DO PAPEL À TELA: O PROCESSO DE UX NO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DIGITAL PARA A GESTÃO PECUÁRIA

FROM PAPER TO SCREEN: THE UX PROCESS IN THE DEVELOPMENT OF A DIGITAL SYSTEM FOR LIVESTOCK MANAGEMENT

NATHIELE LAISA DE MELLO GONÇALVES
INSTITUTO DE TECNOLOGIA E LIDERANÇA - INTELI

ARTHUR SOUZA SANTOS VENTURA
INSTITUTO DE TECNOLOGIA E LIDERANÇA - INTELI

JULIA JESUS BEZERRA
INSTITUTO DE TECNOLOGIA E LIDERANÇA - INTELI

MATHEUS SEDLACEK MOANA MARTINIUK
INSTITUTO DE TECNOLOGIA E LIDERANÇA - INTELI

Comunicação:
O XIV SINGEP foi realizado em conjunto com a 14th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com a SPARK (Society for Promoting Academic Research and Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

DO PAPEL À TELA: O PROCESSO DE UX NO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DIGITAL PARA A GESTÃO PECUÁRIA

Objetivo do estudo
Analisar o processo de UX conduzido durante o desenvolvimento de uma aplicação (PecSync) para gestão agropecuária, buscando evidenciar as decisões metodológicas adotadas em cada etapa (Sprints do Projeto) e os resultados obtidos nas avaliações de usabilidade.

Relevância/originalidade
A literatura de UX concentra-se em contextos corporativos e de consumo, com pouca exploração de operações rurais. O estudo documenta desafios e adaptações metodológicas da equipe ao digitalizar um processo do agronegócio, entregando solução intuitiva, acessível a usuários com baixo letramento digital.

Metodologia/abordagem
Adotou-se abordagem qualitativa e aplicada, visando dinamismo na gestão do rebanho via digitalização dos processos de campo. A intervenção envolveu entendimento do negócio, modelagem de protopersonas, prototipação em Figma, integração técnica (Node.js, PostgreSQL, PWA offline-first) e testes de usabilidade com onze participantes.

Principais resultados
O questionário SUS alcançou pontuação de 77,8, indicando percepção positiva de usabilidade. Testes de guerrilha identificaram problemas em visibilidade do sistema, consistência de interface e prevenção de erros, categorizados via heurísticas de Nielsen, possibilitando entrega de solução aderente às necessidades dos usuários.

Contribuições teóricas/metodológicas
Propõe adaptação das heurísticas de Nielsen como lente de categorização de achados, não como inspeção especializada independente. Reforça a integração entre frameworks de letramento digital (DigComp) e decisões de interface diferenciadas por perfil de usuário em contextos rurais.

Contribuições sociais/para a gestão
Recomenda-se tratar critérios de acessibilidade, como diretrizes WCAG 2 1, como requisito funcional, não apenas estético, em sistemas usados sob luz solar direta Evidencia-se que a digitalização eficaz no agronegócio exige compreensão do letramento digital dos usuários, não apenas substituição tecnológica do

Palavras-chave: Design Centrado no Usuário, Usabilidade, Transformação digital no agronegócio, Design de interface, Gestão pecuária

FROM PAPER TO SCREEN: THE UX PROCESS IN THE DEVELOPMENT OF A DIGITAL SYSTEM FOR LIVESTOCK MANAGEMENT

Study purpose
To analyze the User Experience (UX) process conducted in the development of a web application, called PecSync, aimed at agricultural livestock management, evidencing the methodological decisions adopted at each stage of the project's four sprints and the results achieved in usability evaluations.

Relevance / originality
UX literature focuses on corporate and consumer contexts, with little exploration of rural field operations in particular. The study documents the team's challenges and methodological adaptations in digitalizing an agribusiness process, delivering an intuitive solution accessible to users with low digital literacy.

Methodology / approach
A qualitative and applied approach was adopted, aiming for greater dynamism in herd management through the digitalization of field processes. The intervention involved business understanding, protopersona modeling, prototyping in Figma, technical integration (Node.js, PostgreSQL, offline-first PWA), and usability testing with eleven participants.

Main results
The SUS questionnaire achieved a score of 77.8, indicating a positive perception of usability. Guerrilla usability tests identified specific issues in system visibility, interface consistency, and error prevention, categorized using Nielsen's heuristics, enabling the delivery of a solution aligned with users' needs.

Theoretical / methodological contributions
It proposes methodologically adapting Nielsen's usability heuristics as a lens for categorizing findings, rather than as an independent specialized inspection process. It reinforces the integration between digital literacy frameworks, such as DigComp, and interface decisions differentiated by user profile in rural contexts.

Social / management contributions
It is recommended that accessibility criteria, such as WCAG 2.1, be treated as a functional requirement, not merely aesthetic, in systems used under direct sunlight. Evidence shows that effective digitalization in agribusiness requires understanding users' digital literacy, not replacing paper with technology.

Keywords: User-Centered Design, Usability, Digital transformation in agribusiness, Interface design, Livestock management

DO PAPEL À TELA: O PROCESSO DE UX NO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DIGITAL PARA A GESTÃO PECUÁRIA

1 INTRODUÇÃO

A transformação digital no agronegócio brasileiro tem se consolidado como um vetor estratégico de competitividade, especialmente em operações de grande escala geográfica, nas quais a qualidade e a agilidade do fluxo de informações impactam diretamente a tomada de decisão gerencial. Nesse cenário insere-se a empresa analisada, a qual atua no setor pecuário e localiza-se no estado do Mato Grosso do Sul, contando com uma extensão de 132.660 hectares. Suas operações estão organizadas em 15 retiros (subsedes), unidades responsáveis por estruturar a execução das atividades de campo, cujo controle de informações depende, atualmente, de registros manuais e planilhas.

Nesse modelo, os capatazes registram manualmente dados de óbito, nascimento e transferência de animais em boletas físicas de papel, que precisam ser transportadas até a sede administrativa para posterior redigitação em planilhas de *Excel* pelos gerentes e consolidação nos níveis hierárquicos superiores da empresa. Essa dinâmica é agravada pela conectividade limitada no campo e resulta em retrabalho significativo, já que a mesma informação é registrada duas vezes antes de estar disponível para análise gerencial. Esse processo manual representa um gargalo operacional de escala significativa, que compromete a rastreabilidade das informações e a supervisão clara por parte da gerência, uma vez que os dados chegam de forma defasada, levando a decisões tomadas com base em informações desatualizadas.

A partir dessa constatação, evidencia-se a necessidade de um sistema que permita o registro digital das informações de campo e sua sincronização automática, mesmo em condições de conectividade limitada, eliminando o retrabalho e assegurando a rastreabilidade dos dados desde a origem. Segundo a Embrapa (2024), a superação de gargalos tecnológicos relacionados ao registro e à gestão de dados é um fator determinante para a competitividade da pecuária de corte no Brasil, o que reforça a relevância de investigar, na prática, como métodos de *User Experience* (UX) podem ser aplicados para transformar processos analógicos em soluções digitais eficazes no contexto do agronegócio. Observa-se, no entanto, uma concentração da literatura de UX aplicada em contextos corporativos e de consumo, com menor exploração de operações rurais de campo, marcadas por baixo letramento digital e conectividade intermitente, cenário que reforça o valor de estudos que documentem, na prática, os desafios e as adaptações metodológicas exigidas por esse contexto.

A superação de gargalos tecnológicos relacionados ao registro e à gestão de dados é um fator determinante para a competitividade da pecuária de corte no Brasil. No entanto, observa-se uma concentração da literatura de Experiência do Usuário (UX) aplicada em contextos corporativos e de consumo, com menor exploração de operações rurais de campo, marcadas por baixo letramento digital e conectividade intermitente. Diante dessa lacuna científica, emerge a seguinte pergunta de pesquisa: ***Como o processo de Design Centrado no Usuário (DCU) pode ser adaptado e estruturado para superar barreiras de baixo letramento digital e conectividade intermitente na digitalização de processos operacionais rurais?***

Nesse contexto, foi conduzido um processo estruturado de UX, compreendendo etapas de diagnóstico estratégico, modelagem de usuário, design de interface e avaliação de usabilidade, para embasar o desenvolvimento do aplicativo WEB (PecSync), sistema voltado à digitalização e centralização do fluxo de informações operacionais da empresa. O estudo

concentra-se nas quatro primeiras *sprints* do desenvolvimento, período em que o processo evoluiu do diagnóstico inicial até a validação de usabilidade com usuários reais e participantes substitutos; a quinta *sprint*, voltada à consolidação final do sistema, está fora do escopo deste estudo.

Assim, este estudo tem como objetivo geral analisar o processo de UX conduzido nessas quatro *sprints*, evidenciando as decisões metodológicas adotadas em cada etapa e os resultados alcançados nas avaliações de usabilidade, com atenção especial aos perfis de usuário de menor letramento digital. Para além de documentar o caso, este estudo busca contribuir com evidências práticas sobre a aplicação de métodos de UX na digitalização de processos analógicos no agronegócio, um contexto ainda com poucos estudos técnicos publicados.

Para tanto, os objetivos específicos deste estudo são: (i) descrever as etapas de diagnóstico estratégico e modelagem de usuário conduzidas a partir de dados operacionais da empresa; (ii) apresentar as decisões de design adotadas para o desenvolvimento do PecSync; e (iii) avaliar os resultados de usabilidade obtidos por meio de testes com usuários finais e participantes substitutos.

Este estudo está estruturado em seis seções, incluindo esta introdução. A seção 2 apresenta o referencial teórico que fundamenta a abordagem de UX adotada; a seção 3 descreve a metodologia empregada em cada etapa do processo; a seção 4 apresenta a análise dos resultados e discussões; a seção 5 traz as conclusões e considerações finais; e a seção 6 relaciona as referências utilizadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O desenvolvimento do PecSync articulou referenciais de naturezas distintas, mas complementares, que sustentaram cada etapa do processo de UX conduzido. Partindo dos princípios do Design Centrado no Usuário como eixo estruturante do ciclo iterativo adotado, o referencial teórico avança por ferramentas de análise estratégica e gestão de riscos, que fundamentaram a etapa de imersão; por modelos de proposta de valor e mapeamento de usuário, que orientaram a tradução das necessidades da empresa em requisitos de produto; por práticas de engenharia de requisitos ágeis, prototipação e acessibilidade, que guiaram as decisões de design; e, por fim, por métodos de avaliação de usabilidade, que embasaram a validação empírica da solução. As subseções a seguir apresentam cada um desses referenciais na ordem em que foram mobilizados ao longo do processo.

2.1 Design centrado no usuário

O desenvolvimento da PecSync foi orientado pelos princípios do Design Centrado no Usuário (DCU), abordagem que estrutura o processo de concepção de um produto em torno da compreensão das necessidades, expectativas e limitações reais dos usuários, em vez de partir exclusivamente de premissas técnicas ou de negócio (Norman, 2013). O DCU se caracteriza por um ciclo iterativo de investigação, ideação, prototipação e validação, no qual decisões de design são continuamente confrontadas com evidências coletadas junto aos usuários (International Organization for Standardization, 2019). Essa lógica cíclica fundamenta a estrutura sequencial adotada no processo de UX da PecSync, que alternou

etapas de diagnóstico estratégico, modelagem de usuário, construção de artefatos de design e validação empírica ao longo das *sprints* de desenvolvimento, detalhadas na seção 3.

2.2 Análise estratégica, diagnóstico organizacional e gestão de riscos

A etapa de imersão apoiou-se em ferramentas de análise estratégica amplamente utilizadas na gestão de negócios para caracterizar o ambiente competitivo e organizacional da empresa. O Modelo das Cinco Forças de Porter permite identificar o grau de rivalidade competitiva, o poder de barganha de fornecedores e clientes e a ameaça de novos entrantes e de produtos substitutos em um determinado setor, oferecendo uma leitura estruturada da atratividade do negócio (Porter, 1999). No caso da empresa, esse modelo foi aplicado para situar a empresa no contexto competitivo do setor pecuário, evidenciando pressões externas, como a dependência de fornecedores de tecnologia e a ameaça de soluções substitutas de digitalização que reforçaram a viabilidade estratégica de um sistema próprio.

De forma complementar, a Análise SWOT é utilizada para mapear forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de uma organização, sendo uma das ferramentas de diagnóstico estratégico mais consolidadas na literatura de gestão (Helms & Nixon, 2010). Foi essa ferramenta, especificamente, que evidenciou o contraste interno mais relevante para o projeto: a principal fraqueza da organização, a dependência de boletas de papel para o registro de eventos zootécnicos, coexiste com uma força já disponível, a conectividade via satélite instalada nas sedes dos retiros, condição que tornou tecnicamente viável a proposta de um sistema com sincronização posterior à reconexão.

Para além do diagnóstico do ambiente externo e interno, a etapa de imersão incorporou uma Matriz de Riscos, instrumento de gestão de projetos que classifica ameaças e oportunidades segundo sua probabilidade de ocorrência e seu impacto potencial sobre os objetivos do produto, orientando a definição de planos de ação preventivos (Project Management Institute, 2021). No contexto da PecSync, essa ferramenta foi utilizada para antecipar riscos como o esgotamento do armazenamento local de evidências fotográficas em dispositivos operando offline e a resistência de capatazes com baixo letramento digital ao uso de um formulário digital em substituição às boletas de papel, riscos que justificaram diretamente decisões de design como a compressão de imagens antes do salvamento local e a priorização de campos de seleção em detrimento de campos de texto livre.

2.3 Proposta de valor: Value Proposition Canvas e Jobs to Be Done

O Value Proposition Canvas articula as dores e os ganhos esperados pelo cliente aos elementos da proposta de valor de um produto ou serviço, funcionando como elo entre o diagnóstico estratégico e as decisões de design subsequentes (Osterwalder et al., 2014). A construção do *Customer Profile* do Canvas apoiou-se no conceito de *Jobs to Be Done*, segundo o qual o usuário "contrata" um produto ou serviço para executar uma tarefa específica em seu contexto cotidiano, e não apenas para consumir uma funcionalidade isolada (Christensen et al., 2016). Essa lente foi utilizada para traduzir tarefas cotidianas do capataz, como "registrar detalhadamente movimentações do rebanho em campo", em requisitos funcionais priorizados para o sistema, e para diferenciar essas tarefas das dores relatadas pelos

usuários, como a dependência de boletas sujeitas a rasuras e caligrafia ilegível, permitindo mapear com maior precisão quais funcionalidades de fato aliviaram essas dores.

2.4 Personas, letramento digital e mapeamento de usuário

Para a construção dos perfis de usuário, adotou-se o método de Protopersonas, que consiste na representação dos usuários de um produto a partir do conhecimento e das hipóteses da própria equipe de projeto, sem apoio direto de pesquisa etnográfica prévia. Diferentemente das personas tradicionais, construídas a partir de dados coletados diretamente com usuários reais (HubSpot, 2015), as protopersonas são reconhecidas na literatura como um artefato provisório e hipotético, cuja principal função é alinhar as premissas da equipe e orientar decisões iniciais de design, devendo, idealmente, ser confrontadas posteriormente com evidências empíricas junto a usuários reais. Como técnica complementar, o mapa de empatia foi utilizado para consolidar, de forma visual, o que cada perfil de usuário pensa, sente, vê, fala e faz (Gibbons, 2018).

A caracterização dos perfis de usuário considerou ainda o nível de letramento digital de cada persona, com base no framework europeu DigComp 2.1, que descreve oito níveis de competência digital, do uso assistido de funcionalidades simples ao domínio para propor soluções inovadoras (Carretero, Vuorikari & Punie, 2017). Esse referencial permitiu diferenciar, por exemplo, o Nível 2 (uso assistido) atribuído ao capataz José Silva do Nível 8 (altamente especializado) atribuído ao gerente Rafael Lopes, distinção que fundamentou decisões de interface distintas para cada perfil: fluxos com poucas etapas, símbolos e seleção por listas suspensas para o capataz, versus painéis de filtragem e exportação de dados para o gerente. O grau em que essas hipóteses de perfil se confirmaram na prática é retomado na seção 3, à luz dos testes de usabilidade conduzidos na *Sprint* 4.

2.5 Requisitos ágeis e User Stories

Os requisitos funcionais do sistema foram estruturados na forma de User Stories, técnica amplamente adotada em contextos de desenvolvimento ágil para descrever funcionalidades a partir da perspectiva do usuário, favorecendo a comunicação entre equipe técnica e stakeholders (Cohn, 2004). A priorização dessas histórias foi conduzida com base no critério INVEST, acrônimo que estabelece seis atributos desejáveis para uma boa User Story, independente, negociável, valiosa, estimável, pequena e testável , amplamente utilizado como heurística de qualidade na engenharia de requisitos ágil (Wake, 2003). No projeto, esse critério foi utilizado para validar histórias como o registro de nascimentos e óbitos do rebanho, confirmando que cada uma poderia ser desenvolvida de forma independente e testada por critérios de aceite específicos, antes de sua priorização nas *sprints* de desenvolvimento.

2.6 Prototipação e acessibilidade

A etapa de design de interface seguiu a progressão clássica de fidelidade prototípica, partindo de wireframes de baixa fidelidade que privilegiam a definição da estrutura e do fluxo de navegação em detrimento de detalhes visuais até um protótipo navegável de alta fidelidade,

no qual aspectos visuais, interativos e de conteúdo se aproximam da solução final (Cooper et al., 2014). O guia de estilos da aplicação foi fundamentado nas Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1, conjunto de diretrizes internacionalmente reconhecido para garantir que interfaces digitais sejam perceptíveis, operáveis, compreensíveis e robustas para o maior número possível de usuários, incluindo pessoas com diferentes capacidades e contextos de uso (World Wide Web Consortium, 2018). No caso da PecSync, o critério de contraste mínimo de 4,5:1 estabelecido pelo WCAG 2.1 foi especialmente relevante para o uso em campo sob luz solar direta, condição que reduz a percepção de matizes e torna o alto contraste um requisito de usabilidade, e não apenas estético.

2.7 Avaliação de usabilidade

A validação da solução combinou avaliação heurística e avaliação quantitativa de usabilidade. A avaliação heurística baseia-se, classicamente, nas dez heurísticas de usabilidade propostas por Nielsen, princípios amplamente utilizados para identificar problemas de interface a partir de critérios como visibilidade do estado do sistema, consistência, prevenção de erros e reconhecimento em vez de recordação (Nielsen, 1994), sendo tradicionalmente aplicada por avaliadores especialistas em inspeção independente dos testes com usuários. Neste estudo, contudo, as heurísticas de Nielsen foram utilizadas não como método autônomo de inspeção especializada, mas como lente de categorização aplicada sobre os achados coletados durante os testes com usuários — uma adaptação metodológica cujos critérios são detalhados na seção 3.4.

Complementarmente, a percepção de usabilidade da aplicação foi mensurada por meio do questionário System Usability Scale (SUS), instrumento padronizado composto por dez itens que resultam em uma pontuação única de 0 a 100, permitindo comparar a usabilidade percebida do sistema com benchmarks consolidados na literatura (Brooke, 1996). A combinação dessas duas abordagens, a categorização qualitativa via heurísticas e a mensuração quantitativa via SUS, permite uma triangulação metodológica que fortalece a validade dos achados de usabilidade reportados neste estudo.

3 METODOLOGIA

O estudo adota uma abordagem metodológica mista, combinando elementos qualitativos e quantitativos, alinhando-se com os princípios de pesquisa sistemática e rigorosa descritos por Gil (2008), que enfatiza a importância da coleta e análise organizada de dados para responder às questões formuladas de maneira fundamentada. Houve a participação direta dos autores e a análise categorizada dos achados dos testes de usabilidade, e um componente quantitativo, representado pela aplicação do questionário SUS. O estudo é fundamentado na participação direta dos autores como integrantes da equipe de desenvolvimento responsável pela concepção e execução do sistema PecSync.

A equipe foi composta por oito integrantes, dos quais cinco assumiram, de forma rotativa, o papel de *Scrum Master* em cada uma das cinco *sprints* do projeto, conduzido ao longo de um módulo acadêmico de dez semanas, organizado em *sprints* de duas semanas cada. Não houve divisão fixa de papéis por etapa: todos os integrantes atuaram em cada frente

do trabalho, da codificação ao pensamento estratégico, de modo que cada membro acompanhasse o processo de ponta a ponta.

O processo de UX aqui relatado concentrou-se nas quatro primeiras *sprints* do módulo; a quinta e última *sprint* foi dedicada à finalização do sistema, incorporando as correções e os ajustes de interface apontados pelos testes de usabilidade da *sprint* anterior, e por isso está fora do escopo deste estudo, que tem como foco o processo de construção e validação do produto. Esta seção está organizada em cinco partes: a subseção 3.1 descreve o diagnóstico estratégico e a modelagem de requisitos; a 3.2, o *design* de *interface*; a 3.3, a integração técnica que antecedeu os testes; a 3.4, o protocolo de validação de usabilidade; e a 3.5 discute as limitações metodológicas do processo.

3.1 Diagnóstico estratégico e modelagem de requisitos

Na primeira *sprint*, a equipe conduziu em conjunto o diagnóstico estratégico da empresa, aplicando o Modelo das Cinco Forças de Porter, a Análise SWOT, o *Value Proposition Canvas* e a Matriz de Riscos. A principal fonte de dados para esse diagnóstico foi o TAP, documento interno fornecido pela empresa, contendo boletas de campo e planilhas de consolidação. O procedimento consistiu na leitura integral do material em grupo, seguida de discussão coletiva para extrair os indicadores operacionais da organização e mapear sistematicamente os campos preenchidos manualmente nas boletas físicas, com o critério de preservar toda informação relevante sem replicar poluição visual na interface. Essa leitura e discussão foram concentradas na primeira semana da *Sprint* 1, em uma sessão coletiva conduzida com a equipe completa; não houve registro formal em ata, e as conclusões foram consolidadas diretamente nos artefatos de diagnóstico estratégico descritos nesta subseção.

A partir desse diagnóstico, a equipe construiu as Protopersonas e os mapas de empatia correspondentes, consolidando quatro perfis de usuário (capataz, supervisor, gerente e time de infraestrutura) com base na visão técnica do grupo e nas informações levantadas no TAP (Termo de Abertura do Projeto). É importante situar essa técnica quanto às suas limitações intrínsecas: por definição, as protopersonas representam hipóteses da equipe sobre o usuário, e não perfis construídos a partir de entrevistas ou observação direta de usuários reais. No caso da PecSync, essas protopersonas não foram confrontadas com entrevistas junto a usuários reais em nenhum momento anterior aos testes de usabilidade da *Sprint* 4, de modo que, até aquele ponto, todas as decisões de design derivadas dos perfis de capataz, supervisor e gerente basearam-se exclusivamente na leitura do TAP e na inferência da equipe, e não em validação empírica prévia. Os requisitos funcionais derivados desses perfis foram redigidos na forma de *User Stories* e submetidos coletivamente ao critério INVEST.

3.2 Design de interface

Na segunda *sprint*, a equipe elaborou os wireframes de baixa fidelidade para as versões desktop e mobile do sistema, priorizando a definição da estrutura e dos fluxos de navegação em detrimento de detalhes visuais, cada fluxo derivado diretamente de uma User Story do backlog priorizado.

Na terceira *sprint*, esses wireframes foram evoluídos para um protótipo navegável de alta fidelidade na ferramenta Figma, precedido pela definição de um guia de estilos. A construção do guia de estilos seguiu como critério obrigatório a razão de contraste mínima de 4,5:1 estabelecida pela WCAG 2.1, decisão fundamentada na condição real de uso do sistema a céu aberto pelos capatazes, onde a luz solar direta reduz a percepção de matizes.

3.3 Integração técnica

Na quarta *sprint*, antes da realização dos testes de usabilidade, a equipe implementou a integração entre o guia de estilos e o backend da aplicação, substituindo as telas estáticas do protótipo por uma versão funcional do sistema, com dados reais trafegando entre interface e servidor. O *backend* foi desenvolvido em *Node.js* e *TypeScript*, sobre o *framework Fastify*, com persistência em banco de dados *PostgreSQL* provisionado via *Supabase* e autenticação por *tokens JWT*; o *frontend* mobile foi implementado como uma *Progressive Web App* (PWA), renderizada em *EJS* e *JavaScript*, para viabilizar o uso em campo a partir dos mesmos dispositivos móveis dos capatazes.

O risco de perda de dados em campo, identificado na Matriz de Riscos da *Sprint* 1 (subseção 3.1), foi mitigado por meio de uma arquitetura offline-first no cliente mobile. Um S*ervice Worker* realiza o pré-carregamento (*cache*) do *shell* da aplicação e intercepta as requisições de mutação disparadas sem conexão, como o registro de nascimentos, óbitos, transferências, chamados de manutenção e atualizações de tarefas. Essas mutações são enfileiradas localmente em um banco IndexedDB, identificadas por um UUID gerado no próprio dispositivo, o que evita duplicidade de registros caso a mesma mutação seja reenviada mais de uma vez. Ao reconectar, a fila é sincronizada com o servidor de forma automática ou mediante acionamento manual do usuário, e o backend processa cada evento de maneira idempotente a partir desse UUID, associando às evidências fotográficas capturadas offline, inicialmente armazenadas como base64, aos arquivos definitivos no momento da sincronização. Essa arquitetura foi o que permitiu, na etapa seguinte, testar o cenário de sincronização automática (Tarefa 4 do roteiro de usabilidade) sobre o comportamento real do sistema, e não apenas sobre sua aparência.

3.4 Protocolo de validação de usabilidade

Na *Sprint* 4, a validação de usabilidade combinou dois instrumentos aplicados nas mesmas sessões: um teste de guerrilha orientado por um roteiro fixo de sete tarefas, e o questionário SUS, respondido ao final de cada sessão. O roteiro simulava os principais fluxos operacionais do sistema, do ponto de vista de dois perfis de usuário final, capataz e supervisor, conforme resumido no Quadro 1.

Quadro 1 – Roteiro de tarefas aplicado nos testes de guerrilha.

Tarefa	Perfil simulado	Cenário proposto ao participante
1	Capataz	Acessar a interface no início do turno e verificar as tarefas atribuídas para o dia
2	Capataz	Registrar o nascimento de cinco bezerros no retiro, em modo online
3	Capataz	Registrar o óbito de um animal encontrado no pasto, anexando foto obrigatória como comprovação
4	Capataz	Registrar uma transferência de animais entre retiros em área sem sinal de internet e verificar a sincronização automática ao reconectar
5	Capataz	Abrir um chamado de manutenção relatando um buraco na cerca do retiro e verificar seu registro
6	Supervisor	Cadastrar uma atividade de vacinação de prioridade alta para um retiro específico, a ser realizada no dia seguinte
7	Supervisor	Filtrar as movimentações de rebanho do mês por tipo de registro e período, e exportar os dados para análise externa

Fonte: Próprios autores (2026).

Os testes foram realizados com 11 participantes, distribuídos em quatro perfis: um estudante do universitário com conhecimento interno do projeto; um professor de Design, como avaliador especialista; sete estudantes de outra turma da mesma faculdade sem qualquer conhecimento prévio do projeto, recrutados por conveniência quando essa turma visitou a sala

do grupo; e dois representantes reais da empresa, o gerente e o supervisor da fazenda. As sessões foram realizadas nos próprios dispositivos móveis e notebooks disponíveis no momento do teste, sem padronização prévia de modelo ou sistema operacional. Os participantes foram informados verbalmente sobre a finalidade do teste antes de sua participação, caracterizando consentimento informado ainda que não documentado formalmente por termo escrito. Os testes com os participantes do da faculdade foram presenciais, moderados por integrantes da equipe, com duração média de oito minutos por participante. Os testes com os representantes da empresa foram conduzidos remotamente, com duração média de 15 minutos, e incluíram, ao final da sessão, a liberação de acesso à aplicação web para feedback adicional posterior.

As observações de cada sessão, incluindo comentários individuais por participante e por tarefa, foram registradas em planilha compartilhada pela equipe. Os problemas de interface relatados foram então categorizados por mais de um integrante da equipe à luz das dez heurísticas de usabilidade de Nielsen, com verificação cruzada entre os membros antes da consolidação dos achados. É importante destacar que essa etapa não corresponde a uma avaliação heurística no sentido clássico do termo, isto é, uma inspeção da interface conduzida por avaliadores especialistas de forma independente dos testes com usuários. Trata-se, em vez disso, de uma adaptação metodológica em que as heurísticas de Nielsen foram utilizadas como lente de categorização para os problemas identificados durante o teste de usabilidade com usuários, e não como um método autônomo executado em paralelo.

3.5 Limitações do processo metodológico

O protocolo descrito nas subseções anteriores gerou os dados que embasam a análise apresentada na seção 4; antes de avançar para essa análise, entretanto, é necessário reconhecer as limitações que atravessam o processo e que devem ser consideradas na interpretação dos resultados relatados na seção seguinte. Em primeiro lugar, o perfil de usuário que mais motivou as decisões de design ao longo do projeto, o capataz, não foi validado empiricamente por um representante real desse perfil: dos quatro perfis testados, apenas gerente e supervisor da empresa correspondem a usuários finais reais, enquanto o capataz foi representado exclusivamente por participantes que simularam esse papel a partir do enunciado das tarefas. Em segundo lugar, sete dos 11 participantes eram estudantes sem qualquer conhecimento do domínio pecuário, recrutados por conveniência entre os presentes no momento do teste, o que introduz um viés amostral e reduz a representatividade do domínio na amostra, ainda que essa seja uma prática aceita em testes de guerrilha, cujo objetivo é a identificação rápida de problemas críticos e não a representatividade estatística. Em terceiro lugar, o consentimento dos participantes foi obtido apenas verbalmente, sem registro formal, o que limita a rastreabilidade ética do procedimento. Por fim, a diferença na duração média entre as sessões presenciais e remotas, de oito para 15 minutos, constitui um possível fator de confusão na comparação entre os grupos, já que sessões remotas podem envolver fricção técnica adicional não necessariamente relacionada a problemas de usabilidade da aplicação em si.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos ao longo das quatro primeiras *sprints* indicam que a adoção de uma abordagem baseada em Design Centrado no Usuário (DCU) foi determinante para

transformar um problema operacional da empresa em uma solução digital aderente ao contexto real de uso. Mais do que desenvolver uma interface, o processo permitiu compreender como características organizacionais, limitações tecnológicas e perfis distintos de usuários influenciam diretamente a aceitação e a usabilidade de sistemas voltados ao agronegócio.

A etapa inicial de diagnóstico evidenciou que o principal gargalo da organização não estava relacionado à ausência de informações, mas à fragmentação do fluxo informacional entre campo e escritório. A dependência de boletas físicas, seguida da posterior redigitação dos registros em planilhas, criava um ciclo de retrabalho, atrasos na consolidação dos dados e perda de rastreabilidade. A análise estratégica realizada por meio das Cinco Forças de Porter, da matriz SWOT e do *Value Proposition Canvas* permitiu compreender que a digitalização do processo não representava apenas uma modernização tecnológica, mas uma necessidade operacional diretamente associada à eficiência, ao controle gerencial e à confiabilidade dos dados. Nesse sentido, os resultados obtidos corroboram a literatura sobre Design Centrado no Usuário, que defende que soluções eficazes devem emergir da compreensão profunda do contexto e das necessidades reais dos usuários, e não exclusivamente de decisões técnicas previamente estabelecidas (Norman, 2013; International Organization for Standardization, 2019).

A modelagem das protopersonas também exerceu papel relevante na definição dos requisitos e das decisões de interface. Embora os perfis tenham sido inicialmente construídos a partir de hipóteses derivadas da documentação fornecida pela empresa, e não de entrevistas ou observação direta em campo, os testes de usabilidade demonstraram que as premissas relacionadas à simplicidade dos fluxos e à redução da carga cognitiva eram pertinentes. A priorização de listas suspensas, a diminuição da necessidade de digitação e a organização visual simplificada mostraram-se compatíveis com o objetivo de atender usuários com diferentes níveis de letramento digital. Esse resultado reforça a importância de considerar explicitamente as competências digitais dos usuários durante o processo de design, conforme proposto pelo *framework* DigComp (Carretero, Vuorikari & Punie, 2017), especialmente em contextos nos quais a adoção tecnológica pode ser comprometida por barreiras de alfabetização digital.

Outro resultado relevante refere-se às decisões de acessibilidade incorporadas durante a construção do protótipo. A adoção dos critérios de contraste definidos pelas WCAG 2.1 (World Wide Web Consortium, 2018) mostrou-se adequada ao cenário operacional da empresa, caracterizado pelo uso predominante em ambientes externos e sob incidência direta de luz solar. Nesse contexto, a acessibilidade deixou de representar apenas uma diretriz de inclusão para assumir um papel funcional na própria usabilidade da aplicação. Esse achado sugere que, em sistemas destinados ao agronegócio e a outras atividades de campo, critérios tradicionalmente associados à acessibilidade devem ser tratados como requisitos essenciais de uso, e não apenas como recomendações complementares de design.

A integração entre *interface* e *backend* antes da realização dos testes também se mostrou uma decisão metodológica relevante. A utilização de uma versão funcional do sistema permitiu avaliar não apenas a compreensão visual dos elementos da *interface*, mas também o comportamento real das funcionalidades durante a execução das tarefas. Essa abordagem possibilitou identificar dificuldades relacionadas ao fluxo de navegação, à interpretação de determinados elementos e aos mecanismos de feedback do sistema, aspectos que dificilmente seriam percebidos em protótipos estáticos. Os resultados reforçam, portanto, a importância da validação iterativa em cenários de uso próximos da aplicação final, princípio central do Design Centrado no Usuário (International Organization for Standardization, 2019).

A avaliação de usabilidade apresentou evidências quantitativas e qualitativas convergentes. A pontuação média de **77,8** obtida no questionário *System Usability Scale* (SUS) indica uma percepção positiva de usabilidade por parte dos participantes (Brooke, 1996). Esse resultado sugere que os usuários consideraram a aplicação relativamente fácil de aprender, consistente e adequada para a realização das tarefas propostas. Entretanto, essa interpretação deve ser considerada à luz das limitações metodológicas do estudo. O principal perfil operacional do sistema, o capataz, não participou diretamente dos testes, sendo representado por participantes substitutos.

Além disso, parte da amostra foi composta por estudantes sem experiência no contexto pecuário, característica compatível com testes de guerrilha, mas que reduz a representatividade dos resultados. Da mesma forma, os testes não reproduziram integralmente as condições ambientais encontradas em campo, como exposição prolongada à luz solar, deslocamentos constantes e conectividade intermitente. Assim, os achados permitem identificar tendências e problemas relevantes de usabilidade, porém não possibilitam afirmar que todos os comportamentos observados reproduzem integralmente as condições reais de uso em campo.

Complementarmente, os testes de guerrilha permitiram identificar problemas específicos de interface que foram posteriormente categorizados à luz das heurísticas de Nielsen (Nielsen, 1994). A combinação dessas duas abordagens fortaleceu a interpretação dos resultados, uma vez que a percepção quantitativa positiva de usabilidade foi acompanhada pela identificação qualitativa de oportunidades concretas de melhoria.

Os problemas encontrados concentraram-se principalmente em aspectos relacionados à visibilidade do estado do sistema, à consistência entre elementos da interface e à prevenção de erros. Durante os testes, observou-se, por exemplo, que alguns participantes demonstraram incerteza quanto à confirmação do envio de registros realizados em modo offline, evidenciando a necessidade de tornar o feedback do sistema mais explícito. Também foram identificadas dificuldades na interpretação de determinados elementos de navegação e na padronização de nomenclaturas entre diferentes telas, o que ocasionou momentos de hesitação durante a execução das tarefas.

Além disso, verificou-se que algumas ações críticas poderiam ser realizadas sem mecanismos adicionais de confirmação, aumentando o risco de erros operacionais. A predominância dessas categorias sugere que, mesmo em aplicações com boa percepção geral de usabilidade, pequenas ambiguidades de navegação ou feedback podem comprometer a experiência do usuário durante tarefas críticas. A utilização das heurísticas de Nielsen como estrutura de categorização mostrou-se útil para transformar essas observações em diretrizes objetivas de refinamento, permitindo que os ajustes posteriores fossem fundamentados em princípios consolidados da área de Interação Humano-Computador (Nielsen, 1994).

Para além do caso específico da empresa, os resultados deste estudo oferecem contribuições relevantes para iniciativas de digitalização de processos analógicos no agronegócio. O caso da PecSync demonstra que a simples substituição do papel por uma interface digital não é suficiente para garantir adoção e eficiência operacional. A efetividade da solução esteve diretamente associada à compreensão do contexto de uso, à consideração explícita do nível de letramento digital dos usuários, à adaptação às limitações de conectividade e à realização de ciclos iterativos de validação. Assim, os achados deste estudo reforçam que abordagens centradas no usuário podem representar um fator crítico de sucesso em projetos de transformação digital voltados a ambientes rurais e operações distribuídas geograficamente (Norman, 2013; International Organization for Standardization, 2019).

5 CONCLUSÕES/ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os três objetivos específicos enunciados na introdução foram atingidos ao longo do processo descrito. O levantamento de requisitos apoiou-se na articulação entre Cinco Forças de Porter, SWOT, Matriz de Riscos, Value Proposition Canvas e Jobs to Be Done. As decisões de design se materializaram na progressão de wireframes ao protótipo de alta fidelidade em Figma, sustentada pelas WCAG 2.1 e por User Stories priorizadas segundo o critério INVEST; e a avaliação de usabilidade foi conduzida pela triangulação entre testes de guerrilha, avaliação heurística e aplicação do questionário SUS, cujos achados foram reincorporados ao protótipo em ciclos iterativos de refinamento.

No caso da PecSync, o SUS aplicado à aplicação alcançou pontuação média de 77,8, valor superior à média de referência da literatura e situado na faixa considerada boa e acima da média do mercado. Complementarmente, os testes de guerrilha permitiram identificar pontos de melhoria classificados segundo a escala de severidade de Nielsen, todos endereçados ao longo do ciclo de refinamento. Esses achados sustentam a leitura de que a abordagem de Design Centrado no Usuário foi eficaz para transformar o registro analógico de eventos zootécnicos em uma interface digital reconhecida como usável pelos próprios representantes do público-alvo.

Para situações similares de digitalização de processos analógicos no agronegócio, recomenda-se tratar critérios de acessibilidade como as WCAG 2.1 como requisito funcional de usabilidade, e não apenas como diretriz estética, considerando o uso em campo sob luz solar direta e por usuários com baixo letramento digital. A caracterização explícita do nível de letramento digital dos perfis de usuário também se mostrou determinante para fundamentar decisões de interface diferenciadas por perfil, evitando soluções únicas que atendam mal aos extremos do espectro de competência digital.

Reconhecem-se, contudo, limitações do estudo. Os perfis de usuário foram construídos a partir de Protopersonas, sem apoio de pesquisa etnográfica prévia junto aos capatazes em campo. Os testes de usabilidade contaram com participação limitada de representantes reais do domínio, sem envolvimento direto dos capatazes, perfil que corresponde ao usuário operacional mais crítico do sistema. Além disso, os testes foram conduzidos em ambiente controlado, sem replicar as condições reais de uso em campo, notadamente conectividade intermitente e exposição a luz solar direta.

Como desdobramentos para estudos futuros, e diretamente em resposta às limitações apontadas, sugere-se a realização de testes de usabilidade em campo com capatazes reais, uma vez que esse perfil não foi contemplado nas rodadas conduzidas neste estudo, apesar de constituir o usuário operacional mais crítico do sistema. Dado que os testes ocorreram em ambiente controlado, recomenda-se também replicar a avaliação em condições reais de operação, incluindo conectividade intermitente e exposição a luz solar direta, de modo a validar decisões de design tomadas com base em hipóteses sobre esse contexto. Complementarmente, propõem-se estudos longitudinais de adoção que permitam mensurar o impacto do sistema em indicadores operacionais como o tempo de consolidação de dados e a redução de retrabalho, bem como a replicação da abordagem metodológica em outros segmentos do agronegócio caracterizados por processos analógicos, contribuindo para ampliar as evidências empíricas sobre a aplicação de UX nesse contexto.

6 REFERÊNCIAS

Brooke, J. (1996). SUS: A "quick and dirty" usability scale. Em P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.

Carretero, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). DigComp 2.1: The digital competence framework for citizens with eight proficiency levels and examples of use. Publications Office of the European Union. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC106216

Christensen, C. M., Hall, T., Dillon, K., & Duncan, D. S. (2016). Know your customers' jobs to be done. *Harvard business review*, *94*(9), 54-62.

Cohn, M. (2004). User stories applied: For agile software development. Addison-Wesley.

Cooper, A., Reimann, R., Cronin, D., & Noessel, C. (2014). *About face: the essentials of interaction design*. John Wiley & Sons.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa]. (2024). Pecuária de corte: Desafios tecnológicos e econômicos. Embrapa.

Gibbons, S. (2018). Empathy mapping: The first step in design thinking. Nielsen Norman. Group. https://www.nngroup.com/articles/empathy-mapping/

Gil, A. C. (2008). Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. Ediitora Atlas SA.

Helms, M. M., & Nixon, J. (2010). Exploring SWOT analysis – where are we now? Journal of Strategy and Management, 3(3), 215–251. https://doi.org/10.1108/17554251011064837

HubSpot. (2015). Buyer personas: Um guia para entender seu público. https://academy.hubspot.com/pt/lessons/using-buyer-personas-in-hubspot

International Organization for Standardization. (2019). Ergonomics of human-system interaction — Human-centred design for interactive systems (ISO 9241-210:2019).

Nielsen, J. (1994). Enhancing the explanatory power of usability heuristics. Em Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 152–158). ACM. https://doi.org/10.1145/191666.191729

Norman, D. A. (2013). The design of everyday things (Ed. rev. e ampliada). Basic Books.

Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., & Smith, A. (2014). Value proposition design: How to create products and services customers want. John Wiley & Sons.

Porter, M. E. (1999). Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors. Free Press.

Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (7a ed.). PMI.

Wake, B. (2003). INVEST in Good Stories, and SMART Tasks. XP123. XP123. https://xp123.com/articles/invest-in-good-stories-and-smart-tasks/

World Wide Web Consortium. (2018). Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.1. https://www.w3.org/TR/WCAG21/