



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

Desenvolvimento de um protótipo no Decentraland com NPCs para integração de agentes inteligentes na assistência universitária

Bruno Helder R. Guedes

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Bacharelado em Ciência da Computação

Orientadora
Prof.a Dr.a Germana Menezes da Nobrega

Brasília
2025



Desenvolvimento de um protótipo no Decentraland com NPCs para integração de agentes inteligentes na assistência universitária

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Bacharelado em Ciência da Computação

Prof.a Dr.a Germana Menezes da Nobrega (Orientadora)
CIC/UnB

Prof.a Dr.a Carla Denise Castanho Prof. Dr. Maurício Serrano
CIC/UnB FCTE/UnB

Prof. Dr. Marcelo Grandi Mandelli
Coordenador do Bacharelado em Ciência da Computação

Brasília, 03 de julho de 2025

Dedicatória

Dedico o presente trabalho à minha companheira Bárbara, minha maior inspiração e amor incondicional, pelo apoio e força nos momentos mais difíceis. Ao meu amigo Afonso, pelos conselhos, ensinamentos e confiança em mim. À minha família: meus irmãos Marcus Augusto e Bernardo Augusto, minha mãe Rachel Juliane e meu pai Antonio Helder, que sempre acreditaram em mim, me apoiaram e foram compreensivos em momentos cruciais. À educação brasileira, pela qual tenho orgulho de contribuir.

Agradecimentos

Agradeço à Universidade de Brasília (UnB), por oferecer um ensino de qualidade, um ambiente com estrutura para abrigar tantas pessoas com diferentes histórias e vivências e com as quais pude interagir, me tornando um ser humano mais aberto e completo.

Agradeço ao Departamento de Ciências da Computação (CIC), por ter me auxiliado quando precisei tirar dúvidas, ter me ajudado a resolver burocracias das bolsas de estágio e ter divulgado oportunidades de estágio, de projetos e de outros eventos relevantes para a minha formação.

Aos colegas de curso e da CJR - Empresa Júnior de Computação, que dividiram comigo as suas dores e os seus sucessos, me impulsionaram e fizeram ter energia para completar a minha graduação.

À Prof.a Dr.a Germana Menezes da Nobrega que tive o prazer de conhecer e que me auxiliou imensamente na redefinição do foco do meu trabalho, tirou as minhas dúvidas e me direcionou rumo ao sucesso, além de me aconselhar, instigar e confiar que eu seria capaz de desenvolver o meu trabalho à tempo.

Por fim, agradeço à minha família que me proporcionou uma boa base educacional e acreditou em mim. À minha companheira Bárbara que sempre me ouviu, me incentivou, me ajudou da forma que foi capaz e me estimulou a me manter focado. Agradeço aos meus amigos que me apoiaram, incentivaram e ajudaram a me organizar. E a Deus pelas oportunidades e por ter me dado forças para concluir o presente trabalho.

Muito obrigado!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), por meio do Acesso ao Portal de Periódicos.

Resumo

O ritmo acelerado do avanço tecnológico nas últimas décadas trouxe consigo novas possibilidades nas mais diversas áreas de atuação, através do desenvolvimento de ferramentas inovadoras, da integração entre serviços e da busca por aumentar a eficiência das aplicações. O uso da Inteligência Artificial (IA) se tornou mais acessível desta forma e está presente no dia-a-dia de grande parte da população por meio de serviços de *chat online*, por exemplo, que respondem dúvidas, fazem sugestões e auxiliam na resolução de problemas de uma ampla gama de atividades. A área acadêmica também está permeada de usuários que utilizam a IA para aprender e/ou para ensinar, o que traz uma nova dinâmica para o aprendizado e também novas oportunidades de desenvolvimento de ferramentas que buscam tornar esse caso de uso mais prático e significativo. Com o advento do metaverso – ambiente virtual coletivo – e das novidades nas aplicações de Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR), foi possível compreender, através dos estudos feitos sobre o tema, que grande parte do sucesso destes mecanismos está no fato de que a imersão a qual os usuários são submetidos é capaz de prender a atenção e despertar um interesse maior nas atividades realizadas. Nesse sentido, o trabalho em questão desenvolve um protótipo no metaverso *Decentraland* que disponibiliza um Personagem Não Jogável (NPC) capaz de proporcionar assistência básica ao usuário por meio de uma árvore de decisão pré-programada, que também pode ter trechos do diálogo atualizados dinamicamente. Assim, o atual projeto utiliza as ferramentas de desenvolvimento fornecidas pela equipe do *Decentraland* para desenvolver um Produto Mínimo Viável (MVP) e documenta as etapas do desenvolvimento, os desafios enfrentados e as oportunidades reconhecidas.

Palavras-chave: assistente virtual, metaverso, Decentraland, NPC, protótipo.

Abstract

The rapid pace of technological advancement in recent decades has brought new possibilities across various fields through the development of innovative tools, service integrations, and the pursuit of increased application efficiency. The use of Artificial Intelligence (AI) has become more accessible in this context and is now part of the daily lives of a large portion of the population through online chat services, for example, which answer questions, make suggestions, and assist in solving problems across a wide range of activities. The academic field is also permeated with users who utilize AI to learn and/or teach, introducing a new dynamic to learning and new opportunities for developing tools that aim to make this use case more practical and meaningful. With the advent of the metaverse – a collective virtual environment – and advancements in Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) applications, studies on the topic have shown that much of the success of these mechanisms lies in the fact that the immersion experienced by users is capable of capturing attention and sparking greater interest in the activities performed. In this context, the present work develops a prototype in the metaverse Decentraland, featuring a Personagem Não Jogável (NPC) capable of providing basic assistance to the user through a pre-programmed decision tree, which can also have parts of the dialogue dynamically updated. Therefore, this project utilizes the development tools provided by the Decentraland team to create an Minimum Viable Product (MVP) and documents the development stages, challenges faced, and opportunities identified.

Keywords: virtual assistant, metaverse, Decentraland, NPC, prototype.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Problema de pesquisa	3
1.2	Justificativa	3
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo geral	4
1.3.2	Objetivos específicos	4
1.4	Resultados esperados	5
1.5	Metodologia de pesquisa	5
1.6	Organização do documento	6
2	Referencial teórico e técnico	7
2.1	Primórdios da Inteligência Artificial	7
2.2	Assistentes Virtuais e Agentes Pedagógicos	9
2.3	Realidade Virtual e Metaverso	11
2.4	Decentraland e NPCs	16
3	Desenvolvimento e resultados	19
3.1	Planejamento da solução	19
3.2	Preparação do ambiente	21
3.3	Criação da cena	22
3.4	Adição de NPC	23
3.4.1	Incremento do diálogo do NPC	26
3.4.2	Integração com uma API de clima	29
3.5	Desafios e limitações	33
3.6	Resultados obtidos	35
3.7	Análise dos resultados	36
4	Conclusão	38
4.1	Objetivos alcançados	38
4.2	Trabalhos futuros	39

Lista de Figuras

1.1	Elementos do ecossistema do SmartUnB.ECOS [1].	2
1.2	Quadro Kanban utilizado para o desenvolvimento do trabalho.	6
2.1	Exemplo de colaboração paralela dos metaversos [2].	14
2.2	Personagens Não Jogáveis do Decentraland que utilizam a IA: Simone, Aisha e Doge, respectivamente [3].	18
3.1	Estrutura básica do planejamento da solução.	20
3.2	Trabalhos anteriores da equipe relacionados à solução pretendida, com <i>front-end</i> e <i>back-end</i>	20
3.3	Planejamento da solução com integração ao projeto UnBland.	21
3.4	Menu de gerenciamento de cenas.	22
3.5	Menu de criação de cenas com templates.	23
3.6	Visualização da cena no Visual Studio Code pela extensão Decentraland 7.	23
3.7	Primeiro diálogo do NPC.	26
3.8	Diálogo com árvore de decisões para visualizar informações dos semestres.	29
3.9	Resposta para informações do semestre 2025.1. Diálogo apresentado após salto no índice do vetor.	30
3.10	Diálogo com requisição de temperatura feita à API <i>Open Meteo</i>	33
3.11	Registro feito no <i>console</i> do navegador com a resposta retornada pela API <i>Open Meteo</i>	33
3.12	Resposta do NPC com dado de temperatura recuperado na requisição.	34
3.13	Ilustração de diálogo por [4] e diálogo desenvolvido no atual projeto.	36

Lista de Códigos

3.1	Definição do NPC com modelo 3D de um gato preto.	23
3.2	Vetor do primeiro diálogo.	24
3.3	Interface de diálogo do NPC.	25
3.4	Função <i>main</i> com montagem de interface e recuperação dos dados do NPC.	25
3.5	Vetor de diálogo com informações dos semestres.	26
3.6	Atualização da fala do NPC com novo vetor de semestres.	28
3.7	Vetor de diálogo integrado à API <i>Open Meteo</i>	30
3.8	Atualização do vetor de diálogo integrado.	33

Lista de Abreviaturas e Siglas

API Interface de Programação de Aplicações.

AR Realidade Aumentada.

DAO Organizações Autônomas Descentralizadas.

HTTP Protocolo de Transferência de Hipertexto.

IA Inteligência Artificial.

ILE Ambiente de Aprendizagem Inteligente.

ML Aprendizado de Máquina.

MVP Produto Mínimo Viável.

NPC Personagem Não Jogável.

SDK Kit de Desenvolvimento de Software.

VR Realidade Virtual.

Capítulo 1

Introdução

O avanço tecnológico constante das últimas décadas trouxe consigo ferramentas de imersão tecnológica capazes de gerar simulações da realidade feitas por computador. Essas simulações fornecem dimensões físicas, espaciais e visuais nas quais o usuário se sente imerso, podendo interagir com o ambiente virtual, realizando ações com objetos virtuais, outros usuários e mecanismos fornecidos pelos desenvolvedores [5].

Nesse contexto de imersão tecnológica, surgiu o ambiente conhecido como metaverso, que se trata de um espaço baseado na junção de tecnologias que permitem interações multissensoriais com ambientes virtuais, objetos digitais e pessoas, como a Realidade Virtual (VR) e a Realidade Aumentada (AR) [6]. O metaverso permite a comunicação em tempo real e interações dinâmicas com artefatos digitais [6], e, por se tratar de um ambiente imersivo, é um mecanismo rico para ser utilizado em diferentes aplicações, o que inclui a educação e aprendizado [5], dentre eles podemos citar alguns famosos como o Decentraland¹, o The Sandbox² e o Axie Infinity³, entre outros [7]. Este trabalho irá se concentrar no metaverso Decentraland, um metaverso de código aberto que fornece uma plataforma adequada para o desenvolvimento deste protótipo.

Ademais, um agente pedagógico - personagem autônomo presente em ambientes de aprendizagem que tem o propósito de interagir com os estudantes de forma rica e direta - possibilita a resolução de dúvidas e motiva o aprendizado de forma envolvente e mais fácil [8]. Ao inserir alunos universitários em um ambiente imersivo de um Metaverso e proporcionar o contato com conteúdos relevantes por meio de um assistente virtual, por exemplo, espera-se uma entrega de valor tanto para os discentes quanto para os docentes. As possibilidades aqui são grandes, pois o assistente virtual poderá informar o estudante de novos editais de projetos de pesquisa, além de fornecer notícias relevantes sobre tópicos

¹<https://decentraland.org/>

²<https://www.sandbox.game/en/>

³<https://axieinfinity.com/>

que circundam a vida acadêmica do universitário. Além disso, como dito anteriormente, o assistente virtual também poderá responder às dúvidas que o estudante possa ter sobre o calendário acadêmico, prazos de entregas, localizações no campus, entre outros assuntos de interesse deste.

Esse cenário de constante desenvolvimento do metaverso acarretou na adesão de Personagens Não Jogáveis (“Non Playable Characters” – NPCs) ao metaverso Decentraland nos anos recentes, como exposto pelos trabalhos dos colegas em [4] e em [9], desenvolvendo assim uma boa base de partida de exploração desse ambiente virtual e de suas possibilidades de integração com outros sistemas. Nesse sentido, o trabalho visto em [10] também serve como uma base de conhecimento adequada para introduzir os conceitos principais que irão direcionar o presente trabalho rumo à uma solução que traga insumos que contribua para a evolução das soluções desenvolvidas pela área acadêmica em prol de alcançar uma aprendizagem mais significativa e assistida por Inteligência Artificial (IA).

Seguindo esta perspectiva trazida pelos trabalhos relacionados, a tecnologia permitiu o desenvolvimento de novas ferramentas de aprendizado que conversam entre si e que são capazes de fornecer uma base completa e que encoraja a obtenção de conhecimento e a interação com a comunidade de campus universitário, como visto no projeto SmartUnB.ECOS [1]. O presente trabalho está de acordo com o projeto SmartUnB.ECOS (Figura 1.1) no sentido de buscar colaborar com a interoperabilidade das ferramentas de educação e se comunicar com o público universitário, para que desta forma sejam estimulados a socialização e a aprendizagem.

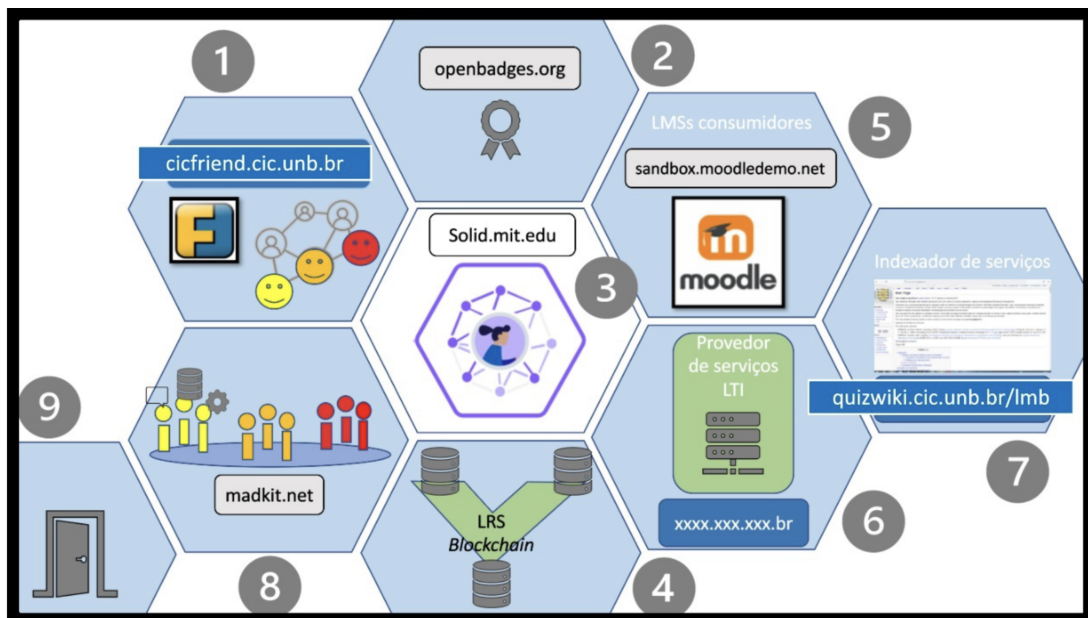


Figura 1.1: Elementos do ecossistema do SmartUnB.ECOS [1].

1.1 Problema de pesquisa

O surgimento de novas ferramentas tecnológicas que fazem uso de inteligência artificial, como os próprios agentes conversacionais, que consistem em soluções de IA que integram técnicas linguísticas em seu canal de comunicação para interpretar e responder o usuário em linguagem natural [11], é um processo natural no mundo globalizado que se vive atualmente [12]. A aplicação destas ferramentas no ensino e aprendizado, área cujo presente trabalho se concentra, é tópico de pesquisa de pesquisadores relevantes da área que averiguam seu potencial e também suas limitações.

Os doutores e professores em [13] contextualizam o leitor sobre como os avanços no campo da neurociência têm demonstrado como os cérebros dos seres humanos são desenvolvidos unicamente e portanto aprendem de formas diferentes. Os autores comentam também que o ensino tradicional é padronizado por natureza e foca em construir currículos em prol de produzir uma força de trabalho em massa, por meio de uma abordagem generalizada. Por fim, comentam também sobre como essa abordagem tem gerado resultados indesejáveis, como: muito indivíduos treinados, mas impossibilitados de se adaptar à mudanças nos requisitos de trabalho; pouca consideração por talento natural, o que mina a criatividade; pouca ou nenhuma paixão por aprendizado; juventude frustrada e infeliz [13].

Assim, o presente trabalho apresenta o seguinte problema de pesquisa: *Como é possível desenvolver um protótipo de ambiente imersivo para assistência universitária personalizada com o uso de NPCs que podem ser integrados a outras aplicações?*

1.2 Justificativa

O trabalho em apreço contribui para o desenvolvimento de uma solução de educação personalizada e de qualidade, independentemente de fatores geográficos, socioculturais ou outros condicionantes, inserindo-se em um esforço conjunto de diferentes campos do conhecimento para abordar a inteligência artificial na educação de forma holística, em prol da construção de uma solução que atenda a todos.

1.3 Objetivos

Nesta seção são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho, onde é possível ter uma visão holística do objetivo do trabalho e também os objetivos específicos que foram necessários em prol de alcançar o objetivo geral.

1.3.1 Objetivo geral

- O presente trabalho busca validar a possibilidade de desenvolver um assistente virtual (que poderá se tornar um agente pedagógico no futuro) em um ambiente imersivo no metaverso Decentraland. O assistente virtual oferecerá respostas para algumas perguntas e poderá, futuramente, proporcionar um atendimento individualizado ao aluno, fazendo recomendações relevantes e estando disponível a qualquer momento.

Com isso, é esperado que haja uma assistência mais efetiva do discente na resolução de problemas da vida universitária, uma vez que o próprio ingresso na universidade deste já o insere em um novo contexto que exige adaptação [14].

1.3.2 Objetivos específicos

Na etapa de exploração, os primeiros objetivos específicos foram estabelecidos. Eles permitiram compreender melhor as ferramentas disponíveis para a criação de espaços no metaverso, suas possibilidades, limitações e desafios. O processo inicial de exploração se deu nos seguintes objetivos específicos:

- Estudar os conceitos e tecnologias relevantes pela revisão da literatura;
- Conhecer as ferramentas de desenvolvimento disponibilizadas para o Decentraland;
- Analisar a possibilidade de integração com outras tecnologias e funcionalidades;
- Analisar a viabilidade de um protótipo que alcançasse os objetivos propostos.

Essa etapa inicial foi necessária para obter uma base de conhecimentos que possibilitou a visualização do problema de pesquisa com mais clareza, isto é, permitiu validar a ausência de ferramentas imersivas de assistência à alunos universitários por meio de agentes pedagógicos e também possibilitou compreender as oportunidades de soluções que poderiam ser desenvolvidas. Essa exploração auxiliou na tomada de decisões técnicas que veio em seguida, no desenvolvimento do protótipo.

Após essa etapa inicial de exploração e já com os objetivos específicos iniciais alcançados, surgiram novos objetivos específicos com relação à implementação do protótipo do trabalho, sendo eles:

- Criar um ambiente local no metaverso escolhido;
- Adicionar um personagem ao ambiente para interagir com o usuário;
- Adicionar uma interface de interação por diálogo entre o usuário e o personagem;

- Atualizar o diálogo do personagem dinamicamente;
- Integrar o diálogo do personagem com tecnologias externas.

Estes objetivos específicos se tornaram novamente necessários em prol de compreender a viabilidade do protótipo e também as oportunidades de trabalhos futuros que podem surgir a partir dele, além das limitações das ferramentas utilizadas que podem interferir neste desenvolvimento.

1.4 Resultados esperados

Com o desenvolvimento do protótipo realizado neste trabalho é esperado que seja fornecida uma base de conhecimentos para os próximos desenvolvedores interessados em implementar uma plataforma virtual de assistência na área da educação, de alunos universitários, especificamente, assim como as oportunidades encontradas ao longo do desenvolvimento, as limitações das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do protótipo e os desafios que deverão ser enfrentados para alcançar o próximo passo no projeto, com o uso de agentes pedagógicos e inteligência artificial.

1.5 Metodologia de pesquisa

A metodologia de pesquisa abordada para a realização do trabalho consistiu em uma etapa exploratória por meio da revisão de literatura para a obtenção de conhecimentos básicos e fundamentais sobre as áreas de estudo que compõem ou que contribuíram para o desenvolvimento do metaverso e do uso da tecnologia da informação na assistência virtual. Com isso, buscou-se compreender as oportunidades e limitações no desenvolvimento de ferramentas para metaversos, além de aspectos técnicos, como linguagens de programação, disponibilidade do código e suporte da comunidade.

Além desta, também houve uma etapa de desenvolvimento na qual o protótipo foi implementado com o objetivo de validar se seria possível alcançar uma ferramenta que atenda às necessidades de assistência virtual personalizada para alunos universitários, com o uso de agentes pedagógicos, eventualmente. Para isso, foi utilizada uma metodologia de desenvolvimento ágil por meio do Kanban, uma ferramenta de gerenciamento que auxilia na visualização do trabalho, o que permite acompanhar visualmente o andamento do projeto por meio de cartões, colunas e limitação das demandas em andamento [15], o que permitiu um controle simples, porém efetivo do projeto. O Kanban foi criado no aplicativo *web* Trello⁴ e pode ser visto na Figura 1.2.

⁴<https://trello.com/>

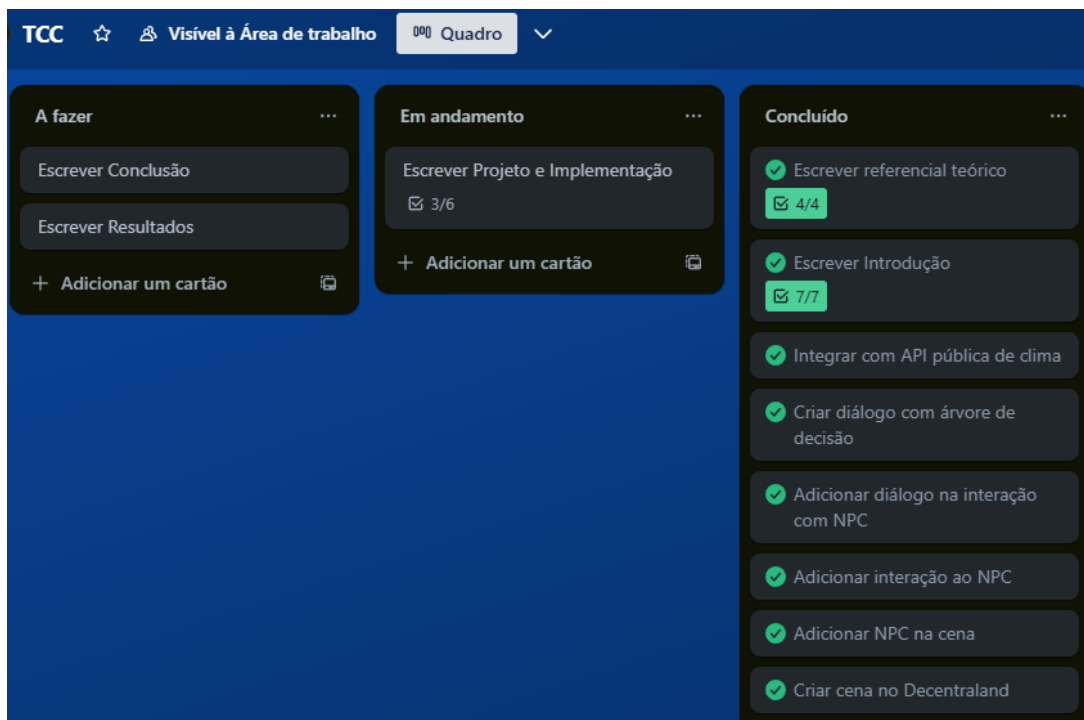


Figura 1.2: Quadro Kanban utilizado para o desenvolvimento do trabalho.

1.6 Organização do documento

O presente documento está organizado da seguinte forma:

No Capítulo 2 são explorados os conceitos mais relevantes e feita a conexão destes conceitos para maior entendimento do contexto do presente trabalho. O capítulo explora os primórdios da história da inteligência artificial e como os avanços feitos nesse campo de pesquisa culminaram nos assistentes virtuais e agentes pedagógicos que podem contribuir para um melhor aprendizado por parte dos alunos do ensino superior, ao serem disponibilizados em ambientes imersivos de realidade virtual e metaversos por meio de NPCs.

Na sequência, o Capítulo 3 contempla o planejamento da aplicação desenvolvida no Decentraland, a criação da cena, a adição do NPC, suas interações, a integração com uma aplicação externa, entre outros detalhes dos passos necessários para alcançar os objetivos específicos do trabalho. Também são abordados os desafios e as limitações encontrados, os resultados obtidos e a análise destes de acordo com o que já foi desenvolvido pela equipe.

Por fim, no Capítulo 4 é apresentada a conclusão do trabalho, onde evidenciam-se novamente as oportunidades e limitações encontradas no desenvolvimento do MVP apresentado, tal como são citadas as possibilidades de trabalhos futuros, ainda em consonância com o contexto do projeto SmartUnB.ECOS.

Capítulo 2

Referencial teórico e técnico

Neste capítulo são explorados os conceitos de inteligência artificial, agentes inteligentes, assistentes virtuais, agentes pedagógicos, realidade virtual, metaversos, Decentraland e NPCs, que serviram de base para este trabalho. Além disso, será comentado brevemente sobre trabalhos relacionados na literatura e pontos relevantes para o projeto desenvolvido.

2.1 Primórdios da Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial (IA) é um campo de estudo que se concentra na implementação e no desenvolvimento de aplicações que são capazes de realizar tarefas de diferentes níveis de complexidade, tal qual nós seres humanos [16]. Além disso, ela também é uma área de estudo que se destacou bastante nos últimos tempos, devido ao surgimento de ferramentas gratuitas que fazem uso da IA e à sua popularização [17].

Ao contrário do que se imagina, o estudo sobre IA não é algo recente, ele remonta ao período pós Segunda Guerra Mundial. Na década de 1950, os estudos de Alan Turing resultaram na publicação de um artigo chamado *Computing Machinery and Intelligence* (Computador e Inteligência), o qual o tornou pioneiro na área por conceber o conceito de inteligência artificial [18].

Turing, tido como um dos pais da IA e da ciência cognitiva moderna, sugeriu que o cérebro humano se comportava tal qual a uma máquina digital e foi responsável pelo famoso “teste de Turing”, que verifica se um computador artificial pode ser considerado “pensante” [18]. Este teste consiste em fazer um ser humano interagir com um computador e também com outro ser humano simultaneamente, através de um canal de texto, sem saber qual é o computador e qual é o ser humano. O objetivo deste teste é simples: saber se o ser humano que está sendo testado é capaz de distinguir quem é o outro participante humano e quem é a máquina. Caso a máquina seja confundida com um ser humano, enganando o observador testado, ela será considerada inteligente [19, 20].

Além disso, Turing defendeu que a IA seria melhor explorada por meio da programação de computadores ao desenvolver o conceito da “máquina universal de Turing”, modelo teórico de computação capaz de executar qualquer algoritmo [13]. Desta forma, ao invés de criar máquinas físicas específicas para resolver cada tipo de problema, Turing percebeu que os programas ofereciam uma maior flexibilidade e adaptabilidade, permitindo modificar e ajustar o comportamento de uma máquina com relativa facilidade, o que facilita a pesquisa sobre IA, a qual requer experimentação e iterações [19].

Outro pesquisador pioneiro na área de estudos sobre IA foi John McCarthy, que a definiu como “a ciência e engenharia de fazer máquinas inteligentes, especialmente programas de computador inteligentes” [19]. Em 1956, ele ficou conhecido como o criador do termo “inteligência artificial” na Conferência de Dartmouth, momento que marcou o início formal da IA como um campo de pesquisa [13].

Nesse período, a normalização do termo “inteligência artificial” também esteve relacionada aos avanços tecnológicos, à pesquisa e aos desenvolvimentos recentes na área, bem como a suas aplicações práticas na indústria e em outros setores [21, 19, 22]. Os primeiros sistemas de IA foram concebidos e explorados nessa fase inicial (que durou aproximadamente até à década de 1970), com grande uso da IA lógica, na qual a representação do conhecimento do mundo era feito por meio de sentenças matemáticas e o programa decidia o que fazer inferindo as ações adequadas [19].

Entre os anos 1970 e 1980, a área de Inteligência Artificial enfrentou sua primeira “crise”. Isto porque as limitações e dificuldades que a IA apresentava ao lidar com a complexidade do mundo real acarretou na redução de financiamento e de interesse nesse campo de estudo [19]. Hubert Dryefus foi um dos grandes críticos da área de IA nessa época, alegando que ela não seria capaz de replicar a intuição e a capacidade de compreensão de contextos dos seres humanos [20].

Por outro lado, a partir dos anos seguintes até os anos 2000, a IA passou por um processo de desenvolvimento de novas abordagens que conquistaram o interesse do público, como: Aprendizado de Máquina (“Machine Learning” – ML), que consiste em técnicas que permitem que os computadores aprendam com os dados, sem serem programados explicitamente para isso [21]; Redes Neurais, que são modelos computacionais baseados no comportamento do cérebro humano, capazes de aprender padrões complexos; entre outros [13, 19].

Nos anos recentes houve uma grande explosão da IA, pois os avanços no hardware possibilitaram grandes quantidades de dados e o desenvolvimento de algoritmos de aprendizado profundo (deep learning), que impulsionaram a área para um novo nível. Ademais, novas áreas de aplicação surgiram, como: reconhecimento de voz e imagem, processamento de linguagem natural, carros autônomos, assistentes virtuais, entre outros [13, 21].

Destaca-se , ainda, que o uso da IA na educação proporcionou o desenvolvimento de sistemas de aprendizado adaptativo e na área de gestão de riscos em bancos, a criação de plataformas inteligentes e de aplicações para avaliação de riscos, identificação de problemas e prevenção de fraudes [21, 22].

Apesar dos avanços, a IA continua sendo um tema de debates e críticas, principalmente com relação à sua capacidade de replicar a complexidade da inteligência humana, as emoções, a intuição e a consciência, conforme afirmam Braga, Adriana e Robert na obra *The emperor of strong ai has no clothes: limits to artificial intelligence* [20]. Outro ponto de discussão destes autores é a ideia da singularidade tecnológica, na qual os computadores superariam a inteligência humana. Essa ideia é criticada por eles ao alegar que a IA não possui um senso de si e nem valores intrínsecos [20].

Embora a IA não seja capaz de raciocinar como os seres humanos, é inegável que ela tenha impactado a nossa realidade. Segundo [22], ela possibilitou a transformação de áreas como saúde, tecnologia, finanças e marketing, permitindo a automação de processos, a análise de grandes volumes de dados e decisões mais bem fundamentadas. No entanto, conforme afirmam [23], atribuir inteligência ou personalidade às máquinas é um equívoco conceitual, já que a IA apenas realiza cálculos estatísticos e matemáticos, sem nenhuma compreensão ou intenção real.

Nos anos recentes, pesquisadores buscam entender se os efeitos do uso de ferramentas de IA no dia-a-dia são benéficos ou maléficos para o campo do ensino e da educação ao avaliar as consequências do uso, as oportunidades e os riscos apresentados na integração destas tecnologias à rotina dos alunos [24]. No entanto, concluiu-se que a tendência é a de que o uso da IA estará cada vez mais integrado ao campo educacional, podendo desempenhar um papel importante neste setor e proporcionando um serviço eficiente, personalizado e compreensivo aos alunos [24].

Uma vez obtida essa base de conhecimentos sobre a inteligência artificial, sua história, suas capacidades e suas limitações, é possível associar as informações aqui apresentadas com os próximos tópicos, principalmente com os agentes pedagógicos que serão apresentados na sequência, tendo em vista que o foco do presente trabalho é na assistência de universitários na área da educação.

2.2 Assistentes Virtuais e Agentes Pedagógicos

Assistentes virtuais são programas de computador que apresentam uma interface ou um personagem cujos comportamentos podem ser gerados dinamicamente para dar suporte a interações ricas com o usuário. Os assistentes virtuais também podem ser classificados de acordo com suas características e funcionalidades, como os agentes pedagógicos, que são

uma categoria especializada de agentes virtuais inteligentes [8], por exemplo, e que será aprofundado mais a frente no texto.

No entanto, é importante salientar que os assistentes virtuais não são capazes de substituir o atendimento feito por pessoas. No caso de atendimento médico, por exemplo, os assistentes virtuais não possuem a capacidade de demonstrar empatia, intuição e não têm os anos de experiência que os médicos possuem. Esses atributos são inestimáveis para um tratamento efetivo dos pacientes, especialmente quando a interpretação das nuances da linguagem e pistas não verbais são apresentadas [25].

Nesse sentido, é importante frisar também que os chatbots que fazem uso da IA são limitados e operam com dados pré-definidos e algoritmos, ou seja, a qualidade das recomendações é tão boa quanto os dados que os alimentam e dados enviesados podem gerar saídas nocivas [25]. Também é de conhecimento geral que esse atendimento feito pela IA é limitado e os próprios desenvolvedores destas costumam disponibilizar a opção do usuário ser atendido por uma pessoa, que terá o conhecimento, a experiência e a capacidade de direcionar o atendimento em prol de solucionar o problema do usuário.

No âmbito de agentes inteligentes na educação, há também pesquisas e trabalhos sobre os chamados “agentes pedagógicos” e como eles vêm evoluindo há mais de duas décadas [26]. Estes agentes vieram contribuir com a aprendizagem e seu impacto tem sido estudado por pesquisadores que também categorizaram esses como agentes pedagógicos – focados em disciplinas específicas – ou agentes (pedagógicos) relacionais – que possuem a habilidade de se relacionar a longo prazo com o aprendiz, se adequando como *companions* que darão suporte à aprendizagem ao longo da vida [8]. Esta última categoria se enquadra melhor na pesquisa feita atualmente pela equipe da Universidade de Brasília e a direção das pesquisas e trabalhos feitos recentemente buscam implementar um agente relacional e integrá-lo a um ambiente virtual imersivo, como será apresentado ao longo deste documento.

Conforme explora o estudo feito em [8], o uso dos agentes pedagógicos pode aumentar a efetividade do aprendizado ao fornecer um suporte adaptativo, isto é, o agente se adequa às necessidades individuais do aluno, assim como são projetados para promover um engajamento mais profundo ao interagir de forma natural e semelhante à humana, por meio da expressão de sentimentos e *feedbacks* não verbais.

Com os avanços nas áreas de sistemas de tutoria inteligente e de agentes virtuais inteligentes, também surgiram novas interações, mais empáticas e sensíveis ao estado emocional do aluno, uma vez que os agentes passaram a poder reconhecer, compreender e sintetizar emoções, o que é crucial para a aprendizagem, uma vez que as emoções a afetam fortemente [8].

Pode-se destacar, ainda, outras funcionalidades relevantes, quais sejam: monitorar as

ações dos alunos e sugerir conteúdos relevantes para o seu processo de aprendizagem; aplicar testes e indicar assuntos que o aluno domina com maior ou menor intensidade; auxiliar o professor a acompanhar individualmente cada aluno, providenciando dados sobre sua performance, suas dificuldades e, assim, possibilitar que o professor aja de forma mais direcionada [27].

O estudo feito em [28] explora a utilização de agentes pedagógicos virtuais para aumentar a motivação dos alunos em um Ambiente de Aprendizagem Inteligente (ILE), especificamente no *DynaLearn*¹, e detalha como diferentes personagens virtuais assumem papéis distintos para interagir com os alunos, oferecendo suporte, *feedbacks* e orientações durante a aprendizagem. O estudo também indica que o uso de múltiplos personagens contribui para um ambiente de aprendizagem mais eficaz e motivador, o que está alinhado com o objetivo do uso dos agentes pedagógicos, que é otimizar a compreensão e o engajamento do aluno [28].

Portanto, é imprescindível que haja um estudo de como os agentes pedagógicos e assistentes virtuais podem fornecer um suporte suplementar na educação e proporcionar um atendimento personalizado, de qualidade e com alta disponibilidade para os alunos e professores universitários. Serão apresentados a seguir os conceitos de realidade virtual e de metaverso, mecanismos que apresentam oportunidades para o uso de assistentes virtuais na educação e que também possuem as suas limitações.

2.3 Realidade Virtual e Metaverso

O desenvolvimento tecnológico e os avanços na computação também ocorreram na área da Realidade Virtual (“Virtual Reality” – VR), recurso tecnológico responsável por possibilitar que o usuário tenha uma experiência imersiva e realista em um ambiente simulado [17]. Este recurso é conhecido principalmente pela criação de espaços virtuais tridimensionais imersivos nos quais o usuário consegue se sentir presente e onde é possível interagir com os diversos mecanismos implementados pelos desenvolvedores de tais ambientes [29, 6].

Ademais, é possível aumentar o nível de imersão por meio de dispositivos que proporcionam experiências imersivas através de um visor que cobre os olhos, além de fones de ouvido e controles para a interação, vistos em dispositivos como *Oculus Rift*, *HTC Vive* e *Google Cardboard*. Com o uso destes dispositivos, é possível ter uma experiência com alta fidelidade visual e rastreamento de movimentos, o que permite que o usuário interaja de forma natural com os ambientes virtuais [6]. Essa capacidade de possibilitar uma experiência realista e imersiva é uma das grandes vantagens do uso de VR, pois torna

¹<https://dynalearn.nl/en/>

possível que os usuários se sintam de fato presentes e vivenciando a experiência em um ambiente simulado [17].

Já no campo dos jogos sérios existem também ferramentas de VR interessantes, como a ferramenta GameTULearn² apresentada no artigo [30], que é uma ferramenta adaptada para educadores e criadores de conteúdo com pouca experiência em programação que possibilita a criação de jogos educativos interativos em ambientes 3D. Este projeto visa simplificar o desenvolvimento de jogos eletrônicos ao disponibilizar uma interface de usuário intuitiva, editor de cenas versátil e editor de missões para a criação de conteúdo baseado em narrativa, em prol de aprimorar a experiência de aprendizado dos alunos [30]. O artigo também destaca novas ideias e evidencia que a integração com um assistente inteligente pode aumentar o envolvimento e a satisfação do usuário no processo de criação da história, proporcionando uma experiência de aprendizado mais agradável e intuitiva [30].

Nesse sentido, é de grande valor fazer uso da imersão proporcionada pelo uso de recursos de VR, pois essa imersão é capaz de aumentar o interesse, o envolvimento, a participação e o comprometimento do usuário na interação que está sendo realizada, o que pode proporcionar um aprendizado mais significativo, no contexto da educação, por exemplo [17].

A forma com que a VR possibilita a criação de experiências imersivas também é fundamental no metaverso, o qual consiste em um espaço virtual persistente e perpétuo, composto por vários usuários, que podem coexistir simultaneamente utilizando avatares, combinando a realidade física com a realidade virtual [6, 29]. Nessa linha, o metaverso é concebido como um universo virtual totalmente imersivo no qual os usuários podem interagir entre si e também com os objetos e ambientes digital de maneira que não seria possível no mundo físico [31].

Segundo [32], o termo “metaverso” se origina da ficção científica *Snow Crash* escrita por Neal Stephenson e denota a próxima geração da internet na qual os usuários, na forma de avatares, podem interagir um com o outro e outras aplicações de software em um ambiente virtual tridimensional. Os autores fazem um destaque para as diferentes aplicações do metaverso para o bem social, no qual evidenciam que as principais áreas são:

- a acessibilidade, que pode ser estendida pelo metaverso e trazer benefícios aos indivíduos com mobilidade limitada ou que vivem em áreas remotas por meio do suporte à atividades remotas de forma online;

²https://www.etit.tu-darmstadt.de/serious-games/forschung_und_projekte_sg/3d_campus_sg/index.en.jsp

- a diversidade e inclusão proporcionada por espaços que valorizam as vozes dos participantes e os acolhem por meio de ambientes com o foco na equidade;
- o humanitarismo e preservação cultural por meio da criação de esculturas e monumentos nos ambientes virtuais, como forma de manter viva a história e a cultura, além de apoiar populações afetadas por desastres naturais, por exemplo;
- a educação que, por meio de um protótipo de metaverso de campus universitário desenvolvido pelos autores, sugere o potencial para expandir o acesso à educação e criação de experiências de aprendizado inovadoras, além da colaboração virtual que pode enriquecer o ensino e também o aprendizado.

O trabalho visto em [33] também sintetiza pontos chave da integração do metaverso na aprendizagem, o que evidencia como as tecnologias atuais podem impactar o ambiente de ensino e o ambiente de aprendizagem pessoal. A criação de ambientes imersivos e envolventes pode aprofundar a compreensão e aprimorar a psicologia de estudo dos alunos, assim como aprender se torna mais agradável e eficaz em ambientes realistas, o que permite a observação e a prática [33].

Já [34] comentam sobre o termo “metaversidade”, introduzido por educadores, para descrever um campus de realidade virtual que proporciona uma experiência do metaverso em um ambiente de sala de aula. Especificamente, uma “metaversidade” se trata de uma instituição de ensino superior reconstruída no metaverso e a sua criação implica na construção de um campus digital que busca replicar o campus físico, o que possibilita que os alunos se matriculem em aulas e participem de experiências de educação imersivas (tanto síncronas quanto assíncronas) com uso da VR para que possam expandir os seus conhecimentos sobre determinado assunto [34].

Nesse contexto de metaversidade, o trabalho [35] explora o assunto mais à fundo ao analisar o contexto social dos últimos anos com a pandemia do COVID-19, por exemplo, e propõe uma discussão sobre os desenvolvimentos recentes na área dos campus no metaverso na educação superior, assim como disponibilizam um resumo e exploram projetos em andamento que focam em estabelecer os campus virtuais e que promovem o aprendizado virtual por meio das iniciativas de metaversidade.

Além do metaverso fazer uso da VR como tecnologia base, [29] relatam que ele também se baseia em outras tecnologias, como:

- Realidade Aumentada (AR), que possibilita sobrepor informações digitais ao mundo real;
- *Web 3.0*, a próxima geração da *internet* ao facilitar aplicações descentralizadas, transações seguras de ativos digitais e contratos inteligentes;

- IA, que como dito previamente possibilita a personalização de conteúdos para o usuário por meio do processamento de dados, otimizando a sua entrega;
- *Blockchain*, uma tecnologia de registro distribuído que garante transparência, imutabilidade e segurança. Fundamental para o funcionamento do metaverso.

Nesse sentido, em [2] exploram-se os desafios de conectar diferentes metaversos que operam na infraestrutura da *Web 3.0* ao planejar a criação de um ambiente que seja altamente integrado e acessível, assim como visto em [36] e em [37] onde há também uma relação das tecnologias da *Web 3.0* com a IA. Para que isso seja possível, a interoperabilidade é vista como fundamental para permitir a transição do usuário entre os diferentes mundos virtuais e para que mantenham suas identidades e ativos digitais. Devido a natureza paralela dos metaversos na *Web 3.0*, eles podem ser encarados como um conjunto de plataformas paralelas e independentes, como apresentado na Figura 2.1, construídos na base proporcionada pela *blockchain*, embora esta base também ofereça um desafio, devido a grande diversidade de tecnologias *blockchain* subjacentes [2].

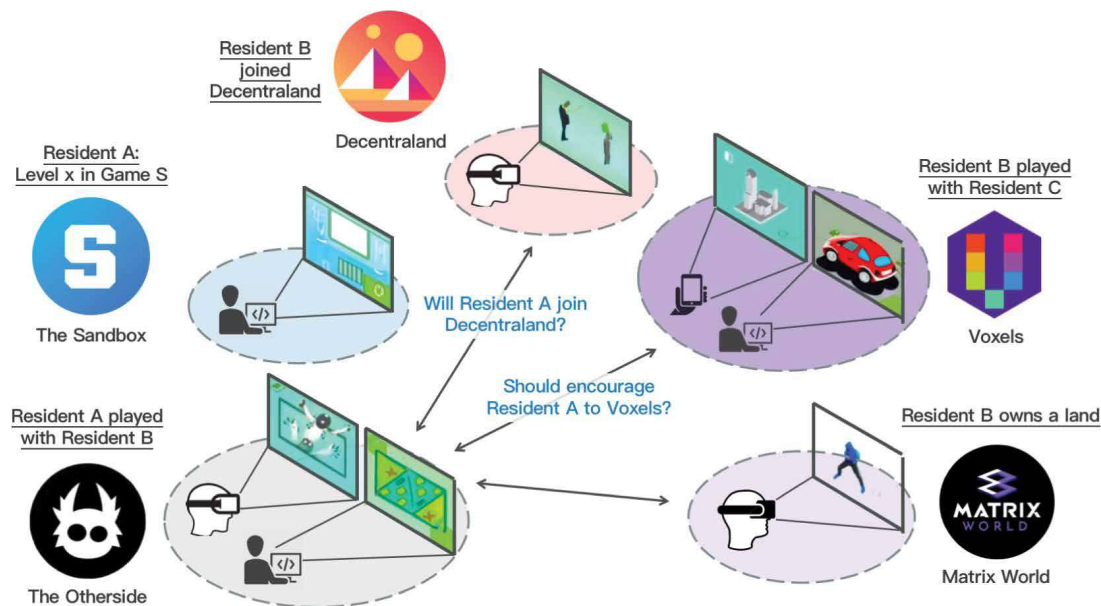


Figura 2.1: Exemplo de colaboração paralela dos metaversos [2].

Da mesma forma que, é importante destacar que a IA têm grande potencial para transformar as integrações e experiências no metaverso, seja ao melhorar a experiência do usuário ao fornecer exemplos mais imersivos, seja ao proporcionar experiências mais ricas ao fazer uso de avatares que interagem de forma mais realista. A criação de conteúdo, ou seja, de itens e ambientes virtuais, pode reduzir a barreira de entrada para criações inovadoras por quem não possui tanto conhecimento técnico de modelagem 3D e levar a maior diversidade de ativos digitais [32].

O estudo [38] aponta diversas lacunas e desafios na implementação da metaversidade como a necessidade de esforços adicionais para melhorar a expressão não verbal dos avatares e sua interação com dispositivos inteligentes; a limitação nas ferramentas de criação de conteúdo, que não são intuitivas e não são simples o suficiente, o que limita a criação de conteúdo a profissionais de design; poucas experiências desenvolvidas para abordar a transição entre a economia tradicional e a virtual, entre outros pontos relevantes para a consolidação da metaversidade.

Os pesquisadores responsáveis pelo trabalho visto em [39] investigaram os estudos em diferentes áreas do metaverso que o compõem, as moedas digitais, as aplicações de IA no mundo virtual e as tecnologias amplificadas pela *blockchain*. Assim, o objetivo da revisão foi discutir como a *blockchain* e a IA conseguem se mesclar com o metaverso e também elencar os desafios e questões que ainda permanecem em aberto em prol de moldar o futuro do metaverso. Desta forma, é imprescindível que trabalhos similares façam parte do repositório dos interessados por tais tecnologias, uma vez que agregam muitas informações valiosas para tal aprendizado.

No entanto, essa multidisciplinaridade de tecnologias exigidas para a composição de um metaverso também vem acompanhada de desafios técnicos, éticos e de privacidade [29]. Alguns exemplos de desafios técnicos além da integração das tecnologias citadas, são a exigência de altas velocidades de internet, hardware de processamento e gráfico avançados, plataformas escaláveis e técnicas de segurança cibernética em prol de garantir um ambiente que suporte o acesso de múltiplos usuários simultaneamente [29].

Além dos desafios técnicos citados, também há muita discussão e questões com relação aos desafios da identidade digital, como: privacidade, segurança de dados, direitos de propriedade virtual [29]. O trabalho na resolução desses desafios é de grande importância, pois é necessário que haja a proteção dos dados pessoais das pessoas presentes no metaverso para garantir que não haja o acesso de outros usuários não autorizados e, consequentemente, o uso indevido da conta [29].

Nesse contexto, a estrutura fornecida pelo *framework* proposto em [40] busca fornecer uma base teórica estruturada para guiar as pesquisas e o desenvolvimento de aplicações de metaverso na educação. A revisão da literatura e a síntese das melhores práticas no *design* de ambientes de aprendizagem no metaverso possibilitou a criação de um ecossistema que considera os fatores: infraestrutura, negócios e comunicação; acesso à tecnologia e equidade; direitos do usuário, segurança de dados e política de privacidade [40].

Por fim, uma aplicabilidade importante do metaverso explorada por [29] é a busca pela inclusão digital, ou seja, garantir que existam mecanismos de acessibilidade que permitam a interação e promovam experiências a pessoas com deficiência. Cabe ressaltar que o metaverso tem o potencial de inovar a indústria, estimular a criatividade e fortalecer

as conexões humanas por meio das oportunidades criadas nesse ambiente digital imersivo e, por isso, é fundamental que a acessibilidade seja considerada e promova a inclusão de pessoas com deficiência [29].

Uma vez apresentados os desafios no desenvolvimento do metaverso, torna-se relevante observar as oportunidades que essa ferramenta pode gerar na área da educação ao unir as tecnologias citadas anteriormente.

2.4 Decentraland e NPCs

Decentraland é um metaverso lançado no ano de 2020 e o primeiro a ser totalmente descentralizado, encorajando os usuários a criarem, serem donos e controlarem os seus ativos digitais e experiências nesse ambiente. Este mundo social virtual disponibiliza uma paisagem aberta onde os usuários podem explorar livremente, interagir com conteúdos gerados por outros usuários que continuam a evoluir e mudar em tempo real e viver novas experiências com outros usuários conectados [41].

O Decentraland foi construído com a *blockchain*, solução tecnológica que se baseia principalmente em suas funcionalidades distintas de descentralização, imutabilidade e transparência que garantem a habilidade única de formar uma economia compartilhada, ou seja, possibilita o armazenamento de dados das transações realizadas para facilitar o rastreamento e segurança de ativos digitais em uma rede comercial [42]. Desta maneira, o Decentraland consegue oferecer uma economia de ativos digitais próspera na qual os criadores mantêm 97.5% dos seus ganhos, supostamente a maior participação de receita neste segmento, com 2.5% sendo reinvestidos na comunidade [41].

Outro aspecto relevante deste metaverso é o fato de ser governado pela comunidade, isto é, ele incorpora os valores principais de conexão, criatividade, colaboração e abertura, uma vez que visa ser um ambiente dinâmico e em constante evolução. Desta forma, os usuários são encorajados a definir o futuro da plataforma e a propagar um espaço no qual é desejado ser dono de ativos, ser capaz de inovar e de realizar interações sociais significativas [41].

Além de se tratar de um ambiente movido pela sua comunidade e descentralizado, o Decentraland também possui código aberto, fator de imensa importância para o projeto proposto neste trabalho e seu desenvolvimento futuro, sua manutenção e seu aperfeiçoamento constante. Os conteúdos submetidos para o ambiente principal do metaverso são votados pela comunidade por meio de Organizações Autônomas Descentralizadas (DAO) e o conteúdo desenvolvido pela comunidade é armazenado em uma rede distribuída de servidores, de forma que nunca possa ser desativado [41].

O uso do Decentraland é totalmente gratuito, sendo possível explorar ambientes, se conectar com a comunidade, criar um avatar, jogar jogos, participar de eventos, entre outros sem nenhum custo. O dinheiro só é utilizado caso o usuário queira comprar ativos digitais no mercado da plataforma, como roupas feitas pela comunidade, animações especiais para seu avatar, terrenos, entre outros. Também é necessário pagar uma pequena taxa para disponibilizar as roupas e animações desenvolvidas no mercado da plataforma [41].

No Decentraland também é comum se deparar com avatares controlados pelo sistema, um Personagem Não Jogável (NPC), que irá interagir com o usuário de maneira pré programada para tornar a experiência mais rica [43, 44], e em prol de familiarizá-lo com os comandos, as animações, o Decentraland em si, conversar sobre diversos tópicos e responder perguntas dos mais diversos assuntos usando a IA [3]. O avanço da IA e o aumento dos seus casos de uso no Decentraland culminou na criação do evento SophiaVerse, um centro focado na IA dentro do Decentraland no qual os jogadores puderam interagir com a NPC Sophia, visualizar ativos e jogar jogos criados com o auxílio da IA [3].

Nos dias atuais é possível acessar um espaço no Decentraland chamado Genesis Plaza e interagir com os NPCs Aisha, Doge e Simone, apresentados na Figura 2.2, cada um com sua personalidade única e diferentes interações que proporcionam experiências diversas [45]. Aisha é uma mulher de 23 anos que faz transmissão de jogos e que no passado andava de skate, até se acidentar seriamente e passar a explorar o universo expansivo de Decentraland. Sua personalidade reflete seu passado espirituoso de skatista juntamente com um intelecto afiado e conhecimento profundo sobre a comunidade de videogames. Dodge possui a mentalidade de um adolescente que gosta de fazer palhaçadas e não precisa de muito para ser feliz, só quer fazer os outros rirem e ser amado. Simone é um robô que guia os usuários no Decentraland de forma entusiasmada e se expressa por emojis na tela que serve como seu rosto [3].

Desenvolvidos por meio da integração do Decentraland com a plataforma de criação de personagens que fazem uso da IA, Inworld, os criadores de conteúdo podem investir nessa opção caso queiram adicionar NPCs inteligentes às suas cenas, criando experiências imersivas mais vibrantes similares às demonstradas pelos personagens do Genesis Plaza [45].

Como forma de encorajar os criadores de conteúdo a implementarem seus próprios NPCs e, possivelmente adicionar uma personalidade customizada pela integração com a Inworld, os próprios desenvolvedores do Decentraland disponibilizaram uma ferramenta de código aberto para a criação de NPCs que permite que os desenvolvedores adicionem personagens customizados aos seus espaços, aprofundando as experiências e adicionando interatividade aos seus mundos [46].



Figura 2.2: Personagens Não Jogáveis do Decentraland que utilizam a IA: Simone, Aisha e Doge, respectivamente [3].

Durante a fase inicial dessa implementação, os primeiros duzentos criadores de conteúdo cadastrados obtiveram acesso à versão Pro do Inworld para o desenvolvimento dos NPCs com personalidades, características e habilidades distintas. Atualmente é necessário entrar em contato com a equipe de vendas da Inworld para negociar um plano que permitirá o desenvolvimento de personagens que façam uso da IA [46].

Portanto, o Decentraland se alinha aos objetivos deste trabalho, oferecendo código aberto e ferramentas para prototipar um ambiente virtual com um assistente virtual, como será detalhado a seguir. No entanto, é de importante que seja destacado que há limitações nas ferramentas disponibilizadas atualmente, embora avanços da comunidade prometam tornar a proposta viável em breve.

Capítulo 3

Desenvolvimento e resultados

Neste capítulo do trabalho serão apresentadas as etapas de desenvolvimento do projeto do protótipo que validou a proposta do trabalho. O processo de desenvolvimento do protótipo consistiu em alcançar alguns objetivos para validar se as ferramentas sugeridas seriam de fato adequadas para um Produto Mínimo Viável (“Minimum Viable Product” – MVP). Nas seções a seguir será possível entender quais ferramentas foram utilizadas, como essas ferramentas foram utilizadas e quais foram os desafios, limitações e oportunidades encontrados.

3.1 Planejamento da solução

A solução prevista inicialmente esquematiza as peças principais da solução e como seria feita a comunicação entre cada entidade de forma simples e abstraída, como pode ser visto na Figura 3.1. O fluxo se inicia com o acesso do usuário ao ambiente virtual, ainda sem definições técnicas relacionadas a hospedagem do projeto, dispositivo utilizado, entre outros. Nessa etapa do planejamento, o foco foi conceber a estrutura básica. Em seguida, o usuário poderá interagir com um NPC na cena do Decentraland (entidade rotulada como *Front-End*) e fazer solicitações diversas. A solicitação será repassada para uma segunda aplicação, rotulada de *Back-End*, responsável pela IA, na qual as regras das interações e das solicitações serão definidas, o processamento da solicitação será realizada, assim como as transações com o banco de dados serão feitas. Por fim, o banco de dados realizará transações com essa aplicação, retornará os dados solicitados que serão processados pela aplicação *Back-End* e retornados para o *Front-End*, que exibirá a resposta para o usuário por meio da resposta do NPC.

Em consonância com os trabalhos já desenvolvidos pela equipe da Universidade de Brasília vistos em [10], [9], [4] e [47], o presente trabalho explora novos pontos relevantes para que a pesquisa da equipe possa continuar sua evolução em prol do desenvolvimento

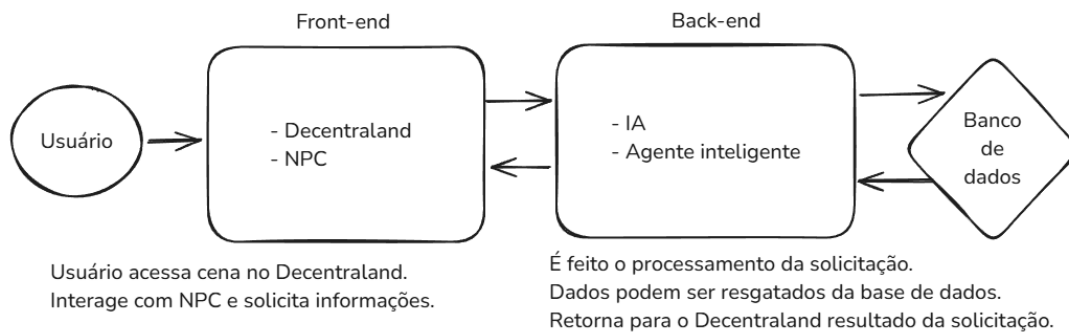


Figura 3.1: Estrutura básica do planejamento da solução.

de uma plataforma de assistência universitária imersiva completa, como visto na Figura 3.2.

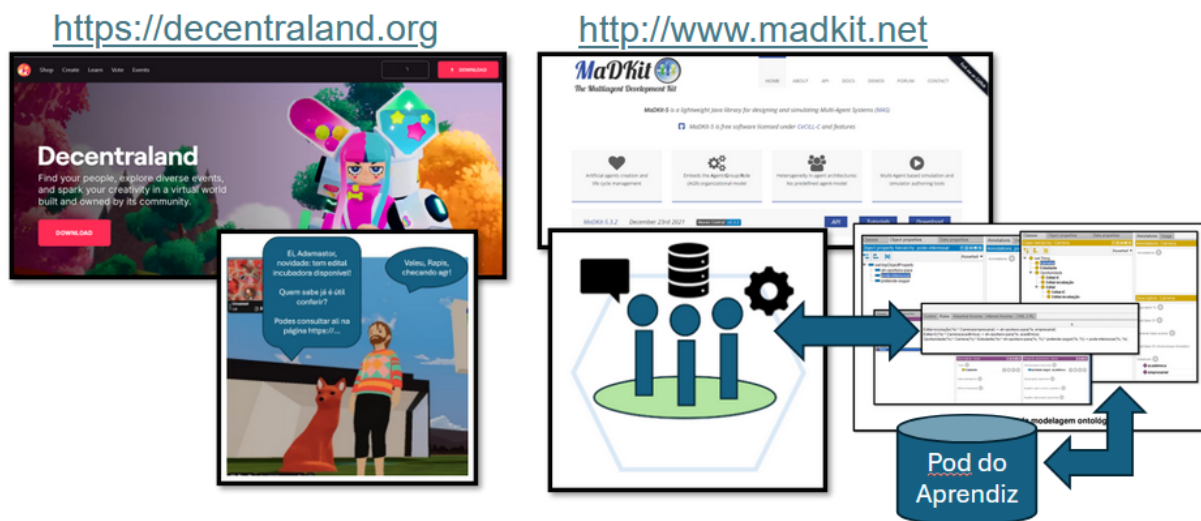


Figura 3.2: Trabalhos anteriores da equipe relacionados à solução pretendida, com *front-end* e *back-end*.

Nesse sentido, o projeto do presente trabalho se encaixa nesse grupo de pesquisa ao aproximar a integração do *front-end* com o *back-end*, ao explorar as possibilidades de integração do Decentraland com aplicações externas e validar as limitações encontradas no processo de desenvolvimento da aplicação, exposto na Figura 3.3.

Portanto, além da conexão com os trabalhos anteriores, a abordagem utilizada para o desenvolvimento do projeto possibilitou compreender os desafios técnicos presentes na concepção de soluções que fazem uso de IA, das ferramentas de código aberto fornecidas pela equipe do Decentraland, inclusive a biblioteca de NPCs, dos passos necessários para a integração com aplicações externas, entre outros pontos relacionados que são explorados nas seções a seguir.

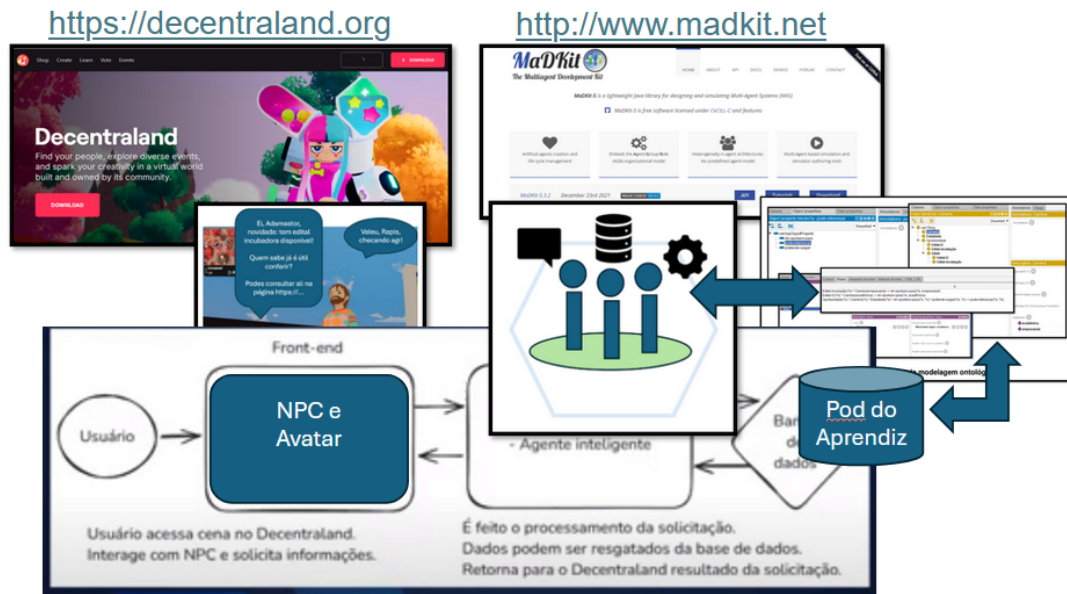


Figura 3.3: Planejamento da solução com integração ao projeto UnBland.

3.2 Preparação do ambiente

Para controlar as diferentes versões do projeto utilizou-se a ferramenta *Git*¹ junto com a criação de um repositório remoto hospedado na plataforma *GitHub*², em prol de não só possibilitar o controle de diferentes versões do projeto como também de possibilitar o acesso de diferentes dispositivos com acesso à internet e com o *Git* instalado. Isto foi importante para facilitar o desenvolvimento em diferentes ambientes quando não fosse possível utilizar a máquina principal.

Para desenvolver uma cena no Decentraland, foi utilizada a referência de início rápido do Kit de Desenvolvimento de Software (“*Software Development Kit*” – SDK) do Decentraland, que explica em detalhes quais são os programas obrigatórios, os opcionais e um guia de instalação destes. Foram instalados o *Decentraland Creator Hub*: uma plataforma para criação de cenas, objetos, entre outros componentes que podem ser submetidos para o Decentraland; extensões do editor de texto; alguns ativos (*assets*) 3D.

O editor de texto *Visual Studio Code*³ também foi importante, uma vez que o Decentraland disponibiliza extensões para este editor com o objetivo de tornar o desenvolvimento do projeto mais fluído e facilitar a edição do projeto. As extensões são: “*Decentraland Editor SDK6*” e “*Decentraland Editor SDK7*”, ambas foram necessárias no projeto, pois alguns módulos de atualização de bibliotecas só estão presentes na extensão da SDK6.

¹<https://git-scm.com/>

²<https://github.com/>

³<https://code.visualstudio.com/>

Foram instaladas as bibliotecas básicas `@dcl-sdk/utils`, `@dcl/asset-packs`, `@dcl/js-runtime`, `@dcl/sdk` e `@types/node` por padrão no projeto, uma vez que são necessárias para o desenvolvimento de projetos para o Decentraland. Além destas, também foi instalada a biblioteca `dcl-npc-toolkit` desenvolvida e mantida pela comunidade para que seja possível criar NPCs, com interações personalizadas, diálogos, animações, entre outros. Essa biblioteca foi a responsável por garantir uma interação básica inicial, similar à esperada para projetos futuros com o uso de agentes inteligentes.

3.3 Criação da cena

Com o ambiente preparado, foi possível criar uma conta utilizando o e-mail no *Decentraland Creator Hub*, realizar o *login* e criar a primeira cena ao pressionar o botão *New Scene* apresentado na Figura 3.4, utilizando um template de escritório como apresentado na Figura 3.5, dentre outros disponibilizados pela plataforma. No *Decentraland Creator Hub* também foi possível adicionar um ativo 3D de um gato preto, um objeto sem interações à princípio.

A criação da cena cria uma pasta do projeto no diretório escolhido na qual foi feita posteriormente a conexão do repositório local do Git com o repositório remoto criado no GitHub. O *Decentraland Creator Hub* permite mover objetos, redimensioná-los e personalizar parâmetros de posição inicial dos objetos nas três dimensões, como apresentado na Figura 3.6.

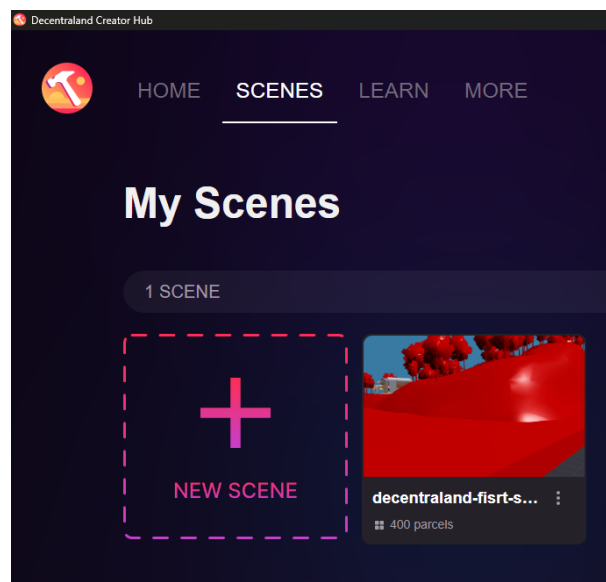


Figura 3.4: Menu de gerenciamento de cenas.

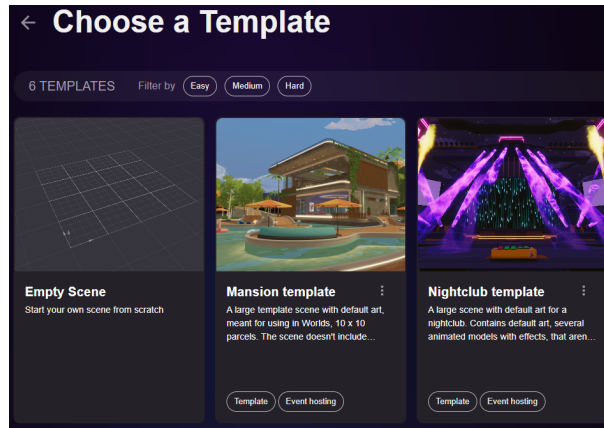


Figura 3.5: Menu de criação de cenas com templates.

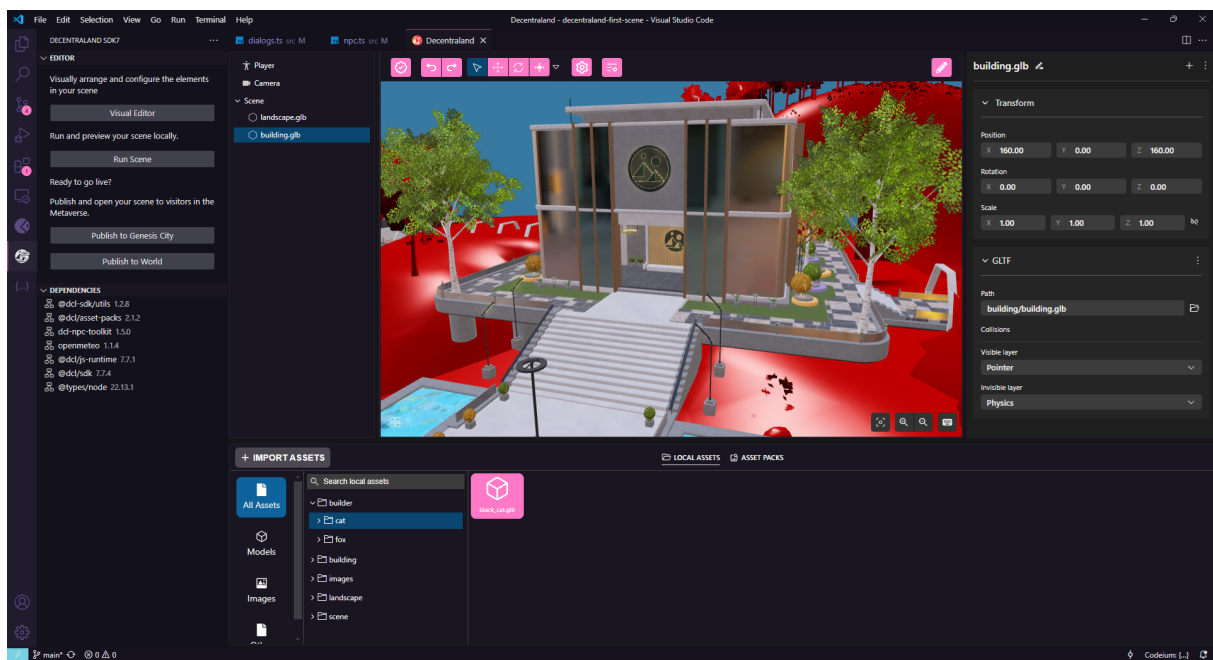


Figura 3.6: Visualização da cena no Visual Studio Code pela extensão Decentraland 7.

3.4 Adição de NPC

Com o gato preto inserido na cena e a biblioteca *dcl-npc-toolkit* instalada por meio do gerenciador de pacotes do *Node.js*⁴, *npm*⁵, os requisitos necessários são cumpridos para que o objeto se torne um NPC. Primeiro há a criação do arquivo *npc.ts* contendo o Código 3.1 para a criação de um NPC, segundo a documentação da biblioteca *dcl-npc-toolkit*.

```
import { Quaternion, Vector3 } from '@dcl/sdk/math'
import * as npc from 'dcl-npc-toolkit'
```

⁴<https://nodejs.org/>

⁵<https://www.npmjs.com/>

```

import { WelcomeDialog } from './dialogs'

export let catNPC = npc.create(
  // TransformType
  {
    position: Vector3.create(163.75, 18.18, 192.25),
    rotation: Quaternion.Zero(),
    scale: Vector3.create(1, 1, 1)
  },
  // NPCData Object
  {
    type: npc.NPCType.CUSTOM,
    model: 'assets/builder/cat/black_cat.glb',
    onActivate: () => {
      npc.talk(catNPC, WelcomeDialog, 0)
    },
    onlyETrigger: true
  }
)

```

Código 3.1: Definição do NPC com modelo 3D de um gato preto.

Nesta instância *catNPC* que foi criada com o comando *npc.create()* são passados os parâmetros de posicionamento na cena através do objeto *TransformType* e também as características do NPC por meio do objeto *NPCData*. No objeto *NPCData* é possível fornecer o tipo do NPC, o modelo 3D que será usado na pasta de ativos (*assets*), uma função *npc.talk()* para ser executada quando o NPC for ativado e um parâmetro para que o NPC só seja ativado ao usuário pressionar a tecla “E” no teclado quando estiver mirando no NPC.

A função *npc.talk()* recebe o objeto do NPC que irá executar a ação, o vetor de falas do tipo *Dialog* e o índice de início do diálogo. Foi criado um vetor básico de diálogo no arquivo *dialogs.ts* com a implementação contida no Código 3.2.

```

import { Dialog } from 'dcl-npc-toolkit'

export let WelcomeDialog: Dialog[] = [
  {
    text: 'Hello , World!'
  }
]

```

```

    }
  ]

```

Código 3.2: Vetor do primeiro diálogo.

Outro passo necessário é criar uma interface visual para a caixa de diálogo do NPC, criada no arquivo *npc-dialog-ui.tsx* com a estrutura sugerida na própria documentação do *dcl-npc-toolkit* (Código 3.3).

```

import ReactEcs, { ReactEcsRenderer, UiEntity } from '@dcl/sdk/
  react-ecs '
import { NpcUtilsUi } from 'dcl-npc-toolkit '

const SceneOwnedUi = () => (
  <UiEntity uiTransform={{ margin: { left: '50%' } }}>
    <NpcUtilsUi />
    { /* rest of user defined UI */ }
  </UiEntity>
)

export function setupUi() {
  ReactEcsRenderer.setUiRenderer(SceneOwnedUi)
}

```

Código 3.3: Interface de diálogo do NPC.

Por fim, há a chamada da função de criação da interface visual *setupUi()*, exportada no arquivo anterior, e a chamada da função de recuperação de dados do NPC com a passagem do objeto *catNpc* instanciado previamente, desta forma: *npc.getData(catNpc)*, chamada na função *main()* do projeto e localizada no arquivo *index.ts* (Código 3.4).

```

import * as npc from 'dcl-npc-toolkit '

import { catNpc } from './npc '
import { setupUi } from './npc-dialog-ui '

export function main() {
  setupUi()
  npc.getData(catNpc)
}

```

Código 3.4: Função *main* com montagem de interface e recuperação dos dados do NPC.

E desta forma é possível executar a cena pela aba da extensão *Decentraland SDK7* no *Visual Studio Code* ao clicar em “*run scene*”, acessar a cena por meio do avatar gerado aleatoriamente na criação de conta do *Decentraland Creator Hub* e interagir com o gato preto ao pressionar a tecla “E” do teclado, o que exhibe o diálogo apresentado na Figura 3.7.

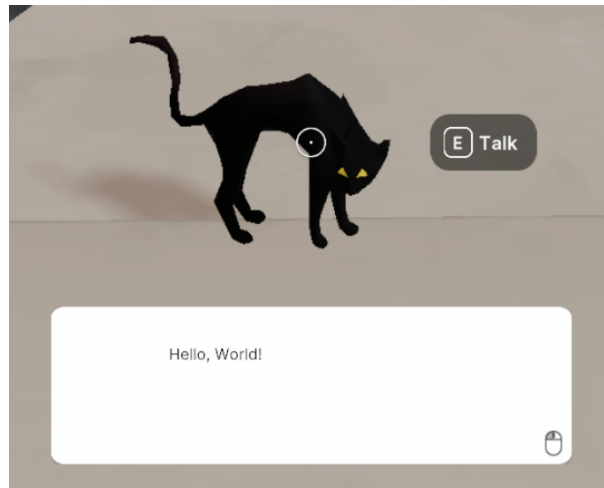


Figura 3.7: Primeiro diálogo do NPC.

3.4.1 Incremento do diálogo do NPC

Uma vez que foi possível visualizar o NPC do gato preto na cena, interagir com ele e visualizar o diálogo básico, foi feito o desenvolvimento de um diálogo mais elaborado utilizando uma árvore de decisão estática para validar se o usuário é capaz de direcionar o diálogo de acordo com as opções de resposta apresentadas. Assim, foi criado um novo vetor de diálogo com algumas opções de resposta para que o usuário possa visualizar informações relativas ao calendário da graduação da Universidade de Brasília dos semestres 2024.2 e 2025.1 (Código 3.5).

```
export let SemestersDialog: Dialog[] = [
  {
    text: 'Olá! Sou o assistente virtual da Graduação da UnB!
      Gostaria de saber qual é o período de aulas de algum
      semestre?',
    isQuestion: true,
    buttons: [
      {
        label: '2024.2',
```

```

        goToDialog: 1
    },
    {
        label: '2025.1',
        goToDialog: 3
    }
]
},
{
    text: 'O período de aulas do semestre 2024.2 começou em
        14/10/2024 e irá terminar em 22/02/2025.'
},
{
    text: 'Gostaria de saber algo mais?',
    isQuestion: true,
    buttons: [
        {
            label: 'Não, obrigado!',
            goToDialog: 5
        },
        {
            label: 'Sim!',
            goToDialog: 0
        }
    ]
},
{
    text: 'O período de aulas do semestre 2025.1 começa em
        24/03/2025 e termina em 26/07/2025. As matrículas poderão
        ser realizadas online pelo SIGAA de 06h de 27/02 até 23
        h59 de 05/03.'
},
{
    text: 'Gostaria de saber algo mais?',
    isQuestion: true,
    buttons: [
        {

```

```

        label: 'Sim!',
        goToDialog: 0
    },
    {
        label: 'Não, obrigado!',
        goToDialog: 5
    }
]
},
{
    text: 'Até logo! Volte quando quiser mais informações.',
    isEndOfDialog: true
}
]

```

Código 3.5: Vetor de diálogo com informações dos semestres.

Após implementar esse novo vetor *SemestersDialog* é necessário passar esse novo vetor como parâmetro para a função *npc.talk* no objeto *NPCData* para que essa alteração seja feita na cena em desenvolvimento e possa ser vista na pré-visualização da cena. As alterações podem ser vistas no Código 3.6.

```

import { Quaternion, Vector3 } from '@dcl/sdk/math'
import * as npc from 'dcl-npc-toolkit'
import { SemestersDialog } from './dialogs'

export let catNPC = npc.create(
  // TransformType
  {
    position: Vector3.create(163.75, 18.18, 192.25),
    rotation: Quaternion.Zero(),
    scale: Vector3.create(1, 1, 1)
  },
  // NPCData Object
  {
    type: npc.NPCType.CUSTOM,
    model: 'assets/builder/cat/black_cat.glb',
    onActivate: () => {
      npc.talk(catNPC, SemestersDialog, 0)
    }
  }
)

```

```

    },
    onlyETTrigger: true
  }
)

```

Código 3.6: Atualização da fala do NPC com novo vetor de semestres.

O que resulta em um novo diálogo com algumas opções de resposta e cujo fluxo é determinado pela entrada do usuário, como visto na Figura 3.8. Caso o usuário pressione alguma resposta específica, é possível utilizar o valor *goToDialog* passando o índice do vetor que será acessado após a resposta. Por exemplo, no código do *SemestersDialog* previamente apresentado, o índice 0 do vetor é a primeira fala do diálogo e apresenta a pergunta para o usuário de qual semestre ele deseja visualizar as informações. Caso o usuário queira ver informações relativas ao semestre 2025.1, o *goToDialog* com valor 3 é chamado, onde 3 é o índice do vetor *SemestersDialog* da próxima fala do NPC, ou seja, a fala que contém as informações do semestre 2025.1 como exposto na Figura 3.9.



Figura 3.8: Diálogo com árvore de decisões para visualizar informações dos semestres.

Essas etapas iniciais de exploração das capacidades do diálogo permitiram que a última etapa fosse possível: verificar a possibilidade de integração com outras Interfaces de Programação de Aplicações (“*Application Programming Interface*” – APIs), isto é, programas que permitem que dois softwares se comuniquem por meio de algum protocolo, como o Protocolo de Transferência de Hipertexto (“*Hypertext Transfer Protocol*” – HTTP) [48]. Nesse sentido, a última etapa de desenvolvimento consiste em consumir um recurso de uma API e atualizar dinamicamente o diálogo do NPC.

3.4.2 Integração com uma API de clima

A última etapa do desenvolvimento do projeto consistiu na integração com uma API pública de clima. Essa etapa é crucial para garantir que um projeto futuro possa se co-

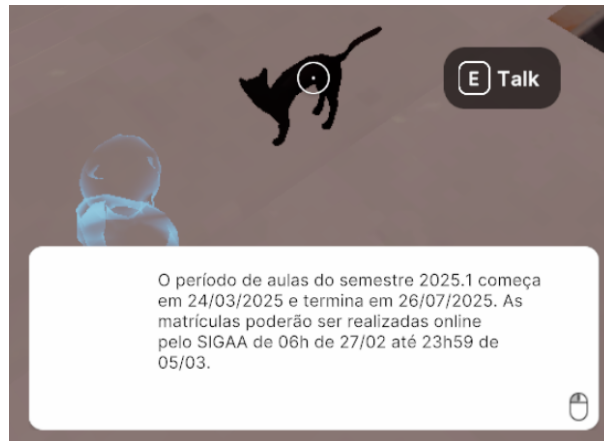


Figura 3.9: Resposta para informações do semestre 2025.1. Diálogo apresentado após salto no índice do vetor.

municar com uma API da universidade em prol de recuperar documentos, editais, entre outros dados relevantes. Desta forma, um agente inteligente poderá consultar esse repositório de dados da universidade para fornecer as indicações ao usuário e também sanar suas dúvidas com relação aos assuntos desta esfera de conhecimento.

O primeiro passo foi consultar que APIs públicas de clima já existiam para possibilitar que essa validação fosse possível. Uma pesquisa rápida no mecanismo de buscas da Google retorna vários resultados que podem suprir as necessidades do projeto e a escolhida foi a API Open Meteo⁶ por ser gratuita e de fácil integração. Esta API disponibiliza uma rota na qual uma simples requisição usando o método *GET* retorna informações pertinentes do clima de uma localização por meio dos dados de latitude e longitude.

Com o intuito de manter o contexto do projeto em torno da vivência na Universidade de Brasília, foram utilizados dados de latitude e longitude do Campus Darcy Ribeiro para obter a temperatura do ambiente no campus no momento que o usuário solicita esse dado para o NPC.

O novo diálogo que faz o consumo da API *Open Meteo* é então implementado pelo Código 3.7.

```
import { executeTask } from '@dcl/sdk/ecs'
import { Dialog } from 'dcl-npc-toolkit'

let temperature

export let WeatherDialog: Dialog[] = [
  {
```

⁶<https://open-meteo.com/>

```

    text: 'Olá, estranho!'
  },
  {
    text: 'É um prazer falar com você!'
  },
  {
    text: 'Você gostaria de saber qual é a temperatura atual no
          Campus Darcy Ribeiro da UnB?',
    isQuestion: true,
    buttons: [
      {
        label: 'Não, obrigado ',
        goToDialog: 7
      },
      {
        label: 'Sim!',
        goToDialog: 3,
        triggeredActions: async () => {
          executeTask(async () => {
            const response = await fetch(
              'https://api.open-meteo.com/v1/forecast?latitude
                =-15.76&longitude=-47.87&current=temperature_2m
                ',
            )
            const { current } = await response.json()

            console.log('Temperatura atual: ', current.
              temperature_2m)

            temperature = current.temperature_2m

            WeatherDialog[5].text = 'A temperatura atual é ${
              temperature} graus Celsius!'
          })
        }
      }
    ]
  }
]

```

```

    },
    {
      name: 'showTemp',
      text: 'Deixe-me ver... estou buscando a temperatura atual do
            Campus da UnB...'
    },
    {
      text: 'Ah! Acho que já consegui'
    },
    {
      text: 'A temperatura atual é ' + temperature + ' graus
            Celsius!'
    },
    {
      text: 'Volte quando quiser mais informações!',
      isEndOfDialog: true
    },
    {
      name: 'endDialog',
      text: 'Tranquilo! Volte quando quiser saber mais',
      isEndOfDialog: true
    }
  ]

```

Código 3.7: Vetor de diálogo integrado à API *Open Meteo*.

E assim como dito anteriormente, é necessário atualizar a função *npc.talk()* para receber o vetor de diálogo *WeatherDialog*. É importante reparar que nesse diálogo é feita uma nova configuração: o uso da função *triggeredActions* na opção de resposta “Sim!”, caso o usuário selecione essa opção do diálogo visto na Figura 3.10, que indica que ele gostaria de saber a temperatura atual no Campus Darcy Ribeiro. Uma vez que essa resposta é acionada, a função definida dentro da configuração *triggeredActions* é acionada.

É definida uma função anônima assíncrona do *TypeScript*⁷ que faz a chamada de outra função definida pelo próprio SDK do Decentraland: a função *executeTask*. Essa função é responsável pela execução de códigos com chamadas assíncronas e garante que a nossa solicitação à API do *Open Meteo* será executada. Uma vez que o código da função *executeTask()* é realizado, é possível obter a temperatura naquele momento da região definida pelos parâmetros latitude e longitude.

⁷<https://www.typescriptlang.org/>

Em seguida, desestrutura-se o objeto *current* retornado na resposta, para obter a temperatura atual no campus. Em seguida, o valor *temperature_2m* (Figura 3.11) do objeto *current* é armazenado em uma variável previamente definida com o nome *temperature*. Por fim, é necessário atualizar o vetor do diálogo para que o dado seja inserido em alguma das próximas falas do diálogo para que esse dado seja apresentado para o usuário como na Figura 3.12. Essa operação é realizada pelo Código 3.8:

```
WeatherDialog[5].text = 'A temperatura atual é ${temperature  
} graus Celsius!'
```

Código 3.8: Atualização do vetor de diálogo integrado.

Neste trecho é feita a atualização do texto na posição 5 do vetor *WeatherDialog* para apresentar essa mensagem com o novo valor da variável *temperature* sendo interpolado na cadeia de caracteres da mensagem.



Figura 3.10: Diálogo com requisição de temperatura feita à API *Open Meteo*.

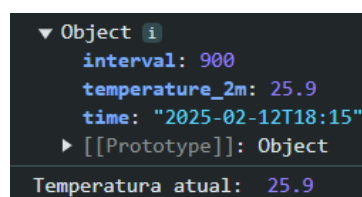


Figura 3.11: Registro feito no *console* do navegador com a resposta retornada pela API *Open Meteo*

3.5 Desafios e limitações

Alguns desafios enfrentados exigem destaque, pois podem dificultar o processo de desenvolvimento futuro e, uma vez que já foram enfrentados neste trabalho, pode ser que sejam evitados no futuro ou enfrentados de forma mais efetiva.



Figura 3.12: Resposta do NPC com dado de temperatura recuperado na requisição.

O primeiro desafio encontrado foi a documentação escassa do kit de desenvolvimento do Decentraland. A documentação já exige um certo conhecimento prévio de algumas ferramentas e linguagens, como o *TypeScript*, por exemplo. É importante que o desenvolvedor esteja familiarizado com uma linguagem parecida, como o *JavaScript*⁸ e que também saiba as diferenças desta linguagem para o *TypeScript*. Grande parte das funções do Decentraland são exibidas no editor de texto *Visual Studio Code* por meio das extensões e das bibliotecas básicas do SDK do Decentraland.

Outro ponto relevante a ser destacado é que os ativos 3D básicos são bem limitados, contendo apenas alguns modelos 3D iniciais que garantem o desenvolvimento mínimo da cena. Caso o usuário tenha acesso a algum repositório de modelos 3D na extensão .glb, terá mais facilidade na customização da cena e também nos resultados alcançados. Pode ser relevante a presença de alguém com conhecimento em modelagem 3D ou que o próprio desenvolvedor aprenda a fazer modelos básicos, o que irá permitir maior criatividade na implementação das cenas.

Na esfera de integração, é importante configurar o ambiente para que haja uma comunicação segura com APIs que exijam autenticação por meio do armazenamento de *tokens* de acesso em arquivos de variáveis de ambiente. Desta forma há uma garantia de que os códigos de acesso à APIs não estarão expostos no código do projeto e também não serão versionados no *GitHub*, caso o arquivo que contém as variáveis de ambiente (.env, por exemplo), esteja ignorado no *Git* (adicionado no arquivo *.gitignore*).

Na etapa de desenvolvimento contida na seção 3.3 houve um grande desafio para adicionar um NPC de coruja e um NPC de raposa, ambos ativos 3D retirados de repositórios gratuitos de modelos tridimensionais disponibilizados online. Não só os modelos podem sofrer modificações inesperadas quando adicionados à cena do Decentraland, como podem ter sido modelados em camadas ou podem ter sido feitos com outro tipo de extensão diferente da .glb aceita pelo SDK do Decentraland. É importante considerar estes desafios ao

⁸<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript/Guide/Introduction>

planejar a adição de novos ativos que estejam além dos fornecidos pela biblioteca básica *@dcl/asset-packs*.

A versão atual do Decentraland e de seu SDK apresentam mecanismos limitados para a criação de NPCs que façam uso de IA, sendo a Inworld a única plataforma integrada oficialmente ao Decentraland que permite o desenvolvimento destes e apenas para desenvolvedores selecionados, que possam arcar com os custos do desenvolvimento, não existindo uma alternativa oficial gratuita. É necessário cadastrar uma conta e aguardar o contato da equipe via e-mail, na qual serão esmiuçados os detalhes da transação necessária e dos planos de pagamento e assinatura.

3.6 Resultados obtidos

O presente trabalho vem acompanhado do desenvolvimento de um projeto de cena no Decentraland que cumpre com os objetivos específicos propostos no Capítulo 1 e que permite verificar a validade de um projeto com escopo maior, mais completo e que alcance os objetivos pretendidos de alcançar um assistente virtual inteligente que auxiliará os estudantes universitários.

Por meio deste projeto MVP foi possível criar uma cena utilizando o SDK do Decentraland, inserir um NPC na cena, adicionar interações ao NPC, adicionar uma interface de diálogo entre o NPC e o usuário, atualizar o diálogo de forma dinâmica, de acordo com as respostas do usuário e também integrar o diálogo com uma API que retorna dados de temperatura de uma determinada região (no caso do trabalho, foi utilizado o Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília).

Um entrave técnico que pode ser resolvido futuramente seria a criação de um prompt ou chat para que o usuário digite a sua solicitação e visualize algumas sugestões de solicitações que poderá fazer para o NPC. O ambiente disponibilizado pela equipe do Decentraland no Genesis Plaza apresenta essa interface, embora a ferramenta de desenvolvimento de NPCs, *dcl-npc-toolkit* não forneça.

Uma vez que essa interface de chat seja desenvolvida, requisições mais robustas podem ser feitas para modelos de IA que apresentem APIs públicas, por exemplo, para que solicitações mais complexas possam ser realizadas. Nesse sentido, plataformas de backend já estão em desenvolvimento pela equipe da Universidade de Brasília, como a apresentada no trabalho [10] e que poderão ser integradas a este trabalho no futuro.

Além disso, houve um progresso considerável na interação entre o usuário, por meio de seu avatar, com o NPC do mascote (*companion*), ao adicionar uma janela de diálogo na interface do usuário como ilustrado no trabalho de [4]. Na Figura 3.13 pode ser

visto a comparação da montagem do diálogo feita no trabalho anterior com o diálogo implementado no projeto atual.



Figura 3.13: Ilustração de diálogo por [4] e diálogo desenvolvido no atual projeto.

O projeto desenvolvido neste trabalho está disponível em um repositório de acesso público no GitHub pelo link: <https://github.com/brunohrguedes/dcl-unb-assistant-mvp>.

3.7 Análise dos resultados

Estes resultados obtidos validam a possibilidade de criação de um assistente com capacidade de resolver dúvidas por meio de um diálogo pré-programado e também valida a possibilidade de integração com uma API que recupera dados e mostra para o usuário dinamicamente, o que garante um atendimento mais completo e atualizado. Ademais, esse comportamento do NPC condiz com o comportamento esperado no início do desenvolvimento da solução e satisfaz as necessidades do MVP sugerido.

No entanto, ainda existe um caminho a ser percorrido para que uma solução futura e proposta pelo presente trabalho seja alcançada. É necessário a adição de um NPC inteligente, isto é, o NPC deve ser um agente pedagógico que possa processar o texto informado pelo usuário via uma janela de chat, processar e responder às dúvidas de maneira a garantir um atendimento personalizado para o aluno, além de ser capaz de indicar e sugerir conteúdos relevantes para o mesmo. Para que isso seja possível no Decentraland atualmente, apenas por meio da contratação dos serviços de IA fornecidos pela empresa Inworld, parceira do Decentraland.

Por se tratar de uma funcionalidade recente no universo do Decentraland, é esperado que avanços ocorram nesta tecnologia e tornem o acesso à NPCs que fazem uso da IA mais fácil no futuro [3], o que pode resultar em novas possibilidades para a solução de um assistente virtual para o atendimento de alunos universitários.

Por se tratar de um projeto relativamente novo, não há ainda na literatura outros trabalhos que contribuam para o desenvolvimento de um assistente virtual com uso de agente pedagógico em um ambiente imersivo para o atendimento de alunos universitários. Desta forma, este trabalho busca fornecer uma base sólida que transmita a experiência adquirida ao se utilizar o SDK do Decentraland para o desenvolvimento de um protótipo inicial necessário para se chegar neste projeto de assistência virtual imersiva.

Capítulo 4

Conclusão

4.1 Objetivos alcançados

O presente trabalho conseguiu validar (por meio do protótipo implementado) a possibilidade de adicionar um assistente virtual que poderá se tornar um agente pedagógico no futuro no Decentraland que irá proporcionar um atendimento individualizado ao aluno, fará recomendações relevantes e terá alta disponibilidade, como apresentado anteriormente no objetivo geral.

Nesse sentido, o projeto desenvolvido permitiu compreender melhor os passos necessários para que seja possível alcançar o projeto ideal, com a presença de assistentes virtuais inteligente, em um ambiente imersivo no Decentraland, além de ter possibilitado reconhecer os desafios que devem ser enfrentados para o desenvolvimento desta solução, as oportunidades de melhoria e também as limitações das tecnologias existentes.

Foi possível assimilar e utilizar na prática o SDK disponibilizado pelos desenvolvedores do Decentraland – que têm como objetivo fornecer a tecnologia e a documentação necessárias para que outros desenvolvedores façam inovações – e também explorar o projeto deste metaverso de código aberto que está em constante desenvolvimento pelos usuários da comunidade como um todo.

O escopo do projeto consiste em um protótipo inicial, ou seja, um MVP usado para validar os requisitos desejados. Nesse sentido, é apresentado uma cena local no Decentraland que introduz um NPC na cena, no qual o usuário pode interagir para obter informações sobre o Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília e sobre os calendários acadêmicos dos semestres 2024.2 e 2025.1. Desta forma, esse MVP consegue validar que é possível: criar uma cena no Decentraland; adicionar objetos na cena; adicionar interações aos objetos; realizar integrações com outras aplicações; atualizar os dados da interação dinamicamente.

Vale ressaltar que a atual pesquisa identificou a presença de uma ferramenta com suporte oficial para adição de NPCs inteligentes na plataforma Inworld¹ por meio da aprovação do perfil do desenvolvedor e da adesão a um plano pago. É importante salientar também que essa integração do Decentraland com a Inworld ainda está em processo de desenvolvimento pelas entidades responsáveis.

Portanto, os objetivos específicos do presente trabalho foram alcançados, assim como o objetivo geral, uma vez que já foi possível validar a possibilidade de integração com um *back-end* de assistente virtual inteligente que poderá ser integrado ao NPC e que irá propor soluções únicas para cada usuário eventualmente.

4.2 Trabalhos futuros

Como estudo futuro, é interessante que o protótipo seja aprimorado para fazer uso de um agente pedagógico inteligente que possa fornecer respostas personalizadas para cada usuário e que ofereça sugestões relevantes para que estes alcancem seus objetivos. Esse desafio já se manifesta imediatamente na integração dos NPCs com o back-end de um assistente inteligente, que atualmente é recomendado de forma oficial pelo Decentraland por meio da integração com a plataforma Inworld, contudo já existem estudos em desenvolvimento pela equipe como os vistos em [10] e em [49]. Portanto é necessário que haja uma pesquisa sobre alternativas para se entender melhor as limitações ao consumir um back-end diferente do oferecido pela Inworld. Além deste, é importante salientar algumas possibilidades de trabalhos futuros como:

- Cenas instanciadas: criação de cenas individuais para que cada usuário possa customizar seu ambiente, além de seu avatar;
- Painel de customização do mascote: interface visual com modelos 3D de diferentes animais para a seleção e customização por parte do estudante;
- Tutoriais interativos: adição de janelas de diálogo e configurações de primeiro acesso para guiar e ensinar os comandos, possibilidades e interações disponíveis para o usuário.

Também há o interesse de se disponibilizar esse ambiente em produção para validar o uso da ferramenta pela comunidade acadêmica, principalmente universitários e professores, o que exigirá a publicação do ambiente no Decentraland.

Por fim, é esperado que este trabalho proporcione uma base sólida para que os desenvolvedores e a comunidade acadêmica consigam desenvolver ideias de projetos similares em

¹<https://inworld.ai/>

prol de enriquecer o aprendizado de jovens universitários com mecanismos que aumentem o interesse e a presença do aluno no seu aprendizado, seja por meio de ambientes imersivos que façam uso da inteligência artificial, seja pelo uso de outras tecnologias relevantes como as que foram apresentadas.

Referências

- [1] Nóbrega, Germana, Gabriel Silva e Thiago Silva: *Um projeto estruturante para orientações de tcc em cursos de computação: que oportunidades para ihc?* Em *Anais do XIII Workshop sobre Educação em IHC*, páginas 19–24, Porto Alegre, RS, Brasil, 2022. SBC. <https://sol.sbc.org.br/index.php/weihc/article/view/22854>. ix, 2
- [2] Chi, Yuanfang, Haihan Duan, Wei Cai, Z Jane Wang e Victor CM Leung: *Networking parallel web3 metaverses for interoperability*. IEEE Network, 2023. ix, 14
- [3] Decentraland: *Ai npcs herald the beginning of ai in decentraland. announcements, july 2023*. <https://decentraland.org/blog/announcements/ai-npcs-herald-the-beginning-of-ai-in-decentraland>. Accessed: 2025-01-27. ix, 17, 18, 36
- [4] Juvito, Lucas e Rodrigo Soares: *Um projeto de metaversidade: ampliando possibilidades para cursos de computação*. Monografia (Graduação em Computação). Universidade de Brasília (UnB), 2023. ix, 2, 19, 35, 36
- [5] Handa, Mandeep, Er Gagandeep Aul e Shelja Bajaj: *Immersive technology—uses, challenges and opportunities*. International Journal of Computing & Business Research, 6(2):1–11, 2012. 1
- [6] Mystakidis, Stylianos: *Metaverse*. Encyclopedia, 2(1):486–497, 2022. 1, 11, 12
- [7] Laeeq, Kashif: *Metaverse: why, how and what*. How and what, 2022. 1
- [8] Johnson, W Lewis e James C Lester: *Pedagogical agents: back to the future*. AI Magazine, 39(2):33–44, 2018. 1, 10
- [9] Barbosa, Carlos, Gabriel Carvalho, Germana Nóbrega e Fernando Cruz: *Redesenho e prototipagem de um repositório de recursos educacionais para metaverso*. Em *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, páginas 1012–1027. SBC, 2024. 2, 19
- [10] Nóbrega, Germana, André Pains e Fernando Cruz: *Uma sociedade de companions inteligentes na metaversidade para incrementar a aprendizagem ao longo da vida*. Em *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, páginas 3085–3096. SBC, 2024. 2, 19, 35, 39
- [11] Lester, James, Karl Branting e Bradford Mott: *Conversational agents*. The practical handbook of internet computing, páginas 220–240, 2004. 3

- [12] Chowdhary, KR1442 e KR Chowdhary: *Natural language processing*. Fundamentals of artificial intelligence, páginas 603–649, 2020. 3
- [13] Panigrahi, CMA *et al.*: *Use of artificial intelligence in education*. Management Accountant, 55:64–67, 2020. 3, 8
- [14] Oliveira, Clarissa Tochetto de, Rodrigo Carvalho Carlotto, Silvio José Lemos Vasconcelos e Ana Cristina Garcia Dias: *Adaptação acadêmica e coping em estudantes universitários brasileiros: uma revisão de literatura*. Revista Brasileira de Orientação Profissional, 15(2):177–186, 2014. 4
- [15] <https://www.atlassian.com/br/agile/kanban/boards>. Accessed: 2025-02-12. 5
- [16] Fetzer, James H e James H Fetzer: *What is artificial intelligence?* Springer, 1990. 7
- [17] Mendes, Ademir Aparecido Pinhelli e Liliane de Sousa Cardoso: *Metodologias inovadoras–ativas e imersivas–com uso de tecnologias digitais nos anos iniciais do ensino fundamental*. Revista Intersaberes, 15(34), 2020. 7, 11, 12
- [18] Copeland, B. J.: *Alan turing*. <https://www.britannica.com/biography/Alan-Turing>. Accessed: 2025-01-27. 7
- [19] McCarthy, John: *What is artificial intelligence?* Sanford University, 2007. 7, 8
- [20] Braga, Adriana e Robert K Logan: *The emperor of strong ai has no clothes: limits to artificial intelligence*. Information, 8(4):156, 2017. 7, 8, 9
- [21] Chen, Lijia, Pingping Chen e Zhijian Lin: *Artificial intelligence in education: A review*. Ieee Access, 8:75264–75278, 2020. 8, 9
- [22] Dzhaparov, Plamen: *Application of blockchain and artificial intelligence in bank risk management*. Economics and Management, 17(1):43–57, 2020. 8, 9
- [23] Kazi, Anees, Luca Cosmo, Seyed Ahmad Ahmadi, Nassir Navab e Michael M Bronstein: *Differentiable graph module (dgm) for graph convolutional networks*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 45(2):1606–1617, 2022. 9
- [24] Yu, Hao: *Reflection on whether chat gpt should be banned by academia from the perspective of education and teaching*. Frontiers in Psychology, 14:1181712, 2023. 9
- [25] Altamimi, Ibraheem, Abdullah Altamimi, Abdullah S Alhumimidi, Abdulaziz Altamimi e Mohamad Hani Tamsah: *Artificial intelligence (ai) chatbots in medicine: a supplement, not a substitute*. Cureus, 15(6), 2023. 10
- [26] Lugrin, Birgit, Catherine Pelachaud e David Traum: *The handbook on socially interactive agents: 20 years of research on embodied conversational agents, intelligent virtual agents, and social robotics volume 2: interactivity, platforms, application*. ACM, 2022. 10

- [27] Assunção, Breno SB, Edelson S Lopes e Vador RV Rissoli: *Sistema tutor inteligente integrado a monitoria estudantil para elaboração de um assistente virtual de ensino inteligente*. Em *Anais do Workshop de Informática na Escola*, volume 1, 2008. 11
- [28] Wißner, Michael, Wouter Beek, Esther Lozano, Gregor Mehlmann, Floris Linnebank, Jochem Liem, Markus Häring, René Bühling, Jorge Gracia, Bert Bredeweg *et al.*: *Increasing learners' motivation through pedagogical agents: The cast of virtual characters in the dynalearn ile*. Em *Agents for Educational Games and Simulations: International Workshop, AEGS 2011, Taipei, Taiwan, May 2, 2011. Revised Papers*, páginas 151–165. Springer, 2012. 11
- [29] Zaman, Asif, Mushfiqui Rahman Abir, Tanjil Hasan Sakib e Asgor Hossain Reaj: *A systematic review of metaverse environment*. *Metaversalize*, 1(1):1–20, 2024. 11, 12, 13, 15, 16
- [30] Horn, Florian, Sabrina Vogt e Stefan Peter Göbel: *Gametulearn: An interactive educational game authoring tool for 3d environments*. Em *Joint International Conference on Serious Games*, páginas 384–390. Springer, 2023. 12
- [31] Elngar, Ahmed A, N Thillaiarasu, T Saravanan e Valentina Emilia Balas: *Technology Innovation Pillars for Industry 4.0: Challenges, Improvements, and Case Studies*. CRC Press, 2024. 12
- [32] Duan, Haihan, Jiaye Li, Sizheng Fan, Zhonghao Lin, Xiao Wu e Wei Cai: *Metaverse for social good: A university campus prototype*. Em *Proceedings of the 29th ACM international conference on multimedia*, páginas 153–161, 2021. 12, 14
- [33] Lin, Hong, Shicheng Wan, Wensheng Gan, Jiahui Chen e Han Chieh Chao: *Metaverse in education: Vision, opportunities, and challenges*. Em *2022 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, páginas 2857–2866. IEEE, 2022. 13
- [34] Sutikno, Tole e Asa Ismia Bunga Aisyahrani: *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, 2023. 13
- [35] Lee, Lik Hang, Simo Hosio, Tristan Braud e Pengyuan Zhou: *A roadmap toward metaversity: Recent developments and perspectives in education*. *Application of the Metaverse in Education*, páginas 73–95, 2024. 13
- [36] Hwang, Gwo Jen e Shu Yun Chien: *Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective*. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3:100082, 2022. 14
- [37] Kumar, Devanshu, Alimul Haque, Khushboo Mishra, Farheen Islam, Binay Kumar Mishra e Sultan Ahmad: *Exploring the transformative role of artificial intelligence and metaverse in education: A comprehensive review*. *Metaverse Basic and Applied Research*, página 21, 2023. 14
- [38] Laurens-Arredondo, Luis Alberto: *Metaversity as the learning ecology in the age of the metaverse: A systematic review*. *Comunicar*, 33(79):10–22, 2024. 15

- [39] Yang, Qinglin, Yetong Zhao, Huawei Huang, Zehui Xiong, Jiawen Kang e Zibin Zheng: *Fusing blockchain and ai with metaverse: A survey*. IEEE Open Journal of the Computer Society, 3:122–136, 2022. 15
- [40] Wang, Minjuan, Haiyang Yu, Zerla Bell e Xiaoyan Chu: *Constructing an edumetaverse ecosystem: A new and innovative framework*. IEEE Transactions on Learning Technologies, 15(6):685–696, 2022. 15
- [41] <https://docs.decentraland.org/player/general/about/>. Accessed: 2025-01-27. 16, 17
- [42] Gadekallu, Thippa Reddy, Thien Huynh-The, Weizheng Wang, Gokul Yenduri, Pasika Ranaweera, Quoc Viet Pham, Daniel Benevides da Costa e Madhusanka Liyanage: *Blockchain for the metaverse: A review*. arXiv preprint arXiv:2203.09738, 2022. 16
- [43] Campitiello, Lucia, Veronica Beatini e Stefano Di Tore: *Non-player character smart in virtual learning environment: Empowering education through artificial intelligence*. Em *Workshop on Artificial Intelligence with and for Learning Sciences: Past, Present, and Future Horizons*, páginas 131–137. Springer, 2024. 17
- [44] Pretty, Emma J, Haytham M Fayek e Fabio Zambetta: *A case for personalized non-player character companion design*. International Journal of Human–Computer Interaction, 40(12):3051–3070, 2024. 17
- [45] Team, Inworld: *Populating decentraland with ai npcs*. <https://inworld.ai/blog/populating-decentraland-with-ai-npcs>. Accessed: 2025-04-11. 17
- [46] ChainPlay: *Decentraland introduces ai npcs and sophiaverse: The future of web3 metaverse*. <https://chainplay.gg/blog/decentraland-ai-npcs-sophiaverse/>. Accessed: 2025-04-11. 17, 18
- [47] Silva, Oscar EB M, Thiago FB Souza, João MS Duda, Bruno SR Barros e Germana M Nóbrega: *Você decide quem pod: empoderando a/o estudante de computação quanto à propriedade de seus dados*. Em *Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EDUCOMP)*, páginas 367–374. SBC, 2024. 19
- [48] <https://aws.amazon.com/pt/what-is/api/>. Accessed: 2025-02-12. 29
- [49] Nóbrega, Germana, Milene Serrano, Maurício Serrano, Fernando Cruz e Fred Freitas: *A multi-agent organizational modeling at the backend of a metaversity*. Em *(Under review)*, 2025. 39