

TECNOLOGIA PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL: Aplicação da realidade aumentada

Professor orientador: Roberto Avila Paldês

Aluno: Rafael Irvine Sousa Senra

PROGRAMA DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIC/CEUB

RELATÓRIOS DE PESQUISA
VOLUME 9 Nº 1- JAN/DEZ
•2023•

ISSN: 2595-4563





CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RAFAEL IRVINE SOUSA SENRA

**TECNOLOGIA PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL: Aplicação da realidade
aumentada**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa.

Orientação: Roberto Avila Paldês

BRASÍLIA

2024

DEDICATÓRIA

Dedico esta estudo à minha família pela fé e confiança demonstrada em mim e apoio incondicional. Aos professores, pelo simples fato de estarem dispostos a ensinar. Ao meu orientador, pela paciência, demonstrada no decorrer deste trabalho. Enfim, a todos, que de alguma forma tornaram este caminho mais fácil de ser percorrido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar vida, saúde e sonhos pelos quais lutar.

A faculdade CEUB, por abrir não apenas as portas da iniciação científica, mas também por expandir os meus horizontes, mostrando-me que o aprendizado vai além das salas de aula.

A FAPDF pelo seu incentivo, e por acreditar e valorizar a minha pesquisa.

Agradecimento em especial ao meu orientador Prof. Roberto Paldês, que sem ele nada disso seria possível, pois acreditou no meu potencial e com paciência e dedicação, me guiou pela jornada da pesquisa acadêmica, mostrando que cada obstáculo é uma oportunidade de crescimento.

Agradeço à todos, minha família e amigos que com seu incentivo me fizeram chegar ao fim de mais esta etapa, e apesar de sentirem minha ausência durante o processo sempre compreenderam o real objetivo.

À minha mãe e a minha tia Jesus, que mesmo sem entender completamente o que eu estava estudando, nunca deixaram de me apoiar. O apoio incondicional de vocês foi um doce lembrete do que importa.

Ao Meu primo Marcelo Salomão, que ao longo da minha vida sempre esteve presente, e me ajudou nos momentos mais difíceis, e com sua celebre frase "Cara, não tem como piorar, a tendencia é só melhorar daqui para a frente" sempre me animava e me colocava de volta aos trilhos.

À minha querida e favorita Irmã Tânia Cibele e seu esposo Helder Bandeira, que apesar da distância sempre se fizeram presente, sempre serei grato a vocês por tudo.

Grato a minha amada esposa Juliani Senra, que segurou minha mão nessa jornada e me incentivou a nunca desistir, e por entender que "Estou quase acabando" nunca significava menos de duas horas, e ainda assim me esperava com amor e paciência para irmos dormir, meu coração é repleto de gratidão e amor por você.

Já dizia o poeta: "um bicho só, é só um bicho". Apesar das lonjuras e da falta de tempo, eu nunca estive só, e conquisto este sonho graças ao amor e apoio de cada um de vocês, juntos somos fortes! Serei sempre imensamente grata a todos!

Sou eu quem comando o barco, eu sou o mestre do meu mar,

(Believer – Imagine Dragons)

Lembre-se sempre, você tem dentro de você a força, a paciência e a paixão para alcançar as estrelas, para mudar o mundo.

(Harriet Tubman)

A imaginação é mais importante que o conhecimento, porque o conhecimento é limitado, ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro.

(Albert Einstein)

Não gosto de perder em nada, mesmo assim os contratempos me ensinaram mais do que as vitórias. Se vencer é a recompensa de Deus, então perder é como ele nos ensina.

(Serena Williams)

O vento não quebra uma árvore que se dobra.

(Provérbio africano)

RESUMO

Esta pesquisa explora, numa perspectiva intencional, os resultados da utilização dos dispositivos móveis em conjunto com a Realidade Aumentada em um ambiente natural voltado para aprendizagem. Com o objetivo de desenvolver um aplicativo de Realidade Aumentada voltado para usuários de trilhas ecológicas da região do Cerrado brasileiro, para avaliar o seu uso como ferramenta pedagógica para educação ambiental nos ambientes naturais próximos aos centros urbanos. Para tanto, a metodologia da revisão de literatura foi utilizada com o propósito de identificar, selecionar, analisar, comparar e sintetizar o conteúdo dos estudos selecionados para extrair as respostas das questões de pesquisa. Além disso, um questionário e entrevistas foram elaborados e respondidos pelos usuários participantes do estudo, a fim de obtermos resultados quantitativos e qualitativos à pesquisa. Os resultados obtidos mostram um impacto extremamente positivo na aprendizagem, pois torna o ambiente totalmente interativo, divertido e controlado em razão da segurança e entretenimento proveniente do uso da Realidade Aumentada, tornando o processo de aprendizagem mais didático e inclusivo, além de contribuir para a conscientização ambiental dos usuários. A utilização da Realidade Aumentada no ambiente natural também se mostrou bem promissora e eficaz em vários aspectos principalmente no contexto motivacional e social. Complexidade na utilização dos dispositivos móveis, problemas técnicos relacionados a dificuldade inicial de se lidar com a Realidade Aumentada e o custo elevado dos dispositivos móveis são os principais desafios encontrados até então. A conclusão corrobora os resultados obtidos e salienta que a Realidade Aumentada de fato cria um ambiente de aprendizagem onde o usuário se mantém motivado e focado durante o uso.

Palavras-chave: trilhas ecológicas; meio ambiente; aprendizagem.

LISTAS DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 - Fases da seleção e seus resultados	15
Figura 2 - Equipamentos utilizados Pelos Usuários	34
Figura 3 - Softwares Utilizados Pelos Usuários	35
Figura 4 - Experiências Positivas dos Usuários	36
Figura 5 - Experiências Negativas dos Usuários	37
Figura 6 - Interface Unity Edit	40
Figura 7 - Código do MenuController	41
Figura 8 – ARScene	42
Figura 9 - EcoTrail Fauna Onça	43
Figura 10 - EcoTrail Flora Ipê	43
Figura 11 - EcoTrail Fauna Escorpião	44

LISTAS QUADROS

Quadro 1 - Trabalhos selecionados	16
Quadro 2 - Ferramentas de uso da RA	19
Quadro 3 - Resultados efetivamente obtidos	24
Quadro 4 - Lacunas e desafios	27
Quadro 5 - Equipamentos e software utilizados	28
Quadro 6 - Interesses dos entrevistados	28
Quadro 7 - Tecnologia na prática de eco trilhas	31
Quadro 8 - Proposta de funcionalidades	31
Quadro 9 - Opinião dos participantes	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
OBJETIVOS.....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
3. MÉTODO.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
RQ1 – Ferramentas de uso da RA para educação ambiental.....	18
RQ2 – Resultados efetivamente obtidos com o uso da tecnologia de Realidade Aumentada...	21
RQ3 – Lacunas e desafios ainda existentes.....	26
Resultados Entrevista.....	29
Resultado dos Questionários	33
Ecotrail – Módulo de Apresentação do Aplicativo.....	40
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS (OU CONCLUSÕES)	46
REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICES	51
APÊNDICE A – Fases da seleção e seus resultados.....	51
APÊNDICE B – Equipamentos utilizados pelos usuários.....	51
APÊNDICE C – Softwares utilizados pelos usuários.....	52
APÊNDICE D – Experiências positivas dos usuários.....	52
APÊNDICE E – Experiências negativas dos usuários.....	52
APÊNDICE F – Interface Unity Edity.....	53
APÊNDICE G – Código do MenuController	53
APÊNDICE H – ARScene	54
APÊNDICE I – EcoTrail Fauna Onça.....	54
APÊNDICE J – EcoTrail Flora Ipê	55
APÊNDICE K – EcoTrail Fauna Escorpião	55
APÊNDICE L – Termo de livre consentimento	56
APÊNDICE M – Perguntas entrevistas	57

1. INTRODUÇÃO

A Tecnologia da Informação e da Comunicação já está presente em diversas áreas de atuação humana. Na Educação ela tem se manifestado nos suportes aos processos administrativos e de ensino-aprendizado. A tecnologia tem sido utilizada como uma ferramenta para facilitar a aprendizagem e torná-la mais atrativa e interativa (Schneider, 2002).

Em particular, a educação ambiental tem sido uma área onde a tecnologia tem sido utilizada para melhorar o aprendizado e a conscientização ecológica (Silva, Aguiar e Jurado, 2020).

Um emergente recurso da tecnologia nos ensino-aprendizado é o da realidade aumentada, com a realidade aumentada, os objetos do mundo real podem ser aproximados de objetos virtuais gerados pelo computador (Azuma,2001), complementando a compreensão de seus fenômenos e interações. Para a educação ambiental, este recurso tem o potencial de aproximar o ambiente da natureza do nosso cotidiano. Tem ainda o potencial de trazer para a nossa visão cotidiana a compreensão da importância dos recursos do meio ambiente na qualidade de vida humana.

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que permite a sobreposição de elementos virtuais sobre o mundo real, por meio de dispositivos como smartphones e tablets. Essa tecnologia tem sido explorada em diversas áreas, como entretenimento, publicidade e educação. Na educação, a RA tem sido utilizada para enriquecer a experiência de aprendizagem, tornando-a mais interativa e engajadora (De Sousa, 2017).

A RA tem sido utilizada em diversos setores, incluindo jogos, publicidade, medicina e educação. Na educação, a RA tem sido utilizada como uma ferramenta para melhorar a compreensão de conceitos abstratos e complexos, bem como para criar experiências educacionais mais atraentes e imersivas. Na educação ambiental, a RA tem sido utilizada como uma ferramenta para fornecer informações sobre o meio ambiente e os problemas ambientais. A RA pode ser utilizada para criar experiências imersivas que permitem ao usuário explorar ambientes naturais, interagir com animais e plantas, e ver como as ações humanas afetam o meio ambiente. Além disso, a RA pode ser utilizada

para fornecer informações sobre soluções ambientais e práticas sustentáveis que os usuários podem adotar em suas vidas diárias.

Um exemplo de aplicação da RA na educação ambiental é o jogo "Watershed", desenvolvido pela Universidade de Wisconsin-Madison (Targa, Dos Santos, Mélega, 2022). O jogo utiliza a RA para permitir que os usuários explorem um rio virtual e aprendam sobre os problemas ambientais que afetam os rios e as bacias hidrográficas. O jogo também ensina aos usuários sobre práticas sustentáveis que podem ser adotadas para proteger os rios e as bacias hidrográficas.

Outro exemplo de aplicação da RA na educação ambiental é o projeto "EcoAR", desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, 2020). O projeto utiliza a RA para permitir que os usuários explorem ambientes naturais, como florestas e praias, e aprendam sobre os ecossistemas e as espécies presentes nesses ambientes. O projeto também ensina aos usuários sobre práticas sustentáveis que podem ser adotadas para proteger esses ambientes e as espécies presentes neles. Em síntese, a RA tem se mostrado uma tecnologia promissora para a educação ambiental, permitindo criar experiências imersivas e interativas para os usuários. A utilização da RA na educação ambiental pode ajudar a aumentar a conscientização ambiental e a promover práticas sustentáveis. Portanto, a utilização da RA na educação ambiental deve ser incentivada e explorada em maior profundidade.

A educação ambiental é um tema cada vez mais relevante na sociedade atual, uma vez que a preservação do meio ambiente tornou-se uma questão de sobrevivência para as gerações presentes e futuras. Nesse contexto, a tecnologia tem se mostrado uma aliada importante para a promoção da educação ambiental, em especial a realidade aumentada (Silva, 2017).

No campo da educação ambiental, a RA tem potencial para auxiliar na compreensão de conceitos complexos, como os ciclos biogeoquímicos, a dinâmica dos ecossistemas e as relações entre os seres vivos e o meio ambiente. Além disso, a RA pode contribuir para despertar o interesse da população pelo tema ambiental, tornando a aprendizagem mais significativa e estimulante (Klein, Kim, 2016).

Segundo Da Silva et. al. (2012), as trilhas ecológicas podem ser ambientes de práticas de educação ambiental no contexto do turismo rural, pois ela oferece oportunidades para a interpretação ambiental, o resgate histórico – cultural e os

fenômenos locais. Da mesma forma, Vasconcellos (1997), o uso de trilhas por visitantes, caminhantes, atletas de orientação, ciclistas e outros esportistas desempenha a função de conectar os visitantes com o lugar, criando maior compreensão e apreciação dos recursos naturais e culturais, provocando mudanças de atitude, atraindo e envolvendo as pessoas nas tarefas de conservação, além de criar uma impressão positiva sobre os recursos naturais de forma planejada e menos impactante.

Nesse contexto, o presente estudo pode contribuir para desenvolver e avaliar o uso da RA como ferramenta pedagógica para a educação ambiental de turistas rurais. Para tanto, são realizadas atividades práticas em que os usuários poderão explorar a RA como recurso para a compreensão de conceitos ambientais, bem como para a criação de soluções para problemas ambientais.

OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo geral desenvolver e avaliar o uso da RA como ferramenta pedagógica para a educação ambiental nos ambientes naturais próximos aos centros urbanos da região do Cerrado brasileiro. Para tanto, foram estabelecidas aos seguintes objetivos específicos: tornar a identificação de recursos naturais mais intuitivos para os praticantes de esportes junto à natureza; tornar mais lúdico e motivante o contato da população com os recursos naturais; maximizar, pela realidade aumentada, a interação de pessoas comuns com o meio ambiente.

Para tanto o artigo está organizado da seguinte forma: inicialmente, é feita uma introdução ao tema abordado, assim como à algumas definições básicas; a segunda parte aborda a metodologia utilizada para quantificação dos dados da pesquisa; a terceira parte realiza a revisão de parte da literatura sobre o tema; a quarta parte apresenta extração de dados e o resultados obtidos na pesquisa; a última parte traz a consolidação final das questões de pesquisa e suas principais constatações obtidas do trabalho com a síntese do que foi abordado, além da proposta para temas futuros.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para melhor entendimento dos conceitos atuais da quais ferramentas necessárias para o uso da RA para educação ambiental, resultados efetivos obtidos e os desafios e lacunas existentes, será apresentada uma breve explicação de cada um.

As tendências modernas de desenvolvimento econômico e humano criaram cada vez mais um ambiente poluído, destacando assim a necessidade urgente de uma educação ecológica, com o intuito de conscientizar. Embora muitos países enfatizem a educação ecológica, eles têm um fraco desempenho na instituição da educação afetiva (Chang et al., 2011, Gurevitz, 2000).

Os avanços na tecnologia móvel tornam viável o uso da tecnologia RA para aprendizagem (Specht et al., 2011).

De acordo com Saritha (2018), a Realidade Aumentada realmente ajuda a tornar o aprendizado muito eficaz e interessante em tempo real, segundo os autores dos artigos relacionados. Segundo eles também, ajuda na compreensão de alguns assuntos complexos de uma forma muito lúcida e intuitiva. Com base em estudos e pesquisas aprofundados, descobriu-se que a Realidade Aumentada é capaz de melhorar e aprimorar o processo de ensino e aprendizagem.

Segundo Ibañez et al. (2014), a RA é uma tecnologia onde dados de realidade, áudio, vídeo, gráficos e localização GPS preparados em computadores são combinados com o mundo real, para isso é necessário um aplicativo desenvolvido para realidade

aumentada, onde o objetivo é determinar o impacto dessa ferramenta no sucesso de seu uso no campo, ou seja, a Realidade Aumentada nos permite obter informações a qualquer momento ou lugar sobre os objetos do ambiente, basta combinar dados digitais sobre a imagem desse objeto ou posição com a utilização de um software. Em outras palavras, os aplicativos de RA combinam objetos virtuais como imagens em 2D ou 3D, som, vídeo e texto, com um ambiente real em tempo real. Objetos reais e gerados por computador virtual aparecem juntos em um sistema de tempo real de forma que o usuário veja o mundo real e os objetos virtuais sobrepostos aos objetos reais. A percepção do usuário sobre o mundo real é aprimorada e o usuário interage de forma mais natural. Os objetos virtuais podem ser usados para exibir informações adicionais sobre o mundo real que não são percebidos diretamente.

O estudo de Mota et al. (2016), indica que em geral, os aplicativos de RA se enquadram em duas categorias: baseados em geografia e baseados em visão computacional. Os aplicativos baseados em localização geográfica usam o GPS, o acelerômetro, o giroscópio e outras tecnologias do dispositivo móvel para determinar a localização, direção e sentido do dispositivo móvel. O usuário pode ver imagens sobrepostas geradas por computador em um mundo real na direção para a qual está olhando. Aplicativos baseados em visão computacional usam recursos de reconhecimento de imagem para reconhecer imagens e sobrepor informações sobre essa imagem. Dentro desta categoria podemos encontrar duas opções diferentes: RA baseado em marcadores e RA sem marcadores. Marcadores são etiquetas que contém um padrão colorido ou preto e branco que é reconhecido ou registrado pelo aplicativo RA através da câmera do dispositivo móvel para disparar um evento que pode ser, por exemplo, mostrar uma imagem em 3D na tela do dispositivo, dispositivo localizado na mesma posição onde o marcador está. RA sem marcadores é baseada no reconhecimento das formas do objeto.

Segundo (Bacca et al., 2014), os aplicativos de RA podem ser usados em diferentes cenários de aprendizagem, como explicação e avaliação de tópicos, simulação de experimentos de laboratório, jogos educativos, aumento de informações, exploração e muito mais. Este trabalho revela que a maioria das aplicações de RA desenvolvidas para ambientes educacionais utilizam tecnologia baseada em marcadores. Uma possível explicação para esse resultado é que atualmente o processo de rastreamento de técnicas baseadas em marcadores é melhor e mais estável em comparação com as técnicas de rastreamento sem marcadores. No entanto, o uso de RA baseada em marcadores exige que os materiais educativos existentes sejam reformados para incluir os marcadores necessários, enquanto a opção de tecnologia sem marcadores permite a reutilização do material existente, pelo que este sistema de reconhecimento deve ser uma opção obrigatória quando se trata para escolher uma ferramenta RA.

Conforme visto nos artigos utilizados, o uso da RA proporciona experiências da vida real e aprendizado permanente ao transformar eventos abstratos em exemplos concretos aos usuários.

3. MÉTODO

Esta pesquisa baseia-se na aplicação de uma série de experiências piloto, analisada a partir de uma abordagem interpretativa, que permite registrar a própria experiência dos participantes do estudo. Esta perspectiva permite abordar os objetos de estudo a partir das próprias experiências dos sujeitos que constituem essa realidade, permitindo assim a integração da contrastação e da pluralidade da Realidade Aumentada social (Rey, 2014).

A metodologia aplicada neste trabalho iniciou pela realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Uma RSL é entendida como um meio de avaliação e interpretação de toda a pesquisa relevante disponível para uma pergunta de pesquisa particular, ou área de tópico, ou fenômeno de interesse, utilizando-se um método rigoroso e confiável. Com o propósito de sumarizar e analisar a produção científica sobre o assunto onde os processos são organizados em etapas de planejamento, execução e análise dos resultados (Kitchenham, 2007). Durante a etapa de planejamento foi realizada a seleção do problema e das questões de pesquisa, elaboração da string, escolha das plataformas de busca, seguida da definição dos critérios de inclusão e exclusão. Durante a execução foram avaliados e selecionados os estudos de acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos.

As questões de pesquisa da RSL foram:

RQ 1: Quais são as ferramentas para o uso da Realidade Aumentada para educação ambiental?

RQ 2: Quais foram os resultados efetivamente obtidos com o uso da Realidade Aumentada?

RQ 3: Quais são as lacunas e desafios ainda existentes?

Após essa etapa foi elaborado um questionário e um roteiro de entrevista para coletar os dados necessários para responder e interpretar as questões de pesquisa.

O questionário, com abordagem quantitativa, é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador (JCP, Oliveira et al., 2016). O questionário contou com dez perguntas ao todo, divididas em 3 seções, cada seção representa uma

categoria, as categorias são 'Caracterização da amostra', 'Experiência do uso da tecnologia da Realidade Aumentada' e 'Expectativas e possibilidades da tecnologia de Realidade Aumentada'. Os selecionados para responder os questionários, foram os integrantes dos grupos praticantes das trilhas ecológicas a fim de se obter uma visão mais ampla das experiências que cada um possui a respeito da prática dessa atividade e suas expectativas ao utilizar tecnologia de Realidade Aumentada para auxílio da atividade de trilhas ecológicas.

O formulário de entrevista foi baseado em resultados da garantida por meio de revisão de literatura e da validação dos próprios entrevistados para garantir a clareza e adequação. A amostra deste questionário foi composta por 78 praticantes de eco trilhas que aceitaram participar dessa pesquisa.

Já a entrevista, com abordagem qualitativa, é um encontro entre duas pessoas a fim de se obter informações (Lakatos e Marconi, 2010). A pesquisa qualitativa, segundo Minayo (1999), pretende permear a compreensão lógica dos fatos dentro de um contexto para a resposta de um problema. A seleção dos entrevistados levou em consideração indivíduos que gerem grupos praticantes de trilhas ecológicas em diversos tipos de modais como caminhada, cavalgada e bicicleta. Essa escolha é justificada uma vez que esses gestores possuem uma visão mais técnica das necessidades estruturais, organizacionais e operacionais das trilhas ecológicas.

A entrevista contava com oito perguntas com a possibilidade de novas perguntas durante a coleta. As entrevistas foram gravadas, com autorização dos entrevistados, como fonte documental. Os perfis dos entrevistados são divulgados, porém a identidade deles permanece anônima.

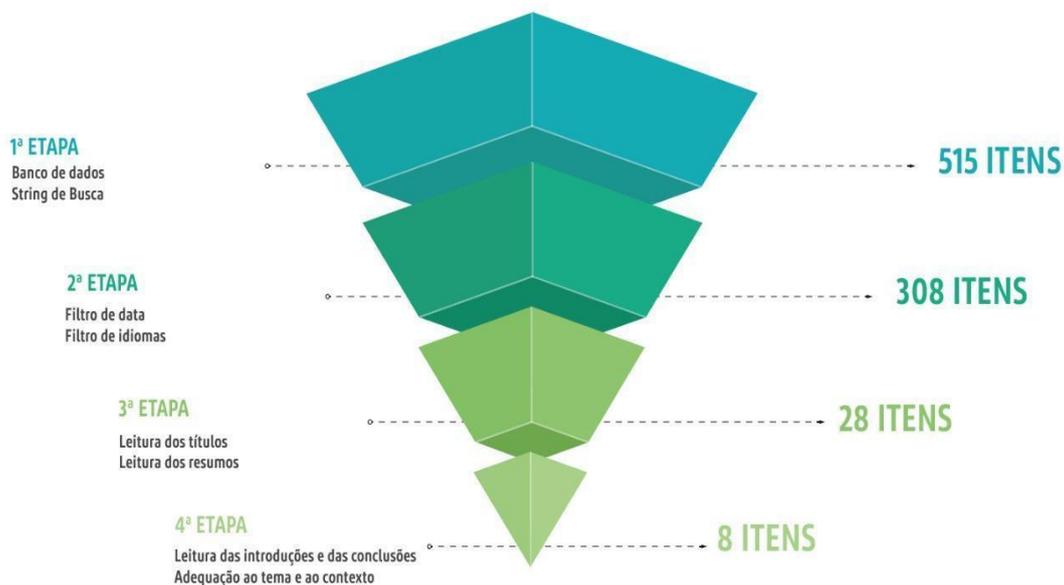
Para interpretar os resultados da entrevista, o método utilizado foi a análise de conteúdo proposto por Bardin (2011). Esse método consiste num conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos de descrição do conteúdo das mensagens. O método consiste na associação de palavras, tais como estereótipos e conotações de forma a estabelecer um padrão e frequência dos principais termos utilizados pelos entrevistados. Para realizar o que Bardin (2011) chama de teste de associação de palavras, que é a análise de frequências dos padrões linguísticos dos entrevistados, o áudio foi transcrito e organizado em blocos categorizados. O método de categorização foi a priori, onde os fatores e blocos já foram categorizados de

antemão. A ferramenta utilizada para tal finalidade foi o Microsoft Word. A ferramenta se mostra útil pois com ela é possível a edição de textos, criação de tabelas, criação de blocos e índices de pesquisa textual.

As entrevistas semiestruturadas serviram para coletar as opiniões dos especialistas sobre o uso da tecnologia RA e sobre a suas experiências envolvendo a prática de trilhas ecológicas, ao todo sete especialistas foram entrevistados. Com a coleta de dados extraída da entrevista foram evidenciados os principais interesses abordados pelos entrevistados das trilhas ecológicas

Seguindo o método proposto, a primeira etapa da pesquisa realizada foi a RSL, iniciando pela escolha das bases de dados: Web of Science, IEEE Explore e EBSCO. Em seguida, foi elaborada uma string para pesquisa nas bases de dados, adotando-se a estratégia PICO(população, intervenção, comparação e resultados) para construção das perguntas de pesquisas (Santos, C. M. da C. et al., 2007). O resultado foi a string: (“realidade aumentada” OR “augmented reality”) AND (“educação” OR “education”) AND (“meio ambiente” OR “environment”).

Figura 1 – Fases da seleção e seus resultados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A princípio, foram retornados pela pesquisa realizada com a string o total de 515 resultados, sendo 147 resultados pelo Web of Science, 54 resultados pela IEEE Explore e 325 resultados pela EBSCO.

A fase seguinte da RSL consistiu em estabelecer os critérios de inclusão e exclusão dos materiais encontrados. Os critérios de inclusão foram definidos como artigos e livros publicados em qualquer período desde que tenham definições clássicas que contribuam para esta pesquisa, artigos publicados a partir do ano de 2016 até a data de realização desta pesquisa (setembro de 2023) e artigos que possuíssem maiores quantidades de citações e referências. Foram determinados como critérios de exclusão as publicações fora do escopo de interesse desta pesquisa, publicações em outros idiomas que não seja português, inglês ou espanhol e documentos incompletos ou duplicados.

Com os resultados retornados pelas plataformas de busca já filtrados pelos critérios de inclusão e exclusão de data e idioma, restaram o total de 308 resultados. Destes 308 foram lidos os títulos e resumos realizados a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, restando 28 estudos. Em seguida foi realizada a leitura das introduções e conclusões dos 28 estudos e aplicando os critérios de inclusão e exclusão assim restando 8 estudos. Por fim, foram lidos os 8 estudos na íntegra para responder às questões de pesquisa. Os 8 estudos selecionados foram apresentados no **Quadro 1**.

Quadro 1 – Trabalhos selecionados.

Nº	Autor(es)	Título	Ano
C01	Karagozlu, Damla	Creating a Sustainable Education Environment with Augmented Reality Technology	2021
C02	Huang, Tien Chi et al.	Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment	2016
C03	Penarrubia, Lozano et al.	Assessment of a didactic proposal on physical activities in the natural environment based on the use of augmented reality	2021
C04	Gopalan, Valarmathie et al.	Systematic literature review on critical success factors in implementing augmented reality for science learning environment (2006–2021)	2023
C05	Mota, José Miguel et al.	Visual Environment for Designing Interactive Learning Scenarios with Augmented Reality	2016

C06	Kamarainen, Amy et al.	Prompting Connections Between Content and Context: Blending Immersive Virtual Environments and Augmented Reality for Environmental Science Learning	2018
C07	Sharif, Adnan et al.	Exploring the Opportunities and Challenges of Adopting Augmented Reality in Education in a Developing Countr	2018
C08	Perra, Cristian et al.	Augmented reality for cultural heritage education	2019

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

RQ1 – FERRAMENTAS DE USO DA RA PARA EDUCAÇÃO AMBIENTAL.

Segundo o autor C03 (Penarrubia et al., 2021), para o funcionamento, determina uma série de elementos necessários: o Hardware (tablet, computador, Smartphone, console de jogos) com câmera de captação de imagens: um dispositivo que permita projetar as imagens capturadas, que podem coincidir com os quatros elementos mencionados acima: o programa ou aplicativo específico de AR; os ativadores de informação AR (QR codes, Imagens ou GPS, dependendo do nível em que a experiência é enquadrada); e um servidor que permite armazenar a informação virtual associada aos marcadores.

De acordo com o autor C08 (Perra et al., 2019), ele propôs o uso da tecnologia RA utilizando o Google ARcode, que alimenta o aplicativo Android para habilitar os recursos da RA e banco de dados de imagens feitas com a ferramenta arcoring para armazenar, recuperar e reconhecer os objetos. Para avaliar o framework, foi desenvolvido um aplicativo Android baseado em RA.

A RA é usada em diferentes aplicativos móveis, relacionados a jogo, entretenimento e também possíveis oportunidades de adoção da RA na educação pelos usuários de nações em desenvolvimento, segundo o autor C07 (Sharif et al., 2018).

Na visão do autor C05 (Mota et al., 2016), existem diferentes ferramentas para se trabalhar com os recursos da RA. As abordagens de nível mais baixo fornecem kits de

ferramentas complexas, bibliotecas e estruturas em script para desenvolvedores de aplicativos. Exemplo de tais ferramentas são ARToolKit (ARToolKit 2016), ArUco (ArUco2016), DroidAR (DroidAR2016), Wikitude SDK (Wikitude 2016) ou Vuforia SDK (Vuforia 2016). Sendo assim permite o desenvolvimento de aplicativos de RA poderosos e personalizados, mas exigem um alto conhecimento de linguagens de programação como Java, C#, C++ ou JavaScript de acordo com Mota et al (2016). Por outro lado, existem diversas ferramentas de autoria gráfica de nível superior disponíveis na internet. Essas ferramentas permitem que usuários não programadores construam cenas RA modificando apenas parâmetros dos objetos virtuais, como posição, tamanho, rotação ou marca. Exemplos deste tipo de ferramentas são Laya (Layar 2016), Aurasma (Aurasma 2016), Augment (Augment 2016) e Aumentaty (Aumentaty 2016) (Mota et al., 2016).

Durante um encontro de professores espanhóis de diferentes níveis de ensino para a introdução de novas tecnologias no ensino, Aulablog (Aulablog X Encontro 2016), foi realizada uma pesquisa sobre tecnologias de RA. E chegou-se ao seguinte resultado sobre a pesquisa de distribuição do uso de ferramentas de RA nos diferentes níveis acadêmicos: Aurasma (16%), Layar (10,53%), Aumentaty (10,53%), Qr Code (10,53%) e demais aplicativos como Quiver, colAR, Chromville, aumento que obtiveram (5,26%) (Mota et al., 2016).

Além das ferramentas citadas, existem outras ferramentas de autoria de alto nível para qualquer tipo de aplicação RA direcionada a usuários não programadores, como DART, ComposAR, AMIRE e MARS. Nos últimos anos foram criadas ferramentas de desenvolvimento de software que escondem grande da complexidade das linguagens de programação tradicionais, a fim de facilitar o desenvolvimento de novas aplicações por pessoas sem conhecimento de programação. Nesse sentido, podemos destacar o Scratch, uma ferramenta para desenvolvimento de videogames, e o AppInventor, uma ferramenta para desenvolvimento de aplicativos móveis Android (Mota et al., 2016).

De acordo com o autor C06 (Kamarainen et al., 2018), que combinou a aprendizagem através de um ecossistema virtual imersivo instanciado em um ambiente virtual multiusuário (EcoMUVE) e a aprendizagem do mundo real em ambientes externos aumentados com tecnologia (EcoMOBILE), em outras palavras sistema EcoMOBILE combina aprendizagem através de um ecossistema virtual imersivo

(EcoMUVE) e aprendizagem em ambientes externos aumentados com a tecnologia móvel (Smartphones).

Assim o sistema EcoMuve utiliza atividades de investigação em um ambiente simulado imersivo projetado para ajudar os usuários a aprenderem a dinâmica e a complexidade causal inerente aos processos dos seus respectivos objetivos sejam eles acadêmicos ou não. As experiências de aprendizagem ao ar livre utilizando o EcoMOBILE, requer a utilização de smartphones, que executam a experiência da RA e Probeware para coletar dados científicos durante a sua utilização (Kamarainen et al., 2018).

Ainda segundo o autor Kamarainen et al (2018), existem uma série de opções sobre como sobrepor a RA às experiências educacionais, incluindo as ferramentas tecnológicas para aumento e o grau de aumento adicionado ao mundo. A adição de tecnologia portáteis, como smartphones, tablets e até óculos RA.

Quadro 2 – Ferramentas de uso da RA

Categorias	Subcategorias	Achados	Autores (vide Quadro 1)
Usuário	Software	- Google ARcode - EcoMuve - EcoMobile	N.osº C03; C05; C06; C08.
	Hardware	- Tablet - Computador - Smartphones - Consoles de jogos - Óculos RA	N.osº C02; C03; C06.
Desenvolvedor	Software	- Arcoreimg - ARToolKit - ArUco - DroidAR - Wikitude SDK - Vuforia SDK - Laya - Aurasma - Augment - Aumentaty - Qr Code - Quiver - coIAR	N.osº C05; C06; C08.

		- Chromville - DART - ComposAR - AMIRE - MARS -Scratch -AppInventor	
Sistema de Gestão	Servidores	- Armazenamento de informação virtual	N. ° C03.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

RQ2 – RESULTADOS EFETIVAMENTE OBTIDOS COM O USO DA TECNOLOGIA DE REALIDADE AUMENTADA.

Os estudos consultados dos autores C03 (Penarrubia et al., 2021), revelam uma série de vantagens ou benefícios que a RA proporciona no contexto educacional. A principal razão é dada pela criação de um ambiente de aprendizagem que gera maior motivação aos usuários. Por sua vez, essa atitude traduz-se em uma melhoria no desempenho acadêmico segundo dados da amostragem do estudo de caso. Ainda segundo o autor Penarrubia et al. (2021), há muitos autores que consideram que a utilização da RA no contexto formativo favorece o desenvolvimento da educação inclusiva, encontrando benefícios para diferentes realidades individuais dos alunos, sendo citados pelo mesmo autor como Transtorno do Espectro Autista, ou Síndrome de Down, apontando dificuldades quase exclusivamente para alunos com deficiência visual.

De acordo com o autor C01 (Karagozlu, 2021), observou-se que o uso da tecnologia RA afeta positivamente a participação ativa dos usuários nas atividades de aprendizagem e sua capacidade de atenção. Além disso sugeriram que o uso da RA em ambientes educacionais oferece o conteúdo em uma perspectiva tridimensional, proporciona oportunidades de aprendizagem simultânea e colaborativa e torna visível o que é invisível. Entre outros benefícios, as tecnologias RA também têm um impacto positivo no sucesso acadêmico dos usuários e no seu interesse pelo assunto.

Segundo o estudo do Karagozlu (2021), foram codificadas um total de 143 referências, das quais 125 estão relacionadas a satisfação e com insatisfação, ou seja, 87,4% das referências descrevem satisfeito com o uso da RA durante o desenvolvimento.

A RA pode promover a interação usuário-instrutor e aumentar a satisfação dos usuários com a experiência de aprendizagem (Sharif et al., 2018). Também pode desenvolver habilidades de comunicação oral, habilidades de interação social e pode encorajar a compreensão da diversidade etc. As seguintes afirmações foram coletadas de um total de 185 respostas e os dados de pesquisa foram analisados usando abordagem estatísticas de acordo com o autor C07 (Sharif et al., 2018).

De acordo com o autor C05 (Mota et al., 2016), a tecnologia RA permite a inclusão de elementos virtuais numa visão do ambiente físico real para criação de uma realidade mista em tempo real. Esse tipo de tecnologia pode ser usado em ambientes educacionais. No trabalho do autor Mota et al. (2016), foram analisadas diferentes ferramentas de autoria de RA.

Ainda segundo o autor Mota et al. (2016), a RA oferece vários graus de imersão e integração que podem ajudar a envolver os usuários nas atividades de aprendizagem. Estudos realizados indicam que os fatores motivacionais de atenção e satisfação em um ambiente de aprendizagem baseado em realidade aumentada foram mais bem avaliados do que aqueles obtidos em um ambiente de aprendizagem baseado em slides (Mota et al., 2016).

A investigação sobre RA também demonstrou a sua extrema utilidade para aumentar a motivação dos alunos no processo de aprendizagem (Mota et al., 2016).

Na publicação do autor C06 (Kamarainen et al., 2018), ele cita as principais vantagens da RA em ajudar os usuários a conceituarem ideias abstratas, como ondas sonoras na física ou a relação entre a Terra e o Sol. Onde é aplicado a RA com intuito de ajudar os usuários a compreenderem como os processos importantes, mas invisíveis, de determinados assuntos. Com o objetivo de compreender os diferentes níveis de estímulos e visualização influenciavam a compreensão dos usuários sobre o tema. Assim, demonstrou-se que a RA apoia o envolvimento dos usuários em práticas científicas e também agiliza a logística envolvida na entrega da experiência da aprendizagem ao ar livre, fornecendo informações na hora certa e permitindo que os usuários trabalhem em seu próprio ritmo (Kamarainen et al., 2018). Assim, estas tecnologias proporcionam aos profissionais da área mais ferramentas para relacionar informações com os usuários e podem fornecer foco durante a experiência da visita de campo (Kamarainen et al., 2018). Através da RA, os usuários podem visualizar as

informações na hora certa, à medida que se deparam com os fenômenos, o que pode ser especialmente útil para alunos que conectam fatores invisíveis ao ambiente visível de acordo com o autor Kamarainen et al. (2018).

Após as experiências analisadas pelo Kamarainen et al. (2018), o conhecimento dos usuários a respeito do tema proposto pelo autor aumentou significativamente após o uso da tecnologia. Enquanto isso, os alunos obtiveram pontuações relativamente altas em medidas de conteúdo relacionado aos processos, e aos ganhos no conhecimento do conteúdo desses processos não houve mudança após o uso do mundo virtual imersivo ou da participação.

De acordo com o autor C04 (Gopalan et al., 2023), a vantagem mais relatada do uso da RA é que ela promove melhores resultados de aprendizagem. Os pontos fortes identificados pelo autor Gopalan et al. (2023), foram divididos em quatro categorias principais. São os resultados dos usuários: contribuição pedagógica, interação e motivação.

Os resultados da revisão do escopo ilustraram um conjunto de estudos que fornecem evidências de aumento do desempenho acadêmico no envolvimento, motivação e satisfação dos usuários por meio de um ambiente enriquecido com aplicações de RA (Gopalan et al., 2023).

A revisão elaborada pelo autor Gopalan et al. (2023), identificou 67 benefícios, incluindo 14 benefícios exclusivos, divididos em seis grupos. Os seis principais benefícios incluíram o estado de espírito, conceito e apresentação de ensino, tipos de aprendizagem, compreensão do conteúdo, e custos reduzidos (Gopalan et al., 2023).

A análise de conteúdo foi realizada para recuperar os fatores de RA de 90 estudos, 16 fatores críticos de sucesso da RA no ambiente de aprendizagem foram identificados. Esses fatores críticos de sucesso são empregados para avaliar a compreensão, a satisfação, a motivação, a eficácia e a usabilidade da tecnologia, o conhecimento conceitual, a carga cognitiva, a retenção do conhecimento, a aceitação da tecnologia e a experiência de imersão da RA para o aprendizado (Gopalan et al., 2023).

Os fatores críticos de sucesso da RA no ambiente de aprendizagem foram divididos em três categorias: experiência de aprendizagem rica; resultado de aprendizagem eficaz e características inerentes decentes, indicaram que esses estudos

conduziram principalmente estudos exploratórios para testar a usabilidade e implementação da intervenção, apesar de conceituá-la como fatores críticos de sucesso da RA no ambiente de aprendizagem segundo Gopalan et al. (2023).

Ainda de acordo com o autor Gopalan et al. (2023), a RA proporciona uma rica experiência de aprendizagem que inclui interesse, prazer, engajamento, diversão e imersão. A RA envolve os usuários em atividades mentais e físicas em distração. Manter o foco por muito tempo é um desafio, e a RA pode envolver os usuários no processo de aprendizagem com suas características inerentes. De acordo com o estudo mencionado, o engajamento permite que o processo de aprendizagem do aluno seja transformado em um processo de aprendizagem ativo e significativo.

A RA cultiva o interesse do usuário, despertando o desejo de saber ou aprender algo naturalmente. A RA estimula a vontade de explorar o conhecimento de uma perspectiva diferente, criando prazer e uma experiência de aprendizagem divertida. O prazer na aprendizagem é definido como a ação que faz uma pessoa sentir, enquanto a diversão é um prazer alegre, turbulento, jovialidade ou diversão e entretenimentos. Usando RA, o usuário pode completar tarefas de aprendizagem, como compreender fenômenos complexos de experimentos de física. Com o uso da RA, as tarefas de aprendizagem podem ser conduzidas de uma forma mais divertida o que eventualmente proporciona aos usuários prazer em poder concluir as tarefas (Gopalan et al., 2020).

Ainda segundo o autor C4 (Gopalan et al., 2023), a implementação da RA na aprendizagem levou a resultados de aprendizagem eficazes, como motivação aprimorada, compreensão aprofundada sobre o conhecimento conceitual e habilidades práticas com a adição de eficácia, retenção de conhecimento, bem como manutenção da atenção, relevância, concentração e satisfação.

De acordo com Gopalan et al. (2023), a RA pode ser uma ferramenta educacional adequada para manifestar motivação na aprendizagem e fornecer a intensidade para aumentar constantemente o impulso para alcançar a aspiração desejada.

Segundo o autor Gopalan et al. (2023) ainda, a RA proporciona aos alunos um ambiente de aprendizagem confortável e seguro. A relevância no ambiente RA está relacionada ao realismo do material didático apresentado. Além disso, teremos confiança quando conseguimos controlar a situação sem depender de ninguém. A confiança ocorre quando algo ou alguém nos orienta ou nos apoia para alcançar alguns

objetivos. A mesma circunstância implicou uma aprendizagem baseada em RA, onde o usuário se sente estruturado e pode controlar ou manipular o marcador para experimentar uma aprendizagem independente. Portanto, os usuários sentem-se confiantes e aceitam amplamente a RA no domínio educacional. A satisfação é a consciência individual de quão bem um ambiente de aprendizagem apoia o sucesso acadêmico (Gopalan et al., 2023).

Quadro 3 – Resultados efetivamente obtidos.

Categorias	Subcategorias	Achados	Autores (vide Quadro 1)
Pedagógicos	Ambiente	- Criação de um ambiente de aprendizagem	N.os° C01; C02; C03; C04; C05.
	Aprendizagem	- Compreensão do conteúdo - Retenção do conhecimento - Aceitação da tecnologia - Experiência da imersão da RA para o aprendizado - Carga cognitiva	N.os° C04.
		- Aprendizagem simultânea e colaborativa	N.os° C01.
		- Melhora no desempenho acadêmico	N.os° C01; C03.
		- Desenvolvimento da educação inclusiva (Transtorno do Espectro Autista e Síndrome de Down)	N.os° C03.
		- Melhora na participação ativa nas atividades de aprendizado	N.os° C01; C02; C03; C04; C05; C06.
		Comportamentais	Processo
- Desenvolvimento de habilidades	N.os° C04; C07.		
- Aumento na motivação dos usuários	N.os° C01; C03; C04; C05.		
Aprovação	- Interesse pelo assunto - Satisfeito com a utilização da RA		N.os° C01; C04; C05; C07.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

RQ3 – LACUNAS E DESAFIOS AINDA EXISTENTES

Segundo o estudo do Autor C03 (Penarrubia et al., 2021), esta tecnologia também apresenta uma série de limitações que lhe estão associadas, que podem ser resumidas da seguinte forma: os seguintes pontos> limitações técnicas derivadas de problemas de conectividade; a complexidade das aplicações utilizadas e os aspectos econômicos referindo-se tanto à aquisição de dispositivos quanto à contratação de linhas de serviços. O autor também menciona que o fator é a dependência do clima, e a necessidade de materiais específicos ou a movimentação para o ambiente natural são alguns dos pontos que afetam o a utilização da tecnologia.

Já o Autor C08 (Penarrubia et al., 2021), sugere que a experiência da RA por grupos pode ser complexa, porque os visitantes não estão familiarizados com a tecnologia de RA, outro desafio mencionado é que os criadores da RA precisam enfrentar o envolvimento com os visitantes. Uma variedade de requisitos precisa ser considerada durante a fase de desenvolvimento para permitir que a aprendizagem ativa aconteça. Esses requisitos são diversão (o visitante deve gostar de usar o aplicativo), desafio (o visitante deve ter um objetivo para usar o aplicativo) e curiosidade (o aplicativo deve estimular o visitante a explorar mais o tema).

De acordo com o autor C04 (Gopalan et al., 2023), alguns dos desafios impostos pela RA são questões de usabilidade e problemas técnicos frequentes. Os desafios incluíram o fato de a RA ser difícil de utilizar pelos usuários, requer mais tempo; sua falta de aptidão para ensino extensivo em grupo; provoca sobrecarga cognitiva; distrai a atenção dos usuários; a tecnologia é cara; e a capacidade inadequada do instrutor para usar a tecnologia.

Ainda segundo o autor Gopalan et al. (2023), problemas técnicos frequentes revelam que a RA tem baixa sensibilidade para desencadear o reconhecimento; Erros de GPS resultam em frustrações dos usuários; causam problemas técnicos, como aqueles relacionados à câmera, internet e uso interno; o grande tamanho do arquivo limita o compartilhamento de conteúdo; problemas ergonômicos; e a dificuldade em projetar.

Já o autor C06 (Kamarainen et al., 2018), menciona que o mundo real pode ser um contexto desafiador para a aprendizagem. Os usuários podem se distrair com a novidade da experiência da utilização da Ra e ter dificuldade em se concentrar em tarefas de aprendizagens relevantes. Também é um desafio facilitar a integração de

conhecimentos específicos de domínio e práticas científicas que são necessárias para que os usuários se envolvam na investigação de maneira produtiva e autêntica.

O autor Kamarainen et al. (2018), ainda cita os obstáculos técnicos e naturais enfrentados durante o curso das suas experiências em visita de campo, e esses obstáculos alteraram a forma como a atividade se desenrolou e, portanto, a fidelidade com que a experiência real da viagem de campo correspondeu ao pretendido. O clima no primeiro dia da visita foi úmido e chuvoso, enquanto no segundo dia estava quente e havia mosquitos.

Já o autor C07 Sharif et al. (2018), cita que a análise de dados e os resultados da pesquisa demonstram que a falta de experiência e a adoção da RA nas áreas rurais são os principais desafios. Além disso, a falta de conhecimento técnico sólido, a crise financeira e o sistema de ensino tradicional foram citados também como desafios a serem enfrentados.

De acordo com o autor C05 Mota et al. (2016), dos autores citados por ele, afirmam que a principal barreira é a necessidade de ter habilidade de programação para desenvolver experiências de RA. Outra das razões mencionadas no estudo do autor é a falta de ferramentas especificamente concebidas para a educação, e não para fins gerais. Além disso, muitas dessas ferramentas não consideram o dispositivo no qual serão implantadas e, portanto, não utilizam muito dos recursos que os dispositivos móveis colocam à disposição. As principais desvantagens encontradas em todas essas ferramentas de alto nível foram resumidas da seguinte maneira: O relacionamento entre os marcadores e os objetos virtuais é sempre um para um; Não há respostas às interações (virar, girar, etc) com os marcadores; Colisões entre objetos virtuais não podem ser detectadas; Informações sobre o usuário que realiza a atividade (quem, quando, onde, como, etc) não são permitidas a ser coletadas; Não é possível avaliar as competências adquiridas dos usuários através da aplicação; A falta de um mecanismo para incluir instruções de uso no próprio aplicativo. Outra desvantagem mencionada pelo autor é a falta de um mecanismo que orienta o usuário dando instruções específicas dependendo da fase da atribuição da tarefa em que se encontra. Em resumo, não há como incluir uma lógica específica de domínio no aplicativo. Para conseguir isso, seria necessário desenvolver uma aplicação específica usando uma linguagem de programação e algumas bibliotecas. No entanto, seria uma tarefa demorada que requer

habilidades de programação consideráveis. Sendo assim, o autor optou por projetar um aplicativo Android utilizando a ferramenta VEDILS para demonstrar sua facilidade de uso. No entanto, as atuais ferramentas de autoria de RA apresentam vários inconvenientes, tais como, a falta de um mecanismo para rastrear as atividades dos usuários, a capacidade de detectar colisões entre objetos virtuais, permitindo estabelecer apenas relacionamentos um para um entre rastreadores e objetos virtuais (Mota et al., 2016).

Quadro 4 – Lacunas e desafios.

Categorias	Subcategorias	Achados	Autores (vide Quadro 1)
Lacunas	Problemas técnicos	- Problemas de Conectividade	N.os° C03; C04; C06.
		- Erros na localização em tempo real	N.os° C03; C04; C07.
		- Problemas na câmera	N.° C04.
		- Limitações da própria aplicação	N.° C05.
	Complexidade das Aplicações	- Distração dos usuários	N.° C04; C06.
		- Sobrecarga cognitiva	N.° C04.
		- Complexidade do uso da tecnologia	N.os° C04; C08.
		- Falta de conhecimento técnico	N.os° C05; C04.
		- Falta de Envolvimento dos usuários	N.os° C06; C08.
	Desafios	Econômicas	- Elevado custo
Natural		- Dependência do clima	N.° C06.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

RESULTADOS ENTREVISTA

A análise de conteúdo, proposta por Bardin (2004), levou a resultados que visam determinar que aspectos os praticantes esperam que a tecnologia RA os auxilie ao praticar trilhas ecológicas. Além disso, fatores positivos e negativos foram considerados na utilização da tecnologia. Quanto aos equipamentos e software utilizados, as categorias e subcategorias estão consolidadas no **Quadro 5**.

Quadro 5 – Equipamentos e software utilizados

Categoria	Subcategorias	Achados
Equipamentos	Aparelhos digitais utilizados no processo	<ul style="list-style-type: none"> ● Celular ● GPS ● Notebook ● Rádios
	Equipamentos não digitais utilizados no processo	<ul style="list-style-type: none"> ● Kit de primeiros socorros ● Mapa
Software	Na preparação previa para prática das eco trilhas	<ul style="list-style-type: none"> ● Google Maps
	Uso durante a prática das eco trilhas	<ul style="list-style-type: none"> ● Wikiloc ● GPX Viewer Pro ● Relive ● I Naturalist ● eTrilhas ● Passaporte Trilhas

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quanto aos interesses dos entrevistados, as categorias e subcategorias estão consolidadas nos Quadro 6.

Quadro 6 – Interesses dos entrevistados

Categoria	Subcategorias	Achados
Interesses abordados	Itens da flora que deveriam ser abordados com o auxílio da tecnologia RA	<ul style="list-style-type: none"> ● Preservação, avisos educativos e sinalização ● Simulação de espécimes que tenha o

		<p>florescimento fora de época</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Identificação dos espécimes ● Identificação de árvore, arbustos e plantas floridas da região do cerrado ● Identificação de árvores, plantas e frutos fora de época ● Identificação e localização de plantas medicinais ● Placas informativas sobre as características das espécies ● Informações sobre árvores frutíferas presente na região da trilha ● Simulação das frutas
	<p>Itens da fauna que deveriam ser abordados com o auxílio da tecnologia RA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Características das espécies ● Simulações de encontros com animais ● Auxílio na identificação de espécies ● Identificação dos pássaros ● Informações a respeito da fauna presente na região do cerrado ● Alertas sobre avistamentos de determinados animais e ninhos. ● Alertas de animais feridos ou filhotes perdidos
	<p>Itens de segurança e informações relevantes que deveriam ser</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Aquíferos presentes na região da trilha

	abordados com o auxílio da tecnologia RA	<ul style="list-style-type: none"> ● Simular uma cachoeira com volume de água maior ● Alertas sobre os riscos nas cachoeiras em dias de chuva ● Simulação de fosséis, minerais e substâncias nocivas ● Informações sobre o relevo da trilha ● Alertas sobre riscos de deslizamentos ● Informações gerais da trilha ● Informar nascentes presentes na trilha ● Riscos e cuidados a tomar nas proximidades das nascentes ● Informar a capacidade que a região tem em sequestro de carbono ● Informações históricas da região ● Totem informativo dos atrativos presentes na trilha ● Criar pontos de referência na trilha ● Informar estabelecimentos na trilha ● Alertas sobre riscos pontuais na trilha
--	--	---

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quanto à tecnologia na prática de eco trilhas, as categorias e subcategorias estão consolidadas nos Quadro 7.

Quadro 7 – Tecnologia na prática de eco trilhas

Categoria	Subcategorias	Achados
Uso da tecnologia na prática de eco trilhas	Fatores positivos na utilização	<ul style="list-style-type: none"> ● Localização e navegação ● Identificação das trilhas ● Diminui o risco de perdas de usuários na trilha ● Planejamento ● Diminui o risco de acidentes ● Pedido de socorro em caso de urgência ● Obtenção de conhecimento ● Registro de momentos através de vídeos e fotos ● Coleta de informações de trilhas existentes ● Segurança
	Fatores negativos na utilização	<ul style="list-style-type: none"> ● Falta de sinal ● Ser dependente ● Uso excessivo ● Bateria ● Não possuir todas as informações em um único aplicativo ● Não saber quem são as pessoas reunidas em determinados grupos de trilhas

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quanto às propostas de funcionalidades tecnologias a serem inseridas no aplicativo proposto nesta pesquisa, os resultados estão consolidados no Quadro 8.

Quadro 8 – Proposta de funcionalidades

Categoria	Subcategorias	Achados
Propostas de funcionalidades	Requisitos funcionais do sistema	<ul style="list-style-type: none"> ● Banco de dados georreferenciado das trilhas ● Trilhas catalogadas, organizadas e sistematizadas por região/localidade ● Registrar vídeos e fotos ● Consultas em gerais ● Funcionar no modo offline ● Funcionalidades com áudio ● Divulgação de eventos e grupos de trilhas ● Informar se a trilha passa por propriedades privadas ● Pontos georreferenciados no trajeto das trilhas ● Altimetria da trilha ● Especificar nível de dificuldade da trilha

		<ul style="list-style-type: none"> ● Demarcar a hidrografia da região ● Alertas simultâneos sobre riscos na região ● Possibilitar demarcações feitas pelos usuários ● Orientação simultânea do trajeto ● Avisos sonoros ● Compartilhamento de trilhas ● Lista de guias presente na região ● Ter integração com os serviços de emergência ● Botão de ajuda ● Perfis de usuários e guias ● Nível de avaliação de trilhas, usuários e guias
	Aspectos visuais	<ul style="list-style-type: none"> ● Criar atrativos que incentive crianças na prática da preservação ambiental ● Apresentação realista da trilha ● Exposição dos itens da região presente
	Acessibilidade	<ul style="list-style-type: none"> ● Gratuidade ● Cursos rápidos ● Inclusão a portadores de necessidades especiais

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

RESULTADO DOS QUESTIONÁRIOS

A amostra desse questionário foi composta de 53 pessoas do sexo feminino (68% dos respondentes) e 25 pessoas do sexo masculino (32% dos usuários). Os respondentes praticam trilhas ecológicas em diversos tipos de modais, onde 88,5% dos usuários (69 pessoas) praticavam trilhas ecológicas através da caminhada, 9% dos usuários (7 pessoas) praticavam as eco trilhas utilizando a bicicleta, 1,28% dos usuários (1 pessoa) preferiam a prática da trilha ecológica utilizando cavalo e 1,28% dos usuários (1 pessoa) praticava eco trilhas apenas para educação ambiental.

A amostra também classificou a experiência dos usuários na prática dessa atividade, onde 6,4% dos usuários (5 pessoas) possuíam menos de 1 ano de experiência, 6,4% dos usuários (5 pessoas) possuíam entre um e dois anos de experiência, 12,8% dos usuários (10 pessoas) possuíam entre dois e três anos de experiência, 9% dos usuários (7 pessoas) possuíam entre três e cinco anos de experiência, 19,2% dos usuários (15

peçoas) possuam entre cinco e dez anos de experiência e 46,2% dos usuários (36 peçoas) possuam mais de dez anos de experiência na prática de trilhas ecológicas.

Outra informação importante obtida na amostra se trata da associação dos usuários aos grupos organizadores de prática de trilhas ecológicas, onde observou-se que das 78 peçoas, 82,05% dos usuários (64 peçoas) integram algum tipo de grupo organizador e 17,95% dos usuários (14 peçoas) não fazem parte de nenhum grupo organizador, e assim, praticam trilhas ecológicas por conta própria. Outros dados obtidos foram que dos usuários que integram algum grupo organizador 17,19% desses usuários (11 peçoas) participam de três ou mais grupos organizadores, 17,19% dos usuários (11 peçoas) participam de dois grupos organizadores e 65,62% dos usuários (42 peçoas) fazem parte apenas um grupo organizador.

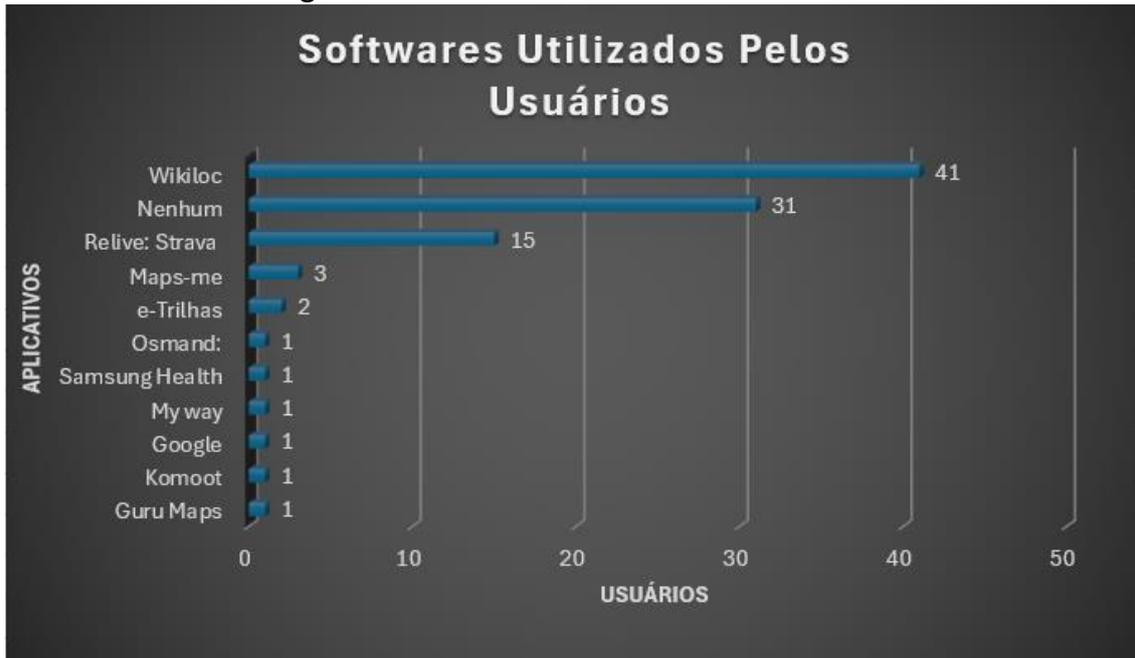
A amostra revelou também os equipamentos que os usuários utilizam durante a prática de trilhas ecológicas com o objetivo de auxiliar na orientação, comunicação e tornar mais seguro o percurso, muitos usuários utilizam mais de um instrumento. Cerca de 83,30% (65 peçoas) dos usuários utilizam o smartphone como instrumento de orientação e comunicação, 69,20% (54 peçoas) dos usuários se guiam através sinalização da própria trilha, 28,20% (22 peçoas) dos usuários utilizam GPS para se localizarem, 9% dos usuários (7 peçoas) utilizam mapas como instrumento de orientação, 6,4% dos usuários (5 peçoas) utilizam a bússola para se guiarem pelas trilhas, 6,40 % dos usuários (5 peçoas) não utilizam nenhum tipo de instrumento orientação e comunicação, 1,30% dos usuários (1 peçoas) seguem a orientação dos condutores das trilhas, 1,30% dos usuários (1 peçoas) utiliza rádio como meio de comunicação durante o percurso das trilhas como mostrado na **Figura 2**.

Figura 2 - Equipamentos utilizados Pelos Usuários



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Outros dados relevantes levantado na amostragem é a utilização de softwares em suporte a prática de trilhas ecológicas, onde 52,60% dos usuários (41 pessoas) utilizam o Wikiloc para registrar o percurso das trilhas e armazenar informações como tempo de início e fim da trilha, velocidade média e captura de imagens, cerca de 39,70% dos usuários (31 Pessoas) não utilizam nenhum aplicativo durante a prática de trilhas ecológicas, 19,20% dos usuários (15 pessoas) usam o Relive: Strava para monitorar o seu progresso no percurso da trilha, 3,80% dos usuários (3 pessoas) usam o Maps-me para se orientarem no trajeto da trilha, 2,60% dos usuários (2 pessoas) utilizam o e-Trilhas para se orientarem durante o percurso. Outros aplicativos também foram mencionados como Guru Maps por 1,30% dos usuários (1 pessoa), Komoot por 1,30% dos usuários (1 pessoa), Google por 1,30% dos usuários (1 pessoa), My way por 1,30 dos usuários (1 pessoa), Samsung Health por 1,30% dos usuários (1 pessoa) e Osmand por 1,30% dos usuários (1 pessoa) assim descrito na **Figura 3**.

Figura 3 - Softwares Utilizados Pelos Usuários

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na amostragem também foram identificados fatores positivos e principais benefícios mencionados pelos usuários com o uso de tecnologias na prática de trilhas ecológicas. O principal benefício mencionado pelo usuários foi que a tecnologia informa a Distância e tempo médio para conclusão da trilha em tempo real, esse benefício foi citado por 55,10% dos usuários (43 pessoas), 48,70% dos usuários citam como fator positivo a geolocalização em tempo real, já por 38,50% dos usuários (30 pessoas) consideram positivo o compartilhamento da localização com demais usuários, 35,90% dos usuários (28 pessoas) veem benefícios através das informações sobre pontos de interesse histórico, para 29,50% dos usuários (23 pessoas) a orientação guiada automatizada auxilia durante o percurso da trilha, 28,20% dos usuários (22 pessoas) veem como fator positivo as informações a respeito da fauna e flora da região, 15,40% dos usuários (12 pessoas) afirmam que informações e alerta a respeito dos trechos da trilha em tempo real são um grande fator positivo. Não houve nenhuma experiência positiva com o uso da tecnologia para 10,30% dos usuários (8 pessoas) como ilustrado na **Figura 4**.

Figura 4 – Experiências Positivas dos Usuários

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

De acordo com as informações extraída da amostragem, os usuários informaram os fatores negativos e principais dificuldades na utilização da tecnologia na trilha ecológica. Para 65,40% dos usuários (51 pessoas) o principal fator negativo é a perda de sinal ou comunicação do smartphone, já para 29,50% dos usuários (23 pessoas) acreditam que informações erradas ou desatualizadas são um dos principais problemas encontrados, 25,60% dos usuários veem como fator negativo a dificuldade em identificar pontos de emergência na trilha, 21,80% dos usuários (17 pessoas) mencionam como fator negativo a ausência de informações sobre o itinerário, 16,70% dos usuários (13 pessoas) relatam dificuldade em identificar a fauna através do uso da tecnologia utilizada, 14,10% dos usuários (11 pessoas) tem dificuldade em identificar pontos históricos, 12,80% dos usuários (10 pessoas) relatam dificuldade em identificar a flora através do uso da tecnologia utilizada, 12,80 dos usuários não conseguem identificar estruturas de apoio e para 26,90% dos usuários (21 pessoas) não há experiências negativas registradas por eles com o uso da tecnologia na trilha ecológica.

Figura 5 - Experiências Negativas dos Usuários

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Outra informação obtida na amostra foi com relação à opinião dos usuários a respeito do que eles acreditavam ser prioridade na identificação ou visualização de elementos que fossem importantes associar com a tecnologia RA a modo de aprimorar a educação ambiental e enriquecer a experiência de quem realiza trilhas ecológicas. A grande maioria dos usuários (61 pessoas) afirmam que a identificação dos itens típicos da flora da região deveria ser implementado com o auxílio da tecnologia RA para que os usuários pudessem explorar e analisar espécimes conhecidas e desconhecidas por cada usuário, uma expressiva quantidade de usuários (60 pessoas) julgam também que a identificação de insetos, pássaros ou animais de pequeno porte com o auxílio da tecnologia RA engrandeceria a experiência do usuário na prática de trilhas ecológicas, para cerca da metade dos usuários (36 pessoas) avaliam que a visualização de elementos da flora não disponíveis (fora de época de florescimento ou frutificação) através da tecnologia RA favoreceria a experiência do usuário, ainda para cerca da metade dos usuários (34 pessoas) acreditam que a tecnologia RA poderia auxiliar na visualização dos animais ou exemplares da fauna que dificilmente se veriam ao praticar trilhas ecológicas, já para uma parcela dos usuários (24 pessoas) a tecnologia RA também poderia implementar a visualização de animais ou exemplares da fauna já extintos, para outra parcela dos usuários (19 pessoas) achariam interessante acrescentar a visualização de animais ou exemplares da fauna de outros biomas através da tecnologia RA, já para minoria dos usuários (1 pessoa) julga importante projetar a interferência humana nos biomas em geral com o auxílio da tecnologia RA e (1 pessoa) crê que a tecnologia RA poderia proporcionar em uma visão da paisagem para fins de localização.

A amostra também forneceu ainda com relação à opinião dos usuários, mas com relação ao que eles acreditavam ser prioridade na identificação ou visualização acerca da infraestrutura presente na trilha e que fosse importante associar com a tecnologia RA. Para grande maioria dos usuários (64 pessoas) acreditam que a indicação de pontos, rotas para alimentação, hidratação ou hospedagem poderiam ser facilmente visualizados com o auxílio da tecnologia RA, uma expressiva quantidade de usuários (63 pessoas) julgam ser importante a implementação de rotas alternativas com o auxílio da tecnologia RA em casos de emergência, já cerca da metade dos usuários (37 pessoas) avaliam que a tecnologia RA pode ser utilizada para implementar o histórico da trilha e de seus apoiadores, para uma parcela dos usuários (29 pessoas) a tecnologia RA poderia

auxiliar na visualização de construções e obras humanas de interesse cultura, e para minoria dos usuários (2 pessoas) acredita que os itens anteriores citados fogem do escopo educativo e não julgam importante implementá-los com o auxílio da tecnologia RA.

E para finalizar, a amostragem propôs que cada usuário desse sua opinião aberta a respeito sobre qualquer elemento que ele gostasse que a tecnologia RA implantasse para o suporte da educação ambiental em trilhas ecológicas. E para organizar e resumir os principais dados extraídos, agrupamos eles em categorias, estas categorias foram produzidas com base em critérios propostos por Bardin (2011). Além disso, aspectos não abordados anteriormente foram considerados para utilização da tecnologia pelos usuários. As categorias e subcategorias foram consolidadas no quadro 9 e a discussão dos resultados foi organizada a partir dessa divisão.

Quadro 9 – Opinião dos participantes

Categoria	Subcategoria	Achados
Natureza	Elementos da fauna importantes a serem implementados	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipos de animais peçonhentos e perigosos na região ● Sons de animais
	Elementos da flora prioritários descritos	<ul style="list-style-type: none"> ● Frutos comestíveis ● Flora nas diversas estações do ano ● Polinizadores de plantas presentes na região ● Relação nominal das árvores presente nas trilhas
	Aspectos da região em geral	<ul style="list-style-type: none"> ● Antes e depois de ambientes degradados ● Dificuldade da topográfica do terreno ● Tipos de fitofisionomias do bioma ● Hidrografia ● Intempéries da natureza ● Identificação de pontos geográficos ● Características geológicas da região
Aplicações	Informações em geral	<ul style="list-style-type: none"> ● Tutor interativo com Inteligência Artificial ● Informações a respeito do nível de dificuldade da trilha
	Elementos que garantem a	<ul style="list-style-type: none"> ● Rádio-balizas eletrônicas do tipo PLB

	segurança durante a prática de trilhas ecológicas	<ul style="list-style-type: none"> ● Indicação de itens de segurança necessários ● Controle de presença humana ● Posto de atendimento médico emergencial ● Suportes de segurança em casos de emergência
--	---	---

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

ECOTRIL – MÓDULO DE APRESENTAÇÃO DO APLICATIVO

O intuito desse capítulo é apresentar dentro do contexto do EcoTrail, o seu modulo de apresentação. Portanto, após a descrição de sua estrutura e a tecnologia utilizada para o seu desenvolvimento, iremos detalhar os seus requisitos e os modelos criados que ajudam a compreender suas características, as funcionalidades implementadas e bem como os requisitos que ainda não foram atendidos nessa versão inicial da aplicação.

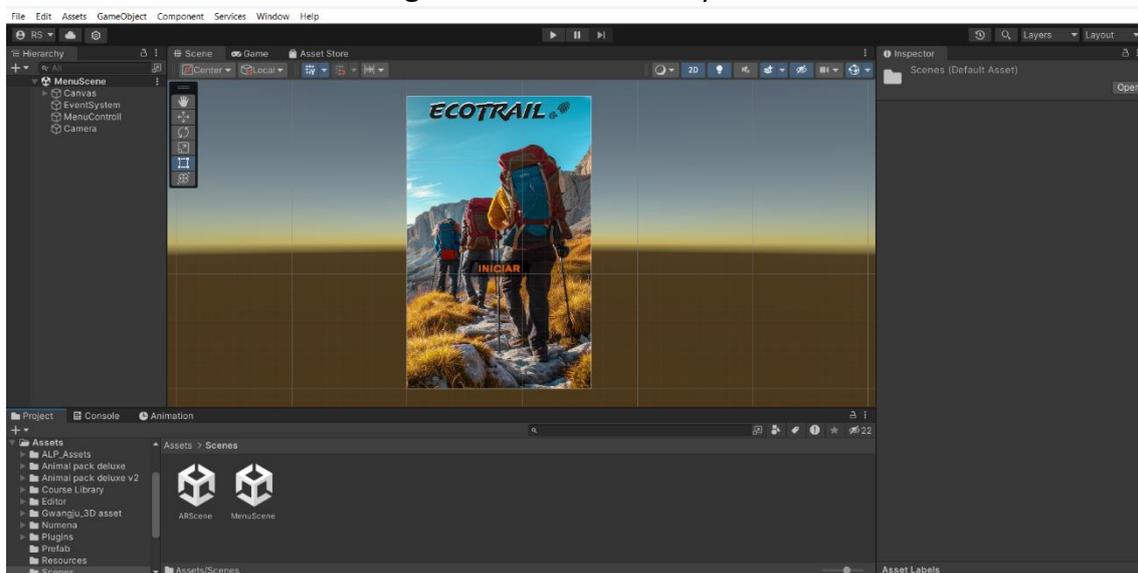
Como mencionado, o objetivo do EcoTrail é dar suporte aos usuários antes e durante a prática de trilhas ecológicas, auxiliando os usuários através da tecnologia RA na visualização das espécies da fauna e flora da região, e com ela, trazendo informações e alerta importantes.

Levando em consideração que o aplicativo desenvolvido neste trabalho é apenas uma versão inicial (Beta), foram implementadas funcionalidades informativas e interativas a respeito das espécies da flora e fauna presente na região do cerrado, pois de acordo com as informações obtidas na entrevista e questionário realizado, foi constatado que os participantes em sua grande maioria, gostariam que a tecnologia RA fosse utilizada para instruir e alertar os usuários durante a pratica de trilhas ecológicas.

Com o propósito de validar e pôr em prática todas as informações obtidas através dos questionários e entrevistas realizadas e seguindo a proposta do trabalho, foi desenvolvido um aplicativo Android. O programa utilizado para o desenvolvimento do aplicativo foi o Unity, uma engine de desenvolvimento de jogos digitais, o termo engine refere-se ao tipo específico de software que possui uma série de rotinas de programação que permite projetar, criar e operar um ambiente interativo da aplicação proposta. A Unity é uma ferramenta que permite criar aplicações para diversas plataformas entre elas mobile. A linguagem de programação escolhida para elaboração dos scripting foi

C#, pois essa linguagem atende as necessidades do projeto ao mesmo tempo que seja de interesse de aprendizagem do pesquisador. Para implementar a tecnologia RA foi utilizado o pacote Vuforia SDK, que é uma biblioteca que insere, reconhece e rastreia imagens planas e objetos 3D em tempo real, sendo o principal pacote de bibliotecas para se desenvolver uma aplicação de Realidade Aumentada. Foram utilizadas também pacotes dos objetos em 3D que representam as espécies da flora e fauna que são implementados através da tecnologia RA. Já o design e conteúdo dos alertas e informações, foram desenvolvidos pelo próprio autor do estudo.

Figura 6 – Interface Unity Edit



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Como se pode visualizar na **Figura 6**, o EcoTrail possui duas cenas, a primeira cena que é o menu inicial, onde o usuário ao clicar no botão 'INICIAR' ele será direcionado a próxima cena que é denominada de ARScene. Para essa lógica, foi desenvolvido um scripting em C#, como apresentado na **Figura 7**.

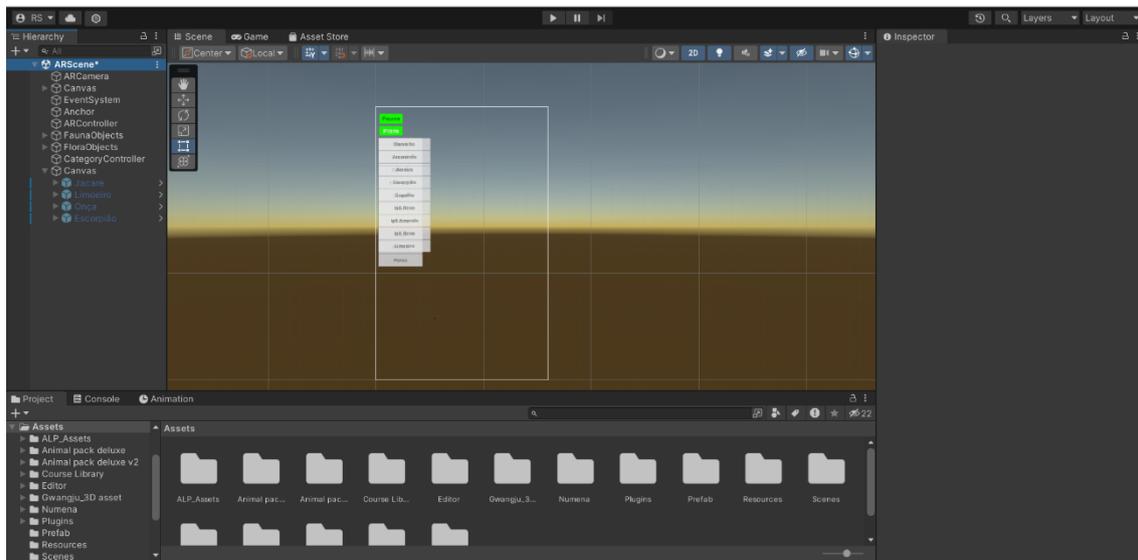
Figura 7 – Código do MenuController

```
Assets > Scripts > MenuController.cs > ...
1  using UnityEngine;
2  using UnityEngine.SceneManagement;
3
4  0 referências
   public class MenuController : MonoBehaviour
5  {
6      0 referências
       public void StartAR()
7      {
8          SceneManager.LoadScene("ARScene");
9      }
10 }
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na ARScene **Figura 8**, foi implementado as demais funcionalidades desejadas. Utilizando a tecnologia RA com pacote da Vuforia SDK, foram inseridos objetos 3D para serem ilustrados no mundo real através da RA. Esses objetos 3D foram separados em duas categorias, e assim, foram criados botões para as duas categorias 'Fauna' e 'Flora', e cada elemento correspondente a sua categoria ficou vinculado a um botão com o seu nome de espécie, sendo assim, a ativação dos elementos virtuais é dada através dos botões, não necessitando de marcadores. Foi implementado também informações e alertas correspondentes a cada espécie e ancorada a mesma. A espécie ao ser selecionado pelo botão, é ilustrada instantaneamente, junto com informações e alerta respectivos através da RA. E por último foi inserido um botão central para captura de imagem, caso o usuário queria registrar o momento em fotografia.

Figura 8 – ARScene



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Através dessas funcionalidades definidas e implementadas, assim como são apresentadas na **Figuras 9, 10 e 11**:

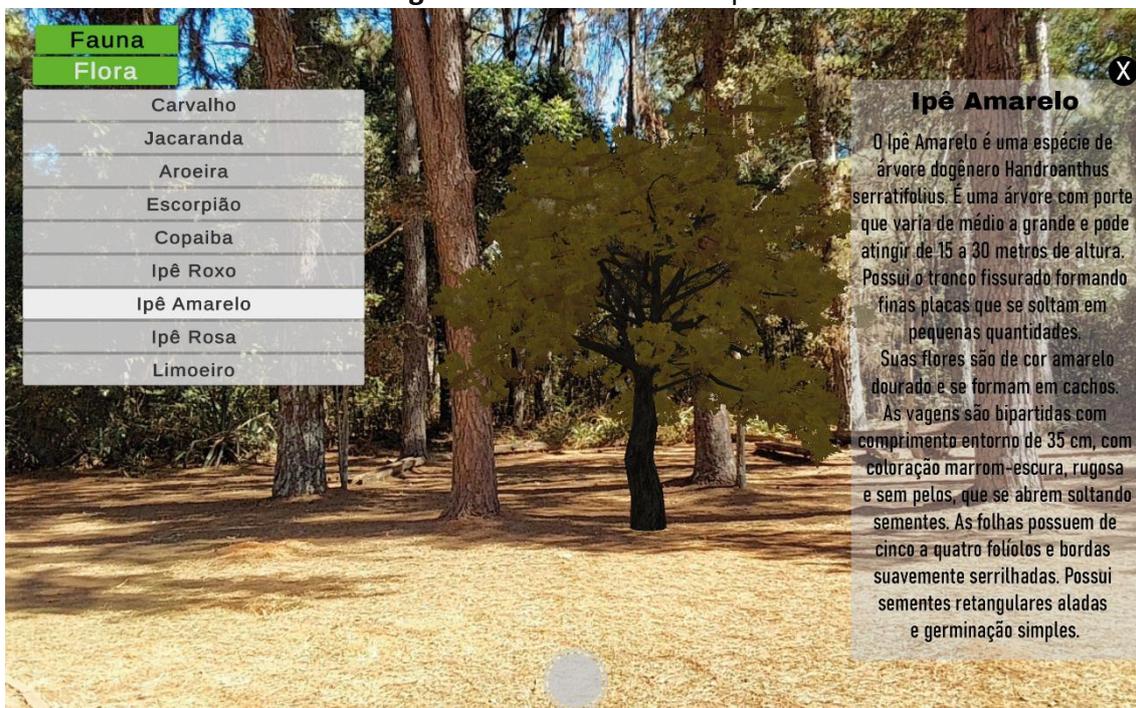
- O EcoTrail possibilita ao usuário conhecer espécie da fauna e flora da qual ele desconhece ou nunca viu.
- Traz informações importantes a respeito da espécie, que faz com que o usuário consiga analisar e identificar espécies iguais.
- Alerta sobre os riscos e cuidados a tomar sobre espécies que oferecem riscos a vida.
- Registra momentos com os usuários através da captura de fotografia.

Figura 9 – EcoTrail Fauna Onça



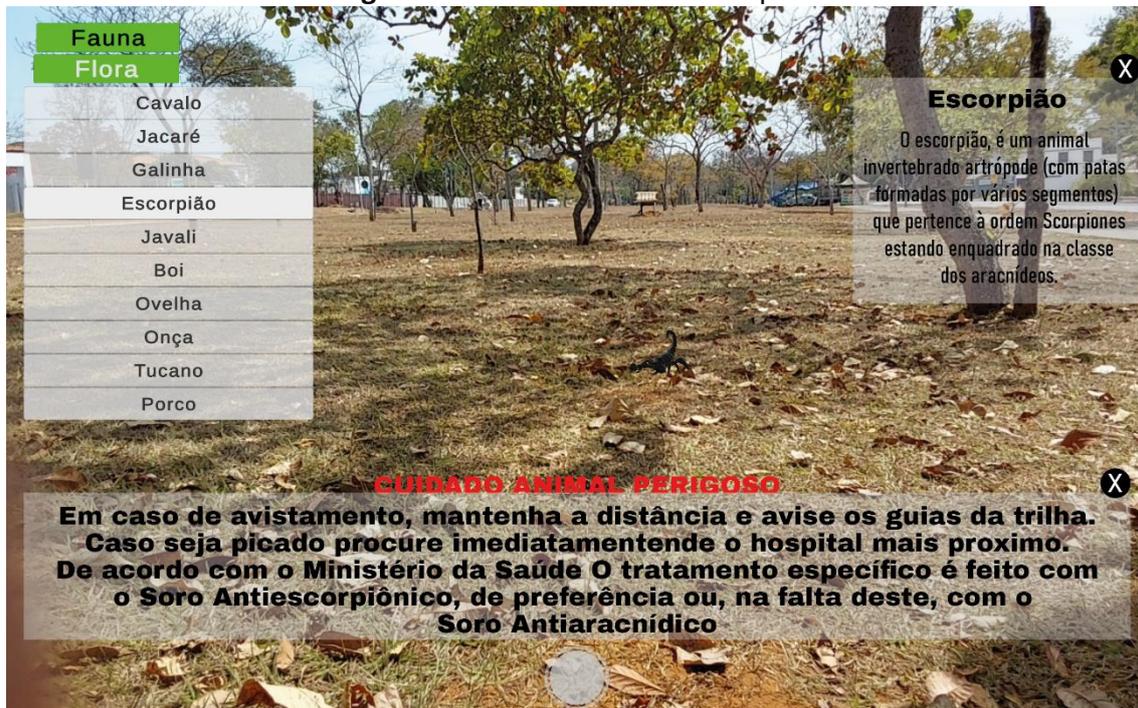
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 10 – EcoTrail Flora Ipê



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 11 – EcoTrail Fauna Escorpião



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Devido ao atraso em virtude da dificuldade em se lidar com uma tecnologia não conhecida previamente pelo autor do trabalho, inviabilizou a implementação de todos os requisitos sugeridos nos questionários e pelos entrevistados. Os requisitos não implementados foram:

- Banco de dados georreferenciado das trilhas
- Funcionalidade com áudio
- Localização e navegação
- Alertas em tempo real
- Tutor interativo com Inteligência Artificial
- Reconhecimento automatizado de espécimes com o auxílio da Inteligência Artificial

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS (OU CONCLUSÕES)

Os estudos mencionados neste artigo, entrevistas realizadas e o questionário que foram apresentados buscam mostrar a utilização da Realidade Aumentada voltada para aprendizagem em um mundo real de uma forma inovadora e alternativa. Como contribuição, há indicativos de que o aproveitamento da RA pode facilitar na compreensão da aplicação da Realidade Aumentada, ressaltando a sua importância no âmbito de educacional, já que o EcoTrail se trata de um aplicativo que se destina educação ambiental. A expectativa ao término deste estudo, é que o aplicativo desenvolvido a partir desta pesquisa atenda a adequadamente à finalidade à qual se destina.

Conforme citado, o objetivo dessa pesquisa foi desenvolver o EcoTrail e avaliá-lo como uma ferramenta pedagógica para educação ambiental nos ambientes naturais, pois se trata de uma de um ferramenta que auxilia o usuário através da tecnologia RA a analisar as espécies da fauna e flora da região do cerrado e trazendo informativos e alertas sobre cada espécie, essa abordagem permite ao usuário explorar de forma segura a riqueza da biodiversidade da região do cerrado em qualquer ambiente, além de fornecer informações aos usuários tal como alertá-lo sobre os perigos e riscos presentes em encontros reais com cada espécie, fornecendo assim uma aprendizagem sistêmica e interativa transformando um ambiente ao ar livre em um ambiente de aprendizagem. Assim, através dos resultados obtidos constatou-se que a aprendizagem baseada em Realidade Aumentada tem se mostrado eficaz em vários aspectos no âmbito pedagógico, social, inclusivo e motivacional. Além disso, a utilização da tecnologia tem se sido bem aceita pelos usuários, pois promove o interesse e mantém a atenção constante, o que acaba gerando prazer ao usuário durante o seu uso. Apesar da tecnologia RA ainda ser considerada cara, existe a possibilidade da implementação dela a um custo menor em qualquer meio de atuação, pois o trabalho apresenta uma ferramenta de autoria de RA. Pois o EcoTrail é disponibilizado de forma gratuita necessitando apenas de dispositivo móvel para sua utilização e sua funcionalidade não requer acesso à internet. Mesmo assim, há contrapontos com relação ao EcoTrail que precisam ser mencionados, tais como a falta de mecanismo para rastrear as atividades dos usuários, funcionalidades com áudio, localização e navegação, tutor interativo com

Inteligência Artificial e a falta de um banco de dados georreferenciado das trilhas são alguns dos pontos a serem melhorado.

Os resultados apresentados por este trabalho mostram que, mesmo com os avanços das tecnologias mencionadas (realidade aumentada e dispositivos móveis), há um longo caminho ainda a se percorrer para que de fato a Realidade Aumentada integre como um meio de aprendizagem consolidado.

O referencial teórico limita-se à pesquisa de artigos anexados em 3 bases de dados: IEE Explore, ESBCO e Web of Science. Essa escolha se deu por serem bases muito renomadas na área de tecnologia da informação. O número de artigos selecionados está compatível com outras revisões de literatura e todo o processo foi concluído de forma sistemática para evitar viés de seleção. As limitações fundamentais de qualquer revisão sistemática são o viés na seleção dos estudos e a possível imprecisão na extração de dados de fontes variáveis. Sendo assim foi implementado uma revisão sistêmica da literatura na elaboração desse trabalho com o intuito de anular esse viés e garantir a precisão dos resultados na seleção dos artigos utilizados.

Ainda assim, a pesquisa não aborda ainda que importante o impacto gerado pelo uso prolongado da Realidade Aumentada, a implementação de áudio e comando de voz na tecnologia e a utilização da Realidade Aumentada em meios aquáticos. Onde esses temas poderiam fazer parte de pesquisas futuras, sendo assuntos que contribuíram para melhor entendermos essa tecnologia.

Como trabalhos futuros, o avanço na customização da ferramenta com a configuração mais completa da nossa fauna e flora, abrangendo assim os demais biomas do Brasil, bem como a implementação de mais funcionalidades (como o georreferenciamento). Apesar de a RA não ser uma tecnologia nova, na educação ela apenas começou a ser implantada ainda. Portanto, outras pesquisas sobre o tema precisam ser desenvolvidas para que se chegue a resultados melhores, e assim ampliando o conhecimento sobre novos ambientes de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

1. Azuma, R. et al. Recent advances in augmented reality. *Computer graphics and applications*, IEEE, v. 21, n. 6, 2001.
2. Bacca, A. J. L. et al. Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Journal of Educational Technology and Society*, 17(4), p. 133–149, 2014.
3. Bardin, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011
4. Biolchini, J. C. A. et al. Scientific research ontology to support systematic review in software engineering. *Advanced Engineering Informatics*, v. 21, n. 2, p. 133 - 151, 2007.
5. Chang, C. S., Chen, T. S., & Hsu, W. H. The study on integrating Web Quest with mobile learning for environmental education. *Computers & Education*, 57(1), p. 1228e1239, 2011.
6. Da Silva, M. M. et al. Trilha ecológica como prática de educação ambiental. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, p. 705-719, 2012.
7. De Sousa, D. A. Realidade aumentada na educação: um estudo sobre as suas potencialidades. *Revista Educação em Questão*, v. 53, n. 41, p. 89-107, 2017.
8. Gopalan, V. et al. Systematic literature review on critical success factors in implementing augmented reality for science learning environment. DOI: 10.1007/s10639-023-11613-y. Disponível em: <<https://www-webofscience.ez155.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000929780900004>>, Acessado em 5 set 2023, 2023.
9. Gurevitz, R. Affective approaches to environmental education: going beyond the imagined worlds of childhood. *Ethics, Place & Environment*, 3(3), p. 253e268, 2000.
10. Huang, T. C. et al. Animating eco-education_ To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. DOI:10.1016/j.compedu.2016.02.008 Disponível em: <<https://www-webofscience.ez155.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000373869200006>> Acessado em 5 set 2023, 2016.
11. Huang, C. et al. A wearable device with augmented reality for enhancing mountain biking experience. *Applied Ergonomics*, v. 79, p. 27-35, 2019.
12. Ibáñez, M. B. et al. Experimenting with electro-magnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education* v 71, p. 1–13, 2014.
13. Kamarainen, A. et al. Prompting Connections Between Content and Context_ Blending Immersive Virtual Environments and Augmented Reality for Environmental Science Learning. DOI: 10.1007/978-3-319-93596-6_3 Disponível em: <<https://www-webofscience.ez155.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000694942000003>> Acessado em 6 set 2023, 2018.
14. Karagozlu, D. Creating a Sustainable Education Environment with Augmented Reality Technology. DOI: 10.3390/su13115851. Disponível em: <<https://www-webofscience.ez155.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000660741300001>> Acessado em 5 set 2023, 2021.
15. Kitchenham, B, Charters, S. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.

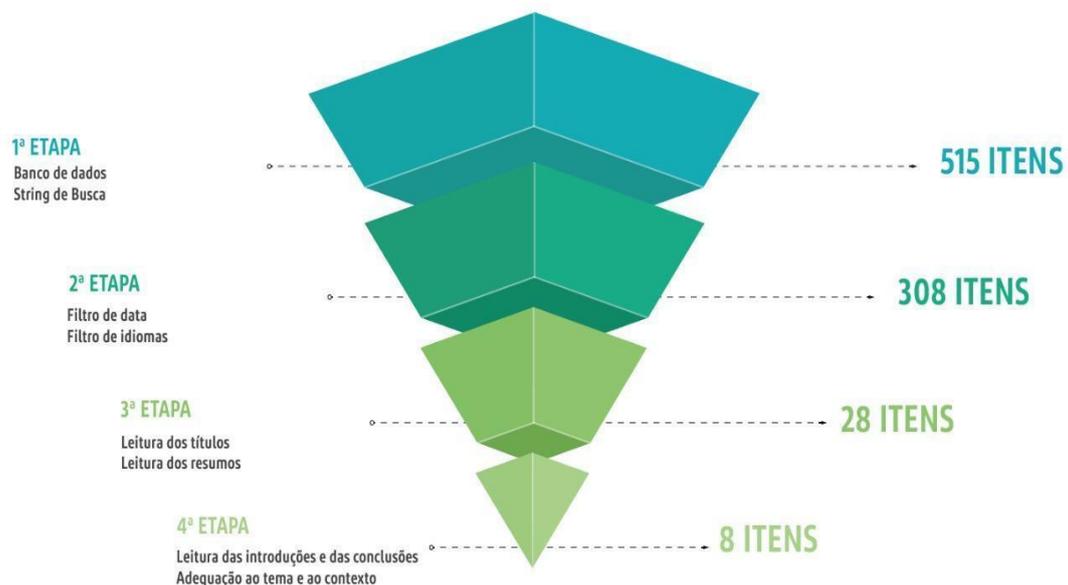
16. Klein, G., Kim J. H. A taxonomy of augmented reality visual displays. *Virtual Reality*, v. 20, n. 1, p. 15-34, 2016.
17. Lakatos, Eva Maria, Marconi, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo: Atlas, 2010.
18. Mota, J. M. et. al. Visual Environment for Designing Interactive Learning Scenarios with Augmented Reality. Disponível em: <<https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=43333a92-3f86-49be-aec3-8ace46d397b4%40redis&bdata=Jmxhbmc9cHQmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=E D571449&db=eric>> Acessado em 6 set 2023, 2016.
19. Penarrubia, L. et al. Assessment of a didactic proposal on physical activities in the natural environment based on the use of Augmented. Disponível em: <<https://www-webofscience.ez155.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000611185900001>> Acessado em 5 set 2023, 2021.
20. Perra, C. et al. Augmented reality for cultural heritage education. DOI: 10.1109/ICCE-Berlin47944.2019.8966211 Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8966211>> Acessado em 6 set 2023, 2019.
21. Saritha, R. C. et al. Mobile Augmented Reality based Indoor Game for learning environment, *International Journal of Advanced Scientific Technologies, Engineering and Management Sciences* v.3, Special Issue, 2017.
22. Rey, A. *Ciencia y motricidad. Epistemología de las ciencias de la actividad física y el deporte*. Madrid: Dykinson, 2014.
23. Santos, C. M. da C., Pimenta, C. A. de M., & Nobre, M. R. C.. (2007). The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Revista Latino-americana De Enfermagem*, 15(3), p508–511. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300023>>
24. Schneider, H. N. A escola como uma organização de aprendizagem interativa informatizada. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, 2002.
25. Silva, J. S. P. et al. Realidade aumentada na educação ambiental: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2017.
26. Silva, M. P., Aguiar, P. A., Jurado, R. G. As tecnologias digitais da informação e comunicação como polinizadoras dos projetos criativos ecoformadores na perspectiva da educação ambiental. *Polyphonia*, v. 31, n. 1, p. 182-204, 2020.
27. Sharif, A. et al. Exploring the Opportunities and Challenges of Adopting Augmented Reality in Education in a Developing Country. DOI: 10.1109/ICALT.2018.00091 Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8433539>> Acessado em 6 set 2023, 2018.
28. Specht, M., Stefaan, T., Wolfgang, G. Dimensions of Mobile Augmented Reality for Learning: A First Inventory. *Journal of the Research Center for Educational Technology*, v7.1, p. 117–127, 2011.
29. Targa, W. S., Dos Santos, M. T., Mélega, J. C. Jogos digitais aplicados ao meio ambiente e a água. *Revista Técnica Ciências Ambientais*, v. 1, n. 6, p. 1-8, 2022.
30. UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Araranguá. UFSC desenvolve projetos de realidade aumentada para escolas de ensino fundamental e médio. Disponível em: <<https://ararangua.ufsc.br/2020/08/17/ufsc-desenvolve->

projetos-de-realidade-aumentada-para-escolas-de-ensinofundamental-e-medio.>
Acessado em 20 out, 2023.

31. Vasconcellos, J. Trilhas interpretativas: aliando educação e recreação. Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Curitiba: IAP, 1997.

APÊNDICES

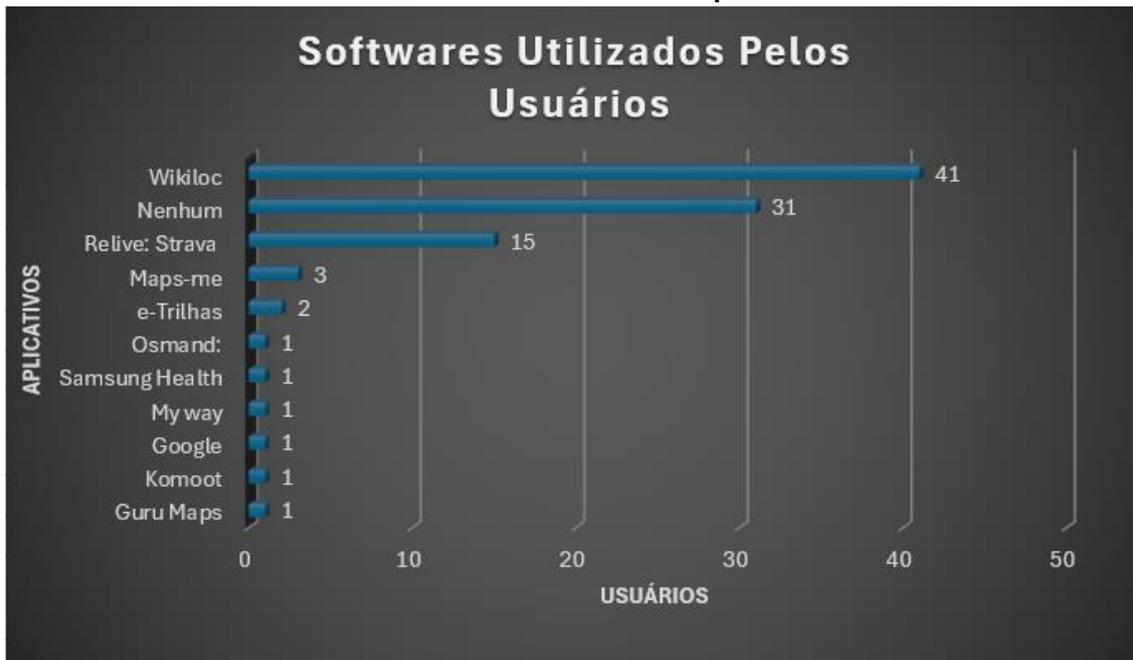
APÊNDICE A – Fases da seleção e seus resultados



APÊNDICE B – Equipamentos utilizados pelos usuários



APÊNDICE C – Softwares utilizados pelos usuários



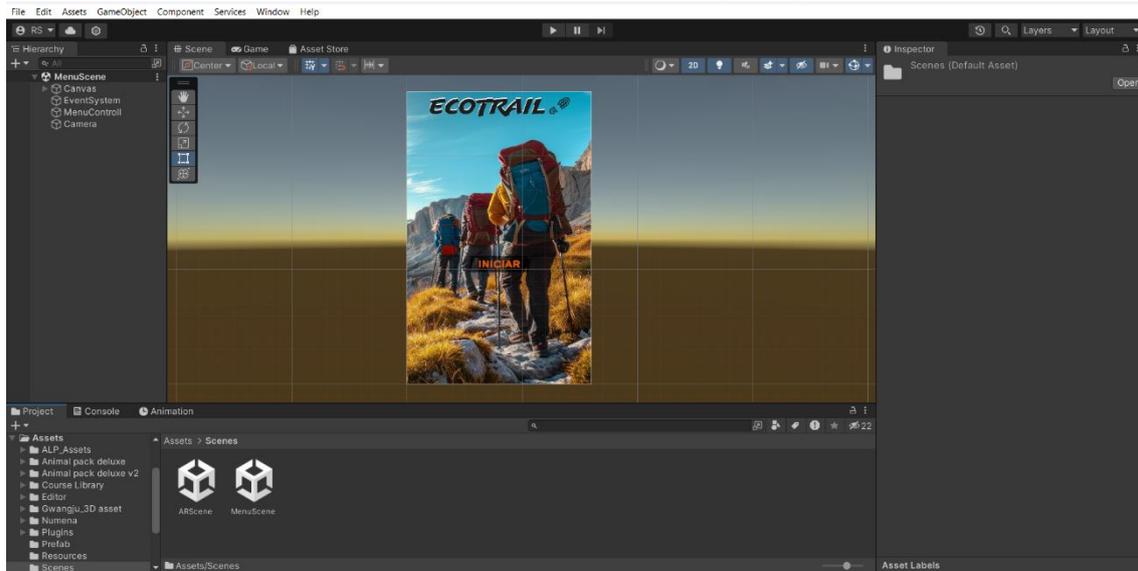
APÊNDICE D – Experiências positivas dos usuários



APÊNDICE E – Experiências negativas dos usuários



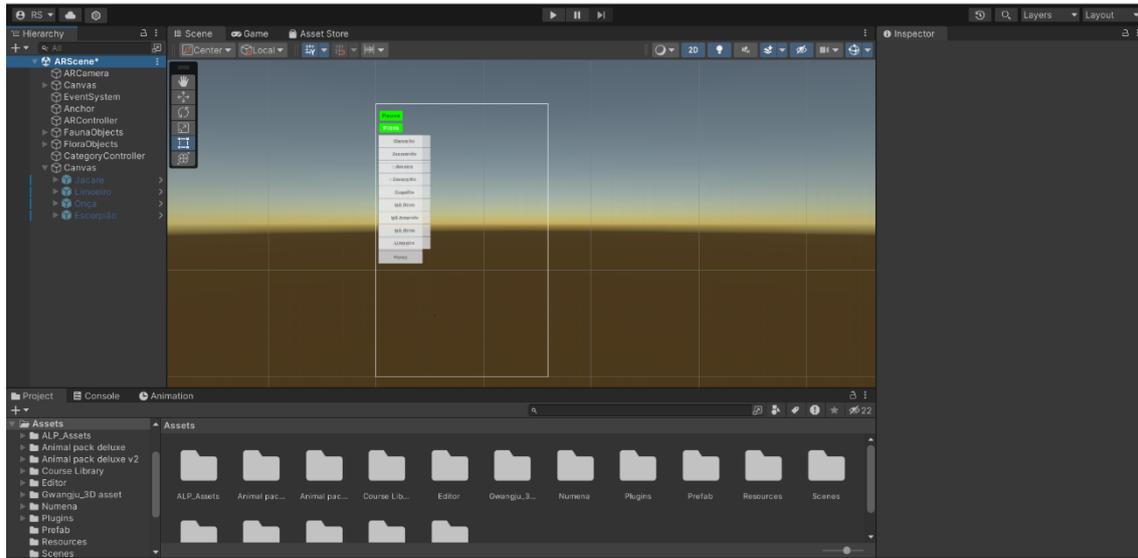
APÊNDICE F – Interface Unity Edity



APÊNDICE G – Código do MenuController

```
Assets > Scripts > MenuController.cs > ...  
1 using UnityEngine;  
2 using UnityEngine.SceneManagement;  
3  
0 referências  
4 public class MenuController : MonoBehaviour  
5 {  
0 referências  
6     public void StartAR()  
7     {  
8         SceneManager.LoadScene("ARScene");  
9     }  
10 }
```

APÊNDICE H – ARScene



APÊNDICE I – EcoTrail Fauna Onça



APÊNDICE J – EcoTrail Flora Ipê

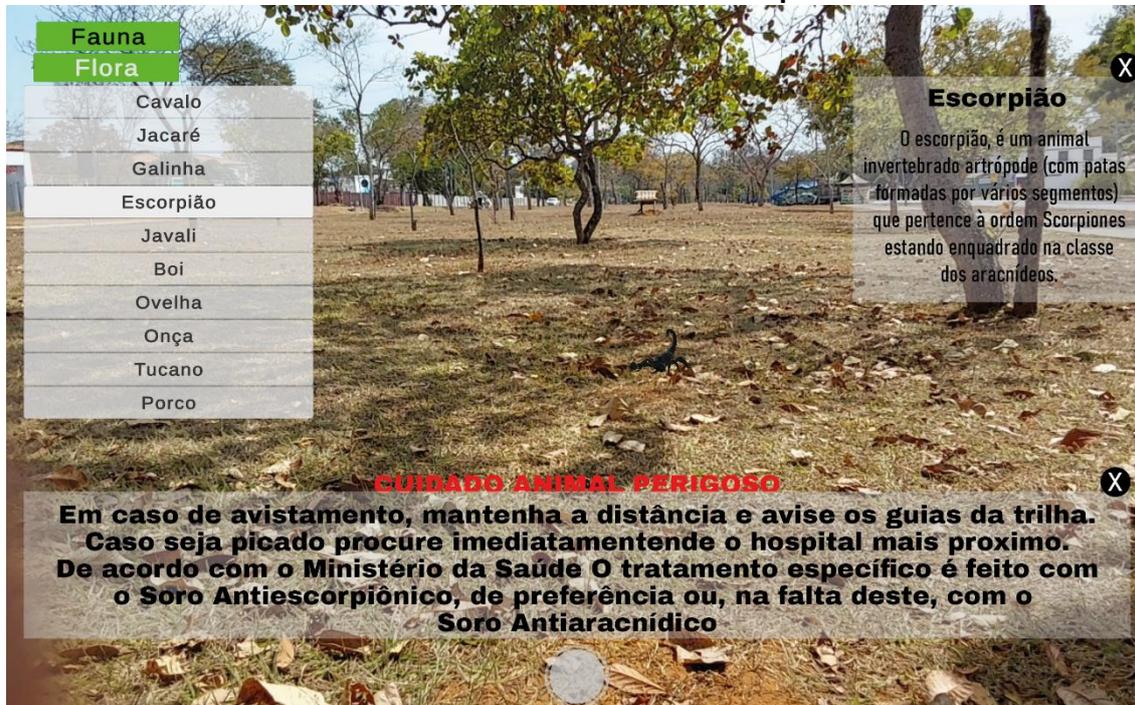


Fauna
Flora
Carvalho
Jacaranda
Aroeira
Escorpião
Copaiba
Ipê Roxo
Ipê Amarelo
Ipê Rosa
Limoeiro

Ipê Amarelo

O Ipê Amarelo é uma espécie de árvore do gênero *Handroanthus serratifolius*. É uma árvore com porte que varia de médio a grande e pode atingir de 15 a 30 metros de altura. Possui o tronco fissurado formando finas placas que se soltam em pequenas quantidades. Suas flores são de cor amarelo dourado e se formam em cachos. As vagens são bipartidas com comprimento entono de 35 cm, com coloração marrom-escuro, rugosa e sem pelos, que se abrem soltando sementes. As folhas possuem de cinco a quatro folíolos e bordas suavemente serrilhadas. Possui sementes retangulares aladas e germinação simples.

APÊNDICE K – EcoTrail Fauna Escorpião



Fauna
Flora
Cavalo
Jacaré
Galinha
Escorpião
Javali
Boi
Ovelha
Onça
Tucano
Porco

Escorpião

O escorpião, é um animal invertebrado artrópode (com patas formadas por vários segmentos) que pertence à ordem Scorpiones estando enquadrado na classe dos aracnídeos.

CUIDADO ANIMAL PERIGOSO

Em caso de avistamento, mantenha a distância e avise os guias da trilha. Caso seja picado procure imediatamente o hospital mais próximo. De acordo com o Ministério da Saúde O tratamento específico é feito com o Soro Antiescorpionico, de preferência ou, na falta deste, com o Soro Antiaracnidico

APÊNDICE L – Termo de livre consentimento

INSTRUMENTO DE PESQUISA

Este questionário visa avaliar e identificar as características do uso da **Realidade Aumentada** como ferramenta pedagógica para a educação ambiental dos usuários de trilhas ecológicas. Assim, se você participa ou tem experiências com trilhas (a pé, de bicicleta ou a cavalo), por favor nos ajude com a pesquisa.

A sua participação nessa pesquisa levará aproximadamente 10 (dez) minutos para ser concluída.

CONCEITO DE REFERÊNCIA

O foco desse estudo é a Realidade Aumentada (RA), entendida como a tecnologia que permite a inserção de objetos virtuais no mundo real, com a finalidade de melhorar a experiência do usuário e fornecer informações adicionais sobre o ambiente (Azuma, 2001). A RA é diferente da Realidade Virtual (RV) pois a RV constrói o seu próprio mundo 100% digital e independente, enquanto a Realidade Aumentada não cria um novo ambiente, utilizando o mundo real para incluir apenas objetos virtuais.

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Ao responder a esta pesquisa, você permite que o pesquisador obtenha, use e divulgue as informações anônimas fornecidas conforme descrito abaixo.

- a. Todas as informações são confidenciais, você não será identificado pessoalmente.
- b. Você concorda em preencher a pesquisa para fins de pesquisa acadêmica e que os dados derivados desta pesquisa anônima podem ser publicados em periódicos, conferências e postagens de blog.
- c. Você entende que a sua participação nesta pesquisa é totalmente voluntária e que a sua participação não implicará em nenhuma benefício ou remuneração.
- d. Você pode cancelar a sua participação a qualquer momento, ou recusar-se de responder a qualquer pergunta que não se sinta confortável.

A íntegra do Termo de Livre Consentimento pode ser acessada pelo Link:

<https://drive.google.com/file/d/1dYbpFxOH6djkSv9InUng1TDvaHNJmBTz/view?usp=sharing>

Em caso de dúvidas ou sugestões, por favor entre em contato com o pesquisador

Rafael Irvine Souza Senra – rafael.irvine@sempreceub.com – (61) 99352-1855

APÊNDICE M – Perguntas entrevistas

Perguntas da entrevista

- a) Considerando o bioma do cerrado, cite os itens da flora que deveriam ser prioritariamente identificados ou visualizados pelos usuários de trilha?
- b) Qual a importância desses itens, no contexto da educação ambiental?
- c) Ainda considerando o bioma do cerrado, cite os itens da fauna que deveriam ser prioritariamente identificados pelos mesmos usuários?
- d) Qual a importância desses itens, no contexto da educação ambiental?
- e) Quais outros objetos ou incidentes você considera importante serem identificados ou visualizados pelos usuários de trilha?
Justifique a sua resposta
- f) Você tem experiências positivas e pode listar os benefícios que você usufruiu com a utilização de tecnologias nas trilhas?
- g) Você tem experiências negativas e pode listar as dificuldades sofridas na utilização de tecnologia nas trilhas?
- h) Você tem alguma outra sugestão ou item que você gostaria de ver em software de realidade aumentada utilizado em suporte à educação ambiental dos usuários de trilha?