

Revitalização Linguística e Usabilidade Iterativa: Um Estudo com um Aplicativo Gamificado para Ensino de Nheengatu

Luiz Gustavo da S. Marinho¹, Luiza da S. Marinho¹, Fabiann Matthaues Barbosa¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)
Campus Manaus Zona Leste – Manaus – AM – Brazil

{2025000247, 2024002659, fabiann.dantas}@ifam.edu.br

Abstract. *Educational applications aimed at indigenous language revitalization may have user engagement and autonomous learning compromised by usability issues. This study investigates how iterative usability testing cycles can improve interaction and learning support in a gamified application for teaching Nheengatu. To achieve this, two testing cycles were conducted using performance metrics and participants' perceptions during their interaction with the application. The results identified navigation and activity comprehension issues. After the improvements, a reduction in interaction difficulties and advances in user engagement and autonomy were observed.*

Resumo. *Aplicações educacionais voltadas à revitalização de línguas indígenas podem ter o engajamento e a aprendizagem autônoma comprometidos por problemas de usabilidade. Este estudo investiga como ciclos iterativos de testes de usabilidade podem aprimorar a interação e o suporte à aprendizagem em um aplicativo gamificado para ensino de Nheengatu. Para isso, foram realizados dois ciclos de testes utilizando métricas de desempenho e percepções dos participantes durante a interação com o aplicativo. Os resultados identificaram problemas de navegação e compreensão das atividades. Após as melhorias, observou-se redução das dificuldades de interação e avanços no engajamento e na autonomia dos usuários.*

1. Introdução

O uso de tecnologias digitais no ensino de línguas minoritárias tem ganhado destaque como estratégia de revitalização linguística, ampliando os espaços de circulação e transmissão de idiomas historicamente silenciados [Meighan 2021]. No contexto brasileiro, estima-se a existência de 202 línguas indígenas, das quais aproximadamente 63% encontram-se em risco de desaparecimento [Ethnologue 2024]. Entre essas línguas, o Nheengatu enfrenta um histórico de afastamento institucional e substituição progressiva pelo português, cenário que compromete sua continuidade geracional [Meirelles 2020].

Embora recursos digitais possam ampliar os espaços de circulação e aprendizagem de línguas indígenas [Meighan 2021], em ambientes de aprendizagem autônoma o aprendiz frequentemente enfrenta desafios para os quais não há um professor mediando a interação em tempo real. Diretrizes de *scaffolding* para softwares educacionais respondem justamente a esse problema: elas orientam como um sistema pode estruturar tarefas, reduzir a complexidade percebida e oferecer apoios ajustados ao longo da atividade, substituindo parte do suporte que, em contextos presenciais, seria dado por um professor ou

colega mais experiente [Reiser 2018, Quintana et al. 2018]. Por isso, *scaffolding* é adotado neste estudo não como um conceito acessório, mas como a lente teórica que permite examinar se, e como, a interface e o fluxo de atividades do aplicativo sustentam a progressão do aprendiz quando ele está sozinho diante do sistema.

Além do suporte progressivo associado ao *scaffolding*, aplicações educacionais podem empregar estratégias de gamificação para organizar a experiência do aprendiz por meio de elementos como objetivos, progressão, recompensas e *feedback* [Deterding et al. 2011, Werbach and Hunter 2020]. Contudo, do ponto de vista da usabilidade, esses elementos precisam ser percebidos e utilizados pelos usuários durante a interação, uma vez que a usabilidade envolve aspectos como facilidade de aprendizado, eficiência de uso, ocorrência de erros e satisfação do usuário [Nielsen 1994].

Nesse sentido, abordagens baseadas em design iterativo e testes de usabilidade permitem identificar, corrigir e reavaliar problemas de interação ao longo do desenvolvimento de sistemas educacionais [Rogers et al. 2013]. Com base nessa perspectiva, este estudo investiga o aplicativo Yēgatu, voltado ao ensino autônomo de Nheengatu, a partir de dois ciclos iterativos de avaliação de usabilidade e redesign, orientados pela seguinte questão: *como ciclos iterativos de avaliação de usabilidade contribuem para identificar e reduzir barreiras de interação, bem como evidenciar necessidades de refinamento pedagógico em um aplicativo gamificado para aprendizagem autônoma de Nheengatu?*

A principal contribuição deste trabalho situa-se em dois planos: no plano prático, o refinamento do aplicativo Yēgatu ao longo dos ciclos de avaliação e redesign; no plano científico, evidenciar que ciclos iterativos de avaliação de usabilidade e redesign podem atuar não apenas na identificação de problemas de interação, mas também como mecanismo para revelar necessidades de refinamento da organização das atividades de aprendizagem, que se tornam mais visíveis após a redução das barreiras iniciais de navegação e *feedback*. No caso do Yēgatu, essa abordagem permitiu identificar aspectos relacionados ao suporte à oralidade, à continuidade do *scaffolding* e à adequação cultural dos conteúdos. Para investigar essa questão, foram conduzidos dois ciclos de testes de usabilidade com cinco participantes cada, combinando métricas de desempenho, observação por *think-aloud* e questionário pós-teste. Os achados de cada ciclo orientaram um processo de redesign da interface, posteriormente reavaliado no ciclo seguinte.

2. Referencial Teórico

2.1. Aplicações digitais, aprendizagem autônoma e línguas indígenas

A revitalização de línguas indígenas envolve não apenas o ensino de conteúdos linguísticos, mas também a ampliação dos espaços sociais de uso da língua e de suas oportunidades de aprendizagem [Meirelles 2020, Severo 2025]. Nesse contexto, tecnologias digitais podem contribuir para a circulação e o acesso a essas línguas, desde que sejam apropriadas de forma situada e articuladas às necessidades culturais e educacionais dos usuários [Meighan 2021]. Em aplicações voltadas à aprendizagem autônoma, essa articulação torna-se especialmente relevante, pois o próprio sistema precisa oferecer condições para que o usuário compreenda o percurso de estudo, acesse os conteúdos e acompanhe sua progressão [Reiser 2018, Quintana et al. 2018].

2.2. Scaffolding, gamificação e suporte à aprendizagem

Em ambientes educacionais mediados por tecnologia, softwares podem apoiar a aprendizagem ao estruturar tarefas, guiar o estudante por seus componentes principais e auxiliar seu desempenho [Reiser 2018]. Nessa perspectiva, diretrizes de *scaffolding* para softwares educacionais propõem formas de orientar a interação do aprendiz com as atividades, oferecendo apoios ajustados aos desafios encontrados durante o processo, aspecto particularmente relevante em contextos de aprendizagem autônoma [Quintana et al. 2018]. Estratégias de apoio ao aprendiz em softwares educacionais também incluem a redução da complexidade da tarefa, a manutenção do foco, o fornecimento de ajuda imediata e a estruturação das atividades em etapas menores [de Melo Queiroz 2024]. Neste estudo, os aspectos pedagógicos referem-se à organização das atividades de aprendizagem, incluindo a progressão de dificuldade, o apoio à oralidade, a adequação cultural do conteúdo e a continuidade do *scaffolding*. Esses elementos diferenciam-se dos aspectos de usabilidade, relacionados à operação da interface e à interação do usuário com o sistema.

De forma complementar, estratégias de gamificação podem organizar a experiência do aprendiz por meio de objetivos, progressão, recompensas e *feedback* [Deterding et al. 2011, Werbach and Hunter 2020]. Em aplicações educacionais móveis, esses elementos precisam orientar a ação do usuário ao longo das atividades, de modo que progressão, *feedback* e acompanhamento de desempenho funcionem como mecanismos de apoio à aprendizagem autônoma quando percebidos e utilizados adequadamente durante a interação [Ellwanger et al. 2014].

2.3. Usabilidade e avaliação iterativa em sistemas educacionais

A usabilidade está relacionada à capacidade de usuários específicos alcançarem objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em determinado contexto de uso [iso 2018]. Em aplicações educacionais, problemas de usabilidade podem comprometer não apenas a experiência de uso, mas também o acesso aos mecanismos de *scaffolding* e gamificação que estruturam o percurso de aprendizagem, uma vez que esses recursos só cumprem sua função pedagógica quando o usuário consegue percebê-los e utilizá-los durante a interação [Nielsen 1994, Cybis et al. 2017].

Nesse sentido, testes de usabilidade permitem observar a interação dos usuários com o sistema e identificar problemas de navegação, clareza, visibilidade e resposta do sistema [Nielsen 1994]. Em fases iniciais, avaliações com especialistas têm caráter formativo e podem reduzir barreiras severas antes de testes com o público-alvo [Nielsen 1994, Rogers et al. 2013].

Em abordagens de design iterativo, os problemas identificados orientam ciclos de redesign e reavaliação da solução, permitindo observar como as correções realizadas alteram o tipo de dificuldade que emerge nas avaliações seguintes [Rogers et al. 2013]. No contexto deste estudo, essa perspectiva orienta a investigação da relação entre usabilidade e organização das atividades de aprendizagem, considerando que dificuldades de interação podem comprometer a percepção e o uso dos mecanismos de *scaffolding* e gamificação responsáveis por apoiar a aprendizagem autônoma.

3. Trabalhos Relacionados

Iniciativas digitais voltadas ao ensino e à circulação do Nheengatu já exploraram diferentes formas de apoio em ambientes digitais. Filho et al. propuseram um ambiente virtual

de aprendizagem para dispositivos móveis voltado ao letramento na língua, desenvolvido com participação de alunos e professores indígenas e orientado à produção colaborativa de materiais [Filho et al. 2018]. Almeida e Horochovski analisaram o Nheengatu App como iniciativa de ensino-aprendizagem da língua em ambiente digital, com exercícios e recursos multimodais, embora o foco do estudo esteja na análise da iniciativa sob a ótica de políticas públicas [Almeida and Horochovski 2025]. Essas iniciativas se aproximam do presente estudo pelo foco no Nheengatu, mas não tomam a avaliação iterativa de usabilidade, o redesign e o *scaffolding* progressivo como eixo central de investigação.

Outras iniciativas têm explorado tecnologias digitais para apoiar línguas indígenas em diferentes contextos. Frazão et al. apresentam um protótipo de dicionário bilíngue Krikati-Português, orientado pela Design Science Research e voltado à preservação lexical, sem apresentar resultados de testes de usabilidade no momento da publicação [Frazão et al. 2025]. O Pi-Pi-Sat propõe um jogo mobile para exercício da língua Sateré-Mawé, com associação de palavras, imagens e sons ao longo das fases, apresentando progressão lúdica, mas sem explicitar uma abordagem de *scaffolding* ou avaliação formal de usabilidade [Honda et al. 2019]. O NativoApp utiliza realidade aumentada para apoiar o resgate cultural e o ensino da língua Wai-Wai, combinando recursos visuais e auditivos, mas sem descrever ciclos de avaliação e redesign da interação [de Farias et al. 2019].

Os trabalhos analisados evidenciam o potencial de ambientes virtuais, dicionários, jogos e aplicações móveis para apoiar línguas indígenas em diferentes contextos. Contudo, entre as iniciativas discutidas nesta seção, não se observa a articulação simultânea entre *scaffolding* progressivo, gamificação e avaliação iterativa de usabilidade como eixo central da investigação. Em particular, esses estudos não analisam como ciclos de redesign orientados por testes de usabilidade podem tornar visíveis necessidades de refinamento pedagógico relacionadas à progressão das atividades, à oralidade, aos *feedbacks* e à continuidade do *scaffolding*. Essa lacuna justifica a análise do Yēgatu como um caso de articulação entre *scaffolding* progressivo, gamificação e avaliação iterativa de usabilidade.

4. Metodologia

4.1. Abordagem metodológica

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem mista, orientada pela metodologia *Design Science Research* (DSR). A DSR é adequada a pesquisas voltadas ao desenvolvimento e à avaliação de artefatos computacionais em contextos reais, permitindo produzir conhecimento a partir de ciclos de construção, avaliação e refinamento da solução [Hevner et al. 2008].

No contexto deste trabalho, a DSR foi utilizada como enquadramento metodológico para orientar o desenvolvimento e a evolução do aplicativo Yēgatu. Conforme sintetizado na Figura 1, a estrutura metodológica articulou o ambiente do estudo, a base de conhecimento e o ciclo de *design*. O ambiente envolveu desafios relacionados à redução dos espaços de uso do Nheengatu, às limitações no acesso a recursos educacionais digitais, à aprendizagem autônoma e à necessidade de aplicações educacionais com boa usabilidade. Esses desafios foram identificados durante o processo de concepção e desenvolvimento do aplicativo Yēgatu e fundamentados pela literatura sobre revitalização linguística e tecnologias educacionais.

O ciclo de rigor foi sustentado pela literatura utilizada na fundamentação teórica deste estudo, abrangendo revitalização linguística [Meirelles 2020, Severo 2025, Meighan 2021], *scaffolding* [Reiser 2018, Quintana et al. 2018], gamificação [Deterding et al. 2011, Werbach and Hunter 2020], usabilidade e Interação Humano-Computador [Iso 2018, Nielsen 1994, Cybis et al. 2017, Rogers et al. 2013], além da própria Design Science Research [Hevner et al. 2008]. Além disso, princípios de Pensamento Computacional foram considerados na organização das atividades, especialmente em etapas como reconhecimento, associação e seleção de informações. Esses princípios não foram avaliados como objetivo de aprendizagem independente, mas como parte da organização pedagógica das atividades.

O ciclo de *design* compreendeu o desenvolvimento do protótipo, a organização pedagógica das atividades, a realização dos testes de usabilidade e o refinamento iterativo da interface. A avaliação foi organizada em dois ciclos: no primeiro, foram identificadas barreiras de interação relacionadas à navegação, aos *feedbacks* do sistema e à compreensão das atividades; em seguida, foram implementadas melhorias na interface, posteriormente reavaliadas em um segundo ciclo. Após o Ciclo 2, novos ajustes foram incorporados ao fluxo pedagógico da atividade com base nos problemas identificados na segunda avaliação. Essa estrutura permitiu comparar os ciclos e relacionar os problemas identificados às modificações realizadas no aplicativo, considerando tanto barreiras de usabilidade quanto necessidades de refinamento pedagógico.

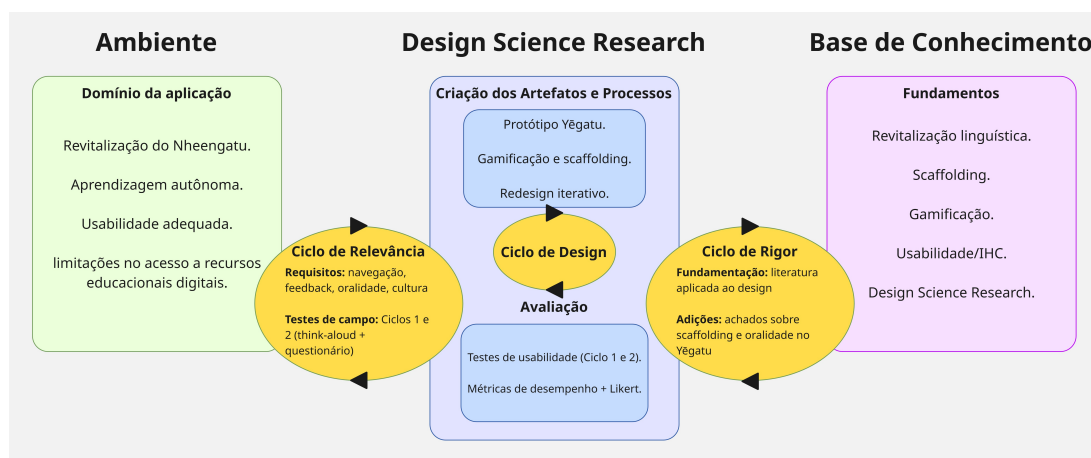


Figura 1. Estrutura DSR aplicada aos ciclos de avaliação e refinamento do Yêgatu

4.2. Participantes

O estudo contou com 11 participantes: um participante no teste piloto inicial e dez participantes nos dois ciclos de avaliação, com cinco participantes em cada ciclo, sendo os cinco participantes do Ciclo 1 distintos dos cinco participantes do Ciclo 2. O piloto teve como objetivo validar o roteiro de atividades e os procedimentos de coleta. A seleção ocorreu por meio de questionário de caracterização, considerando perfil acadêmico, experiência com aplicações móveis, familiaridade com avaliação de interfaces e uso prévio de aplicativos educacionais.

A amostra principal foi composta por 10 participantes com formação ou atuação relacionada às áreas de Computação, Sistemas de Informação, Engenharia de Software,

Design Digital e Interação Humano-Computador. Esse perfil foi escolhido por favorecer a identificação de problemas de navegação, compreensão de tarefas e consistência da interação em fases iniciais do desenvolvimento.

A avaliação com especialistas teve caráter formativo e foi concebida como etapa anterior a uma futura validação com o público-alvo, buscando identificar e reduzir barreiras severas de interação que poderiam comprometer etapas posteriores. Essa estratégia é compatível com abordagens de design de interação que recomendam avaliações iterativas ao longo do desenvolvimento de sistemas interativos [Nielsen 1994, Rogers et al. 2013]. Assim, os resultados desta etapa são tratados como subsídios para o refinamento da interface e do suporte pedagógico do aplicativo, e não como evidências de aprendizagem do público final.

4.3. Cuidados éticos

Esta pesquisa foi conduzida em conformidade com os princípios éticos aplicáveis a estudos envolvendo seres humanos, seguindo as diretrizes das Resoluções nº 466/2012 e nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos e procedimentos do estudo e concordaram voluntariamente com sua participação por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Além disso, a pesquisa foi previamente aprovada por um Comitê de Ética em Pesquisa, sob CAAE nº 94868425.0.0000.5020 e Parecer nº 8.167.870/2026, garantindo a observância dos aspectos éticos e a confidencialidade dos dados coletados.

4.4. Procedimento dos testes

Os testes de usabilidade foram conduzidos com a técnica de *think-aloud*, na qual os participantes verbalizaram percepções, dúvidas e decisões durante a interação com o aplicativo, permitindo observar dificuldades de navegação, compreensão das tarefas e organização da interface.

A técnica foi adotada por possibilitar a compreensão do processo de interação durante a execução das tarefas, permitindo identificar não apenas problemas de usabilidade, mas também como esses problemas interferiam na percepção dos mecanismos de *scaffolding* e gamificação presentes no aplicativo [Rogers et al. 2013]. Essa abordagem foi considerada adequada ao caráter formativo da avaliação, pois permitiu compreender como os participantes interpretavam e utilizavam os elementos de apoio à aprendizagem ao longo da interação.

Durante as sessões, os participantes executaram tarefas previamente definidas no Yêgatu enquanto o pesquisador registrava dúvidas, dificuldades de navegação e interpretações da interface, intervindo apenas para esclarecimentos procedimentais ou para estimular a verbalização.

Ao final da sessão, os participantes responderam a um questionário pós-teste composto por itens em escala Likert e questões abertas sobre clareza da interface, facilidade de uso, compreensão das atividades e percepção geral da experiência. O instrumento foi elaborado especificamente para este estudo, com o objetivo de complementar as evidências obtidas pelo *think-aloud*, permitindo captar a percepção dos participantes sobre aspectos relacionados à navegação, aos *feedbacks*, à compreensão das atividades e ao suporte

à aprendizagem. Os dados subsidiaram a identificação de problemas de usabilidade e a definição de melhorias para o ciclo seguinte.

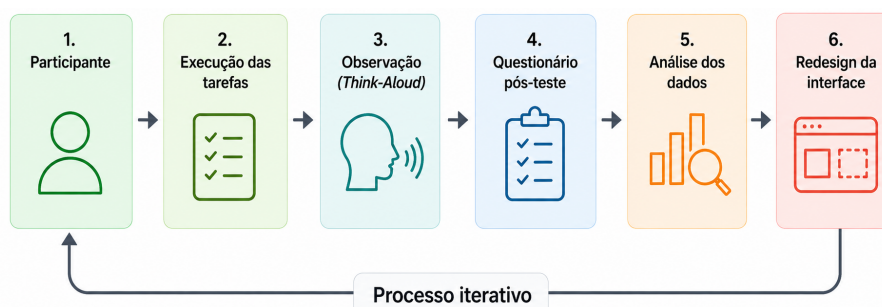


Figura 2. Fluxo iterativo de avaliação de usabilidade

4.5. Tarefas executadas

As tarefas de usabilidade representaram o percurso esperado de uso do Yêgatu, contemplando primeiro acesso, recursos de aprendizagem, gamificação e engajamento social. A seleção buscou expor os participantes aos principais mecanismos da aplicação, permitindo observar dificuldades de navegação, compreensão da interface e percepção de progressão.

As tarefas contemplaram quatro momentos: **T1: Onboarding e primeiro contato**, com criação de conta, acesso inicial, execução da primeira atividade do Módulo 1 e encerramento da sessão; **T2: Gerenciamento social**, com busca por usuário e envio de solicitação de amizade; **T3: Personalização e configuração**, com alteração de avatar e ativação do modo escuro; e **T4: Ciclo de gamificação e evolução**, com consulta de XP, visualização do ranking, realização de atividade e verificação do progresso. As mesmas tarefas foram aplicadas nos dois ciclos.

4.6. Métricas e coleta de dados

A coleta de dados adotou abordagem mista, combinando métricas quantitativas de desempenho e dados qualitativos obtidos durante os testes de usabilidade. Foram considerados os registros do pesquisador, as verbalizações dos participantes pela técnica de *think-aloud* e as respostas ao questionário pós-teste.

Como métricas quantitativas, foram analisados a taxa de sucesso, o tempo de execução das tarefas e o número de dúvidas ou dificuldades observadas durante a interação. A taxa de sucesso foi registrada por tarefa, atribuindo-se 1 para conclusão total, 0,5 para conclusão parcial e 0 para tarefa não concluída. O questionário pós-teste foi composto por itens em escala Likert de cinco pontos e questões abertas, contemplando clareza das instruções, facilidade de navegação, visibilidade das funcionalidades, *feedback* do sistema, compreensão das atividades e percepção geral da experiência de uso.

Os dados foram analisados comparativamente entre os dois ciclos de avaliação. As verbalizações e respostas abertas subsidiaram a identificação de dificuldades recorrentes, percepções sobre a interface e sugestões de melhoria. Em conjunto com as métricas de desempenho, esses dados permitiram verificar os efeitos das modificações implementadas após o primeiro ciclo e compreender como o redesign influenciou a experiência de interação com o aplicativo.

4.7. Processo iterativo de redesign

O processo de redesign do aplicativo Yēgatu foi conduzido a partir das evidências coletadas nos ciclos de testes de usabilidade. Após cada avaliação, os dados quantitativos e qualitativos foram analisados para identificar problemas de interação, dificuldades de navegação, inconsistências de interface e aspectos relacionados à compreensão das atividades.

Após o primeiro ciclo, as intervenções concentraram-se na redução de barreiras de usabilidade. Foram realizados ajustes no fluxo de navegação, na organização de componentes visuais e na apresentação de *feedbacks* do sistema, especialmente em pontos relacionados ao onboarding, à área social e à compreensão do próximo passo durante as atividades. Essas modificações foram incorporadas a uma nova versão do aplicativo, posteriormente reavaliada no segundo ciclo.

Após o Ciclo 2, os achados passaram a indicar necessidades de refinamento pedagógico. Com base nesses resultados, novos ajustes foram incorporados ao fluxo de atividades, incluindo a reinserção obrigatória da oralidade nas etapas de associação e seleção, a redução da matriz final de seleção para um número menor de alternativas e a substituição de elementos visuais genéricos por termos e objetos associados ao contexto amazônico, como *daraptí*, *dasú* e *daridarí*. Essas alterações buscaram fortalecer o suporte fonético, reduzir a carga cognitiva e dar maior continuidade ao *scaffolding* das atividades. A versão resultante desses ajustes ainda não foi submetida a uma nova rodada de testes no escopo deste estudo.

As modificações implementadas após o Ciclo 2 foram priorizadas com base na recorrência dos problemas identificados, em seu impacto sobre a aprendizagem e no alinhamento das soluções aos princípios de *scaffolding*. A Tabela 1 resume as principais alterações, suas motivações e a fundamentação teórica correspondente.

Tabela 1. Modificações implementadas após o Ciclo 2 e sua fundamentação.

Mudança	Achado	Princípio de <i>scaffolding</i>
Reinserção da oralidade nas etapas de associação e seleção	Dificuldade no reconhecimento das palavras sem apoio sonoro.	Suporte imediato e uso de múltiplos recursos para execução da tarefa (Quintana et al., 2018; de Melo Queiroz, 2024).
Redução da matriz final de seleção	Excesso de alternativas aumentava a carga cognitiva e favorecia estratégias de eliminação.	Redução da complexidade e progressão gradual da aprendizagem (Quintana et al., 2018).
Substituição de imagens genéricas por elementos amazônicos	Necessidade de maior aproximação com o contexto cultural do Nheengatu.	Contextualização do conteúdo para favorecer associações significativas (Reiser, 2018).

5. Resultados

5.1. Resultados quantitativos

Para comparar os dois ciclos de avaliação, foram consideradas métricas de desempenho durante a execução das tarefas e respostas ao questionário pós-teste em escala Likert de cinco pontos. A síntese dos resultados quantitativos é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Comparação dos resultados quantitativos entre os ciclos de avaliação

Métrica	Ciclo 1	Ciclo 2
Tempo médio total	11min24s	10min08s
Taxa de sucesso geral	90%	97,5%
Sempre soube qual era o próximo passo a seguir	3,4	3,8
Consegui realizar as tarefas sem erros/travamentos	3,6	3,8
Respostas do sistema são claras	3,6	4,6
Instruções, textos e palavras são claros	4,6	4,4
Informações, botões e funcionalidades visíveis	3,8	4,4
Total controle sobre ações e navegação	4,2	5,0
Intuitivo para aprender sozinho	4,2	4,4
Design visual facilitou as atividades	4,0	3,8
Motivado a continuar explorando o aplicativo	4,6	4,2
Tarefa mais indicada como desafiadora	T1 e T2	T4

*T1: onboarding; T2: gerenciamento social; T4: gamificação e evolução.

Os dados indicam melhora nos indicadores diretamente associados à interação com a interface. O tempo médio total foi reduzido de 11min24s para 10min08s, enquanto a taxa de sucesso geral aumentou de 90% para 97,5%. Esses resultados sugerem que as modificações realizadas após o Ciclo 1 reduziram barreiras iniciais de acesso, navegação e compreensão da interface.

Esse deslocamento também aparece na mudança da tarefa mais apontada como difícil: no Ciclo 1, as dificuldades concentraram-se nas Tarefas 1 e 2; no Ciclo 2, passaram a se concentrar na Tarefa 4. Assim, os resultados indicam melhora geral de usabilidade, mas também apontam que aspectos como progressão, pontuação, ranking e acompanhamento de desempenho ainda demandavam refinamento. As pequenas reduções em indicadores de clareza textual, design visual e motivação sugerem que as melhorias de navegação não eliminaram todos os desafios relacionados à compreensão das atividades e aos mecanismos de progressão.

5.2. Resultados qualitativos

A análise qualitativa das observações e verbalizações dos participantes evidenciou uma mudança no foco das dificuldades entre os ciclos. No Ciclo 1, os principais problemas estiveram relacionados à navegação, ao *feedback* do sistema e à compreensão do fluxo de interação. Foram observadas dificuldades especialmente na Tarefa 1, em que alguns participantes demonstraram incerteza sobre como iniciar as atividades das trilhas de aprendizagem, como indicado nos comentários: “*eu cliço no botão continuar, mas não está indo*” e “*não consegui encontrar de primeira o botão para acessar a atividade*”.

Também foram identificadas dificuldades na tarefa de gerenciamento social, sobretudo pela ausência de mensagens de confirmação após o envio de solicitações de amizade. Além disso, observações pontuais envolveram consistência visual, comportamento do modo escuro e ausência de informações mais claras sobre a progressão nas atividades.

Tabela 3. Síntese qualitativa dos problemas identificados nos ciclos de avaliação

Categoria	Ciclo 1	Ciclo 2
Navegação	Alta recorrência de dificuldades	Problemas reduzidos
Feedback do sistema	Ausência de confirmações e respostas	Feedback adequado na maioria das ações
Fluxo de interação	Confusão em etapas iniciais	Fluxo mais compreensível
Gamificação	Pouco comentada criticamente	Maior percepção e críticas ao sistema
Aspectos pedagógicos	Não emergem como foco principal	Tornam-se foco central das observações

Após as melhorias implementadas no primeiro ciclo, observou-se redução nas dificuldades de navegação e *feedback*. No Ciclo 2, as observações passaram a se concentrar na estrutura das atividades de aprendizagem, especialmente na Tarefa 4. Um participante indicou dificuldade em reconhecer as palavras sem apoio sonoro, afirmando: “*queria poder ouvir a pronúncia dessa palavra, acho que seria mais didático*”. Outro participante destacou a necessidade de maior aproximação visual com o contexto amazônico, afirmando: “*queria ver contextos e imagens mais amazônicos*”.

Três aspectos se destacaram nessa etapa. O primeiro foi a redução da oralidade no fluxo das atividades de Associação e Seleção, uma vez que o áudio deixava de estar presente em momentos nos quais os participantes precisavam reconhecer termos em Nhe-engatu. Isso pode ter favorecido estratégias de memorização visual, em vez de apoiar a relação entre palavra, som e significado.

O segundo aspecto foi a descontinuidade do *scaffolding*, observada na passagem para a etapa de Seleção, em que o usuário era exposto a uma matriz com nove alternativas, aumentando a complexidade da tarefa. Essa configuração pode ter dificultado a progressão gradual esperada entre as etapas, levando os participantes a recorrerem a estratégias de eliminação em vez de reconhecimento apoiado.

O terceiro aspecto envolveu a adequação cultural de algumas representações visuais, uma vez que participantes apontaram a necessidade de imagens e contextos mais próximos da realidade amazônica e dos objetos associados à língua trabalhada. Esse achado indicou que o apoio visual não deveria apenas ilustrar palavras isoladas, mas também contribuir para situar culturalmente os conteúdos apresentados no aplicativo.

Em conjunto, os aspectos relacionados à oralidade, ao *scaffolding* e à adequação cultural sugerem que o redesign reduziu parte das barreiras iniciais de interação, permitindo que dimensões da organização pedagógica se tornassem mais visíveis no Ciclo 2.

5.3. Síntese interpretativa dos achados

A integração dos resultados quantitativos e qualitativos evidencia que o principal efeito do processo iterativo não foi apenas a melhora operacional da interface, mas a mudança no tipo de problema tornado visível ao longo da avaliação. Com a redução das barreiras iniciais de navegação e *feedback*, aspectos relacionados à oralidade, à continuidade do *scaffolding*, à carga cognitiva e à adequação cultural tornaram-se mais evidentes.

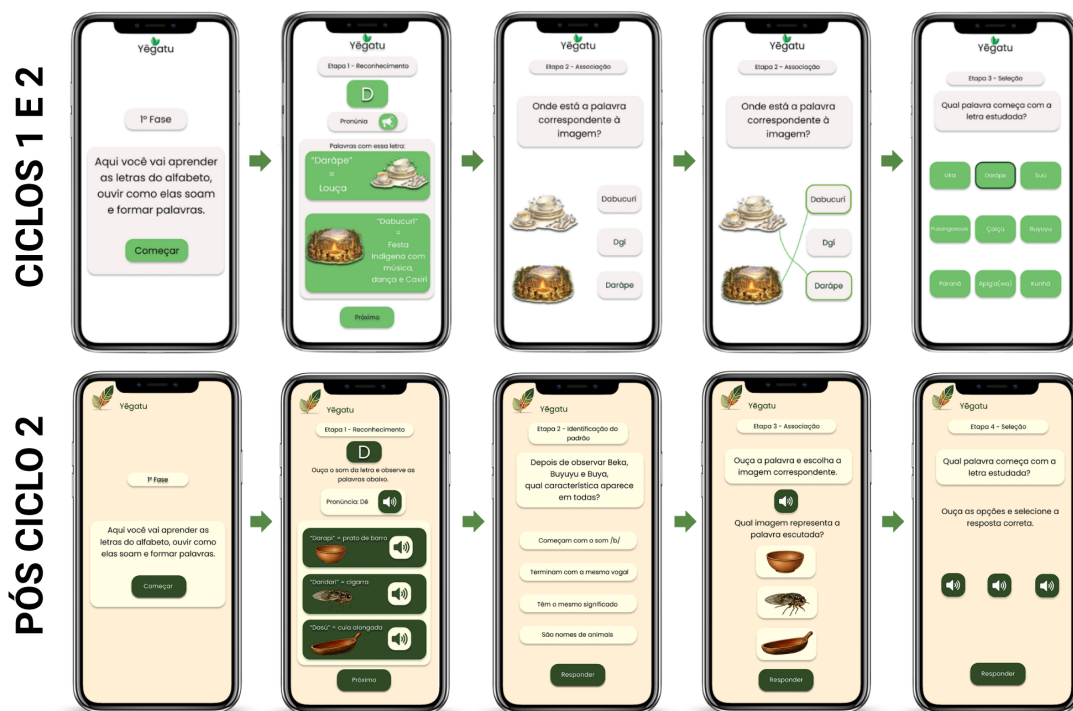


Figura 3. Comparação entre o fluxo de atividades avaliado nos Ciclos 1 e 2 e os ajustes pedagógicos incorporados após o Ciclo 2

A Figura 3 sintetiza esse deslocamento. No fluxo avaliado nos ciclos, a atividade era organizada em tela inicial, reconhecimento, associação com *feedback* e seleção. A análise do Ciclo 2 indicou limitações no suporte à oralidade e na transição entre os níveis de dificuldade, especialmente pela ausência de áudio em momentos decisivos e pela presença de uma matriz final com nove alternativas.

Com base nesses achados, foram incorporados ajustes ao fluxo pedagógico pós-Ciclo 2, ainda não reavaliados no escopo deste estudo, com reinserção da oralidade nas etapas de reconhecimento, associação e seleção, inclusão de uma etapa voltada à identificação de padrões e incorporação de elementos visuais mais alinhados ao contexto amazônico, como *darapí*, *dasú* e *daridarí*. Essas alterações buscaram fortalecer a relação entre som, palavra e significado, reduzir a carga cognitiva e dar maior continuidade ao suporte oferecido ao aprendiz.

5.4. Ameaças à validade

Este estudo apresenta ameaças à validade que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Quanto à validade interna, destacam-se o tamanho reduzido da amostra

e o perfil dos participantes, composto por especialistas em Computação, Design Digital e Interação Humano-Computador. Embora adequado a uma avaliação formativa de usabilidade, esse perfil pode favorecer a identificação de problemas de interface e não representar integralmente as dificuldades de aprendizes iniciantes. Cabe destacar que, como os participantes de cada ciclo foram distintos entre si, parte da melhora observada entre o Ciclo 1 e o Ciclo 2 pode refletir diferenças de proficiência entre os dois grupos, e não exclusivamente o efeito do redesign da interface.

Quanto à validade externa, os resultados não devem ser generalizados para todos os possíveis usuários do aplicativo, pois o estudo não incluiu avaliação com aprendizes de Nheengatu ou comunidades envolvidas com o uso, ensino ou preservação da língua. Quanto à validade de construção, não foram medidas diretamente aprendizagem, retenção de vocabulário ou competência linguística. Assim, os resultados permitem discutir indícios de refinamento pedagógico, mas não afirmar efeitos diretos do aplicativo sobre a aprendizagem da língua.

6. Conclusão

Este estudo investigou como ciclos iterativos de avaliação e redesign contribuem para identificar e reduzir barreiras de interação, bem como evidenciar necessidades de refinamento pedagógico em um aplicativo gamificado voltado ao ensino da língua Nheengatu. A partir de dois ciclos de testes com especialistas em Computação, Design Digital e Interação Humano-Computador, foram identificados problemas de navegação, fluxo de interação e *feedback*, bem como analisados os efeitos das modificações implementadas entre os ciclos.

Os resultados indicaram melhora na experiência de uso do Yēgatu, indicada pelo aumento da taxa de sucesso, redução do tempo médio de execução e avanços na percepção de clareza dos *feedbacks*, visibilidade das funcionalidades e controle da navegação. Como principal achado, observou-se um deslocamento no tipo de dificuldade reportada: de problemas de usabilidade e navegação no Ciclo 1 para aspectos relacionados à estrutura pedagógica das atividades no Ciclo 2.

Como contribuição científica, este estudo indica que avaliações iterativas de usabilidade podem apoiar não apenas o refinamento da interface, mas também orientar decisões de redesign relacionadas à organização das atividades de aprendizagem em aplicações educacionais.

Esse resultado sugere que a redução de fricções de interface tornou mais visíveis necessidades de refinamento relacionadas à oralidade, à progressão das atividades, à continuidade do *scaffolding* e à adequação cultural dos conteúdos. Os ajustes decorrentes desses achados foram incorporados ao protótipo, mas ainda não foram submetidos a uma nova rodada de avaliação. Como trabalhos futuros, pretende-se avaliar o Yēgatu com aprendizes de Nheengatu e, quando possível, com membros de comunidades envolvidas com o uso, ensino ou preservação da língua em contextos reais de uso.

Disponibilidade de Artefato

Os materiais relacionados ao estudo, incluindo o protótipo do Yēgatu, os instrumentos de coleta de dados, os roteiros de teste, os questionários e os ar-

tefatos produzidos durante os ciclos de redesign, encontram-se disponíveis em: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.32537553>.

Declaração sobre Uso de Inteligência Artificial

O ChatGPT (GPT-5.5) foi utilizado como apoio à revisão textual, organização de ideias e aprimoramento da clareza acadêmica. As sugestões foram revisadas e validadas pelos autores, que assumem responsabilidade integral pelo conteúdo do artigo.

Agradecimentos

Nosso agradecimento vai para o grupo de pesquisa TechThinkers, que nos deu apoio, colaborou e incentivou este trabalho. Agradecemos também ao Instituto Federal do Amazonas (IFAM), especialmente ao Campus Manaus Zona Leste, pelo suporte da instituição e pelos incentivos que fizeram esta pesquisa acontecer.

Referências

- (2018). Iso 9241-11:2018 ergonomics of human-system interaction – part 11: Usability: Definitions and concepts.
- Almeida, S. T. and Horochovski, R. R. (2025). Aplicativos para o ensino-aprendizagem de línguas indígenas de povos no brasil. *Revista de Políticas Públicas*, 29(1):351–371.
- Cybis, W., Betiol, A. H., and Faust, R. (2017). *Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações*. Novatec editora.
- de Farias, W. S., do Nascimento, R. P., da Ponte, M. J. M., Lobato, N., and Reis, J. R. (2019). Nativoapp: Realidade aumentada aplicada no resgate cultural da língua wai-wai. *RENOTE*, 17(3):356–365.
- de Melo Queiroz, A. E. (2024). Explorando softwares de scaffolding: Assistência ao aprendiz durante a execução de tarefas. In *Simpósio Brasileiro de Computação na Educação Básica (SBC-EB)*, pages 30–34. SBC.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., and Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining “gamification”. In *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*, pages 9–15.
- Ellwanger, C., Santos, C. P., and Moreira, G. J. (2014). As relações entre gamificação, padrões de interface e mobilidade no desenvolvimento de aplicações educacionais. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 25, page 214.
- Ethnologue (2024). Ethnologue: Languages of the world. Accessed: 25 Feb. 2026.
- Filho, J. C. d. S. D., Pires, F. G. S., and de Faria, I. F. (2018). Proposta de uma ferramenta digital para letramento na língua ygatu para dispositivos móveis. *Revista on-line* <http://www.scientia-amazonia.org>.
- Frazão, G. E. C., Aquino, N. R. M., and de Sa, V. S. (2025). Desenvolvimento de um protótipo de aplicativo para preservação linguística da comunidade indígena kri-kati: uma abordagem design science research. In *Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade (WICS)*, pages 198–207. SBC.

- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., and Ram, S. (2008). Design science in information systems research. *Management Information Systems Quarterly*, 28(1):6.
- Honda, F., Pires, F., Melo, D., and Faria, I. (2019). Pi-pi-sat: um jogo para exercício e aprendizagem da língua sateré mawé. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 8, page 1373.
- Meighan, P. J. (2021). Decolonizing the digital landscape: The role of technology in indigenous language revitalization. *AlterNative: An International Journal of Indigenous Peoples*, 17(3):397–405.
- Meirelles, S. R. d. S. S. (2020). *A reinscrição de uma língua destituída: o Nheengatu no Baixo Tapajós*. PhD thesis, [sn].
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., Kyza, E., Edelson, D., and Soloway, E. (2018). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. In *Scaffolding*, pages 337–386. Psychology Press.
- Reiser, B. J. (2018). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. In *Scaffolding*, pages 273–304. Psychology Press.
- Rogers, Y., Sharp, H., and Preece, J. (2013). Design de interação: além dea interação humano-computador.
- Severo, C. G. (2025). Transmissão intergeracional e revitalização linguística. *Gragoatá*, 30(66):e64442.
- Werbach, K. and Hunter, D. (2020). For the win, revised and updated edition: The power of gamification and game thinking in business, education, government, and social impact. In *For the Win, Revised and Updated Edition*. University of Pennsylvania Press.