



Recebido: July 7, 2024
Aceito: November 5, 2025

Endereço do autor correspondente:

Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Cidade Universitária Zeferino Vaz - Bloco V da Reitoria - 2º Piso, SP, 13083-970, Campinas (Brasil)

E-mail / ORCID

flalin@unicamp.br

 <https://orcid.org/0000-0002-1884-8830>

t247381@dac.unicamp.br

 <https://orcid.org/0000-0003-2119-0627>

andre.constantino@ifsp.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0001-9878-0380>

ARTIGO / ARTICLE

Educa Offline: concepção de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) em contextos de baixa conectividade e vulnerabilidade social

Educa Offline: Design of a Learning Management System (LMS) in Contexts of Low Connectivity and Social Vulnerability

Flávia Linhalis, Thiago Máximo Pavão & André Constantino da Silva

Resumo: A pandemia evidenciou mais do que nunca a importância de ter acesso a dispositivos digitais e conectividade para a vida social, profissional e educacional. Neste artigo, investigamos como um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) pode ser projetado e implementado para lidar com instabilidades na Internet que são comuns em regiões pobres de países em desenvolvimento. A principal contribuição do nosso trabalho é mostrar princípios de design, requisitos de sistema e arquitetura do Educa Offline, um sistema de gerenciamento de aprendizagem de código aberto resiliente a interrupções de conexão à Internet. A plataforma foi criada com particular ênfase na inclusão digital para um público que precisa do e-learning, mas tem conexão via redes móveis ou instáveis. Os resultados dos testes com usuários finais demonstraram uma experiência positiva de alunos em relação à usabilidade do sistema em cenários de baixa largura de banda – com redes móveis ou acesso intermitente à internet. Concluímos que a plataforma tem o potencial de oferecer um meio mais inclusivo de acesso ao conhecimento e à educação.

Palavras-chave: Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), Baixa conectividade, Vulnerabilidade social, Inclusão digital, Desigualdade digital, Educação híbrida.

Abstract: The COVID-19 pandemic made visible the centrality of access to digital devices and connectivity for ensuring educational continuity, especially in contexts of social vulnerability. This article presents Educa Offline, an open-source Learning Management System (LMS) designed to reduce inequalities derived from low connectivity and digital exclusion. The system's design process is described, including a review of LMS-based solutions for low-connectivity contexts, a workshop with teachers and students to prioritize essential asynchronous tools, and the definition of navigation, synchronization, and processing requirements for offline work. In addition, interface design decisions are summarized together with the results of usability testing and usage trials with technical education students in a hybrid learning modality. The results of testing with end users showed a positive student experience of the system's usability regarding low bandwidth scenarios – with mobile networks or intermittent internet access. We conclude that the platform has the potential to offer a more inclusive means of accessing knowledge and education.

Keywords: Learning Management System (LMS), Low connectivity, Social vulnerability, Digital inclusion, Digital divide, Hybrid education.

1. Introdução

Com o acesso à internet, torna-se possível o compartilhamento de saberes entre culturas no contexto da rápida evolução digital, o que ajuda a mitigar a exclusão digital em locais remotos. A ausência de conectividade à internet pode ser atribuída a recursos insuficientes, infraestrutura inadequada e baixo investimento, principalmente em locais remotos. Consequentemente, a falta de igualdade de acesso à internet amplia as lacunas no sistema educacional nessas áreas (Valarezo, Mendieta, Maza, Quiñones-Cuenca, et al., 2021).

O processo de digitalização é influenciado pela infraestrutura e pelas políticas de cada local, sendo o acesso à internet crucial (Hadriana et al., 2021). Embora os governos dos países em desenvolvimento sejam os principais responsáveis por melhorar o acesso à internet, instituições não governamentais, como fundações e universidades, também desempenham um papel fundamental. Elas podem ampliar as oportunidades educacionais integrando as TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) e promovendo estratégias de ensino inovadoras, democratizando assim a educação e beneficiando pessoas em áreas com baixa conectividade (Valarezo et al., 2021).

O isolamento social vivenciado durante a pandemia tornou as diferenças sociais ainda mais evidentes, principalmente em países em desenvolvimento e em áreas remotas. O ensino remoto emergencial (e-learning) foi adotado como alternativa à educação presencial, distribuindo materiais principalmente por meio de mídias eletrônicas ou pela internet, permitindo o acesso a qualquer hora e em qualquer lugar. Alguns benefícios do e-learning incluem o uso de multimídia, a flexibilidade e a comunicação virtual. A possibilidade de acessar aulas virtuais foi crucial para que milhões de estudantes continuassem seus estudos. No entanto, desafios como problemas técnicos, tempo limitado dos professores, falta de habilidades operacionais e falta de recursos financeiros dificultam a eficácia do e-learning (Hadriana et al., 2021). A conexão limitada à internet foi um dos motivos que desmotivou os alunos a frequentarem as aulas online durante o período da pandemia (Afrilyasanti & Basthomi, 2022; Maya et al., 2022; Patel & Patel, 2021; Susila et al., 2020; Yawisah et al., 2022). Para estudantes em áreas rurais e remotas, o problema era ainda maior, evidenciando problemas sociais que afetam populações vulneráveis (Almelhes, 2021; Chadda & Kaur, 2021; Santiago et al., 2021). Ao considerar cenários em que a conectividade é limitada, a escolha de plataformas que permitam trabalhar e estudar offline pode fazer a diferença para um público significativo.

O objetivo deste artigo é descrever o Educa Offline, um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) de código aberto, projetado e desenvolvido para reduzir as desigualdades no acesso à internet e a exclusão digital, relacionadas a questões sociais. O Educa Offline pode funcionar offline em redes intermitentes e ser instalado em hardware de baixo custo.

Os AVA são soluções importantes para o ensino e a aprendizagem em geral, pois têm o potencial de alcançar muitas pessoas. São desenvolvidos com o propósito de permitir que seus usuários interajam por meio das tecnologias digitais para realizar atividades educacionais em modalidades presenciais, híbridas e a distância. São compostos por ferramentas que possibilitam a disponibilização de materiais, a comunicação síncrona ou assíncrona dos envolvidos, a construção de conteúdo e a gestão de cursos.

Em um trabalho prévio, estudamos os problemas decorrentes da falta de internet para a educação durante a pandemia, bem como possíveis soluções que se beneficiam do uso de AVA que funcionam em situações de conectividade limitada ou inexistente (Linhais & Silva, 2023). O estudo demonstra que a falta de internet teve um forte impacto na vida de alunos e professores, especialmente em situações de vulnerabilidade. Para muitas pessoas, a continuidade dos estudos em um contexto de isolamento social representou um obstáculo. Portanto, é importante investigar e criar sistemas que considerem o isolamento social e que possam ser utilizados para o e-learning com acesso limitado à internet.

Mas é viável ter um AVA offline? Por sua própria natureza, um AVA requer uma conexão com um servidor web para que os usuários se comuniquem com o sistema. Trabalhar “completamente offline” com um AVA padrão como Moodle, Google Classroom ou Edmodo simplesmente não é possível. No entanto, trabalhar em uma rede instável com períodos offline é possível, desde que o AVA possa continuar funcionando em caso de queda da internet. Além das características de resiliência do AVA, alunos e professores também precisam estar preparados para lidar com os “momentos offline” da interação (Linhais, Silva & Santos, 2022).

Considerando o exposto, nossa questão de pesquisa é: “Como um AVA pode ser projetado e implementado para lidar com as instabilidades da internet que são comuns em regiões remotas ou em regiões pobres de países em desenvolvimento?” Em suma, a contribuição deste trabalho é apresentar princípios de projeto adequados, requisitos de sistema e arquitetura da Plataforma Educa Offline – um AVA offline assíncrono.

1.1. Estado da Arte e Trabalhos Relacionados

Em um estudo prévio, nós identificamos e caracterizamos soluções baseadas em AVA que foram implementadas para mitigar o problema da conectividade à internet e para alavancar o uso das TIC na educação. “Quais são as soluções com AVA que tornam viável o uso das TIC na educação em regiões com baixa conectividade à internet?” Para responder a essa pergunta, foi realizada uma revisão sistemática (Linhais & Silva, 2023). Como discutido no restante desta seção, a investigação revela algumas implementações de tecnologias baseadas em AVA em locais remotos, com conexão à internet precária ou inexistente, o que permite a redução das desigualdades e a integração das TIC na educação.

O KA Lite é uma versão offline da plataforma Khan Academy¹, que estende o modelo de sala de aula para locais remotos, permitindo que usuários sem acesso à internet assistam e concluam as lições da Khan Academy em um ambiente totalmente offline. Ele oferece uma biblioteca gratuita de vídeos em vários idiomas, abrangendo uma variedade de assuntos, incluindo computação, física, medicina e matemática. Grande parte do conteúdo da Khan Academy é oferecida em formato de videoaulas com lousa preta.

O KA Lite foi gradualmente substituído pelo Kolibri, que apresenta vantagens em termos de interface, disponibilidade de material, administração de conteúdo/usuário e usabilidade (Learning Equality, 2023). Uma vez que um dispositivo esteja em uma área com cobertura de internet, o conteúdo, as atualizações e os instaladores do Kolibri podem ser baixados. Depois disso, por meio de uma rede local offline, o dispositivo pode

¹ A Khan Academy é uma ONG (Organização Não Governamental) com o objetivo de disseminar a educação.
<https://www.khanacademy.org/>

se comunicar com outros dispositivos sobre atualizações e novos conteúdos, alcançando assim até mesmo as populações mais isoladas.

Cossa et al. (2021) descreveram um experimento com o sistema Aptus. Instalável em tablets, o Aptus foi projetado para acessar materiais didáticos em uma rede local, sem a necessidade de acesso à internet ou energia elétrica. O tablet com Aptus demonstrou como o uso de um dispositivo móvel para acessar e interagir com recursos digitais aprimorou o desempenho acadêmico dos alunos, bem como suas habilidades com TIC (Balaji & Cheng, 2016; Cossa et al., 2021).

Wiebe et al. (2022) descrevem o uso de laboratórios de aprendizagem móveis com o tablet RACHEL (Remote Area Community Hotspot for Education and Learning). O RACHEL é um dispositivo portátil alimentado por bateria que se conecta a um AVA com diversas bibliotecas digitais, sites, currículos, jogos educativos e recursos educacionais abertos (REA). Ele envia o conteúdo em uma rede local sem fio para laptops, smartphones e tablets, sem a necessidade de conexão com a internet ou plano de dados. Seu uso é offline, e novos conteúdos podem ser carregados no RACHEL levando-o a um local com conexão à internet (Wiebe et al., 2022).

Uma abordagem híbrida online/offline foi desenvolvida por Pugoy et al. (2016) como solução para locais com largura de banda limitada. Em uma configuração híbrida, o aluno se conecta à internet para baixar e sincronizar REA (Recursos Educacionais Abertos) de um repositório CMS (Sistema de Gerenciamento de Conteúdo). Nessa abordagem, um o CMS WordPress serviu como AVA, fazendo o papel de repositório de dados (Pugoy et al., 2016). No servidor, existe um repositório onde os REA podem ser criados, organizados e modificados. Isso possibilita o gerenciamento de conteúdo para os provedores de REA sem exigir que eles tenham conhecimento prévio de programação web. Para baixar ou atualizar os REA do repositório, o cliente (aluno) estabelece uma conexão com a internet. Depois disso, ele/ela pode acessar o conteúdo dos REA de qualquer lugar, online ou offline.

Valarezo et al. (2021) descrevem um método que combina dois modos de navegação na internet: i) a abordagem offline, que requer pouco ou nenhum acesso à internet; e ii) o método online. Regras de tabela IP são utilizadas por um serviço de gerenciamento de tráfego em um pequeno servidor local (Servidor KAMU) para rotear o tráfego de rede. Ele redireciona, automaticamente, os usuários entre as duas formas de navegar na internet. Os recursos educacionais disponíveis online são acessíveis aos usuários do método online. Usuários offline podem acessar apenas os recursos educacionais armazenados no servidor web local (Valarezo, Mendieta, Maza, Quiñones-Cuenca, et al., 2021).

Embora os métodos discutidos até agora nesta seção levem em consideração o acesso offline, eles não abordam o isolamento social, pois dependem de uma rede local para operar. Nos exemplos descritos, o acesso ao conteúdo digital local é viabilizado por meio de um AVA instalado em um servidor local e conectado à rede sem fio local da escola ou universidade. Consequentemente, dispositivos móveis conectados a essa rede permitem que instrutores e alunos acessem os materiais do curso. Quando um aluno ou professor está dentro da área de cobertura da rede local, ele interage com o conteúdo e produz novo conteúdo digital que é salvo, acessível localmente em seus próprios dispositivos e sincronizado com o servidor da escola (Linhais, Silva & Santos, 2022).

De acordo com a revisão bibliográfica realizada, o aplicativo do Moodle é uma opção que leva em consideração o isolamento social e pode ser utilizado para e-learning, em atividades assíncronas, quando não há conexão estável com a internet (Linhais & Silva, 2023). Aqueles que vivem em áreas rurais ou mesmo em cidades que ocasionalmente enfrentam restrições de acesso à rede podem considerá-lo uma alternativa viável em casos de acesso limitado à internet.

O Moodle possui funcionalidades para situações em que a rede está instável. Devido ao seu foco tradicional na aprendizagem online, os materiais do curso devem ser baixados antes de ficar offline. Uma vez offline, as alterações podem ser sincronizadas automaticamente com o servidor e enviadas aos alunos assim que eles conseguirem se conectar à internet - desde que utilizem o aplicativo do Moodle, que pode ser instalado em desktops, laptops, tablets e smartphones.

Utilizando o aplicativo do Moodle, instrutores e alunos podem acessar e interagir com informações offline na plataforma Moodle, incluindo a leitura de postagens em fóruns, participação em discussões online, resposta a mensagens, entrega de trabalhos, realização de testes e outras atividades (Allela et al., 2020). Essas são atividades assíncronas que, quando o dispositivo está conectado à internet, sincronizam-se automaticamente com o conteúdo da plataforma Moodle.

No Moodle, a colaboração só ocorre quando alunos e professores têm acesso à internet. Dai et al. (2022) usaram o Moodle para desenvolver um sistema de aprendizagem colaborativa que pode operar offline e transferir dados de forma assíncrona com outros dispositivos conectados à internet. O Moodle é utilizado como AVA. Os autores criaram um servidor de sincronização para gerenciar a sincronização entre o Moodle e os clientes. A estrutura de sincronização desenvolvida por eles foi baseada na ideia de registro de auditoria (Dai et al., 2022). Nossa solução foi construída utilizando PWA (Progressive Web App), conforme descrito na seção 2.3. Dai et al. (2022) consideraram a possibilidade de transformar o Moodle em um PWA, mas o Moodle é um sistema enorme com mais de 500 megabytes de recursos. Ao usar o Moodle como um PWA, os usuários em áreas remotas precisariam baixar 500 megabytes de dados para cada dispositivo via internet para carregar e executar o sistema (Dai et al., 2022). Essa é uma grande diferença entre o Educa Offline e o Moodle. Como explicado em mais detalhes na seção 2.3, apenas 2,4 megabytes são necessários para carregar o Educa Offline, incluindo todos os arquivos e imagens. Esses são todos os dados que precisam ser baixados pelo cliente para que o site funcione em um navegador, sem levar em consideração os dados de cursos específicos. Ao contrário do Moodle, o Educa Offline foi projetado para cenários offline e/ou com baixa largura de banda.

2. Metodologia

Ao pensar em cenários offline, deparamo-nos com o desafio de ter o dispositivo do cliente para hospedar os cursos. Alunos e professores devem baixar o curso e seus arquivos em seus dispositivos (celular, tablet, etc.) para que a navegação offline seja possível. Os recursos dos cursos precisam “caber” no dispositivo do cliente. Nesta seção, descrevemos os princípios de projeto que guiaram o desenvolvimento do Educa Offline, os usuários potenciais, os principais requisitos do sistema, a arquitetura do sistema, as tecnologias e as ferramentas utilizadas no desenvolvimento. Nosso objetivo foi criar um ambiente enxuto que pudesse funcionar mesmo na ausência de uma conexão com a internet.

2.1. Potenciais usuários

Os potenciais usuários do Educa Offline possuem perfis diversos, variando em idade, escolaridade, conhecimento tecnológico, habilidades no uso de computadores e smartphones, etc. Isso se deve ao fato de a plataforma ter sido desenvolvida para apoiar atividades de ensino e aprendizagem que ocorrem em diferentes modalidades e níveis de educação (educação básica, educação técnica, ensino superior, pós-graduação, cursos de curta duração, etc.). Nosso objetivo é que professores e alunos de diferentes idades e localidades possam utilizar o sistema, independentemente de terem ou não experiência com tecnologias digitais.

Nos países em desenvolvimento, quando falamos de ensino remoto, referimo-nos ao ensino que frequentemente ocorre por meio de um smartphone, utilizando uma rede 3G ou 4G intermitente (Aarreniemi-Jokipielto, 2020; Berényi et al., 2021; Cahyadi, 2020; Santiago et al., 2021; Susila et al., 2020). Embora as aplicações web atuais sejam projetadas considerando uma conexão estável entre esses usuários e o servidor, a realidade dos potenciais usuários da Educa Offline é diferente. São usuários que enfrentam conexões instáveis, especialmente no caso de conexões via dispositivos móveis.

2.2. Abordagem utilizada no projeto do sistema

Em um trabalho prévio, realizamos um workshop para identificar um conjunto simplificado de ferramentas para um AVA com funcionalidades offline. O objetivo era projetar um sistema mais leve, sem abrir mão da organização necessária no ensino a distância e híbrido (Arantes & Freire, 2018).

Convidamos para o workshop cinco estudantes cujos cursos de graduação já haviam sido conduzidos com o apoio de AVA, quatro educadores com experiência em ambientes de e-learning e um pesquisador responsável pela execução das atividades programadas. Nossa intenção era reunir um grupo pequeno, porém experiente, de pessoas para que tivéssemos tempo suficiente para ouvirmos uns aos outros e trocarmos ideias.

O workshop foi dividido em duas partes. A primeira parte teve como objetivo priorizar ferramentas, buscando a opinião dos participantes sobre as ferramentas assíncronas que consideravam mais importantes no ensino híbrido e a distância. Como resultado, priorizamos as ferramentas: Mural (ou linha do tempo), Notificações, Atividades, Calendário, Material do Curso e Notas (Arantes & Freire, 2018; Linhalis et al., 2022). Cada ferramenta possui um conjunto de requisitos que varia de acordo com as permissões/funções dos usuários (Administrador, Professor ou Aluno). As ferramentas priorizadas referem-se ao conjunto mínimo necessário para um AVA assíncrono:

- Atividades: É onde o professor publica as atividades (ou tarefas) que devem ser realizadas pelos alunos, e estes, por sua vez, as entregam.
- Mural: É uma ferramenta de comunicação onde os participantes podem publicar, comentar e curtir publicações. É semelhante à linha do tempo do Facebook.
- Notificações: Envia um alerta sempre que o usuário recebe um comentário em sua publicação, quando o professor publica uma nova atividade, novo material ou divulga notas.

- Material do curso: É onde os professores disponibilizam o material do curso: slides de aula, artigos, mídias, entre outros.
- Calendário: Exibe eventos (entrega de tarefas, por exemplo) em formato de calendário.
- Notas: É usado pelos professores para atribuir notas/comentários e pelos alunos para visualizá-las.
- Participantes: Mostra os participantes do curso e o papel de cada um, que pode ser aluno ou professor. Há também o papel de Administrador, mas este não é listado como participante do curso.
- Perfil: Refere-se às informações sobre um participante.
- Administração: Esta é a parte do sistema que gerencia cursos, alunos e professores.

A segunda parte do workshop foi sobre o design coletivo da página inicial do curso - o objetivo era projetar conjuntamente a página inicial considerando as ferramentas priorizadas na primeira parte do workshop. Tínhamos que criar um sistema leve sem abrir mão da organização necessária para um curso de ensino híbrido ou à distância. Além disso, nos esforçamos para criar um sistema mais dinâmico e fácil de usar, alinhado às redes sociais, onde as pessoas estão acostumadas a interações mais curtas e rápidas.

O Mural (linha do tempo) foi identificado como o componente central da interface. Ele mostra como as interações sociais impactam as atividades em que professores e alunos se envolvem. O design coletivo do site demonstrou a importância das interações. O projeto de interface da Plataforma Educa Offline é conceitualmente sustentado pelas interações entre indivíduos (linha do tempo e participantes/perfis) e suas atividades (veja a Figura 1).

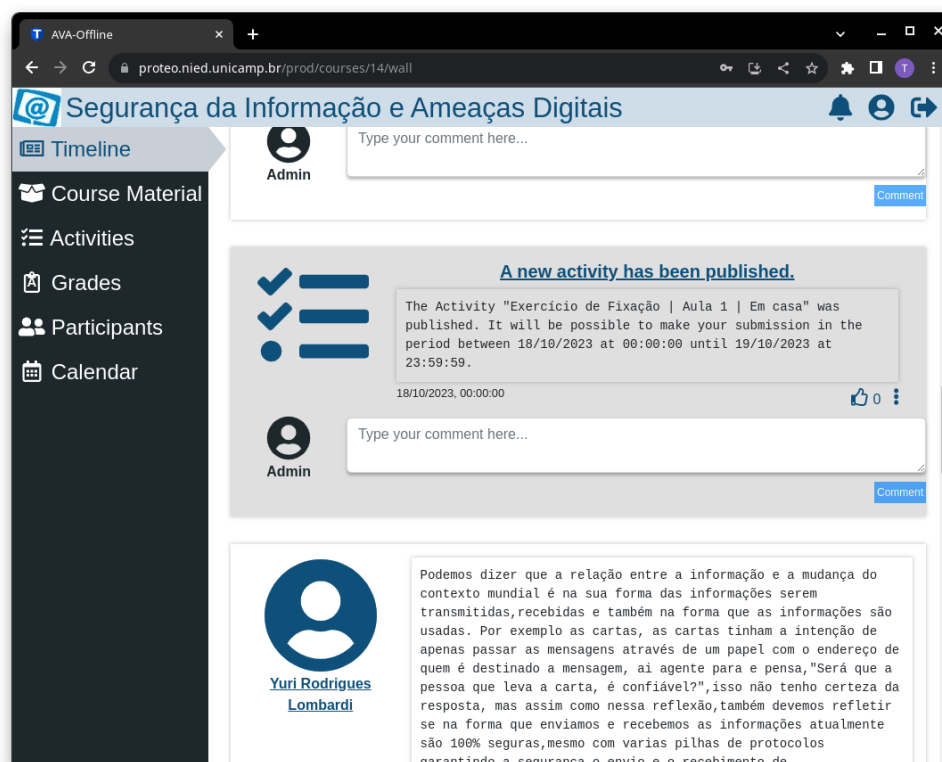


Figura 1. Mural do Educa Offline, sendo exibido em um desktop com o papel de Administrador.

2.3. Princípios de Projeto

Interfaces Responsivas

Durante a pandemia, muitos alunos e professores tinham apenas dispositivos móveis – principalmente smartphones – para assistir às aulas online (Chadda & Kaur, 2021; Santiago et al., 2021; Yawisah et al., 2022). O aumento da capacidade de processamento dos dispositivos móveis levou ao desenvolvimento de interfaces responsivas, onde grande parte do processamento das páginas da web é feita no cliente. Com interfaces responsivas, é possível gerar páginas da web e realizar ajustes apropriados no lado do cliente com base no tamanho da tela (Marcotte, 2011). A vantagem é ter um único código-fonte, o que facilita muito o controle de versões e a manutenção. A interface (frontend) do Educa Offline foi implementado em Angular, um framework para o desenvolvimento de interfaces responsivas. A interface da plataforma pode se ajustar ao tamanho da tela, sem a necessidade de desenvolver aplicativos próprios para diferentes dispositivos, como tablets, laptops e desktops.

Menos consumo de largura de banda

O pouco uso da largura de banda é um dos aspectos mais fundamentais de um aplicativo que visa funcionar bem para pessoas com conexões de internet instáveis. Com isso em mente, o sistema se comunica via API RESTful, que consome menos largura de banda, pois transfere apenas um arquivo JSON por solicitação. Além disso, outras estratégias

foram implementadas para evitar o uso da rede, conforme descrito no restante desta seção.

A primeira delas é a incorporação do módulo Angular Service Worker. Após configurado, ele intercepta cada solicitação HTTP feita pelo aplicativo, armazenando em cache as informações transmitidas e respondendo automaticamente às próximas solicitações, evitando a necessidade de comunicação constante com o servidor. Isso também ajuda a tornar o aplicativo mais rápido, pois elimina o atraso causado pelo tempo de resposta.

Outra estratégia foca na funcionalidade offline da aplicação. Na ausência de conexão, o PWA salva as modificações do usuário – como a criação de uma publicação ou a edição de uma atividade – e utiliza outras estruturas para rastrear essas alterações. Consequentemente, quando a conexão é restabelecida, a aplicação pode fazer requisições seletivas ao servidor apenas para os dados alterados, minimizando a transferência de dados necessária para a sincronização. Por fim, o sistema implementa um método para otimizar a transferência de dados em transações de arquivos, que altera a qualidade e o tamanho dos arquivos de imagem com base na qualidade da conexão no momento do upload/download. Esse mecanismo é detalhado na seção 2.4.

Menos uso de recursos

Os recursos são as páginas e os arquivos necessários para executar o aplicativo, incluindo as imagens que ele precisa carregar. Após compilar o aplicativo com Angular, podemos verificar que a carga total do aplicativo, incluindo todos os arquivos e imagens necessários, é de 2,4 megabytes. Isso inclui a carga inicial e os arquivos que são carregados posteriormente no aplicativo. São todos os dados que precisam ser baixados pelo cliente para que o AVA possa ser executado em um navegador. Não estamos levando em consideração os dados que serão recuperados do servidor sobre cursos específicos.

O Educa Offline baixa apenas duas imagens: o logotipo e o favicon. Cada uma dessas imagens tem menos de 5 kilobytes. Além disso, como mencionado anteriormente, o PWA utiliza um service worker para armazenar esses dados em cache, garantindo que sejam carregados apenas uma vez, a menos que o cache do navegador seja limpo. Após o armazenamento em cache, apenas os dados do curso são necessários e, como consistem principalmente em conteúdo de texto, a quantidade de dados necessária para o carregamento é mínima. Essa é uma das diferenças entre o Educa Offline e o aplicativo Moodle.

O Moodle é um sistema enorme que possui mais de 500 MB de recursos. Se transformarmos o Moodle em um PWA, os usuários em áreas remotas precisarão carregar 500 MB de dados para poderem executar o sistema (Dai et al., 2022, p. 3). Diferentemente do Moodle, o Educa Offline foi projetado e desenvolvido para trabalho offline em cenários de baixa largura de banda. Além disso, o Educa Offline é leve o suficiente para ser instalado e executado no Raspberry Pi, um hardware de baixo custo e código aberto.

2.4. Requisitos do Sistema

Em cenários offline, podemos distinguir três momentos: o instante anterior à desconexão, o instante sem conexão e o instante posterior à desconexão (quando a rede volta a funcionar). O período em que instrutores e alunos têm acesso à internet é o momento “anterior à desconexão”. Nesse instante, todas as funcionalidades do aplicativo estão disponíveis, sendo o momento ideal para se preparar para o trabalho offline. Isso é feito preservando os recursos necessários para o trabalho offline e acessando os cursos de interesse no AVA Educa Offline.

Durante o período offline, alunos e professores devem concluir suas atividades nos aplicativos sem precisar de conexão com o AVA. Nessa situação, o AVA deve permitir a replicação de conteúdo, possibilitando a navegação pelos cursos por meio de cópias locais. Além disso, o material pode ser alterado por professores e/ou alunos enquanto o AVA estiver offline. Por isso, assim que o aplicativo detectar uma rede disponível, ele deve sincronizar com um servidor. Ademais, é preferível processar arquivos grandes – principalmente vídeos – e entregá-los ao cliente em uma resolução mais baixa, considerando condições de baixa largura de banda.

Uma metodologia foi descrita e validada para avaliar os requisitos offline em um AVA (Linhais et al., 2020). No restante desta seção esclarecemos a necessidade dos requisitos de navegação, sincronização e processamento, conforme descrito na metodologia.

Navegação

O objetivo dos requisitos de navegação é permitir que o usuário navegue pelos cursos offline. É importante manter um histórico das páginas visitadas em cache, permitir o download de um curso e criar interfaces de usuário que indiquem quais arquivos estão disponíveis offline e quais não estão. À medida que os usuários navegam pelos cursos em que estão inscritos, todos os dados recuperados do servidor são armazenados no Store do navegador do cliente com o framework NgRx, projetado para preservar as informações durante a transição entre páginas. Essa estrutura permanece intacta mesmo quando a conexão é perdida, permitindo que os usuários acessem o conteúdo do curso, incluindo postagens e atividades, mesmo offline. Notavelmente, os arquivos associados ao curso, como os da ferramenta 'Material do Curso', não são baixados apenas por meio da navegação para evitar o uso desnecessário da conexão e do espaço de armazenamento no cliente.

Para usuários que desejam acesso local às informações de um curso sem conexão com a internet, um recurso chamado 'Toggle Offline' (alternar para o modo offline) está disponível na página principal de cursos. Quando ativado para um curso específico, ele baixa todo o conteúdo e busca atualizações regularmente, garantindo a sincronização com o servidor. Essa funcionalidade inclui o download dos arquivos do curso, tornando-os acessíveis mesmo sem conexão com a internet. A interface do usuário também inclui ícones intuitivos que indicam se um curso ou arquivo foi baixado localmente ou não.

Sincronização

A sincronização é o processo de atualização das informações do servidor modificadas por usuários que trabalham offline, como o envio de arquivos ou comentários em uma publicação. O sistema deve transmitir automaticamente essas alterações para o servidor quando a conexão for restabelecida, sem a necessidade de intervenção do usuário. Para isso, o aplicativo verifica regularmente a conexão com o servidor por meio de pequenas requisições, realizadas a cada 4 segundos. Se a requisição falhar, o sistema reconhece o status offline e notifica o usuário com uma barra na parte inferior da tela. Quando há alterações que exigem sincronização, a barra muda de cor para alertar o usuário. As requisições regulares continuam, detectando também quando a conexão é restabelecida.

Em nossa aplicação, os dados são armazenados continuamente no NgRx Store, um framework que mantém o estado da aplicação. Esse estado inclui informações recebidas do servidor. Quando o usuário está offline, as modificações são salvas no Store. Dentro do Store, estruturas são criadas e mantidas para indicar os itens que precisam ser sincronizados. Ao restabelecer a conexão com a internet, ações específicas são acionadas. Essas ações fazem com que a aplicação busque nas estruturas do Store e sincronize apenas os itens modificados. As modificações offline também são armazenadas no navegador usando o IndexedDB. Isso é importante porque o Store é reiniciado quando a aba da aplicação é fechada. No entanto, o IndexedDB persiste, permitindo a recuperação e a sincronização das alterações quando o usuário acessa a aplicação online. Outro aspecto a ser considerado é sobre os uploads de arquivos, que podem ser interrompidos caso a conexão seja perdida durante o processo. Nesses casos, o sistema suspende o upload e exibe um ícone, indicando que o arquivo ainda precisa ser sincronizado. Ao restabelecer a conexão com a internet, o processo de upload recomeça do início, garantindo que o upload seja concluído com sucesso.

Processamento

O objetivo dos requisitos de processamento é realizar algum nível de processamento nos arquivos antes de transferi-los pela rede. Por exemplo, o sistema pode ter que reduzir a resolução se o usuário solicitar o upload ou download de um vídeo particularmente grande, dependendo da largura de banda disponível.

Um método foi implementado no AVA Educa Offline para gerenciar arquivos, especificamente aqueles localizados nas ferramentas Material do Curso e Atividades. O método envolve processos distintos para upload e download. Para o upload, os arquivos são pré-processados no lado do cliente antes de iniciar o upload, ajustando sua qualidade e tamanho com base na velocidade atual da internet. Quando o servidor recebe um arquivo, ele cria versões menores, variando as qualidades e armazenando-as. Essa abordagem permite que o cliente solicite uma versão do arquivo que melhor se adapte à velocidade atual da conexão de internet durante o download. Os usuários também podem selecionar sua versão preferida, com opções que exibem várias resoluções e seus respectivos tamanhos de arquivo.

2.5. Arquitetura do Sistema

A Plataforma Educa Offline é uma aplicação web cliente-servidor. O padrão de desenvolvimento MVC (Model-View-Controller) é utilizado no sistema, que é inteiramente construído com tecnologia de código aberto. A separação de responsabilidades é o principal benefício do MVC; a aplicação é dividida em três seções: Modelo, Controle e Visão. Devido a essa divisão, a manutenção do código-fonte é facilitada e vários desenvolvedores podem trabalhar na implementação do software simultaneamente.

O Lado Servidor (backend)

O servidor central é um servidor físico que executa o sistema operacional Linux. Sua arquitetura é ilustrada na Figura 2.

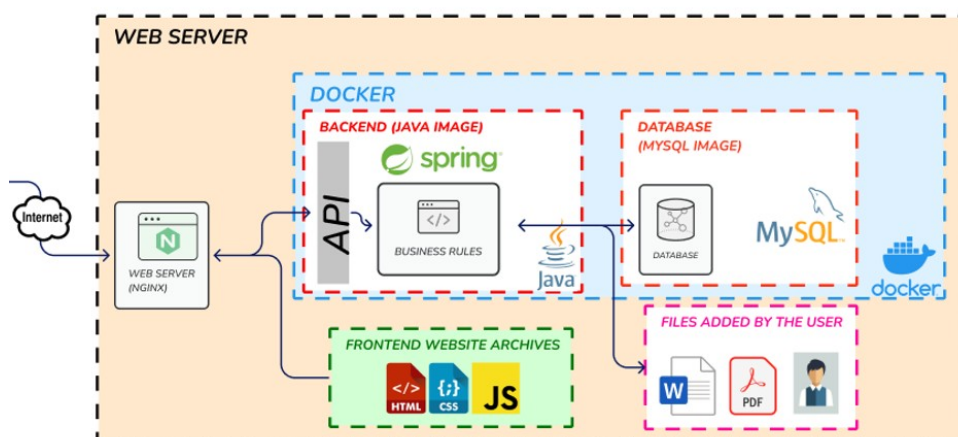


Figura 2. Arquitetura do *backend* da Plataforma Educa Offline.

No lado do servidor, conhecido como backend, utilizamos tecnologias para gerenciar permissões, organizar dados de usuários e estruturar cursos. A Tabela 1 apresenta uma visão geral das tecnologias do lado do servidor utilizadas no desenvolvimento da Plataforma Educa Offline.

Tabela 1. Tecnologias utilizadas no *backend* do Educa Offline.

Tecnologia	Descrição
Spring/Spring Boot	Framework base para o backend da aplicação. Abrange ferramentas para tratamento de requisições, banco de dados, formatação de dados, permissões e outras.
Java	Linguagem de programação utilizada no backend.
Maven	Gerenciador de bibliotecas externas (dependências).
Spring Data JPA	Cria uma abstração na comunicação com o banco de dados e objetos Java, de forma que não seja necessário escrever arquivos SQL para se comunicar com o banco de dados.

Tecnologia	Descrição
MySQL	O banco de dados usado para armazenar todas as informações da aplicação, exceto arquivos (que são salvos diretamente no sistema de arquivos do servidor).
Spring Security	Facilita o gerenciamento de permissões e autenticação.
OAuth2	Utilizado em conjunto com o Spring Security para controlar a autenticação do usuário.

Para expor os dados do backend ao cliente, uma API RESTful foi desenvolvida para responder a diversos endpoints e consultas feitas a partir do frontend.

O Lado Cliente (frontend)

O cliente é a parte do sistema que será utilizada por alunos e professores ao acessarem os cursos. Através de um navegador web, os usuários podem utilizar seus próprios dispositivos, como tablets, computadores e celulares. Ao inserir o URL predefinido, os usuários podem acessar o AVA Educa Offline.

A arquitetura do frontend é ilustrada na Figura 3. As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do lado do cliente são brevemente descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Tecnologias usadas para desenvolvimento do *frontend*.

Tecnologia	Descrição
Angular	Framework que inclui diversas ferramentas para facilitar a criação de aplicações web complexas e responsivas. Interfaces responsivas se adaptam ao tamanho da tela, permitindo que o Educa Offline seja utilizado em laptops, computadores desktop, tablets e smartphones sem a necessidade de desenvolver aplicativos especializados.
Typescript	Linguagem de programação utilizada no Angular, em vez de JavaScript. Facilita a produção de código com um sistema de tipos avançado e recursos mais recentes.
HTML, CSS e JavaScript	Conhecidas como a tríade web, essas são as linguagens utilizadas diretamente no navegador. São os arquivos finais gerados pelo Angular após o desenvolvimento.
Bootstrap	Biblioteca com diversos elementos visuais e interativos que aceleram a construção de um website. Isso, juntamente com a biblioteca ng-bootstrap, adapta os componentes interativos para serem usados com Angular e TypeScript.
FontAwesome	Biblioteca com diversos ícones SVG para uso na aplicação.
Angular PWA	Biblioteca que auxilia no desenvolvimento de PWA (Progressive Web Apps) e permite que os dados do website sejam salvos localmente para uso offline.
NgRx	É uma biblioteca de gerenciamento de estado. Os dados recebidos via internet são salvos, organizados e arquivados de forma que as alterações sejam facilmente sincronizadas quando a conexão com a internet for restabelecida.

3. Resultados

Dois tipos de testes foram realizados: testes de usabilidade e testes com usuários finais, conforme descrito nas próximas subseções.

3.1. Testes de usabilidade

Para realizar um teste de usabilidade e avaliar a experiência de uso de um sistema por meio de observação, Barbosa e Silva (2010) recomendam uma série de quatro atividades planejadas para obter resultados mais eficazes: preparação, coleta de dados, interpretação e consolidação dos resultados. Na atividade de preparação, definimos: i) as tarefas do usuário, ii) um bom critério de interação para usabilidade, iii) as propriedades a serem estudadas, e iv) a preparação dos questionários a serem respondidos.

As tarefas foram especificadas de modo que fosse possível investigar as funcionalidades das seguintes ferramentas: Participantes, Mural, Atividades e Material do Curso. As ferramentas Notas, Calendário e Notificações não fizeram parte dos testes, pois ainda não estavam prontas. Sobre os questionários, escolhemos três já validados: o SUS (System Usability Scale) (Brooke, 1995), o QUIS (Questionnaire for User Interaction Satisfaction) (Harper & Norman, 1993) e o USE (Lund, 2001). Utilizamos uma escala Likert de cinco pontos para todas as afirmações. Membros da equipe de desenvolvimento (5 pessoas) foram convidados para este teste. Reconhecemos a limitação de envolver pessoas que já conhecem a aplicação, especialmente para avaliar a interface do usuário, mas este foi o primeiro teste e teve como objetivo avaliar a usabilidade em diferentes dispositivos e identificar bugs.

Como os testes foram realizados em casa, foi utilizado o equipamento próprio dos voluntários. Os testes foram realizados em desktops, laptops, tablets e celulares, com diferentes sistemas operacionais (Windows, Linux, MacOS, iOS, Android) e diferentes navegadores (Chrome, Firefox, Edge, Safari). As diferentes combinações de navegador e dispositivos foram chamadas de contexto; foram planejados dez contextos e distribuídos entre os voluntários. Após concluir as tarefas, três voluntários (60%) responderam ao questionário e dois (40%) não responderam. Apenas um voluntário respondeu ao questionário três vezes; uma resposta para cada contexto em que participou. Os outros respondentes responderam uma única vez para todos os contextos participados. Os contextos e as respostas são descritos em detalhes em um relatório técnico (Silva & Linhalis, 2024). Em resumo, podemos dizer que os questionários QUIS e USE indicaram que o Educa Offline apresenta uma boa usabilidade, uma vez que todos os itens foram marcados com respostas favoráveis (concordo ou concordo totalmente na escala Likert). Quanto ao SUS, o Educa Offline obteve uma pontuação média de 73, uma boa usabilidade, de acordo com a escala de Bangor, Kortum e Miller (2008). Mas é importante destacar a limitação deste resultado, considerando o baixo número de voluntários.

Os resultados obtidos pelo SUS apontaram alguns problemas de usabilidade. Considerando as afirmações ímpares (nas quais a alta concordância é favorável ao sistema ter boa usabilidade), uma pontuação alta (seleção das opções Concordo Totalmente ou Concordo Parcialmente) foi observada em 90% das respostas. Em uma delas (10%) houve uma pontuação mais baixa, o que implica que os voluntários sentiram que as várias funções do sistema precisavam ser mais integradas. Acreditamos que isso se deve ao fato de os voluntários terem encontrado problemas de funcionalidade na interação.

Em relação às questões negativas (nas quais a baixa concordância é favorável ao sistema ter boa usabilidade), os voluntários consideraram o sistema desnecessariamente complexo e inconsistente. Acreditamos que isso se deve ao processo de habilitar ou desabilitar o recurso offline, bem como ao conhecimento do que precisa ser enviado ao servidor via sincronização. Ainda sobre os pontos negativos do SUS, em relação a achar o sistema difícil de usar, os contextos com um computador com Linux e Firefox e um computador com Windows e Edge foram os mais difíceis de usar, enquanto o contexto de um celular com Android e Firefox foi descrito como “discordo parcialmente”. Acreditamos que isso se deve à técnica mobile first utilizada no desenvolvimento do Educa Offline. No questionário QUIS, as respostas que descrevem três pontos negativos do sistema mostram:

- Dificuldade do usuário em ativar a opção de habilitar/desabilitar o modo offline no dispositivo com sistema operacional Android, em comparação com seu desempenho no dispositivo desktop com sistema operacional Windows. Acreditamos que isso se deve ao tamanho do elemento de interação e é um problema de usabilidade causado pela mudança do modo mouse para o modo de toque;
- Dificuldade de acesso a arquivos: este problema é um mau funcionamento do software, pois ocorreu em diferentes contextos (com dispositivos em diferentes sistemas operacionais);
- Necessidade de modificar a opção de habilitar e desabilitar o recurso offline;
- Não mostra o status do que está disponível offline ou a necessidade de sincronização;
- Mau funcionamento na sincronização de dados no contexto desktop com Windows e Chrome.

Analisando os dados dos questionários, apesar dos problemas apontados, podemos concluir que o Educa Offline tem boa usabilidade. Os pontos negativos foram encaminhados a equipe de desenvolvimento de modo que pudessem aprimorar o sistema antes de testes com os usuários finais.

3.2. Testes com usuários finais

Os testes com usuários finais foram realizados na cidade de Hortolândia, no estado de São Paulo, Brasil. Seis alunos de uma escola técnica, de cursos de tecnologia, participaram dos testes durante a Semana de Ciência e Tecnologia, que ocorreu em outubro de 2023². Durante esta semana, os alunos participaram de um minicurso sobre Segurança da Informação, no qual a plataforma Educa Offline foi utilizada como um AVA. O minicurso foi realizado de forma híbrida, com uma parte presencial e atividades realizadas nas casas dos alunos, totalizando seis horas.

As atividades nas casas dos alunos foram realizadas sem internet ou com a rede móvel, com o objetivo de avaliar a navegabilidade offline do sistema e os recursos de sincronização. Os alunos foram questionados sobre sua experiência com o acesso offline às principais ferramentas (Mural, Material do Curso e Atividades), em relação à navegação e à sincronização. O feedback dos alunos foi coletado por meio de um questionário personalizado. Como resultado, pudemos obter insights sobre se o sistema afetou a experiência de aprendizagem dos alunos. Além disso, os resultados apontaram áreas

2 Número no Comitê de Ética e Pesquisa (CAAE): 67592523.3.0000.8142.

para melhoria do sistema, particularmente no que diz respeito às interações e à experiência do usuário.

Apenas um aluno relatou dificuldade em encontrar a opção de acesso offline ao curso (botão Toggle Offline). Problemas foram relatados apenas com a ferramenta Mural. Um aluno relatou que enviou a mesma postagem mais de uma vez devido à falta de feedback claro na interface enquanto o sistema estava offline. Outro aluno relatou que enviou uma postagem enquanto estava offline e sua postagem foi duplicada após a sincronização. Os alunos também relataram que se sentiram confortáveis usando o sistema sem a internet e também usando-o com a rede móvel. Como melhorias, foi sugerido que uma mensagem deveria aparecer quando uma postagem fosse enviada pela ferramenta Mural no modo offline, e adicionar mais cores à interface. No geral, os alunos ficaram satisfeitos com o resultado.

4. Conclusões

Durante a pandemia, percebemos que a falta de acesso à internet e/ou a baixa largura de banda eram fatores que limitavam consideravelmente a continuidade dos estudos, especialmente para populações vulneráveis. Realizamos uma revisão sistemática com o objetivo de analisar soluções com AVA para o problema da falta de internet. Identificamos e analisamos soluções como Kolibri, Aptus, RACHEL e KAMU, conforme descrito na seção 1.1. No entanto, essas soluções não consideram a situação de isolamento social, pois exigem uma rede local para funcionar. A revisão da literatura indica que o aplicativo Moodle é o único que leva em consideração o isolamento social e pode ser utilizado para e-learning em atividades assíncronas quando a internet está instável (Linhais & Silva, 2023).

O estudo permitiu-nos posicionar a contribuição do Educa Offline em relação ao Moodle. Como explicado na seção 2, o Educa Offline foi projetado para cenários de baixa largura de banda – com redes móveis ou acesso intermitente à internet. Seu design e desenvolvimento levaram em consideração um conjunto minimalista de ferramentas essenciais para atividades assíncronas em um AVA (seção 2.2), interfaces responsivas que se adaptam ao tamanho da tela (seção 2.3), menor uso de largura de banda (seção 2.3) e menor consumo de recursos (seção 2.3). O desenvolvimento das ferramentas da plataforma considerou requisitos específicos para navegação offline, sincronização com o servidor e processamento de arquivos grandes (seção 2.4). Além disso, a arquitetura MVC (Model-View-Controller) proporcionou o desacoplamento do frontend e do backend, com requisições feitas via API RESTful, o que tornou a aplicação mais ágil.

A Seção 2.3 mostra que, incluindo todos os arquivos e imagens, são necessários 2,4 megabytes para carregar a plataforma Educa Offline. No Moodle, o carregamento chega a 500 megabytes (Dai et al., 2022), o que torna o carregamento muito pesado em locais com baixa largura de banda ou redes móveis. Por fim, o Educa Offline é suficientemente leve para ser instalado e executado no Raspberry Pi, um hardware de baixo custo e código aberto. A versão alfa está disponível para testes e o código-fonte foi disponibilizado sob a licença aberta MIT (Linhais et al., 2025; EducaOffline GitHub, 2025).

A educação é um direito humano fundamental, um pilar do desenvolvimento, um meio de promover a inclusão social e profissional e um meio de equilibrar a expansão econômica, a igualdade e a participação social. A pandemia tornou ainda mais evidente a

importância do acesso a dispositivos digitais e à conectividade para manter a continuidade de atividades sociais, profissionais e educacionais.

Este artigo descreve a plataforma Educa Offline, um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) de código aberto capaz de suportar interrupções na conexão com a internet. A plataforma foi criada para proporcionar um acesso mais equitativo à educação e ao conhecimento para usuários que interagem com redes móveis ou que têm acesso esporádico à internet. O Educa Offline representa uma inovação em AVA, com um forte apelo à inclusão digital. Em relação ao design do sistema, destacamos um conjunto enxuto de ferramentas assíncronas, com menor consumo de recursos e largura de banda. Quanto ao desenvolvimento do sistema, o Educa Offline é resiliente à perda de conexão com a internet e foi desenvolvido com interfaces responsivas, que se adaptam a diferentes tamanhos de tela. O sistema suporta a navegação e o processamento de arquivos grandes sem conexão de rede. Ele realiza sincronizações quando a internet é restabelecida. Por fim, é suficientemente leve para ser instalado em hardware de baixo custo. Este artigo contribui com conhecimento sobre AVA offline para cenários de baixa largura de banda, uma contribuição para a educação e para a cidadania global como meio de mitigar problemas de inclusão digital, principalmente em países em desenvolvimento. Sabemos que o acesso à internet e a inclusão digital são questões amplas e complexas. Requerem mais do que apenas soluções tecnológicas com plataformas como a Educa Offline. Vontade política e cooperação entre legisladores, educadores e comunidades também são cruciais.

Educa Offline está em versão alfa, aberto sob a licença MIT. Algumas melhorias ainda precisam ser implementadas. A sincronização realizada no sistema abrange apenas dados que os usuários modificaram ou acrescentaram no período offline. Ainda não é feito nenhum processamento para evitar que informações cheguem na ordem errada, sejam perdidas ou sobrescritas. Na verdade, é pouco provável que instrutores e alunos enviem informações para o sistema (quase) simultaneamente em áreas com baixa densidade de alunos e professores, o que pode levar a esses tipos de inconsistências. No entanto, existe essa possibilidade na ferramenta Mural. Esse nível de sincronização de dados não é uma tarefa trivial e merece ser investigada com mais profundidade no futuro. Outro aspecto que merece ser investigado mais a fundo é o processamento de arquivos de vídeo. A plataforma possui um método desenvolvido para otimizar a transferência de imagens, mas o processo pode ser expandido para suportar também vídeos e outros tipos de arquivos. Os resultados dos testes com usuários finais demonstraram uma experiência positiva dos alunos em relação à usabilidade do Sistema. Eles destacaram alguns aprimoramentos para a plataforma, principalmente no que diz respeito às interações com o usuário. Como trabalho futuro, temos interesse em avaliar o Educa Offline com professores.

5. Agradecimento

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), através do processo nº 2021/06846-5.

6. Referências

- Aarreniemi-Jokipielto, P. (2020). The Landscape of Mobile Learning in Brazil: From Distance Learning to On- and Offline Mobile Learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 29(4), 289–297.

- Afrilyasanti, R., & Basthomi, Y. (2022). A Sudden Shift: Students', Teachers', and Parents' Adaptation to Learning during and after COVID-19 Learning. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 12(2), 143–150. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1343325>
- Allela, M. A., Ogange, B. O., Junaid, M. I., & Charles, P. B. (2020). Effectiveness of Multimodal Microlearning for In-Service Teacher Training. *Journal of Learning for Development*, 7(3), 384–398. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1280612>
- Almelhes, S. (2021). Evaluation of Students' Remote Learning Experience of Learning Arabic as a Second Language during the COVID-19 Pandemic. *International Education Studies*, 14(10). <https://eric.ed.gov/?id=EJ1319464>
- Arantes, F. L. & Freire, F. M. P. (2018) *Uma Oficina para Projeto do TelEduc Core*. Technical Report. n.1, 2018. Núcleo de Informática Aplicada à Educação, Universidade Estadual de Campinas.
- <https://www.nied.unicamp.br/biblioteca/relatorios-tecnicos/>.
- Balaji, V., & Cheng, R. (2016). *Do Tablets and Aptus Contribute to Improved Learning Outcome? Results from an Applied Research Project in Swat Region, Pakistan*. Commonwealth of Learning (COL). <http://hdl.handle.net/11599/2391>
- Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574–594. <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>
- Barbosa, S. D. J., & Silva, B. S. (2010). *Interação Humano-Computador* (Vol. 1). Elsevier.
- Berényi, L., Deutsch, N., Szolnoki, B., & Birkner, Z. (2021). Perception of e-Learning among Hungarian Engineering Students. *Electronic Journal of E-Learning*, 19(5), 376–387.
- Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.*, 189.
- Cahyadi, A. (2020). COVID-19 Outbreak and New Normal Teaching in Higher Education: Empirical Resolve from Islamic Universities in Indonesia. *Dinamika Ilmu*, 20(2), 255–266.
- Chadda, I., & Kaur, H. (2021). COVID Pandemic and Virtual Classes: A Study of Students from Punjab. *Asian Association of Open Universities Journal*, 16(2), 193–210.
- Cossa, S. P., Nakala, L. P. M., & Cherinda, N. A. I. E. P. (2021). Open and Innovative Schooling: An Implementation Experience in Fifteen Secondary Schools across Mozambique. *Journal of Learning for Development*, 8(3), 601–610. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1325057>
- Dai, H., Nguyen, P., & Kutay, C. (2022). Offline collaborative learning approach for remote Northern territory students. *Interactive Technology and Smart Education*. <https://doi.org/10.1108/ITSE-05-2022-0063>
- EducaOffline GitHub. (2025) <https://github.com/nied-unicamp/EducaOffline>
- Hadriana, Mahdum, Isjoni, Futra, D., & Primahardani, I. (2021). Online Learning Management in the Era of COVID-19 Pandemic at Junior High Schools in Indonesia. *Journal of Information Technology Education: Research*, 20, 351–383. <https://doi.org/10.28945/4819>
- Harper, P., & Norman, K. (1993). *Improving user satisfaction: The questionnaire for user interaction satisfaction version 5.5*.
- Learning Equality. (2023). *Kolibri: A Free, Open Source Education for All*. <https://learningequality.org/kolibri/>
- Leshchenko, A., & Bezlutska, O. (2021). Traditional vs online education in the maritime training system under Covid-19 pandemic: Comparative analysis. *Pedagogika-Pedagogy*, 93(7), 86–95. <https://doi.org/10.53656/ped21-7s.07trad>
- Linhais, F.; Cintra, J. S. C.; Vieira, C. A.; Vascon, L. E. L.; Pavão, T. M.; Milani, S. R. Nascimento, L. G. S. & Silva, A. C. (2025). Educa Offline. Patente: Programa de Computador. INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Number: BR512025001894-0, 09/05/2025.
- Linhais, F. & Silva, A. C. (2023) Solutions to enable the use of ICT in education in regions with low internet connectivity: a literature review. *Brazilian Journal of Education, Technology and Society (BRAJETS)*. 16(4), 1185-1196. <https://doi.org/10.14571/brajets.v16.n4.1185-1196>

- Linhais, F.; Silva, A. C. & Santos, M. L. (2022) Ambientes Virtuais de Aprendizagem em Cenários Offline. *Anais do CIET:EnPET/ CIESUD:ESUD/2022* (Congresso Internacional de Educação e Tecnologia / Encontro de Pesquisadores em Educação e Tecnologias / Congresso Internacional de Educação Superior a Distância / Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância). 2022. p.4097-4109. 2022. Universidade Mackenzie, São Paulo, SP. <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2022/issue/view/19>
- Linhais, F.; Silva, A. C.; Vieira, C. A.; Vascon, L. E. L. & Santos, M. L. (2022) Virtual learning environments with offline resources. *Actas XXV Congreso Internacional de Informática Educativa (TISE 2022)*. p. 411-416. Porto Alegre, RS. <https://www.tise.cl/Volumen16/index.html>
- Linhais, F.; Machado, A. C. P.; Vascon, L. E. L. & Silva, A. C. (2020) Uma Metodologia para Avaliação de Recursos Off-line em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. *Revista Novas Tecnologias na Educação (RENTE)*, 18, 204-214. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.110228>
- Lund, A. (2001). Measuring Usability with the USE Questionnaire. *Usability and User Experience Newsletter of the STC Usability SIG*, 8.
- Marcotte, E. (2011). *Responsive web design*. A Book Apart. <https://abookapart.com/products/responsive-web-design>
- Maya, M., Anjana, V. M., & Mini, G. K. (2022). University Students' Perceptions Of Shifting between Online and Offline Learning: Lessons from Kerala, India. *Asian Association of Open Universities Journal*, 17(3), 213–228. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1359042>
- Patel, J., & Patel, P. (2021). Online Teaching-Learning at University Level Education from Psychological Perspective and Consequences: A Post-COVID Scenario. *Issues and Ideas in Education*, 9(2), 121–126. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1345178>
- Pugoy, R. A. D. L., Habito, C. D. L., & Figueroa Jr., R. B. (2016). Hybrid online/offline mobile solutions for accessing open educational resources in areas with poor internet connectivity. *Asian Association of Open Universities Journal*, 11(2), 182–196. <https://doi.org/10.1108/AAOUJ-09-2016-0030>
- Santiago, C. S., Ulanday, M. L. P., Centeno, Z. J. R., Bayla, M. C. D., & Callanta, J. S. (2021). Flexible Learning Adaptabilities in the New Normal: E-Learning Resources, Digital Meeting Platforms, Online Learning Systems and Learning Engagement. *Asian Journal of Distance Education*, 16(2), 38–56. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1332615>
- Silva, A. C. & Linhais, F. (2024) *Testes de Usabilidade da Plataforma Educa Offline*. Technical Report. n.1, 2024. 36p. Núcleo de Informática Aplicada à Educação, Universidade Estadual de Campinas. 2024. <https://www.nied.unicamp.br/biblioteca/relatorios-tecnicos/>
- Susila, H. R., Qosim, A., & Rositasari, T. (2020). Students' perception of online learning in covid-19 pandemic: A preparation for developing a strategy for learning from home. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11B), 6042–6047. Scopus. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082240>
- Valarezo, D., Mendieta, G., Maza, B., Quiñones-Cuenca, M., & Morocho, M. (2021). An Offline Educational Resources Access System for the Galapagos Islands. Em Salgado Guerrero J.P., Chicaiza Espinosa J., Cerrada Lozada M., & Berrezueta-Guzman S., *Commun. Comput. Info. Sci.: Vol. 1456 CCIS* (p. 171). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89941-7_12
- Wiebe, A., Crisostomo, L., Feliciano, R., & Anderson, T. (2022). Comparative Advantages of Offline Digital Technology for Remote Indigenous Classrooms in Guatemala (2019-2020). *Journal of Learning for Development*, 9(1), 55–72.
- Yawisah, U., Akla, Umam, A. K., Asad, M., & Wahyudin. (2022). The Implications of Learning Management System on Education Quality in the New Normal Era: Evidence from Islamic Higher Education. *Journal of Social Studies Education Research*, 13(2), 147–169. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1355831>

