


Avaliação de sistema de tutoria inteligente para cooperar com tutores humanos

Evaluation of Intelligent Tutoring System to cooperate with human tutors

Aluisio José Pereira¹ 

Alex Sandro Gomes¹ 

Tiago Thompsen Primo² 

¹Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática, Recife, Pernambuco, Brasil.

²Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

Resumo

Objetivo: Este artigo tem o objetivo de avaliar a aceitabilidade de Sistemas de Tutoria Inteligente (STI) que coopera com a atuação de tutores humanos no engajamento de estudantes do aprendizado online.

Método/abordagem: Por meio de abordagens qualitativas e quantitativas e técnicas de “pensar em voz alta” associada a testes estatísticos para experimentação do protótipo de STI foi possível avaliar as possibilidades de cooperação e adequação com a atuação de tutores humanos.

Contribuições teóricas/práticas/sociais: Inserir os tutores humanos desde etapas iniciais da concepção da abordagem de STI permitiu a antecipação de situações de inadequação da experiência do usuário e usabilidade do sistema.

Originalidade/relevância: Ao longo dos anos o desenvolvimento de STI se voltou para suprir as demandas de tutorias em detrimento da atuação dos tutores humanos, a atuação contribui com uma abordagem híbrida (tutores humanos e STI).

Palavras-chave: Tutores humanos; Teste; Sistema de Tutoria Inteligente; Engajamento Estudantil.

Abstract

Purpose: This article aims to assess the acceptability of the Intelligent Tutoring Systems (ITS) that cooperates with the performance of human tutors in engaging students in online learning.

Design/methodology/approach: Through qualitative and quantitative approaches and “thinking aloud” techniques associated with statistical tests for experimenting with the ITS prototype, it was possible to assess the possibilities of cooperation and adequacy with the performance of human tutors.

Research, Practical & Social implications: Inserting human tutors from the initial stages of the conception of the ITS approach allowed the anticipation of situations of inadequacy of the user experience and system usability.

Originality/value: Over the years, the development of Intelligent Tutoring Systems (ITS) has focused on meeting tutoring demands to the detriment of human tutors, the performance contributes with a hybrid approach (human tutors and STI)

Keywords: Human Tutors; Test; Intelligent Tutoring System; Student Engagement.

Introdução

A importância da adoção de técnicas de Interação Humano-Computador (IHC) no desenvolvimento de sistemas tem sido enfatizada nas últimas décadas, como destacado por Miller (1998). Durante esse período, agentes com Inteligência Artificial (IA) têm sido amplamente adotados na educação, introduzindo abordagens inovadoras de aprendizado (Zafari *et al.*, 2022) e (Alhazmi *et al.*, 2023). Por exemplo, Sistemas de Tutoria Inteligente (STI), que fazem uso de abordagens de IA, foram adotados em diversos contextos educacionais (Mousavinassab *et al.*, 2021). No entanto, ao longo dos anos, o desenvolvimento de estratégias de STI, frequentemente, negligenciou práticas de IHC, concentrando-se principalmente na eficácia algorítmica e nas percepções dos estudantes. Deixando em segundo plano também o papel dos tutores humanos, aspecto não completamente compreendido (Lin; Wu; Hsueh, 2014) (Kosciński; Zanutto, 2014).

Diante disto, torna-se contundente confrontar esta disparidade e combinar os princípios abrangentes da IHC na concepção e construção dos STI. Além disto, repensar o design para direcionar a interatividade, experiência e usabilidade em situações de cooperação com a atuação de tutores humanos, lança à reflexão a seguinte questão: “Quais as percepções dos tutores humanos em relação à atuação de uma abordagem de cooperação por tutores inte-

ligentes?”. Sendo assim, o presente artigo investiga a avaliação de uma estratégia STI para cooperar com a atuação de tutores humanos em interações que reconheçam a importância destes últimos desde as fases iniciais de prototipagem da abordagem de STI. Este estudo faz parte de uma série de estudos sobre a temática (Pereira *et al.*, 2021), (Pereira; Gomes; Primo, 2022), (Pereira *et al.*, 2023), (Pereira; Gomes; Primo, 2023a) e (Pereira; Gomes; Primo, 2023b) comparativamente com outros sistemas (Pereira; Gomes; Primo, 2024). E, tem como o objetivo central consiste em antecipar as percepções dos tutores humanos em relação à representação das demandas e à concordância com a atividade de coleta e classificação de indicadores de engajamento estudantil no contexto do aprendizado online, mediado por meio de uma plataforma de Rede Social Educacional (RSE).

Visto que, existe uma dificuldade dispendiosa de observar e dimensionar o aprendizado online, por envolver diferentes construtos e dimensões que se complementam nos espaços físicos e digitais. E, o engajamento estudantil é uma das principais dimensões a serem acompanhadas para compreender o processo de aprendizagem online. Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004) descrevem três componentes do engajamento estudantil: o comportamental, que engloba ações observáveis como compromisso e participação; o emocional, relacionado aos sentimentos dos estudantes em relação à

aprendizagem e suas interações sociais; e o cognitivo, que se concentra no esforço mental, incluindo a regulação. Estes componentes envolvem tanto ações visíveis quanto percepções, e resultam como indicadores relatados ou observáveis. A pesquisa deste artigo está vinculada a predições (Hussain *et al.*, 2018) e resultados para a cooperação entre STI e tutores humanos, a partir de indicadores do engajamento estudantil, como interatividade, participação, motivação, feedback, autonomia, desempenho, personalização das tutorias (Ogunyemi; Quaicoe; Bauters, 2022). Pois, as experiências de aprendizado mediadas por tecnologias têm a capacidade de gerar dados valiosos sobre estes indicadores do engajamento, que geralmente não estão disponíveis em ambientes educacionais presenciais.

Este artigo encontra-se estruturado em quatro outras seções. A seção de fundamentação teórica com trabalhos relacionados. A seção de método com instrumentos, técnicas e procedimentos. A seção dos resultados encontrados. E seção de considerações finais.

Fundamentação Teórica

Nesta seção, destacam-se trabalhos relacionados que aplicam princípios de IHC no *design* de STI, focando na avaliação de abordagens em ambientes de aprendizado online. Isto amplia o escopo da modelagem tradicional com a inclusão de tutores humanos na cooperação.

No estudo de Gooch *et al.* (2016), observam-se como a pesquisa de design exploratório pode melhorar a compreensão do usuário em projetos de STI, gerando uma variedade mais ampla de características. Eles identificaram três funções essenciais da IHC neste processo: estabelecer conhecimento compartilhado do domínio, apresentar diversas perspectivas de ensino-aprendizagem, e conectar o design tecnológico com o modelo de usuário. A colaboração na criação dos modelos de usuário também foi enfatizada e as atividades de design propostas buscaram criar um elemento delimitador que aprimora a construção dos modelos, possibilitando decisões mais claras, exploração de opções e novas abordagens no processo de *design*.

Adotar técnicas de IHC para envolver os sujeitos no design de STI, pode aprimorar a eficácia dos sistemas (Lin; Wu; Hsueh, 2014) (Koscianski; Zanutto, 2014). Algumas técnicas se concentram no design de interface em sistemas de aprendizado online para melhorar a experiência do estudante com o STI, como as empregadas para avaliação da usabilidade (Granic; Glavinic, 2006), porém há de se considerar também técnicas para tornar a IA explicável (XAI) (Khosravi *et al.*, 2022). Ao envolver os sujeitos em testes com potenciais usuários e especialistas do contexto para entender percepções sobre o sistema, e isto exige a participação contínua e o envolvimento dos sujeitos para o sucesso do sistema (Iliadis *et al.*, 2023, p. 42). Abordagens como

"pensar em voz alta" em testes permitem intervenções que coletam explicações e opiniões, geram discussões e identificam problemas (McDonald; Zhao; Edwards, 2016). Apesar de cada vez mais os pesquisadores de STI começaram se concentrar nos aspectos de IHC para envolver os usuários no design STI, é possível perceber estratégias de desenvolvimento que ainda se encontra concentrada na eficácia dos algoritmos e abordagens instrucionais, e negligencia o envolvimento dos tutores humanos.

Metodologia

Para compreender as necessidades e desafios dos tutores humanos, foi adotada uma abordagem empática a partir das experiências no contexto físico e digital. Abordagem que se assemelha ao proposto (Horst; Hjorth; Tacchi, 2012) e (Pink, 2016), pois identificar as influências ambientais, culturais e sociais que afetavam a usabilidade e aceitação do sistema pode permitir o desenvolvimento de soluções adaptadas às dificuldades enfrentadas.

A coleta de percepções e dificuldades foi realizada por meio de interações com tutores humanos em ambiente de tutoria mediado pela plataforma Redu.Digital, que combina características de Ambientes Virtuais de Aprendizagem e Redes Sociais (Reis; Gomes; Souza, 2014) e (Pereira *et al.*, 2023). Os fluxos de interatividade de coleta das percepções (Figura 1) decorreram a partir de protótipos de baixa fidelidade (representações simplificadas, usados para explorar e comunicar as ideias de design da abordagem de STI), com propostas de funcionalidades para acompanhar interações, letramento, desempenho e busca ativa dos estudantes para abordagem de STI cooperar com as tutorias. A abordagem proposta nomeada de "Its.Redu" resulta como estratégias para o contexto específico do domínio, e não necessariamente aplicáveis a contextos que partilha de características de tutoria que divergem das partilhadas em ambientes virtuais de plataforma social educativa.

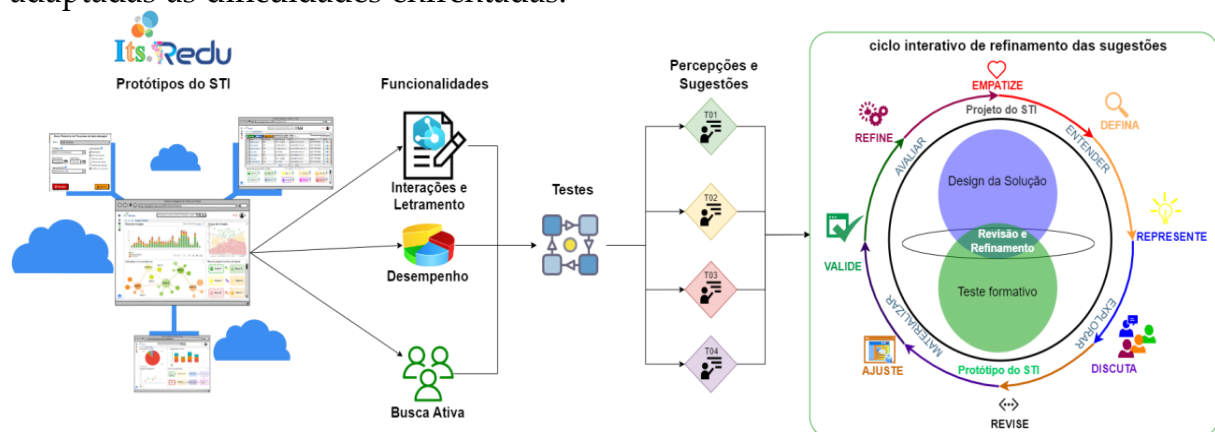


Figura 1. Ciclo interativo de coleta de percepções, testes para refinamento dos protótipos.
Fonte: autores (2023).

Neste contexto específico, participaram do estudo quatro tutoras (identificadas como T01, T02, T03 e T04), todas com formação em pedagogia ou letras com foco em língua portuguesa. A faixa etária das tutoras variou entre 20 e 25 anos, e elas possuíam habilidades interdisciplinares, bem como uma experiência profissional de dois a quatro anos em atividades de tutoria e áreas relacionadas. No que diz respeito às preferências de comunicação e interação virtual, elas demonstraram variações, optando por métodos como e-mail, chat, áudio e videoconferência ao se comunicarem com os estudantes. As tutoras atuam em um contexto diversificado na mediação do aprendizado online, oferecendo tutorias e orientações para estudantes de turmas do Ensino Fundamental II e Ensino Médio na Educação Básica, de cursos do setor de comércio e indústria, de cursos técnicos e profissionalizantes, estudantes do nível superior, além de estudantes inscritos em cursos fornecidos por editoras.

As percepções dos tutores coletadas a partir da materialização dos protótipos serviram como elementos para definição das representações, discussões, revisão, ajustes, validação e refinamentos da abordagem de STI. Para esta etapa do estudo os artefatos foram materializados em protótipos de telas conforme descrito.

Protótipos, validação e refinamento

Os protótipos foram desenvolvidos em conjunto com tutores humanos. Etapa que envolveu seleção das

dificuldades para serem incorporadas no sistema, projeto da construção dos protótipos, validação, análise dos resultados e refinamento. Passos que foram repetidos até obter um protótipo funcional. Cada iteração permitiu adicionar novas características e funcionalidades a partir das ideias que se alinhavam as dificuldades. Por meio da abordagem interativa, foram realizadas as prototipagens alinhadas às necessidades. As avaliações decorreram a partir de sessões de teste de manipulação e experimentação dos protótipos, com perguntas abertas e aplicação de questionários em que cada pergunta foi associada a uma abordagem de protótipo com referida escala Likert (Nemoto; Beglar; 2014) (Tabela 1).

Para os refinamentos, foram realizadas perguntas abertas, quanto a: *Em que considera que a proposta pode ajudar na sua atuação?*, *Há alguma funcionalidade que você acha que está faltando?*, *Há algo que o incomoda ou o confunde nas páginas?*, *Há algo que você acha que pode ser melhorado?*, *O que você acha do design em geral?*, e *O que propõe de melhorias?*. As sessões de interação com tutores humanos, os questionários e as entrevistas desempenharam um papel fundamental como métodos de coleta de dados qualitativos, permitindo que os participantes expressassem suas opiniões, experiências e feedbacks detalhados sobre a proposta de STI. Estas abordagens qualitativas ofereceram uma compreensão das percepções dos tutores humanos, destacando cooperações mais relevantes e identificando

aspectos que precisavam de melhorias. As informações coletadas durante estas interações diretas também facilitarão a adaptação contínua da proposta, garantindo que as necessidades e expectativas dos tutores humanos sejam adequadamente atendidas. Esta abor-

dagem holística de coleta de dados contribui para o refinamento e aprimoramento do STI ao longo do processo de desenvolvimento. Os resultados das análises e validações encontram-se na de resultados

Quanto ao desempenho dos estudantes	(em uma escala de 1 a 5)
1 - Detecta facilmente informações na página de que precisa nas tutorias?	1 = Não detecto facilmente, 5 = Detecto facilmente.
2 - Acha fácil compreender o desempenho dos estudantes, apresentado na página?	1 = Não acho fácil, 5 = Acho bastante fácil.
3 - Considera relevante a apresentação do percurso de aprendizagem dos estudantes?	1 = Não considero relevante, 5 = Considero bastante relevante.
Quanto às interações dos estudantes	(em uma escala de 1 a 5)
4 - Considera importante identificar os níveis de interações no engajamento dos estudantes?	1 = Não considero, 5 = Considero bastante.
5 - Foi fácil para você entender os níveis, grupos de interação dos estudantes na página?	1 = Não foi fácil, 5 = Foi bastante fácil.
6 - Quão considera relevante recomendar pares para estudantes que precisam de ajuda?	1 = Não considero relevante, 5 = Considero bastante relevante.
Quanto à busca ativa de estudantes	(em uma escala de 1 a 5)
8 - Está convencido(a) que o engajamento dos estudantes pode direcionar as tutorias?	1 = Não estou, 5 = Estou bastante.
9 - Compreende claramente os elementos da página?	1 = Não compreendo, 5 = Compreendo bastante.
10 - Foi fácil identificar estudantes desengajados, que precisam de tutoria na página?	1 = Não foi fácil, 5 = Foi bastante fácil.
11 - Acha relevante enviar mensagem individual e em lote de forma automática aos estudantes desengajados?	1 = Não acho relevante, 5 = Acho bastante relevante.
12 - Acha relevante gerar relatório individual e em lote do engajamento dos estudantes?	1 = Não acho relevante, 5 = Acho bastante relevante.
Quanto ao letramento digital dos estudantes	(em uma escala de 1 a 5)
13 - Tende a precisar de parceria nas tutorias.	1 = Não preciso, 5 = Preciso bastante;
14 - Acha que chat inteligente poderia ajudar nas suas tutorias?	1 = Não poderia, 5 = Poderia bastante;
15 - Confiar que sistema de tutoria inteligente com chat pode ser parceiro de tutoria?	1 = Não confiaria, 5 = Confiaria bastante.
16 - Considera assertivo o envio de mensagem para o estudante desengajado, apresentada na página?	1 = Não considero assertivo, 5 = Considero bastante assertivo.
17 - Considera assertivo gerar o relatório de progresso de aprendizagem do estudante, apresentada na página?	1 = Não considero assertivo, 5 = Considero bastante assertivo.

Tabela 1. Escala utilizada no questionário aos tutores sobre a abordagem de STI.

Fonte: autores (2023).

Análise e Discussão dos Resultados

A colaboração dos tutores humanos forma útil para entender melhor as necessidades, desafios e contextos de tutoria. Isto permitiu conceber protótipos de baixa fidelidade, os quais se encontram na seção de Protótipos para a abordagem de STI, alinhada com as práticas e expectativas dos tutores humanos.

Protótipos para a abordagem de STI

Inicialmente tem-se um protótipo que mostra os cursos e atuação de tutoria, após acessar um curso em específicos, encontra-se um espaço destinado para acompanhar o “desempe-

nho dos estudantes” (Figura 2). Nesta página, associa-se a visualizar desempenho dos alunos, acompanhar desempenho dos alunos, consultar percentual de conclusão, gerar percursos de aprendizagem, gerar percursos de desempenhos. Os valores dados pela média das respostas foram de $\mu = 3,50$ que os tutores humanos conseguiram detectar facilmente as informações necessárias na página. Média de $\mu = 3,50$ que os tutores humanos consideram fácil compreender o desempenho da forma que foi apresentado. E, com média de $\mu = 4,00$ ser bastante relevante o percurso de aprendizagem apresentado.

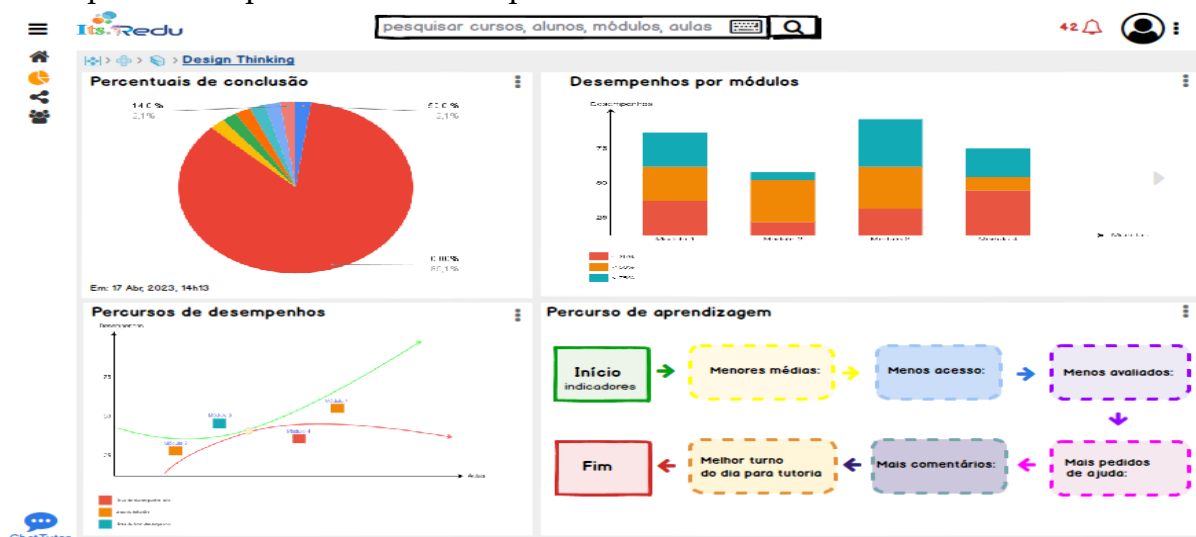


Figura 2. Mockup - acompanhamento do desempenho dos estudantes.

Fonte: autores (2023).

Para os níveis de “interações dos estudantes” concebe-se o protótipo (Figura 3). Associado a: gerar grupos de alunos por nível de interação, aplicar classificação, visualizar grupos de interações, gerenciar progresso da aprendizagem, visualizar progresso da

aprendizagem; e que se referem a: recomendar pares de ajuda, aplicar filtragem colaborativa, verificar similaridade entre alunos, apresentar percursos de interação. Os valores de média obtidos das respostas foram de $\mu = 5,00$ que os tutores humanos consideram

bastante importante identificar os níveis de interação. Média de $\mu = 3,50$ que foi fácil entender as representações dos níveis de interações. E, com média

de $\mu = 5,00$ que consideram bastante relevante recomendar pares de ajuda para os estudantes.

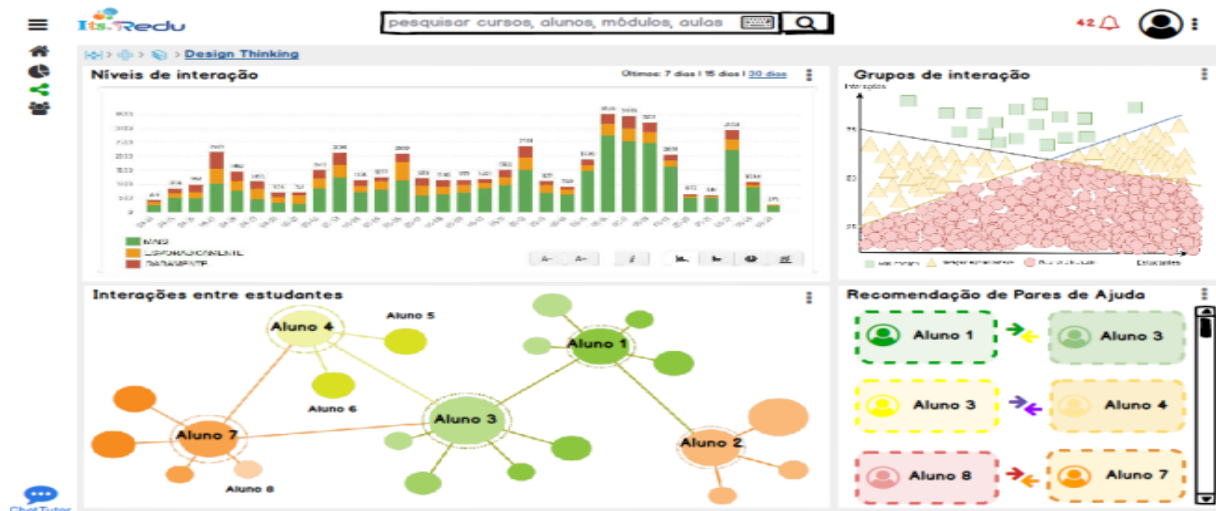


Figura 3. Mockup - acompanhamento das interações dos estudantes.
Fonte: autores (2023).

Para a “busca ativa” concebe-se o protótipo (Figura 4). Associada a: visualizar pendências de tutoria, gerar lista de alunos que precisam de tutoria, tutorar busca ativa dos alunos, acompanhar progresso do aluno, verificar

aluno com pendência, analisar pedidos de ajuda, listar pedidos de ajuda sem respostas, acompanhar inscrições em cursos, analisar comentários, acompanhar pedido de tutoria, listar pedidos de ajuda.

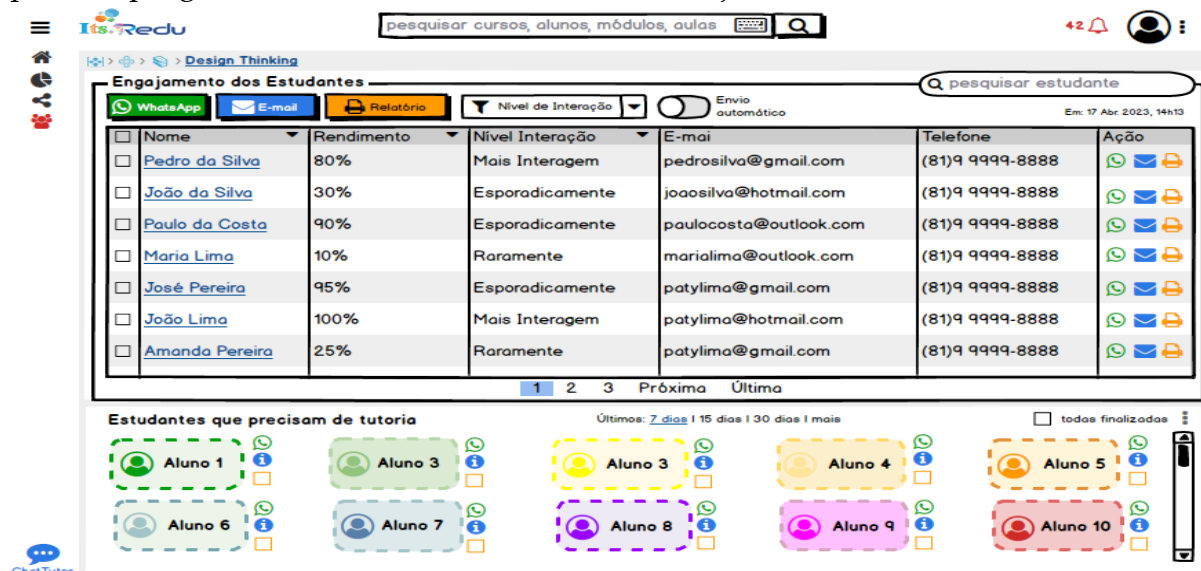


Figura 4. Mockup - busca ativa dos estudantes.
Fonte: autores (2023).

Os valores dados pela média das respostas para todas as perguntas foram de $\mu = 5,00$ que os tutores humanos estavam bastante convencidos sobre a necessidade de compreender o engajamento dos estudantes, de que compreendeu os elementos do protótipo, de que seria fácil identificar estudantes desengajados, de que acharam bastante relevante o envio de mensagens personalizadas com incentivos a

retornar as atividades, recomendações de guia e materiais de aprendizagem.

Complementar a página de busca ativa concebem-se os protótipos de apoio ao “letramento digital” (Figura 5), relacionada à: apresentar a plataforma e ambientes de aprendizagem, enviar mensagens de tutoria e suporte, gerar relatório do progresso da aprendizagem.



Figura 5. Mockup - letramento digital e apoio aos estudantes.
Fonte: autores (2023).

Que se obtiveram valores das respostas dados pela média de $\mu = 5,00$ que os tutores humanos tendem a precisar de parcerias, e acredita bastante que a abordagem de chat inteligente pode ajudar. Média de votos de $\mu = 5,00$ que os tutores humanos consideraram bastante assertivo o envio de mensagem. E, média de $\mu = 4,00$ sobre gerar relatórios de progresso de aprendizagem. Esses resultados serviram como validação preliminar, porém na seção de refinamento, cada protótipo analisados por tutores humanos,

que se permitiram expressar possibilidades de mudanças.

Refinamentos dos protótipos

O refinamento dos protótipos destaca pontos de ajuste sugeridos pelos tutores humanos, antes de passar para o desenvolvimento, para buscar garante que as abordagens se adequam às dificuldades e que possam ser facilmente explicadas e adotadas. A sessão de refinamento permitiu um momento de expressar diretamente em contato com os protótipos, as impres-

sões e possibilidades de ajustes, quanto se a:

- Proposta pode ajudar a atuação de tutoria: **T01:** Otimizar atividades e unificar informações, **T02:** Ele pode ajudar nas atividades massivas, automatizando processos e facilitando o trabalho. Além de fornecer para os estudantes um feedback mais assertivo em relação ao desempenho geral do que está sendo ofertado., **T03:** Pode ser mais eficiente para realizar as atividades de tutoria e fornecer feedback mais preciso aos estudantes sobre o desempenho, engajamento, interação., **T04:** O benefício para tutoria é agilizar as coisas, principalmente em cursos com muitos estudantes.
- Se há necessidade de alguma funcionalidade complementar: **T01:** Mais legenda nos gráficos, “gamificar” gráfico de grupos de interação, notificação de match de pares de ajuda, emoji nas mensagens de WhatsApp e maior personalização da mensagem., **T02:** Senti falta de algo que ajude nas atividades massivas de adição de usuários e aulas., **T03:** Sim, sinto falta da possibilidade de visualizar um comparativo de dados em gráfico de linhas, para ilustrar a evolução de alguns quantitativos ao longo do tempo. **T04:** Para melhorar, poderíamos considerar a adição de informações sobre como podemos utilizar o sistema também. Acho que notificações, com dicas e ajuda para os tutores somente tomar as decisões.
- Se existe algo confuso nas páginas: **T01:** Falta de legenda nos gráficos, **T02:** Acredito que ter mais legendas nos gráficos ajuda quem está usando a plataforma., **T03:** Acredito que a parte dos grupos, seria bom colocar também funcionalidades sobre grupos e como a formação de grupos de alunos ocorrem., **T04:** Algumas modificações na apresentação dos dados, para deixá-los mais claros e exibirem a quantidade assim como o percentual.
- Se há algo que pode ser melhorado: **T01:** Mais legenda nos gráficos, e maior personalização da mensagem do WhatsApp, **T02:** Expandir mais atividades que podem ser realizadas por tutores. **T03:** Não, as principais que pensei já vi, que estão sendo disponibilizada pelo sistema. **T04:** Uma ferramenta para que os alunos peçam por ajuda e os tutores sejam notificados. Saber qual é o tipo de

interação que os alunos estão fazendo e quais são os conteúdos que eles interagem para facilitar a formulação de intervenções.

- Sobre o design geral da abordagem: **T01:** ótimo, **T02:** Achei bem legal. **T03:** Tudo certo. **T04:** Verifiquei e achei tudo bem interessante.
- E sobre o que os tutores propoiam de melhoria: **T01:** Legendar ao máximo, **T02:** Pensar nas integrações de plataformas para melhorar os serviços. **T03:** Em geral, não acho que o sistema necessita de muitas melhorias, ele atende bem às demandas que se propõe a abarcar. **T04:** Acho que tem foi bem mais o que coloquei. No geral tá muito bom.

A partir da dinâmica das sessões de refinamento dos protótipos, destacaram-se as sugestões (Figura 6), alinhadas com as descritivas decorrentes das indagações e relatos dos tutores humanos. Uma tutora sugere integrar o envio de mensagens com vídeos informativos e manuais da plataforma, para permitir explicações de como funciona o próprio sistema funciona. No desempenho dos alunos, colocar legenda nos gráficos e torná-los dinâmicos. Descrever os indicativos para gerar o percurso de desempenho (não entendeu muito). Representar o retorno da busca ativa. Nos pares de ajuda enviar notificação de par combinado. E na busca ativa, listar mais geral não apenas por curso, mas, sim, por ambiente inteiro e todos os cursos. E, também, gerar gráficos do retorno pelos quais não estão acessando o ambiente (“sem contato”, “sem resposta”, “problemas pessoais”, “outras prioridades” e “limitações técnicas”). No envio de mensagem personalizar colando nome e não faz sentido enviar o relatório para os estudantes.

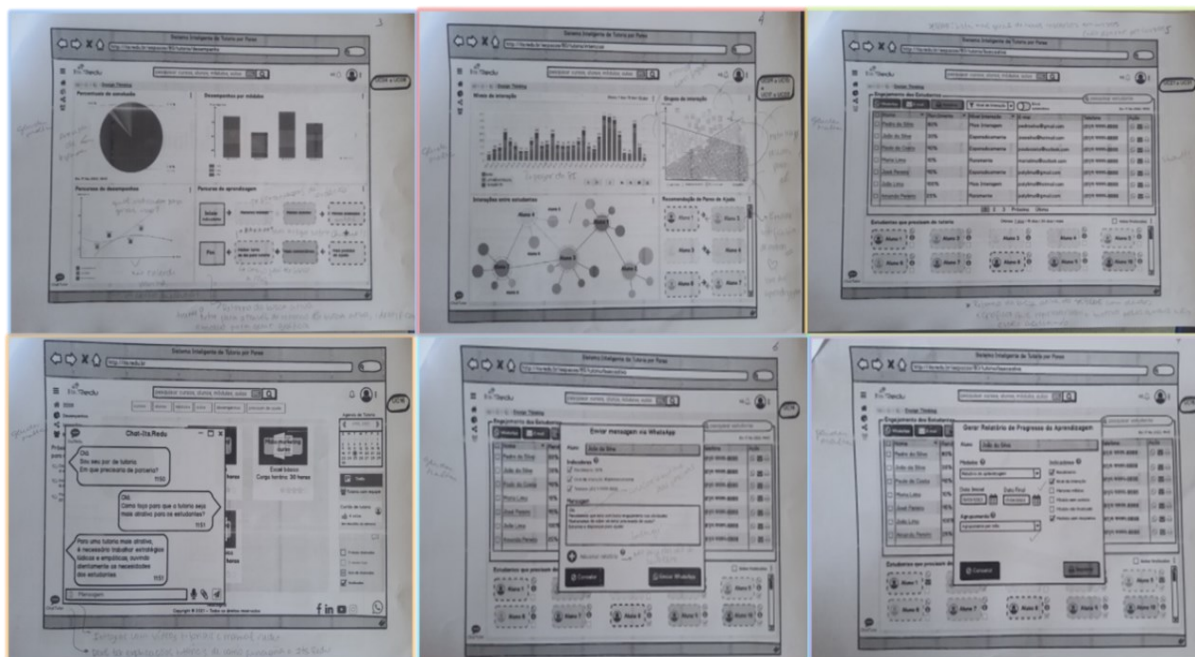


Figura 6. Sugestão de ajustes para os protótipos.

Fonte: autores (2023).

Do mesmo modo, outras tutoras expressaram suas ponderações conforme apresentado (Figura 7). Adverte sobre a importância dos gráficos serem

mais simples, da forma como estão dispostos, são complexos e precisam ser legendado bastante, e indaga se teria esse letramento para entender.

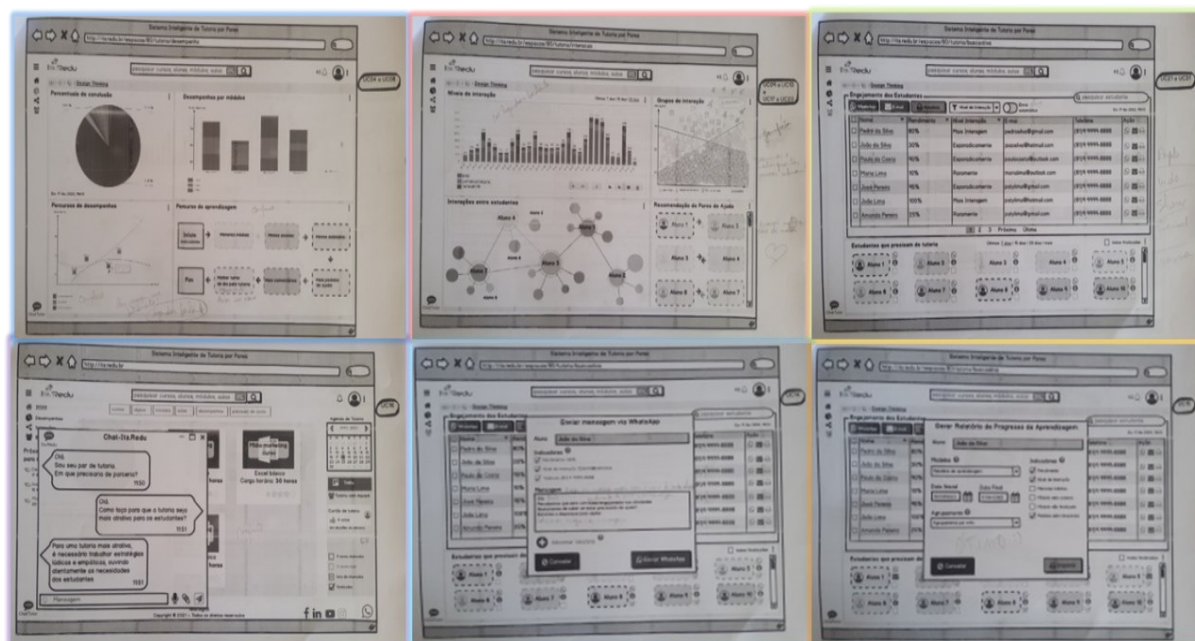


Figura 7. Outros destaques sobre as melhorias e ajustes nos protótipos.

Fonte: autores (2023).

O percurso de aprendizagem pode ser “confuso”. No melhor turno do dia para tutoria se faz necessário deixar claro do que se trata. No desempenho dos estudantes, colocar abordagens de gamificação, animação quando interagir com os dados, principalmente em “Grupos de Interação” - visualizar as pessoas subindo ou descendo de um grupo para outro. Nos pares de ajuda realizar notificação de “match” de combinação dos pares. Elogiou a parte de busca ativa e propôs enviar as mensagens em massa para mais de uma pessoa no mesmo campo de envio de mensagens. Assim, colocar o nome na mensagem e adicionar o percentual de conclusão dos cursos e adicionar *emojis* para o envio. No relatório ressaltou que estava “Ótimo :)”.

Considerações Finais

A redefinição do papel dos agentes inteligentes de STI, não como substitutos, mas como colaboradores com a atuação de tutores humanos em diversas circunstâncias, ressalta a importância de envolver os principais interessados no processo de concepção desses sistemas. Este estudo reforçou a relevância da cooperação e participação ativa dos tutores humanos desde as fases iniciais do design de uma abordagem de STI voltado a coletar e classificar indicadores de engajamento dos estudantes do aprendizado online. A adoção de testes de protótipos da abordagem de STI com a contribuição

de tutores humanos ilustrou vividamente como essa abordagem pode fornecer *insights* valiosos para aperfeiçoar a validação da interface do usuário e aprimorar a percepção dos tutores com as experiências que o sistema propõe. Os resultados não somente validaram o processo, mas também sublinharam a importância de considerar as perspectivas e necessidades específicas dos tutores humanos durante o desenvolvimento de soluções educacionais baseadas em tecnologia. Ao integrar a experiência e as opiniões dos tutores humanos, tornou-se possível antecipar os desafios e oportunidades para melhorar a usabilidade, a interatividade e a eficácia do sistema antes do desenvolvimento. Estas conclusões destacam a centralidade do enfoque no usuário e da colaboração contínua entre *designers*, desenvolvedores e tutores humanos na criação de ambientes de aprendizado online mais impactantes e eficazes. Refletindo estratégias de engajamento que não apenas provoquem estímulos-respostas, mas se direcionam onde se precisa de maior atuação dos tutores humanos, trazendo as percepções, o afeto e a empatia dos humanos para o contexto. Algo que se aproxima ao já ressaltado por Lepper e Chabay (1988). Além disto, se alinhando a propostas que fortaleça a atuação cooperativa dos agentes artificiais e humanos (Sætra, 2022).

Limitações

A principal limitação do estudo se correlaciona a não enfatizar uma

análise abrangente com experimentos longitudinais dos efeitos da abordagem sobre a atuação nas tutorias. Neste caso não permitindo generalizações dos resultados para diferentes contextos de tutoria e aprendizado mediado online. Ao invés disto, o estudo se concentrou em testes preliminares para validação das ideias e permitir ajustes ao longo do desenvolvimento do sistema. Os efeitos na atuação dos tutores humanos podem ser compreendidos em trabalhos futuros a partir de comparativamente explorados com outras abordagens.

Estudos futuros

Os próximos passos deste estudo envolvem conduzir o desenvolvimento, a verificação e validação da efetividade da abordagem de tutoria inteligente para cooperação com tutores humanos na compreensão dos indicadores de engajamento estudantil no aprendizado online. Que podem permitir, dentre outras perspectivas: testes com tutores em diferentes contextos educacionais e instituições, teste com *designers* e especialistas, uma avaliação de longo prazo do impacto didático-pedagógico, rastreamento do processo de tutoria, aceitação das cooperações e implicações na atuação e no processo de aprendizagem dos estudantes em ambiente educativo real.

Referências

Alhazmi, A. K. *et al.* (2023). AI's Role and Application in Education: Sys-

tematic Review. *Intelligent Sustainable Systems: Selected Papers of WorldS4 2022*, 1, p. 1-14.
https://doi.org/10.1007/978-981-19-7660-5_1

Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of educational research*, 74(1), pp. 59-109.

Gooch, D. *et al.* (2016). Creating bridges: the role of exploratory design research in an intelligent tutoring system project. *Interacting with Computers*, 28(3), pp. 372-386.
<https://doi.org/10.1093/iwc/iwv009>

Granic, A., & Glavinic, V. (2006). Evaluation of interaction design in web-based intelligent tutoring systems. In *28th International Conference on Information Technology Interfaces*, 2006. pp. 265-270. IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ITI.2006.1708490>

Horst, H., Hjorth, L., & Tacchi, J. (2012). Rethinking ethnography: An introduction. *Media International Australia*, 145(1), pp. 86-93.
<https://doi.org/10.1177/1329878X1214500110>

Hussain, M. *et al.* (2018). Student engagement predictions in an e-learning system and their impact on student course assessment scores. *Computational intelligence and neuroscience*.
<https://doi.org/10.1155/2018/6347186>

Iliadis, L. *et al.* (2023). Engineering Applications of Neural Networks: 24th

- International Conference, EAAAI/EANN 2023, León, Spain, June. *Proceedings. Springer Nature*. pp. 14-17.
- Koscianski, A., & Zanutto, D. D. C. F. (2014). A Design Model for Educational Multimedia Software. *Creative Education*, 5(23), 2003. <https://doi.org/10.4236/ce.2014.523224>
- Khosravi, H. *et al.* (2022). Explainable artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100074. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100074>
- Lepper, M. R., & Chabay, R. W. (1988). Socializing the intelligent tutor: Bringing empathy to computer tutors. In: *Learning issues for intelligent tutoring systems*. New York, NY: Springer US, p. 242-257. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6350-7_10
- Lin, H. C. K., Wu, C. H., & Hsueh, Y. P. (2014). The influence of using affective tutoring system in accounting remedial instruction on learning performance and usability. *Computers in Human Behavior*, p. 514-522. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.052>
- McDonald, S., Zhao, T., & Edwards, H. M. (2016). Look who's talking: Evaluating the utility of interventions during an interactive think-aloud. *Interacting with computers*, 28(3), p. 387-403. <https://doi.org/10.1093/iwc/iwv014>
- Miller, J. R. (1988). The role of human-computer interaction in intelligent tutoring systems. *Foundations of intelligent tutoring systems*, p. 143-189.
- Mousavinasab, E. *et al.* (2021). Intelligent tutoring systems: a systematic review of characteristics, applications, and evaluation methods. *Interactive Learning Environments*, 29(1), p. 142-163. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1558257>
- Nemoto, T. & Beglar, D. (2014). Likert-scale questionnaires. In *JALT 2013 conference proceedings*, pp. 1-8.
- Ogunyemi, A. A., Quaicoe, J. S., & Batters, M. (2022). Indicators for enhancing learners' engagement in massive open online courses: A systematic review. *Computers and Education Open*. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100088>
- Pereira, A. J. *et al.* (2021). Identificação e caracterização de níveis de interação no ensino remoto de emergência na Educação Básica. In: *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. SBC, 2021. p. 145-156. <https://doi.org/10.5753/sbie.2021.218498>
- Pereira, A. J., Gomes, A. S., & Primo, T. T. (2022). Design de Sistema de Recomendação Educacional: abordagens com Mágico de Oz. In: *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. SBC, 2022. p. 1184-1195.

<https://doi.org/10.5753/sbie.2022.225760>

Pereira, A. J. *et al.* (2023). Learning Mediated by Social Network for Education in K-12: Levels of Interaction, Strategies, and Difficulties. *Education Sciences*, 13(2), 100. <https://doi.org/10.3390/educsci13020100>

Pereira, A. J., Gomes, A. S., & Primo, T. T. (2023a). Desvendando a Resistência e as Estratégias dos Tutores Humanos para Engajar Estudantes no Aprendizado Online. *Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade*, 16(3), p. 551-566. <https://doi.org/10.14571/brajets.v16.n3.551-566>

Pereira, A. J., Gomes, A. S., & Primo, T. T. (2023b). Uma Abordagem de Sistema de Tutoria Inteligente para Cooperação com a Atuação de Tutores Humanos. *RENOTE*, Porto Alegre, 21(2), p. 208-219. <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/137742>

Pereira, A. J., Gomes, A. S., & Primo, T. T. (2024). Funcionalidades Emergentes para Tutorias em Ambientes Vir-

tuais de Aprendizagem. *Revista Iberoamericana De Tecnología En Educación Y Educación En Tecnología*, (38), e6.

<https://doi.org/10.24215/18509959.38.e6>

Pink, S. (2016). *Digital ethnography. Innovative methods in media and communication research*, p. 161-165. <https://www.doi.org/10.1007/978-3-319-40700-5>

Reis, S. C., Gomes, A. F., De Souza, R. S. (2014). Explorando a Rede Social Educacional no ensino de línguas: possibilidades, gêneros e multiletramentos. *RENOTE*, 12(1). <https://doi.org/10.22456/1679-1916.50280>

Sætra, H. S. (2022). Scaffolding Human Champions: AI as a More Competent Other. *Human Arenas*, p. 1-23. <https://doi.org/10.1007/s42087-022-00304-8>

Zafari, M. *et al.* (2022). Artificial intelligence applications in K-12 education: A systematic literature review. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3179356>

Agradecimentos

A Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), por fomentar este estudo. E aos participantes e envolvidas na pesquisa.

Aluisio José Pereira (ajp3@cin.ufpe.br)* trabalhou na conceituação, investigação, validação, redação – preparação do rascunho original, análise formal, curadoria de dados, redação – revisão e edição, dos protótipos do sistema, visualização, metodologia e avaliação dos protótipos;

Alex Sandro Gomes (asg@cin.ufpe.br) trabalhou na conceituação, investigação, validação, redação – preparação do rascunho original, análise formal, curadoria de dados; redação – revisão e edição, dos protótipos do sistema; orientação para direcionar as validações dos protótipos.

Tiago Thompson Primo (tiago.primo@inf.ufpel.edu.br) trabalhou na supervisão da avaliação dos protótipos do sistema, análise formal, conceituação, visualização, redação – revisão e edição; coorientação para direcionar as validações dos protótipos.

Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

*Autor-correspondente.

Data de Submissão: 02/10/2023 Data de Aprovação: 08/06/2024.

Editor-Chefe: Diogo Henrique Helal.

Editor Adjunto: Bruno Melo Moura.

Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY NC 4.0). Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original. Texto da licença: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.pt_BR.