

Redesenho e prototipagem de um repositório de recursos educacionais para metaverso

Carlos Barbosa¹, Gabriel Carvalho¹, Germana Nóbrega¹, Fernando Cruz²

¹Depto. de Ciencia da Computação - Instituto de Ciências Exatas
Universidade de Brasília (UnB)
Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte - 70.910-900, Brasília - DF

²Faculdade UnB Gama (FGA) – Universidade de Brasília (UnB)
Campus Gama, Setor Leste – 72.444-240 – Gama – DF

{carloosedsb0110, gabryelll.carvalho}@gmail.com, {gmnobrega, fwacruz}@unb.br

Abstract. *The integration of educational resources on metaverse platforms proves to be an innovative possibility for educational institutions and society in general. The COVID-19 pandemic has accelerated technological advances, intensifying the need for immersive and interactive virtual environments. Recent studies show that such environments offer new navigation opportunities, overcoming limitations of the flat Web. In this paper, we introduce the redesign of a 2D Web educational resource repository towards a metaverse platform, highlighting its features and benefits. For the near future, we plan to provide dynamic creation of scenes, such as to follow the usual maintenance operations.*

Resumo. *A integração de recursos educacionais em plataformas de metaverso se mostra uma possibilidade inovadora para instituições de ensino e para a sociedade em geral. A pandemia de COVID-19 acelerou avanços tecnológicos, intensificando necessidades de ambientes virtuais imersivos e interativos. Estudos recentes mostram que tais ambientes oferecem novas oportunidades de navegação, superando limitações da Web tradicional. Este trabalho apresenta o redesenho de um repositório de recursos educacionais da Web 2D para uma plataforma de metaverso, destacando funcionalidades e benefícios. Para um futuro próximo, planeja-se a criação dinâmica de cenas, de forma a acompanhar as operações usuais de manutenção do repositório.*

1. Introdução

A despeito de conhecidos benefícios, assiste-se atualmente a um crescente montante de problemas psico-sociais proliferados através de mídias sociais, e.g. *fake news* [Che et al. 2018], discursos de ódio [Castaño-Pulgarín et al. 2021], planejamento de golpes e crimes hediondos [Drury et al. 2022]. Entre tais mídias, incluem-se plataformas específicas de acesso a grande público, que vêm enormemente atraindo a atenção de jovens em idade escolar: os chamados metaversos, por vezes explorados como jogos, e cruzando o tênue limite virtuoso/vicioso [Bojic 2022]. Em controvérsia, plataformas populares para essas chamadas gerações “Z” e “Alfa” revelaram-se oportunas em momento pandêmico, inclusive como apoio à educação formal [Han et al. 2023a], muito embora sérias defasagens de aprendizagem já se façam registrar na literatura, oriundas daquele momento [Aguaded et al. 2023, Beetham et al. 2022].

Sob várias óticas distintas, os trabalhos em contexto educacional sobre metaverso vêm se intensificando em esfera internacional: elaborando definições, identificando possibilidades e apontando desafios [Lin et al. 2022, Hwang and Chien 2022, Wang et al. 2022], elencando ponderações [Tlili et al. 2022], ou abordando a educação superior especificamente [Hwang et al. 2023, Sutikno and Aisyahrani 2023]. Nacionalmente, o Brasil foi identificado em estudo recente [López-Belmonte et al. 2023] como um pioneiro em pesquisas na área, porém as aparições na literatura tem se intensificado apenas nos últimos 2 anos, relativamente a uma possível nova geração de metaverso, aliado a tecnologias em torno da Web 3.0.

No que diz respeito aos repositórios dos chamados Objetos de Aprendizagem [Braga 2014] ou, mais recentemente, de recursos educacionais, uma revista em trabalhos significativos revela ainda uma tradição em navegação repousando sobre ambiente 2D. Neste artigo, apresenta-se um repositório de recursos educacionais, pré-existente em Web tradicional, redesenhado para plataforma de metaverso. Na Seção 2, iniciativas relacionadas a catálogos de conteúdo educacional e a navegação são compartilhadas. Na Seção 3, pilares conceituais e técnicos da proposta são apresentados. O repositório resultante é descrito na Seção 4. A Seção 5 encerra o artigo.

2. Trabalhos relacionados

Nesta seção, apresentam-se iniciativas relacionadas à solução ora compartilhada: repositórios de recursos educacionais (Seção 2.1), mais relacionados a conteúdos do catálogo e museus virtuais e remotos (Seção 2.2), mais relacionados a aspectos de visita e navegação.

2.1. Repositórios de Recursos Educacionais

No início dos anos 2000, os então chamados “Objetos de Aprendizagem” (OAs) surgiam em resposta ao alto custo de produção de material didático, com uma proposta de modularização visando a propiciar reuso [Braga 2014]; Para abrigar os OAs e viabilizar reutilização, propunham-se os Repositórios de OAs (ROAs). Autores de OAs catalogavam os objetos a partir do preenchimento de metadados que buscavam anotar ou descrever de maneira singular cada objeto, a fim de que pudesse ser localizado posteriormente. Para fins de padronização e consequente federação, os ROAs seguiam padrões de metadados que eram compartilhados pela comunidade, a exemplo do LOM [RISK 2002] e do Dublin Core [Weibel et al. 1998]. A partir dos padrões, algumas aplicações específicas começavam a construir “Perfis de Aplicações” como maneira de facilitar o preenchimento de metadados e de adaptar os índices para propósitos específicos.

Da iniciativa Ariadne ¹, ROAs internacionais surgiram e persistem até hoje, e.g. MERLOT ² e CAREO ³. Para além dos ROAs clássicos, outras plataformas também abrigam/indexam recursos educacionais (e.g. *Learning Resource Exchange* ⁴) e/ou permitem a elaboração/execução de Unidades de Aprendizagem a partir dos objetos indexados (e.g. Go-Labs ⁵). Nesse contexto, entretanto, busca e navegação nos repositórios estão apoiadas na Web tradicional ou 2D, embora alguns dos recursos indexados sejam 3D imersivos.

¹<https://www.ariadne-eu.org/>

²<https://merlot.org/merlot/>

³<https://www.careo.org/>

⁴<http://www.eun.org/resources/learning-resource-exchange>

⁵<https://www.golabz.eu/>

2.2. Visitação em museus virtuais e remotos

Nos últimos anos, o desenvolvimento da realidade virtual (VR) e aumentada (AR) tem reduzido limitações geográficas e espaciais quanto à visita de ambientes físicos [Panagiotidis 2021, Athar et al. 2023, Siddiqui et al. 2022]. Em especial, museus têm explorado novas possibilidades de interação digital com tecnologias emergentes, com o objetivo de disseminar exposições e coleções artísticas [Hammady et al. 2020]. Com isso, apreciação de obras de arte e visitas a museus por meio da internet tem se tornado uma prática comum, devido à construção dos chamados museus virtuais [Barbieri et al. 2017]. Segundo [Lima 2013], o termo “virtual” pode ser utilizado tanto para descrever o que é criado pelo computador e que não possui uma referência no mundo físico, quanto para se referir àquilo que existe no mundo real e é digitalizado.

De acordo com [Styliani et al. 2009], museu virtual é uma coleção de objetos digitais logicamente interligados, formada por diversos tipos de mídia, que, devido à sua capacidade de oferecer conectividade e múltiplos pontos de acesso, ultrapassa os métodos tradicionais de comunicação e interação com os visitantes. Esses espaços são adaptáveis aos interesses dos usuários e não possuem localização ou espaço físico definidos.

Em [Sylaiou et al. 2010], os autores exploram uma ferramenta de criação de exposições virtuais que utiliza realidade aumentada e gráficos 3D. O estudo analisa também o nível de imersão sentido pelos participantes e sua satisfação ao visitar exposições virtuais em museus, comparando com visitas reais. Os autores concluem que a diversão foi positivamente associada à presença de objetos em AR e VR, indicando que uma maior sensação de presença no ambiente virtual resultou em maior satisfação e prazer ao interagir com o sistema do museu virtual. Além disso, a pesquisa revela que as experiências anteriores dos participantes com a tecnologia não afetaram a percepção da realidade dos artefatos virtuais nem sua sensação geral de presença no museu virtual.

Durante a pandemia da COVID-19, os museus virtuais se tornaram ainda mais participativos no meio digital: 80% dos museus europeus aumentaram suas atividades online por meio de redes sociais, transmissões ao vivo, tours e exposições virtuais [NEMO 2020]. Conforme registrado em [UNESCO 2020], a digitalização é apontada como uma estratégia adotada por muitas instituições, que implementam ações como coleções online, tours 360°, museus virtuais, publicações *online* e exposições digitais.

3. Fundamentação da proposta

Nesta seção apresentam-se 3 pilares que fundamentam a solução proposta, a saber, o repositório de recursos educacionais de origem (Seção 3.1), um panorama sobre a exploração de metaverso em contexto educacional (Seção 3.2) e a plataforma adotada (Seção 3.3).

3.1. O repositório Lourdes Mattos Brasil (LMB)

O LMB é um indexador de recursos educacionais criado por nossa equipe para mapear o estado-da-arte em Informática na Educação, sob a forma de um catálogo de produções nessa área em esfera local, nacional e internacional. Tal repositório, ou catálogo, tem sido mantido desde 2019 pelas turmas da disciplina “Informática Aplicada à Educação” (IAE) como parte do método de ensino/aprendizagem dessa disciplina, na Universidade de Brasília (UnB), conforme veiculado em [Da Nóbrega et al. 2021, Nóbrega and Lima 2019]. Desde então, têm sido identificados e catalogados em média

30 recursos educacionais por semestre no repositório, a partir das buscas que as turmas realizam nos principais eventos científicos da área. Para além da disciplina IAE, o LMB tem tido papel integrador de atividades de ensino, pesquisa e extensão na UnB.

Em atividades de ensino, o repositório é atualizado pela turma de IAE de cada semestre, como mencionado acima; Tem-se então o corpo discente no papel de mantenedor, atualizando índices para navegação. Em outras disciplinas, a exemplo de “Produção de Material Didático”, estudantes podem esboçar contribuições para a produção local e, na pesquisa, consolidar esboços preliminares para empacotamento. Em outras disciplinas ainda, o corpo discente (e o docente) pode(m) fazer uso dos artefatos catalogados para os processos de ensino/aprendizagem dos quais participam.

Já na vertente extensão, em interação com público externo à UnB, e.g. em oficinas, os recursos catalogados são também explorados conforme a audiência da atividade. O corpo discente tem atuado em monitoria nessas atividades extensionistas.

Tecnicamente, a versão atual persiste em ambiente de edição coletiva: o software MediaWiki⁶, acrescido de extensão que permite construir, em tempo de execução, índices em linguagem da *Web Semântica*, de maneira transparente à pessoa mantenedora.

3.2. Metaverso na Educação

Registros acadêmicos sobre a aplicação de ambientes de metaverso para o contexto educacional podem ser encontrados na literatura já do início dos anos 2000, a partir do lançamento da plataforma *Second Life*, que completou 20 anos em 2023. Em eventos especificamente voltados à discussão para esse contexto, propunha-se, por exemplo, mecanismos para prover integração com LMS⁷ popular como o Moodle [Kemp and Livingstone 2006]. Outros trabalhos arriscavam preconizar a disseminação massiva do metaverso como tecnologia predominante para apoio à educação superior em meados da segunda década [Collins 2008]. Porém na virada da década as iniciativas restavam ainda tímidas, e.g. [Dominguez-Noriega et al. 2011], apesar da notória atratividade da plataforma *Second Life* e das possibilidades que pareciam se abrir.

Uma análise minuciosa dessa evolução cronológica está fora do escopo do presente artigo, porém alguns eventos globais como (i) a popularização de mídias sociais, inclusive imersivas e pelas chamadas gerações Z e Alfa [Han et al. 2023b] e (ii) a associação de novas tecnologias da *Web 3.0*, Inteligência Artificial (IA) [Hwang and Chien 2022, Kumar et al. 2023] e inspeção massiva de dados [Lin et al. 2022], além de *blockchain* [Sutikno and Aisyahrani 2023], são fortes candidatos a protagonizar uma cadeia causal que vem resultando em ascendentes iniciativas sobre metaverso na educação.

Em uma ótica complementar às abordagens temáticas, destaquem-se nas iniciativas recentes sistematizações rumo a definições [Sutikno and Aisyahrani 2023] ou *frameworks* [Wang et al. 2022], elenco de desafios técnicos [Hwang and Chien 2022, Lin et al. 2022] e éticos [Tlili et al. 2022] a fim de guiar a comunidade rumo a uma agenda compartilhada. Pautas mandatórias mais recentes, resultantes de demandas sociais a exemplo de inclusão também têm mobilizado as comunidades concerni-

⁶<https://www.mediawiki.org/wiki/MediaWiki>

⁷*Learning Management System.*

das [Othman et al. 2024, Abendschein et al. 2023, Parker et al. 2023, Dudley et al. 2023, Damasceno et al. 2023]. Adicionalmente, e como resultado, investimentos em estudos primários [Capatina et al. 2024, Karami et al. 2024, Pentangelo et al. 2024], incluindo levantamento de percepção [Hwang et al. 2023], contribuem para atestar benefícios oriundos das novas formulações em torno de metaverso educacional.

Em estudo secundário recente [López-Belmonte et al. 2023], o Brasil surge dividindo com a Espanha a posição de país pioneiro em pesquisas sobre metaverso na educação. Entre os trabalhos brasileiros precussores, a utilização de laboratórios virtuais para o ensino imersivo de cálculo se faz destacar [Machado et al. 2023].

Por outro lado, apesar do reconhecido pioneirismo por trabalhos relevantes, a disseminação de metaverso educacional no Brasil ainda está longe de ser massiva. Registre-se que o termo “metaverso” aparece explicitamente em chamada SBIE apenas a partir de 2022, em um movimento típico responsivo aos trabalhos raros porém significativos que têm atendido [Machado et al. 2023, Damasceno et al. 2023, Vieira and de Medeiros 2023]. Outras comunidades no âmbito da SBC vêm também atentando para a relevância da temática, a exemplo de WEI [de Classe et al. 2023] e outras que acolhem aplicações educacionais, a exemplo de SBSC [Araujo et al. 2024, de Classe and de Castro 2023] e SBGames [Lemos 2022].

3.3. A plataforma Decentraland

Para este projeto foi adotada a Decentraland⁸, uma plataforma para criação de mundos virtuais cujas características atendem os requisitos do projeto, especialmente pelo fato de ser uma forma descentralizada, controlada por uma Organização Autônoma Descentralizada (DAO) [Guidi and Michienzi 2022], que faz a gestão dos contratos inteligentes e dos ativos comercializáveis.

Decentraland é caracterizado em [Luo et al. 2023] como uma plataforma que proporciona uma experiência de metaverso imersiva e interativa, permitindo aos usuários explorar espaços virtuais 3D criados pela comunidade, interagir com outros jogadores e criar seus próprios conteúdos digitais. Todos os ativos digitais dos jogadores dentro do metaverso são registrados publicamente em uma *blockchain*, e a economia interna é impulsionada por um *token* nativo da plataforma, o MANA.

Lançado oficialmente em 2020, Decentraland possibilita que usuários tenham seu próprio espaço, chamado de LAND, na cidade Genesis [Ordano et al. 2017]. A cidade, ponto de entrada de novos jogadores em Decentraland, é composta por 9 praças e diversos distritos temáticos interligados por avenidas, que servem como pontos de orientação para os jogadores [Guidi and Michienzi 2022]. Parcelas de terreno da cidade são disponíveis para serem alugadas ou compradas pelos usuários, com preços variando de acordo com a proximidade dos pontos de referência e das avenidas [Yencha 2023, Goldberg et al. 2021, Güven and Ercan 2022]. Além de LANDs, o Decentraland permite negociações de outros elementos, como caracterizações dos avatares, vestuários e *emotes* (animações para o personagem), negociados no *marketplace* da plataforma.

Decentraland também oferece uma ferramenta integrada para construção de espaços 3D no metaverso. O Builder pode ser utilizado tanto em sua versão *Web* quanto na

⁸<https://decentraland.org/>

sua versão *desktop* (com uma extensão oficial para editor de código Visual Studio Code). Com o Builder, usuários podem criar jogos e ambientes interativos [Andringa 2022] e divulgar suas criações sem necessariamente possuir uma LAND na cidade Genesis.

A arquitetura do Decentraland é composta por três elementos principais: a rede Catalyst, que representa um conjunto de servidores distribuídos que fornecem serviços essenciais por Application Programming Interface (API); o Command Line Interface (CLI), ferramenta de linha de comando utilizada por criadores para construção e execução de novos projetos; e o World Explorer, cliente *Web* ou *desktop* pelo qual os jogadores podem ingressar e explorar o metaverso. Por conta de sua natureza descentralizada, a plataforma também disponibiliza, de forma transparente, serviços que fornecem informações sobre o tráfego de transações, viabilizando análises sobre o comportamento dos usuários, atividades econômicas e engajamento da comunidade, como amplamente explorado em [Luo et al. 2023].

4. Concepção e prototipagem do LMB no metaverso

Por uma exploração inicial da Decentraland, deu-se início aos trabalhos a fim de identificar capacidades e limites da plataforma. Utilizou-se o Builder para a construção de cenas, o CLI para a compilação e execução de novos projetos, e o World Explorer para explorar as cenas criadas e nelas navegar. A plataforma disponibiliza um conjunto de cenas de exemplo para personalizar, além de listar cenas públicas criadas por outros jogadores, que também podem ser clonadas e editadas. Uma cena é essencialmente um projeto NodeJS escrito em TypeScript, que tem como dependências os pacotes decentraland (CLI) e decentraland-ecs, este último para manipulação de Entidades, Componentes e Sistemas (ECS), disponíveis no repositório Node Package Manager (npm). Utilizou-se ainda a versão 6 do SDK, uma vez que essa versão oferece uma documentação abrangente e mais exemplos de personalização de cenas.

Para criar uma experiência dinâmica de navegação no novo repositório LMB, visando à exploração dos artefatos educacionais através de espaços 3D do Decentraland, e mantendo a estrutura básica de índices do LMB, buscou-se construir cenas para representar categorias de artefatos em hierarquia. Por exemplo, uma cena que agrega opções de diferentes níveis educacionais teria um grupo de elementos interativos que permitiriam navegar para um espaço contendo os artefatos do nível educacional escolhido. Assim, o desenvolvimento contemplou os seguintes elementos (detalhados a seguir):

1. Três cenas de base para o projeto;
2. Duas categorias possíveis para navegação: Nível Educacional (subcategorias Ensino Fundamental, Ensino Médio, Ensino Técnico e Ensino Superior) e Disciplina (Português, Matemática, Física e Biologia); e
3. Servidor *backend* responsável por controlar as navegações dos jogadores e os conteúdos disponíveis em cada cena.

4.1. Construção das cenas

A cena inicial tem dimensões de 2x2 parcelas e é identificada como Hall de Entrada, conforme ilustração na Figura 1. Esse é o ponto de entrada do projeto, por onde a pessoa usuária terá acesso aos dois tipos de navegação propostos. Utilizou-se um *outdoor*



Figura 1. Hall de Entrada do LMB no metaverso.

com a identidade visual da Universidade de Brasília (UnB), criado em trabalho anterior [de Azevedo Juvito and Soares 2023].

Internamente, esse espaço contém 12 itens inteligentes, sendo 6 botões e 6 imagens. Os botões servem como gatilho de navegação para outra cena, e cada um tem uma imagem que descreve para qual categoria o botão irá direcionar. As imagens foram criadas na ferramenta de *design* gráfico Figma.

Ao baixar a cena e executá-la por meio do CLI, é possível testar o projeto de forma *offline*, fora de um servidor Catalyst. O espaço no modo *offline* é exatamente o mesmo da cidade Genesis, e por padrão todas as cenas baixadas do Editor *Web* são criadas na coordenada (0,0). Nesse momento optou-se por manter as configurações iniciais da cena.

Inicialmente, utilizou-se o Editor *Web* para criar e editar novas cenas quando necessário. No entanto, a edição da cena por meio do Editor Desktop torna as alterações mais rápidas e menos trabalhosas, uma vez que não há necessidade de carregar ou baixar a cena, como na primeira alternativa. Outro ponto positivo dessa abordagem é que as alterações realizadas no Editor Desktop atualizam automaticamente o código-fonte. Em vista disso, decidiu-se utilizar a versão desktop a partir desse momento.

A segunda cena (Figura 2) também possui dimensões de 2x2 parcelas, contendo 15 itens inteligentes, sendo 8 botões e 7 imagens. Adicionou-se um botão especificamente para que a pessoa jogadora possa voltar à cena anterior mais facilmente. Denominado como Salão, esse ambiente possibilita à pessoa jogadora escolher entre as subcategorias disponíveis a partir da categoria selecionada na cena anterior.

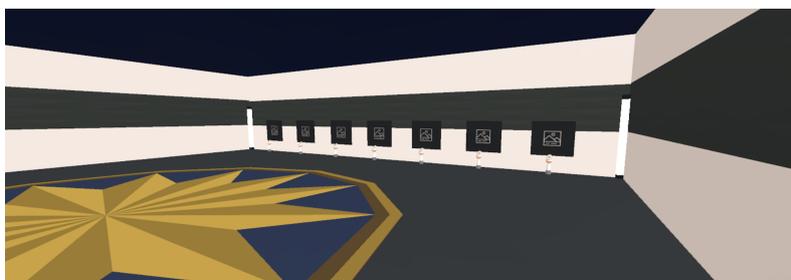


Figura 2. Versão inicial da segunda cena criada.

A última cena, denominada Biblioteca (Figura 3), serve como o ponto central de interações da pessoa usuária. Esse ambiente é composto por 2 andares, cada um contendo

10 corredores. Cada corredor é designado para reunir artefatos específicos, organizados de acordo com a letra correspondente do alfabeto.

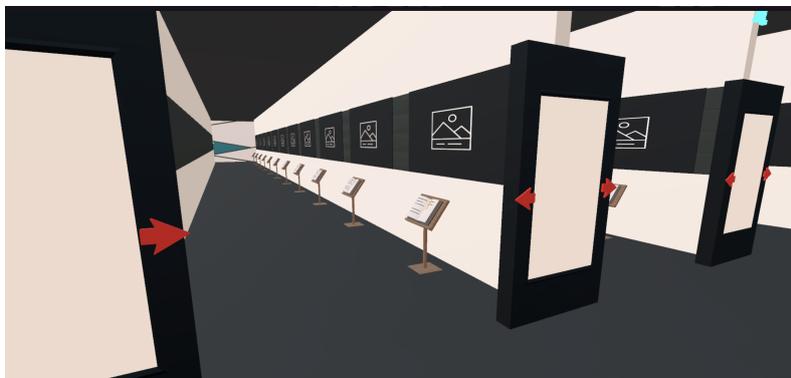


Figura 3. Protótipo dos corredores da Biblioteca.

A construção da Biblioteca foi particularmente desafiadora devido à sua complexidade. A inclusão de uma grande quantidade de itens inteligentes tornou o processo de desenvolvimento especialmente trabalhoso, mesmo utilizando o Editor Desktop. Externamente, adicionaram-se à cena dois botões que permitem à pessoa usuária voltar para o Salão ou para o Hall de Entrada.

Nos corredores da Biblioteca, adicionou-se um item inteligente (Figura 4) que não está disponível entre os pacotes temáticos do Builder, mas sim no repositório de exemplos que o Decentraland disponibiliza no GitHub⁹ para consulta. A Estante de Leitura é um item fundamental nessa cena, pois é esse objeto que, quando clicado, permite à pessoa jogadora abrir uma interface 2D que contém informações sobre o artefato que se deseja ler. Foi necessário realizar pequenas modificações na Estante de Leitura, em uma ferramenta *online* de edição de arquivos GL Transmission Format Binary (GLB), para remover detalhes menos relevantes para esse objeto na cena em questão.



Figura 4. Item inteligente utilizado para abrir um artefato.

Outro detalhe relevante adicionado à cena é um painel em frente a cada corredor. Esse painel é responsável por exibir a letra do alfabeto que inicia o nome dos artefatos daquele corredor, além de listar os nomes dos artefatos presentes no corredor. Ademais, como cada corredor foi projetado para exibir no máximo 11 artefatos por vez,

⁹<https://github.com/decentraland>

adicionaram-se setas direcionais para a esquerda e para a direita no painel, que servem como forma de paginação dos artefatos. Quando a pessoa jogadora clicar na seta para a direita, os 11 artefatos seguintes serão apresentados no corredor dinamicamente.

A paginação nesse contexto é particularmente importante devido ao fato de que uma mesma letra pode conter diversos artefatos cadastrados. Como o SDK possibilita escrever código TypeScript para personalizar o comportamento do ECS, foi possível implementar toda essa lógica diretamente no código-fonte da cena. Assim, pode-se verificar se uma entidade está adicionada à engine e, caso esteja, removê-la e adicionar uma entidade diferente. Dessa forma, é possível alterar os artefatos dos corredores programaticamente.

Finalizadas as três cenas, foi necessário reuni-las em um mesmo contexto para que a pessoa jogadora possa navegar entre os diferentes espaços. No Decentraland, cada cena é um projeto independente, executado em um contexto isolado com seus próprios arquivos de configuração e código-fonte. Contudo, a execução simultânea dessas cenas é possível graças ao Workspace disponibilizado pela plataforma. Disponível tanto no SDK 6 quanto no 7, o Workspace permite agrupar múltiplas cenas em um único projeto, proporcionando uma capacidade avançada na criação de experiências virtuais.

Após a inclusão das cenas no arquivo `dcl-workspace.json`, que define quais projetos irão compartilhar o mesmo contexto, foi necessário alterar as configurações de cada cena. Como todos os projetos de cenas são definidos por padrão para serem executados na coordenada (0, 0), é preciso estabelecer em qual ponto do mapa cada cena será executada para evitar sobreposição de conteúdo e *bugs*. No arquivo `scene.json` de cada projeto, estipulamos não apenas essa coordenada inicial, mas também o ponto exato dentro dos limites da cena onde a pessoa jogadora deve “nascer” e para onde a câmera deve estar direcionada ao ser teletransportada para a cena.

4.2. Projeto de navegação e apresentação do conteúdo selecionado

O SDK oferece uma série de funcionalidades avançadas para a construção de cenas no Decentraland. Ele permite controlar as respostas do ambiente de acordo com as interações do jogador. Por padrão, os jogadores podem se ver e interagir, mas cada um interage com o ambiente de forma independente, ou seja, as alterações no ambiente não são compartilhadas entre eles. Portanto, podemos implementar ações customizadas nos itens inteligentes para possibilitar navegação entre cenas e exploração dos conteúdos.

4.2.1. Navegação

No Workspace, onde múltiplas cenas são carregadas em um mesmo ambiente, podemos teletransportar um jogador em resposta a um clique em um item inteligente (Figura 5) para qualquer ponto do mapa, inclusive para outras cenas (Figura 6). No entanto, o Decentraland não oferece a capacidade de compartilhar informações durante o teletransporte do jogador, uma vez que os módulos das cenas coexistem, mas não formam um projeto único. Portanto, propomos o controle dessas navegações a partir de um *backend* próprio. Ao gerenciar as navegações externamente ao *frontend*, viabilizamos a composição de múltiplas cenas e exploramos novas possibilidades de personalização por meio de serviços externos.

A informação que identifica e diferencia um jogador do outro é o *userId* da sua sessão. Se há uma carteira digital vinculada, o *userId* é especificamente o endereço



Figura 5. Escolhendo categoria “Ensino Médio” na cena 2.



Figura 6. Explorando categoria selecionada na cena 3.

dessa carteira. Caso contrário, um identificador no formato *Universally Unique Identifier* (UUID) de 128 bits é gerado aleatoriamente. Logo, para viabilizar a navegação entre as cenas, é preciso salvar o identificador da sessão e a categoria que o jogador escolheu. Assim, ao navegar, outra requisição irá recuperar a categoria escolhida a partir do identificador, possibilitando exibir o conteúdo apenas da categoria escolhida.

O *backend* foi construído com as tecnologias Node.js¹⁰ e Express.js¹¹, comumente utilizadas para criar servidores web. O Express.js é um *framework* que oferece uma série de recursos para a construção de APIs que seguem o padrão de arquitetura Representational State Transfer (REST). No nosso contexto, iremos criar inicialmente dois endpoints para o serviço de navegação: POST /navigation/:userId/create que registra a navegação de um usuário, e GET /navigation/:userId/read que recupera a navegação escolhida.

Após a requisição a um dos *endpoints* acima, uma operação será realizada no arquivo `navigations.json` localizado no próprio servidor, responsável por armazenar as navegações salvas. Salvar as informações em um arquivo no formato JavaScript Object Notation (JSON) permite uma validação mais rápida da proposta, uma vez que sua manipulação é simplificada (*c.f.* Arquivos¹²).

4.2.2. Conteúdo

O sistema de navegação implementado é fundamental, pois possibilita a disponibilização de conteúdo. Com a informação da navegação escolhida pelo jogador, podemos exibir apenas os artefatos da categoria selecionada. De forma similar aos *endpoints* de navegação, podemos viabilizar o cadastro, a leitura, a edição e a exclusão de artefatos diretamente a partir da API. Para esse projeto, implementamos apenas a possibilidade de controlar os artefatos, o que não impede que novas funcionalidades sejam desenvolvidas futuramente, como a criação de novas categorias por API.

A apresentação do artefato no LMB segue o formato de uma página *wiki* convencional, geralmente composta por seções como descrição, cenário de uso, *site* oficial e referências. O Decentraland oferece a capacidade de criar interfaces completas e al-

¹⁰<https://nodejs.org>

¹¹<https://expressjs.com>

¹²<https://anonymous.4open.science/r/arquivos-1FA2>

tamente customizáveis, permitindo adicionar imagens, textos e componentes clicáveis, estilizá-los e adicionar ações diversas. Portanto, para a versão do LMB no metaverso, propomos a criação de uma interface 2D semelhante a um livro digital (Figura 7).

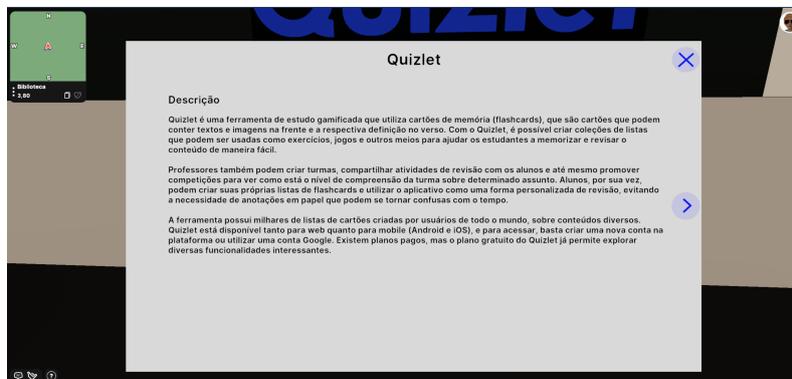


Figura 7. Livro digital de um artefato no metaverso.

Para viabilizar a construção do livro digital, precisamos criar uma sintaxe padrão para o cadastro e a edição de artefatos. Esse padrão permite que o conteúdo seja tratado adequadamente no *frontend*, separando as seções por página. De forma similar ao Hyper-Text Markup Language (HTML) em uma página *web*, onde *tags* são usadas para separar e identificar partes específicas do conteúdo, criamos divisores para facilitar a manipulação de informações de um novo artefato. A *tag section* delimita uma seção do livro digital. A *tag title* representa o título da seção, e cada seção pode ou não ter um título. Já a *tag text* é utilizada para definir trechos de texto dentro da seção. Outro separador criado é a *tag br*, que serve como quebra de linha no conteúdo, especialmente entre as *tags* do tipo *text*. Com isso, no *frontend* conseguimos extrair, por meio de expressões regulares, as informações do conteúdo de um artefato, de forma que possamos posicioná-las nos locais pré-definidos na interface.

No *backend*, a pasta *content* hospeda três arquivos no formato JSON, cada um armazenando as informações necessárias para cada uma das cenas do *frontend*. Os arquivos *content-level-1.json* e *content-level-2.json* contêm os textos que serão exibidos em cada botão da cena, o tipo de navegação e as imagens que são exibidas acima dos botões. Esse conjunto de informações para as duas primeiras cenas não é alterável.

A pasta *content* contém ainda o arquivo *content-level-3.json*, responsável por armazenar os dados de cada artefato. Sua estrutura é significativamente maior, com cada subcategoria possuindo um conjunto de 26 listas, uma para cada letra do alfabeto, que separa os artefatos por sua letra inicial. Essa organização também possibilita a paginação dos múltiplos artefatos nos corredores da terceira cena.

Estabelecido o modelo de construção de páginas de um artefato e o esquema de armazenamento, implementamos quatro novos endpoints na API que executam operações específicas no arquivo *content-level-3.json*: `POST /content/create` para cadastro de um novo artefato, `GET /content/read` para recuperar artefatos cadastrados, `PUT /content/update` para atualizar informações de um artefato, e `DELETE /content/delete` para excluir um artefato cadastrado.

Para validar as implementações realizadas, cadastramos um conjunto de artefatos catalogados pelos discentes nos quatro últimos semestres da disciplina IAE. Com isso, foi possível avaliar o funcionamento integrado das três cenas, o serviço de navegação e a oferta de conteúdo (Figura 8).



Figura 8. Pessoa jogadora interagindo com artefato na Biblioteca.

O repositório LMB em metaverso é parte integrante do *UnBland*, um projeto que surge para implantar a noção de metaversidade através dos campi da UnB, partindo de gêmeos digitais da estrutura física e integrando serviços digitais pré-existentes a outros inéditos, factíveis graças às tecnologias em torno de metaverso. *UnBland* é um desdobramento do projeto SmartUnB.ECOS [da Nóbrega et al. 2022], estruturando Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs) em torno de PD&I em ecossistemas educacionais. Em específico, o trabalho ora reportado é oriundo de TCC recentemente defendido nesse âmbito [Barbosa and de Carvalho 2024].

5. Conclusão

No presente artigo, considera-se que são necessários investimentos pró-ativos face à nova geração de mídias sociais que se anuncia, na iminência de controle soberano pelas *big techs*, mais uma vez. Nessa direção, as possibilidades abertas por essas tecnologias para a educação, no chamado “novo normal”, já começam a ser exploradas com propósito pedagógico, rumo a uma re-educação de estudantes, mas também de educadores para um mundo pós-pandêmico.

Assim, tecnologias de metaverso são exploradas para redesenhar um repositório de recursos educacionais, agregando ao seu consolidado papel sócio-pedagógico uma maior atratividade e abrindo possibilidades inéditas, a partir de atributos inerentes à plataforma adotada (descentralizada e de código aberto). Por outro lado, limitações técnicas são identificadas relativamente à versão anterior do repositório, a exemplo da construção dinâmica de índices para navegação, então ancorada em tecnologias da Web semântica. Tais limitações são postas na agenda de trabalhos futuros, como um desafio para que se possa prover criação ou ao menos configuração de cenas em tempo de execução, acompanhando as operações usuais de manutenção do repositório.

Referências

- Abendschein, R., Desai, S., and Astell, A. J. (2023). Towards accessibility guidelines for the metaverse. In *Proceedings of the CHI*, volume 23.
- Aguaded, I., Vizcaíno-Verdú, A., García-Prieto, V., and de Casas-Moreno, P. (2023). The impact of post-pandemic learning loss on education development: A systematic review. *Review of Communication Research*, 11:172–189.
- Andringa, C. (2022). *Property of the future-A research into factors influencing the value of virtual land*. PhD thesis.
- Araujo, F. C., Vivacqua, A., and França, J. B. (2024). Desenvolvendo competências computacionais no ensino fundamental: Integração do pensamento computacional e do metaverso no ambiente educacional. In *Anais Estendidos do XIX Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, pages 1–6. SBC.
- Athar, A., Ali, S. M., Mozumder, M. A. I., Ali, S., and Kim, H.-C. (2023). Applications and possible challenges of healthcare metaverse. In *2023 25th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, pages 328–332. IEEE.
- Barbieri, L., Bruno, F., and Muzzupappa, M. (2017). Virtual museum system evaluation through user studies. *Journal of Cultural Heritage*, 26:101–108.
- Barbosa, C. E. S. and de Carvalho, G. A. (2024). Um repositório de recursos educacionais no metaverso. Monografia (Graduação em Computação - Licenciatura). Universidade de Brasília (UnB).
- Beetham, H., Collier, A., Czerniewicz, L., Lamb, B., Li, Y., Ross, J., Scott, A.-M., and Wilson, A. (2022). Surveillance practices, risks and responses in the post pandemic university. *Digital Culture and Education*, 14(1):16–37.
- Bojic, L. (2022). Metaverse through the prism of power and addiction: what will happen when the virtual world becomes more attractive than reality? *European Journal of Futures Research*, 10(1):22.
- Braga, J., editor (2014). *Objetos de Aprendizagem Volume 1 – Introdução e Fundamentos*. Editora UFABC.
- Capatina, A., Patel, N. J., Mitrov, K., Cristea, D. S., Micu, A., and Micu, A.-E. (2024). Elevating students' lives through immersive learning experiences in a safe metaverse. *International Journal of Information Management*, 75:102723.
- Castaño-Pulgarín, S. A., Suárez-Betancur, N., Vega, L. M. T., and López, H. M. H. (2021). Internet, social media and online hate speech. systematic review. *Aggression and violent behavior*, 58:101608.
- Che, X., Metaxa-Kakavouli, D., and Hancock, J. T. (2018). Fake news in the news: An analysis of partisan coverage of the fake news phenomenon. In *Companion of the 2018 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing*, pages 289–292.
- Collins, C. (2008). Looking to the future: Higher education in the metaverse. *Educause Review*, 43(5):50–52.

- da Nóbrega, G. M., da Silva, G. T., and Silva, T. V. (2022). Um projeto estruturante para orientações de TCC em cursos de computação: que oportunidades para IHC? In *Anais do XIII Workshop sobre Educação em IHC*, pages 19–24. SBC.
- Da Nóbrega, G. M., de Araújo, G. G., and Cruz, F. W. (2021). Towards collaborative ontology construction for learning computer science in education. In *2021 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, pages 305–307. IEEE.
- 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.
- de Azevedo Juvito, L. and Soares, R. T. (2023). A metaversidade chega ao campus: possibilidades e desafios do metaverso para educação superior. Monografia (Graduação em Computação - Licenciatura). Universidade de Brasília (UnB).
- de Classe, T. M. and de Castro, R. M. (2023). Metaverso: Ambiente de colaboração e aprendizado em aula híbrida. In *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, pages 16–29. SBC.
- de Classe, T. M., de Castro, R. M., de Oliveira, E. G., and Oliveira, E. W. (2023). Uso de metaverso em avaliações formativas híbridas. In *Anais do XXXI Workshop sobre Educação em Computação*, pages 384–395. SBC.
- Dominguez-Noriega, S., Agudo, J. E., Ferreira, P., and Rico, M. (2011). Language learning resources and developments in the second life metaverse. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 3(5):496–509.
- Drury, B., Drury, S. M., Rahman, M. A., and Ullah, I. (2022). A social network of crime: A review of the use of social networks for crime and the detection of crime. *Online Social Networks and Media*, 30:100211.
- Dudley, J., Yin, L., Garaj, V., and Kristensson, P. O. (2023). Inclusive immersion: a review of efforts to improve accessibility in virtual reality, augmented reality and the metaverse. *Virtual Reality*, 27(4):2989–3020.
- Goldberg, M., Kugler, P., and Schär, F. (2021). Land valuation in the metaverse: Location matters. Available at SSRN 3932189.
- Guidi, B. and Michienzi, A. (2022). Social games and blockchain: exploring the metaverse of decentraland. In *2022 IEEE 42nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW)*, pages 199–204.
- Güven, İ. and Ercan, T. (2022). Determining factors of virtual land value: The case of decentraland. International Technology and Design Symposium.
- Hammady, R., Ma, M., and Strathearn, C. (2020). Ambient information visualisation and visitors' technology acceptance of mixed reality in museums. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 13(2):1–22.
- Han, J., Liu, G., and Gao, Y. (2023a). Learners in the metaverse: A systematic review on the use of Roblox in learning. *Education Sciences*, 13(3):296.
- Han, J., Liu, G., and Gao, Y. (2023b). Learners in the metaverse: A systematic review on the use of Roblox in learning. *Education Sciences*, 13(3):296.

- Hwang, G.-J. and Chien, S.-Y. (2022). Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3:100082.
- Hwang, G.-J., Tu, Y.-F., and Chu, H.-C. (2023). Conceptions of the metaverse in higher education: A draw-a-picture analysis and surveys to investigate the perceptions of students with different motivation levels. *Computers & Education*, 203:104868.
- Karami, A. F., Nurhayati, H., and Arif, Y. M. (2024). Design and evaluation of maliki v-lab: A metaverse-based virtual laboratory for computer assembly learning in higher education. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(6).
- Kemp, J. and Livingstone, D. (2006). Putting a second life “metaverse” skin on learning management systems. In *Proceedings of the Second Life education workshop at the Second Life community convention*, volume 20. The University of Paisley San Francisco.
- Kumar, D., Haque, A., Mishra, K., Islam, F., Mishra, B. K., and Ahmad, S. (2023). Exploring the transformative role of artificial intelligence and metaverse in education: A comprehensive review. *Metaverse Basic and Applied Research*, 2:55–55.
- Lemos, L. (2022). Nova era da arte do ensino de saúde, da medicina e de suas práticas: aplicações do metaverso. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 613–622. SBC.
- Lima, D. F. C. (2013). O que se pode designar como museu virtual segundo os museus que assim se apresentam.
- Lin, H., Wan, S., Gan, W., Chen, J., and Chao, H.-C. (2022). Metaverse in education: Vision, opportunities, and challenges. In *2022 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, pages 2857–2866. IEEE.
- López-Belmonte, J., Pozo-Sánchez, S., Moreno-Guerrero, A.-J., and Lampropoulos, G. (2023). Metaverse in education: a systematic review. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 23(73).
- Luo, J., Casale-Brunet, S., Guidi, B., Mattavelli, M., and Liu, X. (2023). Unveiling social aggregation in the decentraland metaverse platform. In *Proceedings of the 2023 ACM Conference on Information Technology for Social Good*, pages 419–427.
- Machado, L. A. L. M., da Silva, T. L., Tarouco, L. M. R., and Herpich, F. (2023). Metaverso para educação em desenvolvimento sustentável. In *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 536–547. SBC.
- NEMO (2020). Nemo report on the impact of covid-19 on museums in europe. Accessed: 2024-06-11.
- Nóbrega, G. and Lima, F. (2019). Aprendizagem da informática na educação por questionamento e modelagem a partir da web. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 8, page 843.
- Ordano, E., Meilich, A., Jardi, Y., and Araoz, M. (2017). Decentraland: A blockchain-based virtual world. *Decentraland, White Paper*.
- Othman, A., Chemnad, K., Hassanien, A. E., Tlili, A., Zhang, C. Y., Al-Thani, D., Altinay, F., Chalghoumi, H., S. Al-Khalifa, H., Obeid, M., et al. (2024). Accessible

- metaverse: A theoretical framework for accessibility and inclusion in the metaverse. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(3):21.
- Panagiotidis, P. (2021). Virtual reality applications and language learning. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education*, 12(2):4447–4455.
- Parker, C., Yoo, S., Lee, Y., Fredericks, J., Dey, A., Cho, Y., and Billingham, M. (2023). Towards an inclusive and accessible metaverse. In *Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–5.
- 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.
- RISK, U. (2002). Draft standard for learning object metadata. *IEEE standard*, 1484(1).
- Siddiqui, M. S., Syed, T. A., Nadeem, A., Nawaz, W., and Alkhodre, A. (2022). Virtual tourism and digital heritage: an analysis of vr/ar technologies and applications. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(7).
- Styliani, S., Fotis, L., Kostas, K., and Petros, P. (2009). Virtual museums, a survey and some issues for consideration. *Journal of Cultural Heritage*, 10(4):520–528.
- Sutikno, T. and Aisyahrani, A. I. B. (2023). Non-fungible tokens, decentralized autonomous organizations, Web 3.0, and the metaverse in education: From university to metaversity. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 17(1):1–15.
- Sylaiou, S., Mania, K., Karoulis, A., and White, M. (2010). Exploring the relationship between presence and enjoyment in a virtual museum. *International journal of human-computer studies*, 68(5):243–253.
- Tlili, A., Huang, R., Shehata, B., Liu, D., Zhao, J., Metwally, A. H. S., Wang, H., Denden, M., Bozkurt, A., Lee, L.-H., et al. (2022). Is metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis. *Smart Learning Environments*, 9(1):1–31.
- UNESCO (2020). Museums around the world in the face of covid-19.
- Vieira, E. E. and de Medeiros, F. P. A. (2023). Estado da arte sobre a educação em ambientes imersivos do metaverso. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 31:1248–1269.
- Wang, M., Yu, H., Bell, Z., and Chu, X. (2022). Constructing an edu-metaverse ecosystem: A new and innovative framework. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 15(6):685–696.
- Weibel, S., Kunze, J., Lagoze, C., and Wolf, M. (1998). Dublin core metadata for resource discovery. Technical report.
- Yencha, C. (2023). Spatial heterogeneity and non-fungible token sales: Evidence from decentraland land sales. *Finance Research Letters*, 58:103628.