

MetaClassroom: A caminho de uma plataforma educativa 3D baseada em metaverso

Lucas Galdino¹, Marcos Nascimento¹, Larissa Cavalcante¹, Valdir Silveira¹,
Ieda Xavier², Claudio Fortier¹, Antonio Serra²

¹Universidade Estadual do Ceará (UECE)
Caixa Postal 60714-903 – Fortaleza – CE – Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
Caixa Postal 60040-531 – Fortaleza – CE – Brasil

lucas.galdino@iredede.org.br, marcos.devaner@iredede.org.br,
larissa.cavalcante@iredede.org.br, valdir.silveira@iredede.org.br,
ieda.maria.xavier03@aluno.ifce.edu.br, claudio.fortier@aluno.uece.br,
serra@ifce.edu.br

Abstract. *The use of immersive virtual environments in education has been researched to enhance distance learning. The application of the metaverse, recreating the real world with 3D avatars, provides immersive and interactive learning experiences. This study introduces MetaClassroom, a 3D virtual environment with a classroom, auditorium, and gamification features, where students can customize avatars and interact with learning objects. A preliminary usability test with eight participants, using the System Usability Scale, indicated positive usability and satisfaction, despite some challenges to be addressed. Feedback from pilot courses in Android and iOS development also affirmed its potential. These findings suggest that MetaClassroom can evolve as a promising tool capable of providing an immersive learning experience that engages and motivates students during learning activities.*

Resumo. *O uso de ambientes virtuais imersivos na educação tem sido pesquisado para aprimorar o ensino à distância. A aplicação do metaverso, recriando o mundo real com avatares em 3D, oferece experiências de aprendizagem imersivas e interativas. Este estudo apresenta o MetaClassroom, um ambiente virtual em 3D com sala de aula, auditório e gamificação, onde alunos podem personalizar avatares e interagir com objetos de aprendizagem. Um teste preliminar de usabilidade com oito participantes, utilizando a System Usability Scale, indicou usabilidade e satisfação positivas, apesar de alguns desafios a serem resolvidos. Uma pesquisa realizada com alunos de cursos piloto de desenvolvimento de aplicativos Android e iOS também confirmou seu potencial. Esses resultados sugerem que o MetaClassroom pode evoluir como uma ferramenta promissora, capaz de proporcionar uma experiência de aprendizagem imersiva que engaje e motive os alunos durante as atividades de aprendizagem.*

1. Introdução

Na educação, o uso de ambientes virtuais imersivos tem sido amplamente investigado e desenvolvido com o objetivo de aprimorar a educação à distância [Chen et al. 2023, Damasceno et al. 2023]. Nesse contexto, uma das alternativas emergentes no campo da pesquisa e desenvolvimento é a aplicação do metaverso ao ambiente educacional. O metaverso representa uma recriação do mundo real no ambiente virtual, utilizando avatares em ambientes digitais tridimensionais capazes de simular situações e contextos do mundo real [Schlemmer et al. 2008].

O uso do metaverso ou ambientes virtuais no ensino à distância é visto como uma possibilidade de proporcionar alguns fatores que podem potencializar o aprendizado como a imersão, gamificação, objetos de aprendizagem com recursos interativos, telepresença, entre outros. E assim, promover maior envolvimento, de forma ativa, do aluno durante um curso.

É neste contexto que este trabalho propõe o MetaClassroom, um ambiente virtual imersivo em 3D composto por sala de aula virtual, auditório e elementos de gamificação. Na versão para jogador único, os alunos podem customizar seus próprios avatares, configurar o ambiente conforme sua preferência e interagir com os objetos de aprendizagem.

Este estudo tem como objetivo apresentar o MetaClassroom, bem como os resultados de um teste preliminar de usabilidade do sistema. O teste de usabilidade foi conduzido com oito participantes, utilizando o SUS [Brooke et al. 1996] e a análise das interações dos usuários. Além disso, o MetaClassroom foi utilizado como objeto de estudo em cursos piloto de desenvolvimento em Android e iOS. Nesses cursos, foi realizada uma pesquisa de satisfação e coletados comentários dos alunos sobre a utilização do MetaClassroom.

Os resultados das pesquisas indicam que, apesar de ainda existirem desafios de usabilidade e desempenho a serem superados, o MetaClassroom recebeu avaliações positivas em termos de usabilidade e satisfação dos usuários. Assim, concluímos que o MetaClassroom possui potencial para evoluir como uma ferramenta promissora, capaz de proporcionar um ensino imersivo que engaja e motiva os alunos em suas atividades de aprendizagem.

2. O metaverso e suas aplicações educacionais

Segundo [Tori 2023], o metaverso é um ambiente digital *online* que viabiliza a participação e interação entre os usuários por meio de avatares, os quais podem interagir entre eles e com o ambiente digital. Esses avatares atuam como representações digitais dos indivíduos, sendo controlados por estes durante a interação. Em ambientes metaverso, os usuários podem interagir e realizar tarefas semelhantes às do mundo real, de forma remota, em tempo real, por meio de sistemas com interfaces tridimensionais (Collins, 2008).

Em [Tori 2023] são destacadas várias características essenciais do metaverso. A presença proporciona aos usuários a sensação de estar no mesmo espaço. Os avatares são representações digitais configuráveis e controláveis pelos usuários. A imersão é a percepção subjetiva de estar envolvido no ambiente, com a capacidade de controlar avatares e interagir com o ambiente e objetos. A interatividade permite interação di-

reta com avatares e o ambiente virtual. A persistência mantém as mudanças feitas pelos usuários, replicando características do mundo físico. A ludicidade incorpora estratégias de gamificação para criar um ambiente lúdico, e a construção permite que os usuários criem e modifiquem objetos no ambiente.

Baseado em uma abordagem de engenharia, [Pentangelo et al. 2024] define requisitos funcionais para o desenvolvimento de um metaverso educacional. Na versão de jogador único do MetaClassroom, foram priorizados a customização de avatar, ambientes tridimensionais livres e a projeção de conteúdo multimídia. Os demais requisitos, como sistema de salas escalável, comunicação por voz e texto, interações não verbais e interação com quadro branco, serão implementados na versão multijogador.

2.1. Crescimento e Diversificação do Uso do Metaverso na Educação

Um estudo baseado em 310 artigos acadêmicos publicados de 2004 a 2022, realizado por [Chen et al. 2023], indica que o interesse pelo metaverso na educação tem crescido desde 2019. Entre as temáticas mais abordadas estão: educação física baseada no metaverso; simulações para aprendizagem colaborativa em saúde/educação médica; apreciação e criação artística em ambientes virtuais 3D na educação artística; laboratórios para ensino de ciência, tecnologia, engenharia e matemática; desenvolvimento de habilidades linguísticas e do século 21 por meio da aprendizagem imersiva; uso do metaverso para desenvolver habilidades de comunicação social em crianças com autismo; educação lúdica no metaverso; e pesquisa quantitativa focada na experiência dos alunos com o metaverso.

As temáticas citadas mostram o quanto o metaverso pode ser utilizado de forma multidisciplinar como suporte para educação, podendo ser uma ferramenta para o ensino híbrido, ensino à distância ou até mesmo como uma ferramenta de apoio ao ensino presencial. Nesse sentido, [Kochhann et al. 2023] citam como exemplo o aprimoramento da integração entre o ambiente físico e virtual, onde a sala de aula tradicional pode ser reconstruída em um espaço onde o metaverso substitui as aulas online transmitidas.

Diante do exposto, fica claro o potencial do metaverso como uma ferramenta multifacetada para aprimorar a educação. O estudo de [Chen et al. 2023] revela o crescente interesse acadêmico, com diversas aplicações, desde a educação física até pesquisas sobre a experiência dos alunos. Essa diversidade mostra a capacidade do metaverso de se adaptar a diferentes contextos educacionais. Em [Kochhann et al. 2023] é evidenciado que a integração entre o ambiente físico e virtual pode enriquecer o ensino híbrido, proporcionando um ambiente imersivo que complementa a educação. Assim, o metaverso representa uma evolução tecnológica promissora para melhorar métodos de ensino e aprendizagem.

3. Plataformas baseadas em metaversos para educação remota

A exemplo de plataformas baseadas em metaverso como uma abordagem educacional podem ser citados o VoRtex [Jovanović and Milosavljević 2022] e DALVerse [Damasceno et al. 2024].

3.1. A plataforma VoRtex

A plataforma VoRtex, concebida por [Jovanović and Milosavljević 2022], foi elaborada com o propósito de facilitar o aprendizado colaborativo por meio de um ambiente virtual,

incorporando conceitos contemporâneos de pilha tecnológica e metaverso. Este ambiente educacional virtual oferece um sistema de controle de acesso para gerenciar a identidade dos usuários, bem como agentes inteligentes para apoiar os educadores durante as atividades de ensino.

O ambiente educacional virtual VoRtex oferece uma sala de aula virtual 3D para suportar o processo de aprendizagem, simulando uma configuração física. Esta sala, chamada *Virtual World* (VW), possui elementos típicos como mesas, cadeiras, quadro-negro, projetores e painéis de vídeo. Inclui um agente virtual que auxilia o professor, com o qual os usuários podem interagir via comandos de voz. Durante as aulas, os usuários podem comunicar-se diretamente com o professor e utilizar recursos como o painel de apresentação e os painéis de vídeo.

Estudos comparativos realizados por [Jovanović and Milosavljević 2022] mostraram que, apesar de ter menos conteúdo que outras plataformas, a VoRtex tem grande potencial para a educação. Usuários responderam positivamente à experiência, destacando sua utilidade durante a pandemia de COVID-19. VoRtex se destacou em segurança e inovação, oferecendo ferramentas de suporte aos professores. Planos futuros incluem melhorias e avaliações contínuas para expandir a base de usuários.

3.2. A plataforma DALverse

O DALverse [Damasceno et al. 2024] é um ambiente virtual de aprendizagem baseado em metaverso, integrado a uma plataforma de Ensino a Distância (EAD) chamada *Dell Accessible Learning* (DAL) [Nascimento et al. 2019]. Ele oferece uma variedade de recursos acessíveis para alunos com e sem deficiência, garantindo a inclusão de pessoas com deficiências físicas, auditivas, baixa visão, entre outras.

Ao se matricular em um curso na DAL, os alunos têm acesso à sala "Metaverso", onde podem personalizar seus avatares, escolhendo entre três opções pré-definidas: perfil masculino, perfil feminino ou um perfil sem gênero definido, representado por um avatar de robô. No ambiente DALverse, os usuários podem se locomover usando as teclas de seta do teclado e o mouse, com cada avatar possuindo cinco movimentos básicos, enquanto o avatar robô se move flutuando.

Os pesquisadores planejam implementar o Metaverse4Deaf, um recurso integrado ao DALverse para incluir pessoas com deficiência auditiva na educação a distância. O Metaverse4Deaf visa entender o comportamento de pessoas surdas por meio de um estudo exploratório. Portanto, o DALverse está em desenvolvimento com perspectivas de trabalhos futuros.

4. Apresentando o MetaClassroom

O MetaClassroom é uma plataforma educacional que utiliza um ambiente de metaverso, integrando funcionalidades de EAD em um espaço virtual tridimensional com elementos de gamificação. Na plataforma, os alunos podem criar e personalizar avatares, conquistar troféus, participar de cursos e acessar diversos recursos educacionais, incluindo materiais textuais, audiovisuais e avaliações em forma de questionários.

Diferente das plataformas tradicionais para EAD, o ambiente virtual em 3D do MetaClassroom foi desenvolvido com o propósito de aumentar o engajamento dos alunos

em uma experiência imersiva. Inicialmente, foi lançada uma versão de jogador único do MetaClassroom específica para computadores de mesa com os sistemas operacionais Windows e MacOS. Na Figura 1 são apresentadas as etapas para acesso a sala virtual de estudos do MetaClassroom.



Figura 1. Etapas para acesso a sala virtual de estudos do MetaClassroom (acesso, ambiente de escolha de curso, seleção de curso e acesso a sala virtual).

Como apresentado na Figura 1, o acesso inicial ocorre através das credenciais e-mail e senha cadastrados na plataforma Homero. Após acessar a plataforma, o aluno é encaminhado para um ambiente de transição, onde pode interagir com um totem próximo à porta da sala de estudos virtual para escolher o curso que deseja acessar. O totem apresenta um menu 3D com todos os cursos disponíveis para o aluno. Ao escolher um curso, a porta da sala de estudos se abre, revelando um ambiente temático correspondente ao curso selecionado.

4.1. Acesso aos conteúdos didáticos no MetaClassroom

Uma vez estando na sala virtual de um curso, para acessar o material didático o aluno deve interagir com a cadeira virtual, através do clique. Ao se aproximar da cadeira, seu contorno se destaca, indicando a possibilidade de interação com ela.

Ao clicar na cadeira, a perspectiva é alterada de 3ª para 1ª pessoa e a visualização do conteúdo do curso é possível por meio de três painéis distintos, conforme apresentado na Figura 2.

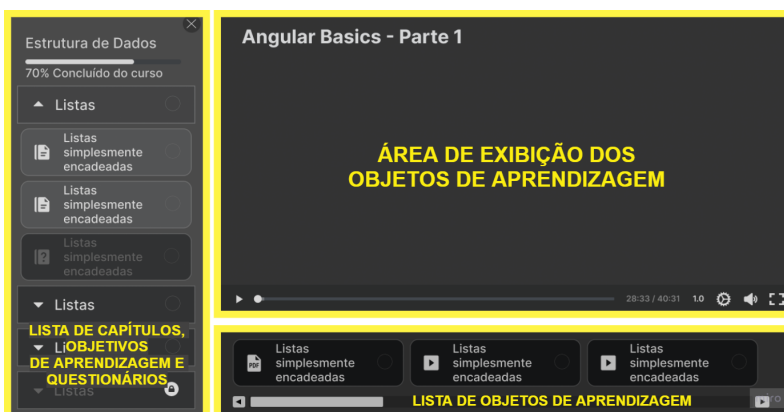


Figura 2. Área de acesso e exibição dos objetos de aprendizagem.

Conforme a Figura 2, o painel à esquerda mostra a lista de capítulos, objetivos de aprendizagem e questionários. O painel superior à direita exibe o conteúdo dos objetos de aprendizagem, enquanto o painel inferior à direita lista os objetos de aprendizagem, disponíveis em vídeo ou Portable Document Format (PDF).

4.2. Obtenção dos certificados de conclusão do curso

O certificado de conclusão do curso é disponibilizado para download após a conclusão do último capítulo de um curso. Caso o aluno escolha não descarregar o arquivo imediatamente, ele tem a opção de acessá-lo a partir do menu de cursos.

4.3. Troféus virtuais

Além das funcionalidades já apresentadas, foram incluídos troféus virtuais que podem ser conquistados durante o curso e exibidos na sala de estudos, acessíveis através da estante virtual (Figura 3). Esses troféus são obtidos com base no desempenho e engajamento do aluno, como concluir objetivos de aprendizagem e capítulos, obter pontuação máxima em questionários, editar o avatar e realizar o tutorial completo.

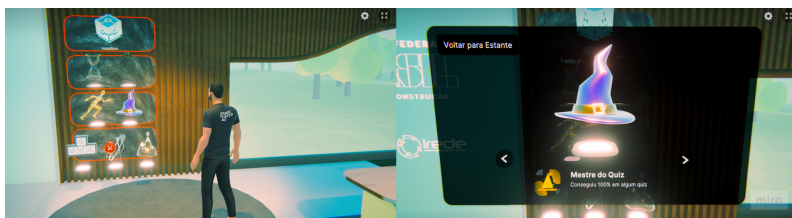


Figura 3. Estante de conquistas (à esquerda) e Troféu (à direita).

4.4. Configurações

O menu de configurações permite aos alunos personalizar seu avatar, ajustando características como aparência física, vestimentas e acessórios para criar uma representação digital.

4.5. Arquitetura e tecnologias para o desenvolvimento

O MetaClassroom foi desenvolvido utilizando a *Unity*¹, um motor de jogos multiplataforma utilizado para criar e operar conteúdo 3D interativo e em tempo real. Nesse contexto, a aplicação foi estruturada a partir de cinco componentes principais:

1. *Main application*: estabelece o ponto de partida para execução e atualização da aplicação;
2. *Gerenciamento de conteúdo*: possibilita a construção e manutenção de todo o conteúdo dos cursos, além da sua utilização de forma dinâmica. Este módulo faz parte do pacote de microsserviços disponibilizados pela Plataforma Homero.
3. *Ready Player Me*: disponibiliza um serviço de criação/edição de avatares 3D interoperáveis para utilização em jogos e experiências online. Esse recurso atualmente é utilizado para permitir a criação de avatares personalizados para os perfis de alunos e professores;
4. *AVPro*: renderiza vídeos em objetos 3D, permitindo aos alunos visualizarem e controlarem conteúdos audiovisuais a partir de um reprodutor;
5. *PDF Renderer*: renderiza conteúdos em formato *Portable Document Format* (PDF) em objetos 3D.

¹<https://unity.com/pt>

Todos os ambientes, animações, mecânicas e interações foram implementados dentro da *Unity* após a definição dos protótipos de alta fidelidade. Esses protótipos foram construídos utilizando os programas Blender² e Figma³, possibilitando a transformação dos requisitos do produto em interfaces e ambientes 3D que foram integrados nas cenas da aplicação.

4.6. Integração com a plataforma Homero

O Homero é uma plataforma de gestão de aprendizagem para EAD, focada em aprendizagem adaptativa, ajustando o ensino às necessidades individuais dos alunos.

O MetaClassroom foi integrado ao Homero através de uma *Application Programming Interface* (API) e uma camada de adaptação de dados, garantindo interoperabilidade e independência entre os sistemas, facilitando a manutenção e a integração sem depender do código interno do Homero.

5. Avaliação do MetaClassroom

Foram realizados um teste de usabilidade do MetaClassroom e uma pesquisa de satisfação e uso com turmas de cursos de desenvolvimento Android e iOS. O teste de usabilidade foi aplicado durante o processo de desenvolvimento. Após a realização desse teste e os ajustes necessários, o MetaClassroom foi utilizado e avaliado pelos alunos.

5.1. Estudos prévios de usabilidade

Foi realizado um teste de usabilidade com o objetivo de avaliar a experiência dos usuários ao utilizar o MetaClassroom. O teste contou com oito participantes, convidados por e-mail, incluindo colaboradores do Instituto de Gestão, Redes Tecnológicas e Energia (IREDE) e alunos dos cursos de desenvolvimento Android e iOS oferecidos pelo instituto.

A participação foi voluntária, com a adesão de 3 colaboradores do IREDE e 5 alunos. É importante destacar que nenhum dos participantes esteve envolvido no desenvolvimento do MetaClassroom ou teve contato prévio com a ferramenta.

O teste contou com sete participantes do sexo masculino e uma do sexo feminino, com idades variando entre 19 e 34 anos. Todos os participantes demonstraram familiaridade com o uso de computador, celular ou tablet, e a maioria está cursando ensino superior na área de tecnologia, com um participante já tendo concluído o ensino superior.

O teste foi conduzido em um ambiente controlado, com cada participante realizando uma série de tarefas no MetaClassroom, como acessar o sistema pela primeira vez, completar o tutorial, selecionar um curso, interagir com a mesa virtual, assistir uma aula em vídeo, resolver um quiz, acessar certificados, e interagir com troféus e conquistas. Cada sessão foi acompanhada por um pesquisador para oferecer suporte quando necessário, garantindo que os participantes pudessem completar as tarefas de maneira eficiente e sem dificuldades técnicas significativas.

²<https://www.blender.org/>

³<https://www.figma.com/>

5.1.1. Aplicação do System Usability Scale (SUS)

Após a execução das tarefas utilizando o MetaClassroom, os participantes responderam ao questionário SUS com as seguintes questões:

- Q1 - Eu acho que eu gostaria de usar esse sistema frequentemente;
- Q2 - Eu achei esse sistema desnecessariamente complexo;
- Q3 - Eu considero o sistema fácil de utilizar;
- Q4 - Eu acho que eu precisaria da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar este sistema;
- Q5 - Eu achei que as várias funções do sistema estavam bem integradas;
- Q6 - Eu achei que havia muita inconsistência no sistema;
- Q7 - Imagino que a maioria das pessoas possa aprender a utilizar este sistema muito rapidamente;
- Q8 - Achei o sistema muito complicado de se usar;
- Q9 - Eu me senti muito confiante em utilizar este sistema;
- Q10 - Precisei aprender várias coisas antes que eu pudesse começar a usar este sistema.]

Conforme definido por [Brooke et al. 1996], cada questão do questionário SUS está associada a uma escala de 1 a 5, onde 1 indica discordância total com a afirmação e 5 indica concordância total. O cálculo do escore SUS (nível de usabilidade) foi realizado da seguinte maneira: para as perguntas ímpares (1, 3, 5, 7, 9), subtraiu-se 1 da pontuação dada pelo usuário; para as perguntas pares (2, 4, 6, 8, 10), subtraiu-se a pontuação dada pelo usuário de 5. Por fim, para obter o escore SUS para cada usuário, foi realizada a soma dos valores referente a todas as afirmações, multiplicada por 2,5.

O escore SUS pode variar entre 0 e 100. A avaliação de usabilidade do sistema é categorizada com base no escore SUS obtido. Segundo [Martins et al. 2015], menos de 20,5 (pior imaginável); 21 a 38,5 (pobre); 39 a 52,5 (mediano); 53 a 73,5 (bom); 74 a 85,5 (excelente); e 86 a 100 (melhor imaginável).

A Tabela 1 apresenta os resultados da aplicação do SUS, onde os participantes são identificados sequencialmente como P1, P2, e assim por diante até P8. As questões do questionário SUS estão codificadas como Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9 e Q10. A tabela exibe os valores selecionados na escala de 1 a 5 para cada questão por cada participante. Na última coluna, são apresentados os escores SUS individuais de cada usuário. Por fim, a última linha da tabela apresenta a média dos escores SUS dos participantes.

Conforme apresentado na tabela da Tabela 1, os escores SUS apontam para os seguintes resultados: 82.5 (excelente), 90 (melhor imaginável), 90 (melhor imaginável), 95 (melhor imaginável), 92.5 (melhor imaginável), 47.5 (mediano), 35 (pobre), 92.5 (melhor imaginável). Embora os resultados indiquem que dois dos participantes tenham classificado o sistema com escores abaixo de 53, a média obtida dos escores SUS de todos os participantes foi de 90. Esse valor indica porque a usabilidade do sistema pode ser classificada como melhor imaginável.

Tabela 1. Resultados da aplicação do SUS

Participantes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Escore SUS
P1	3	1	4	1	4	1	4	1	4	2	82,5
P2	4	1	5	1	5	1	2	1	5	1	90
P3	4	1	4	1	4	2	5	1	5	1	90
P4	5	2	4	1	5	1	5	1	5	1	95
P5	4	1	5	1	4	2	5	1	5	1	92,5
P6	1	2	2	2	1	4	4	2	3	2	47,5
P7	1	3	3	3	1	4	3	3	2	3	35
P8	5	1	5	1	4	3	5	1	5	1	90

5.1.2. Problemas de Usabilidade e Sugestões de Melhoria

Com base na observação da interação dos usuários e nos relatos dos participantes, durante a interação com o MetaClassroom, foram apontados alguns problemas de usabilidade e melhorias para solução desses problemas. Os problemas bem como as melhorias são categorizados em Desempenho, Vídeo aula, PDF, Quiz, Menu do curso, Tutorial, Navegação e Conquistas. Essas categorias são listadas a seguir.

A) Desempenho: foi identificado o aumento da temperatura do dispositivo. Isso pode ter ocorrido devido ao alto consumo de recursos do dispositivo pela plataforma. Também foram identificados diversos travamentos da plataforma durante o uso. A questão da responsividade também foi um problema levantado.

B) Na vídeo aula, foram identificados problemas com o recurso de tela cheia que não funcionava corretamente, e a resolução do vídeo não correspondia à opção selecionada. Ao aumentar a velocidade, ocorreram travamentos frequentes, e houve dificuldade para interagir com os sliders de vídeo. Para resolver esses problemas, sugere-se adicionar opções de configuração de resolução de vídeos para melhorar a experiência. Além disso, é recomendável otimizar os botões do player e os sliders para facilitar a navegação e interação dos usuários com os vídeos.

C) No quiz, os usuários não entenderam que só poderiam avançar após escolher uma resposta e expressaram desejo por orientações sobre as respostas incorretas. Para melhorar, sugere-se adicionar opções para voltar às perguntas anteriores e fornecer retorno imediato para seleção única e respostas erradas.

D) O menu do curso foi considerado não linear e pouco intuitivo. Para solucionar esse problema, foi sugerido criar um modelo de menu mais linear e com indicativos claros dos objetos dentro das trilhas de aprendizagem.

E) No tutorial, os participantes tiveram dificuldades para encontrar a mesa e interagir com objetos devido ao destaque sutil. Para melhorar, recomenda-se incluir indicações claras para orientar os usuários até o totem e a mesa, oferecer instruções detalhadas sobre interações e permitir interação via teclado.

F) Os participantes enfrentaram problemas de câmera travando, uso complicado do cursor para movimentação e dificuldade para sair da mesa virtual, além de realizar rolagem nos ambientes. Para melhorar, sugere-se modificar a estrutura das configurações

para torná-la mais intuitiva e prática.

G) As conquistas são bem-feitas, mas os modais (janelas de notificações) sobrepõem botões importantes na tela, dificultando a interação. Seria mais funcional se as conquistas aparecessem no canto superior esquerdo, permitindo aos usuários acessar certificados e botões sem esperar que as conquistas desaparecessem.

Após o teste de usabilidade, foram feitas algumas melhorias para uso do MetaClassroom em cursos pilotos. Entre elas estão: configurações que permite aos usuários exibirem a aplicação em modo tela cheia, ajustar a resolução para diferentes dimensões de tela e escolher entre três tipos de exibição: Qualidade (alta resolução de luz, sombras e texturas, exigindo maior capacidade de processamento), Desempenho (baixa resolução de luz, sombras e texturas, requerendo menor capacidade de processamento) e Balanceado (resolução média de luz, sombras e texturas, garantindo bom desempenho sem grandes perdas de resolução).

5.2. Uso do MetaClassroom em cursos pilotos de Desenvolvimento Android e iOS

O MetaClassroom foi utilizado no projeto Residência em TIC12, que ofereceu dois cursos: Introdução ao Desenvolvimento iOS e Introdução ao Desenvolvimento Android, cada um com 120 horas de carga horária. Os cursos seguiram um formato de “temporadas”, permitindo que os alunos completassem conteúdos assíncronos e desafios antes de passar para a fase seguinte, com novos recursos de estudo.

O curso de desenvolvimento iOS focava nos fundamentos do ecossistema Apple, usando a linguagem de programação Swift, enquanto o curso de desenvolvimento Android abordava Kotlin, Java e tecnologias essenciais para criação de aplicativos Android. Ambos os cursos ofereciam uma base sólida em programação orientada a objetos, controle de fluxo, manipulação de dados, tratamento de erros e uso de bibliotecas e coleções, preparando os alunos para desenvolver aplicativos eficientes e inovadores.

Dos 283 alunos matriculados no curso de Android e 50 no de iOS, a maioria tem entre 21 e 29 anos e reside no Ceará. Em termos de experiência em programação, 23,4% conhecem JavaScript, 20,8% Python, 15,7% Java, 10% C, e 18,1% não têm experiência. A maioria estudou em escolas públicas e está cursando ou concluiu o ensino superior.

5.2.1. Resultados da Avaliação da Experiência de Uso

Após a primeira aula dos cursos, foi solicitado aos alunos que respondessem a um questionário para uma avaliação inicial, incluindo duas questões sobre o MetaClassroom. No total, 33 alunos do curso de Desenvolvimento Android e 12 do curso de Desenvolvimento iOS se voluntariaram para responder.

A baixa adesão ao questionário pode estar atribuída à não obrigatoriedade de resposta. A seguir, são apresentadas as questões, bem como seus resultados.

A) De 1 a 10, sendo 1 muito insatisfeito e 10 muito satisfeito, como você avaliaria a plataforma virtual MetaClassroom?

No gráfico de barras apresentado na Figura 4, o eixo horizontal apresenta os valores selecionados na escala (1 a 10). O eixo vertical apresenta a quantidade de alunos para

cada valor selecionado na escala. A turma de Android está representada pelas barras em azul e a turma de iOS em laranja.

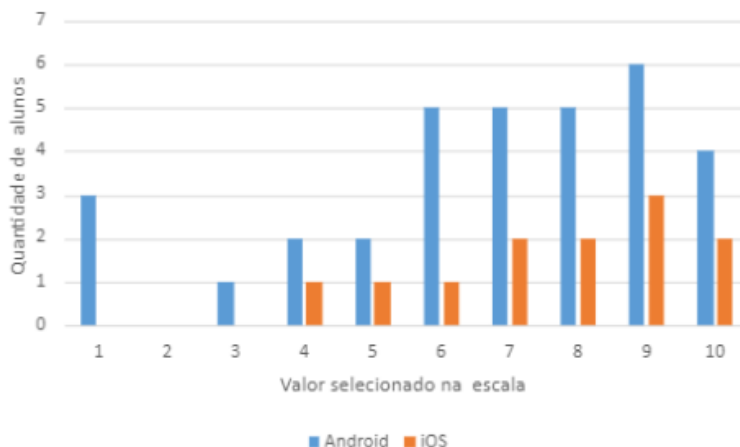


Figura 4. Gráfico com resultado da avaliação dos alunos da turma de Android e iOS sobre a satisfação com o MetaClassroom.

Os resultados mostram que 25 alunos (76%) da turma de Android selecionaram níveis de satisfação entre 6 e 10, enquanto 8 alunos (24%) escolheram valores entre 1 e 5. Na turma de iOS, 10 alunos (83%) selecionaram níveis de satisfação entre 6 e 10, enquanto 2 alunos (17%) selecionaram níveis de satisfação entre 1 e 5.

B) Por favor, nos conte um pouco porque você escolheu essa nota para a plataforma virtual MetaClassroom.

Nesta questão, os alunos relataram diversos problemas presentes na plataforma. Os principais problemas mencionados por ambas as turmas foram o carregamento difícil e a ocorrência de erros. Além disso, foi relatado que a simultaneidade de escrita de código e visualização de vídeos era inviável devido aos constantes travamentos dos vídeos, cuja resolução permanecia baixa mesmo após tentativas de ajuste.

Outros aspectos problemáticos incluíam a responsividade e o desempenho em diferentes dispositivos. Nesse sentido, uma solicitação frequente entre as turmas foi a possibilidade de utilizar a plataforma em dispositivos móveis, além da funcionalidade de divisão de tela ser acompanhada adequadamente pelo vídeo. Também foram relatados problemas relacionados ao volume do áudio durante as videoaulas, sendo necessário ajustar o volume toda vez que um novo vídeo fosse assistido.

Por fim, embora existam problemas a serem resolvidos, os alunos observaram que a plataforma, ainda em desenvolvimento, demonstrou ser bastante intuitiva e imersiva.

6. Conclusão e trabalhos futuros

Este trabalho apresenta o MetaClassroom, uma plataforma educativa em desenvolvimento baseada em metaverso. Embora tenha obtido uma alta pontuação de usabilidade (90 no SUS), identificaram-se desafios como adaptação para dispositivos com menos recursos de processamento e melhorias funcionais necessárias. Testes com alunos de cursos de Android e iOS revelaram satisfação geral, mas também apontaram a necessidade de

ajustes adicionais. Planos futuros incluem implementar um menu de configurações para resolução, introduzir ambientes multijogador e mais elementos de gamificação, além de criar uma versão para dispositivos de Realidade Virtual (VR). Essas melhorias visam tornar o MetaClassroom mais atrativo e funcional, ampliando sua utilidade na educação a distância.

7. Agradecimentos

Este projeto foi apoiado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, com recursos da Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991, no âmbito do PPI-SOFTEX, coordenado pela Softex e publicado Residência em TIC 12, DOU 01245.001281/2023-11.

Referências

- Brooke, J. et al. (1996). Sus-a quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194):4–7.
- Chen, X., Zou, D., Xie, H., and Wang, F. L. (2023). Metaverse in education: contributors, cooperations, and research themes. *IEEE Transactions on Learning Technologies*.
- Damasceno, A., Soares, P., Santos, I., Souza, J., and Oliveira, F. (2023). Assistive technology for distance education in metaverse-based environment: A rapid review. *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 693–706.
- Damasceno, A. R., Silva, L. C., Barros, E. M., and Oliveira, F. C. (2024). Metaverse4deaf: Assistive technology for inclusion of people with hearing impairment in distance education through a metaverse-based environment. In *CSEDU (1)*, pages 510–517.
- Jovanović, A. and Milosavljević, A. (2022). Vortex metaverse platform for gamified collaborative learning. *Electronics*, 11(3):317.
- Kochhann, A., Lemos, I. M. P., de Lima, J. D. N., de Oliveira, R. R., and da Silva, W. B. (2023). Metaverso na educação: uma análise conceitual e crítica. *Peer Review*, 5(21):211–235.
- Martins, A. I., Rosa, A. F., Queirós, A., Silva, A., and Rocha, N. P. (2015). European portuguese validation of the system usability scale (sus). *Procedia computer science*, 67:293–300.
- Nascimento, M., Muniz, P., Silva, L., Soares, E., Queiroz, B., Lima, R., and Lima, N. (2019). Plataforma de aprendizado acessível da dell (dell accessible learning) uma plataforma de ensino a distância acessível para todos. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 8, page 1148.
- Pentangelo, V., Di Dario, D., Lambiase, S., Ferrucci, F., Gravino, C., and Palomba, F. (2024). Senem: A software engineering-enabled educational metaverse. *Information and Software Technology*, page 107512.
- Schlemmer, E., Trein, D., and Oliveira, C. (2008). Metaverso: a telepresença em mundos digitais virtuais 3d por meio do uso de avatares. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1, pages 441–450.
- Tori, R. (2023). Metaversos na educação: conceitos e possibilidades. *Video Journal of Social and Human Research*, pages 53–66.