumos, mensagens motivacionais e permitir o acompanhamento de etapas. Notificações devem usar cores e ícones para indicar prioridade, distribuir mensagens por múltiplos canais e manter um centro de mensagens arquivadas. Essa dimensão é crítica em confirmações de recargas, transações e alertas sobre tráfego ou débitos.

Acessibilidade e Inclusão Digital: Essa dimensão fundamenta-se nas *guidelines* do WCAG e visa garantir que todos os usuários, independentemente de suas capacidades físicas, cognitivas, sensoriais ou motoras, possam interagir com o sistema de forma equitativa. Entre as práticas recomendadas estão a navegação por teclado, o uso de atributos ARIA para estruturar semanticamente os elementos da interface, contrastes visuais adequados e compatibilidade com leitores de tela. Interfaces devem ser adaptáveis, oferecendo perfis de acessibilidade que incluam modos específicos para dislexia, alto contraste, ajustes de fonte e espaçamento, além de suporte à navegação por voz. O suporte multilíngue e o uso de elementos visuais universais também ampliam o alcance e a compreensão. Essa abordagem deve ser incorporada em todos os componentes da interface assegurando que estejam preparados para atender a diferentes perfis de usuários.

Segurança e Privacidade: No contexto, o tratamento de dados sensíveis — como informações veiculares, registros de trajeto e dados financeiros — impõe a adoção de medidas rigorosas de segurança da informação, integração com serviços regulatórios e conformidade com legislações vigentes. Práticas recomendadas incluem o uso de protocolos de comunicação segura (como HTTPS/TLS), autenticação multifator, criptografia de credenciais, validações no lado servidor, controle de sessão e mecanismos de auditoria e rastreabilidade. Do ponto de vista normativo, destaca-se a necessidade de alinhamento à LGPD, o que envolve coleta explícita de consentimento, garantia de portabilidade, possibilidade de exclusão de dados e transparência na utilização das informações pessoais. Um dos principais desafios observados nos sistemas analisados consistiu em equilibrar a facilidade de acesso às informações sobre débitos pendentes com a proteção adequada dos dados sensíveis associados às passagens. Como solução, adotou-se uma estratégia dual: a primeira alternativa possibilita a consulta simplificada dos débitos sem necessi-

dade de autenticação, restringindo-se à exibição do valor total e permitindo a quitação direta, sem revelar detalhes da transação; a segunda requer autenticação prévia mediante cadastro, viabilizando o cruzamento seguro de dados entre usuário e veículo por meio da integração com órgãos reguladores ou administrativos, assegurando o acesso completo às informações de maneira protegida. Essa abordagem visa promover a conciliação entre usabilidade, segurança da informação e conformidade legal. Complementarmente, considera-se a adoção de soluções tecnológicas adicionais, como a geração de *tokens* temporários vinculados à autenticação de múltiplos fatores ou a implementação de sistemas de identidade federada, como por exemplo, o login via gov.br, capazes de reforçar a proteção de dados sem comprometer a experiência do usuário.

7.2.2. *Guidelines* Complementares

Sustentabilidade: orienta o design de interfaces que não apenas minimizem o consumo de energia e dados — por exemplo, por meio de *layouts* mais leves e cores que demandam menos brilho da tela —, mas também estimulem escolhas sustentáveis por parte dos usuários, como a exibição de selos ou mensagens que indiquem a menor emissão de carbono em determinadas rotas, meios de pagamento ou horários de tráfego. Tais práticas são especialmente relevantes em dispositivos móveis utilizados em movimento, com limitação de conectividade ou bateria.

Inteligência Artificial (IA): recomenda a aplicação ética, inclusiva e transparente de algoritmos para personalização da experiência, antecipação de demandas e automação de tarefas. Interfaces inteligentes devem adaptar-se ao perfil e contexto do indivíduo, mantendo a autonomia do usuário e a compreensão sobre decisões automatizadas. A IA pode, inclusive, atuar como facilitadora da acessibilidade, oferecendo traduções em tempo real, ajustes automáticos de legibilidade com base em padrões de uso, sugestões de navegação simplificada, ou ainda identificação proativa de barreiras de usabilidade para usuários com deficiências. Além disso, exemplos de aplicação incluem a recomendação de rotas ou modais sustentáveis, a previsão de chegada com base em dados em tempo real e históricos, o reconhecimento de veículos por meio de imagens registradas, bem como a associação destes ao usuário. Outras soluções envolvem o suporte por meio de *chatbots* ou assistentes virtuais com processamento de linguagem natural, os quais são capazes de escalonar o atendimento para operadores humanos.

Automação: propõe a redução de tarefas manuais, por meio de funcionalidades como pagamentos automáticos, notificações proativas e recomendações baseadas no comportamento do usuário. Em conjunto, essas *guidelines* ampliam o escopo tradicional da usabilidade ao integrarem princípios de inclusão, eficiência e responsabilidade socioambiental aos sistemas digitais de mobilidade.

7.3. Heurísticas de Avaliação

Esta seção apresenta as heurísticas de avaliação de sistemas de *e-commerce* voltado ao contexto de mobilidade urbana, com ênfase em rodovias pedagiadas, um complemento do estudo, elaboradas com base no método da pesquisa. As heurísticas foram organizadas em dois grupos: (i) heurísticas criadas especificamente para o contexto estudado e as (ii) heurísticas clássicas de Nielsen. As heurísticas criadas consideram demandas específicas

de serviços digitais voltados à mobilidade. São elas: (H1) Segurança e Privacidade, que avalia medidas de proteção a dados sensíveis, conformidade com regulamentações e transparência nas políticas de privacidade; (H2) Interoperabilidade, que examina a operação eficiente entre plataformas, dispositivos e sistemas externos; (H3) Acessibilidade e Equidade, que verifica o atendimento a *guidelines* reconhecidas de acessibilidade e considera diferentes níveis de letramento digital; (H4) Transparência de Cobrança, que trata da clareza nas tarifas, taxas e condições de pagamento; (H5) Comunicação Integrada, que analisa a consistência na comunicação entre canais físicos e digitais, oferecendo orientação clara ao usuário; e (H6) Adaptação Contextual e Padronização, que observa a capacidade do sistema de funcionar adequadamente em diferentes contextos de uso, mantendo consistência visual, funcional e técnica.

Já o segundo grupo de heurísticas é composto por heurísticas de avaliação de usabilidade propostas por Nielsen, devido sua relevância e aplicabilidade universal. São elas: (H7) Visibilidade do Status e Navegação do Sistema, que avalia se o sistema fornece feedback claro e imediato sobre as ações do usuário, incluindo navegação e progressos; (H8) Gerenciamento de Erros, que examina como o sistema lida com erros, fornecendo mensagens claras e caminhos para resolução; (H9) Flexibilidade e Eficiência de Uso, que trata da adaptação da interface a diferentes perfis de usuários, oferecendo tanto guiamento quanto atalhos; e (H10) Design Estético e Minimalista, que avalia a clareza visual, a eliminação de distrações e a redução da sobrecarga cognitiva. A combinação dessas heurísticas possibilita uma avaliação mais detalhada da UX em sistemas digitais de mobilidade urbana, considerando tanto princípios clássicos quanto exigências atuais.

8. Conclusão

Este artigo apresentou a adaptação e aplicação do método EMOB-UX ao domínio de *e-commerce* em contextos de mobilidade urbana, com caso de uso em rodovias pedagiadas, resultando na elaboração e validação de um conjunto sistematizado de padrões, *guidelines* e heurísticas de usabilidade.

As contribuições incluem a expansão metodológica de um processo originalmente voltado à criação de heurísticas, a formalização de recomendações no formato GoF e a entrega de um artefato implementável que apoia o design e a avaliação de sistemas digitais em contextos regulados. Assim, o estudo avança tanto no campo científico, ao propor um método replicável e sensível a especificidades de domínio, quanto no prático, ao oferecer subsídios concretos para sistemas mais inclusivos, acessíveis e transparentes.

Entre as limitações, destacam-se a aplicação do método em um único sistema real, com validação empírica concentrada em ambiente controlado, o que restringe a generalização dos resultados. Soma-se a isso a necessidade de incluir amostras mais diversas de usuários, contemplando diferentes níveis de letramento digital e perfis socioculturais. Além disso, os artefatos desenvolvidos foram aplicados exclusivamente a sistemas de *e-commerce* para rodovias pedagiadas; sua replicação em outros contextos da mobilidade urbana exigirá novos estudos que considerem particularidades regulatórias, tecnológicas e de negócio.

Como perspectiva futura, sugere-se ampliar o escopo geográfico e funcional do método, incluindo outros modais de transporte e integrando tecnologias emergentes — como inteligência artificial, automação e análise de dados em tempo real — para apoiar

a personalização da experiência e a equidade digital. Tais avanços alinham-se tanto às teorias de Sistemas de Informação, como o Modelo de Sucesso de DeLone e McLean, a UTAUT, a Difusão de Inovações e o Ajuste Tarefa–Tecnologia (TTF), quanto aos Grandes Desafios da área, em especial aqueles voltados à inclusão e diversidade, à governança de serviços digitais e à transformação digital responsável.

Agradecimentos

Ferramentas de IA generativa, como o ChatGPT, foram utilizadas unicamente para apoio na revisão textual, em conformidade com as *guidelines* éticas da SBC.

Referências

- Albertin, A. L. (2010). *Comércio Eletrônico: Modelo, Aspectos e Contribuições de sua Aplicação*. Atlas, São Paulo, 6 edition.
- Barbosa, S. D. J. and Silva, B. d. S. M. G. e. (2021). *Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário*. Leanpub.
- Bascur, C., Rusu, C., and Quiñones, D. (2021). Ecuxh: A set of user experience heuristics for e-commerce. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, volume 12774 LNCS, page 407 – 420.
- Boscarioli, C., Araujo, R. M., and Maciel, R. S. P. (2017). *I GranDSI-BR – Grand Research Challenges in Information Systems in Brazil 2016–2026*. Brazilian Computer Society (SBC), Porto Alegre.
- Brasil (1997). Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. *Código de Trânsito Brasileiro*.
- Brasil (2018). Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - lei geral de proteção de dados pessoais. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*.
- Brasil (2021). Lei n 14.157 de 1 de junho de 2021. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*.
- Casare, A. R., da Silva, C. G., and Moraes, R. (2024). User perception as a factor for improving trustworthiness in e-commerce systems. *Journal on Interactive Systems*, 15(1):194 – 219.
- Creswell, J. W. and Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, Thousand Oaks, CA, 5 edition.
- de Vasconcellos, E. A. (2013). *Mobilidade Urbana: Espaço, Tempo e Controle*. Annablume, São Paulo.
- DeLone, W. H. and McLean, E. R. (1992). Information systems success: The quest for the dependent variable. *Information Systems Research*, 3(1):60–95.
- DeLone, W. H. and McLean, E. R. (2003). The delone and mclean model of information systems success: A ten-year update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4):9–30.
- Díaz, J., Rusu, C., and Collazos, C. A. (2017). Experimental validation of a set of cultural-oriented usability heuristics: e-commerce websites evaluation. *Computer Standards and Interfaces*, 50:160 – 178.

- Faria, B. S. d. and Campos, V. B. G. (2012). Procedimento e protótipo computacional para dimensionamento de uma praça de pedágio. *Journal of Transport Literature*, 6(4):38–58.
- Farias, A. V., Zhu, S., and Mardan, A. (2024). An overview of dynamic pricing toll roads in the united states: Pricing algorithms, operation strategies, equity concerns, and funding mechanism. *Case Studies on Transport Policy*, 17:101226.
- Gabriel, I. J. (2006). Designing e-commerce sites with the focus on security and privacy of online customers. In *Proceedings of the Information Systems Education Conference, ISECON*, volume 23.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., and Vlissides, J. (1995). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley, Reading, MA.
- Gerhardt, T. E. and Silveira, D. T. (2009). *Métodos de pesquisa*. Série Educação a Distância. Editora da UFRGS, Porto Alegre.
- Gonçalves, R., Rocha, T., Martins, J., Branco, F., and Au-Yong-Oliveira, M. (2018). Evaluation of e-commerce websites accessibility and usability: an e-commerce platform analysis with the inclusion of blind users. *Universal Access in the Information Society*, 17(3):567 – 583.
- Goodhue, D. L. and Thompson, R. L. (1995). Task-technology fit and individual performance. *MIS Quarterly*, 19(2):213–236.
- Guimarães, D. S., Nascimento, A. M., Rodrigues, G. P. A., and Santos, L. O. C. (2020). Efeitos da pandemia do covid-19 na transformação digital de pequenos negócios. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*.
- Hamid, S., Bawany, N. Z., and Zahoor, K. (2020). Assessing ecommerce websites: Usability and accessibility study. In *2020 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems, ICACISIS 2020*, page 199 – 204.
- Hasan, L. (2016). Key design characteristics for developing usable e-commerce websites in the arab world. *Informing Science*, 19(1):253 – 275.
- Hasan, L. (2023). Major and minor issues affecting the user experience on e-commerce websites. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 10:208 – 221.
- Hasan, L., Morris, A., and Proberts, S. (2009). Using google analytics to evaluate the usability of e-commerce sites. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, volume 5619 LNCS, page 697 – 706.
- Huang, Z. (2020). Usability of tourism websites: a case study of heuristic evaluation. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 26(1-2):55 – 91.
- ISO (2018). ISO 9241-11:2018: Ergonomics of human-system interaction – part 11: Usability: Definitions and concepts. International Organization for Standardization.
- ISO (2019). Iso 9241-210:2019 — ergonomics of human-system interaction — part 210: Human-centred design for interactive systems. Technical report, ISO, Geneva, Switzerland.

- Kharel, S., Fernström, M., and Bal, B. K. (2021). Omnichannel heuristics for e-commerce. In *34th British Human Computer Interaction Conference Interaction Conference, BCS HCI 2021*, page 99 – 103.
- Lara, J., Afonso, T., Elias, R. K., Afonso, B. P. D. T.-L., A., T., and Santos, L. O. C. (2020). Efeitos da pandemia do covid-19 na transformação digital de pequenos negócios. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*.
- Laudon, K. C. and Traver, C. G. (2021). *E-commerce 2021: Business, Technology and Society*. Pearson, 16 edition.
- Litman, T. (2024). Evaluating accessibility for transport planning. *Victoria Transport Policy Institute*.
- Liu, N. T. Y. and Wu, C.-L. (2023). Assessing the effect of flight information presentation styles on the usability of airline web booking interface. *Journal of Air Transport Management*, 106.
- Martim, E., Dlamini, M., Greunen, D. V., Eloff, J., and Herselman, M. (2010). Is buying and transacting online easier and safer than down town? : An emerging economy perspective. In *5th International Conference on Information Warfare and Security, ICIW 2010*, page 53 – 59.
- Muñoz, A. Y. V., i Saltiveri, A. G., and Collazos Ordoñez, C. A. (2025). Analysis and optimization of the usability of e-commerce platforms through evaluation heuristics. *CLEI Eletronic Journal (CLEIej)*, 28(1).
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. Academic Press, San Diego, CA.
- Paré, G., Trudel, M.-C., Jaana, M., and Kitsiou, S. (2015a). Synthesizing information systems knowledge: A typology of literature reviews. *Information & Management*, 52(2):183–199.
- Paré, G., Trudel, M.-C., Jaana, M., and Kitsiou, S. (2015b). Synthesizing information systems knowledge: A typology of literature reviews. *Information & Management*, 52(2):183–199.
- Patil, M. and Rao, M. (2017). Validating prototype of e-commerce shopping site in india.
- Petre, M., Minocha, S., and Roberts, D. (2006). Usability beyond the website: An empirically-grounded e-commerce evaluation instrument for the total customer experience. *Behaviour and Information Technology*, 25(2):189 – 203.
- Presley, A. and Fellows, P. (2013). An analytic hierarchy process model for evaluating and comparing website usability. *International Journal of Business Information Systems*, 12(2):123 – 139.
- Quiñones, D., Rusu, C., and Rocagliolo, S. (2014). Redefining usability heuristics for transactional web applications. In *ITNG 2014 - Proceedings of the 11th International Conference on Information Technology: New Generations*, page 260–265.
- Quiñones, D., Rusu, C., and Rusu, V. (2018). A methodology to develop usability/user experience heuristics. *Computer standards & interfaces*, 59:109–129.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations*. Free Press, New York, 5 edition.

- Samawi, G., Jraisat, L., Khlaif, F., Jreissat, M., Ta'amnha, M. A., Alomari, S., and Khawajah, A. (2023). Evaluating usability and user experience amid covid-19: The case of innovative digital retailers. *International Journal of Technology and Human Interaction*, 19(1):1–23.
- Samuel Nkwo, M. and Orji, R. (2021). A mixed method approach to evaluating e-commerce website: Towards socially-sensitive guidelines for future design. In *ACM International Conference Proceeding Series*, page 158 – 165.
- Sivaji, A., Downe, A. G., Mazlan, M. F., Soo, S.-T., and Abdullah, A. (2011). Importance of incorporating fundamental usability with social & trust elements for e-commerce website. In *ICBEIA 2011 - 2011 International Conference on Business, Engineering and Industrial Applications*, page 221 – 226.
- Soufi, B. and Maguire, M. (2008). Usability and accessibility in e-commerce web sites. In *Proceedings of the International Conference on Electronic Business (ICEB)*, page 103 – 112.
- Sutcliffe, A. (2002). Assessing the reliability of heuristic evaluation for web site attractiveness and usability. In *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, volume 2002-January, page 1838 – 1847.
- Turban, E., King, D., Lee, J. K., Liang, T.-P., and Turban, D. C. (2015). *Electronic Commerce 2016: A Managerial and Social Networks Perspective*. Springer.
- UN-Habitat (2022). World cities report 2022: Envisaging the future of cities.
- UNCTAD (2019). *UNCTAD B2C E-Commerce Index 2019: Leapfrogging Skills Development in E-commerce*. Number 14 in UNCTAD Technical Notes on ICT for Development. United Nations, Geneva.
- UNCTAD (2021). *UNCTAD B2C E-Commerce Index 2021: Unctad Technical Notes on ICT for Development*. Number 19 in UNCTAD Technical Notes on ICT for Development. United Nations, Geneva.
- Vasconcellos, E. A. (2005). *A cidade, o transporte e o trânsito*. 05-2766 CDD-354.7690981, prolivros edition.
- Vasconcellos, J. e. a. (2020). Transformação digital na américa latina 2020. Relatório técnico, Atlantico.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3):425–478.
- Yeratziotis, A. and Zaphiris, P. (2018). A heuristic evaluation for deaf web user experience (he4dwux). *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(3):195 – 217.
- Yu, X., Meng, L., Tian, X., Fauvel, S., Huang, B., Guan, Y., Shen, Z., Miao, C., and Leung, C. (2018). Usability analysis of the novel functions to assist the senior customers in online shopping. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10913 LNCS:173 – 185.