

FOIHAR - EXPLORANDO FOLHAS DE PLANTAS COM REALIDADE AUMENTADA

ABSTRACT: *This article presents an application that aims to assist people in the knowledge about plant leaves through Immersive Augmented Reality. The application was developed on the Unity platform using the C# programming language in conjunction with the AR Foundation and Barracuda packages. The application detects the shape of the leaf on a white background and renders it using Augmented Reality, allowing the user to interact with the object and learn more about it. To evaluate the tool, were performed functional tests and with a teacher and a student of the Biological Sciences course. With the results obtained, it was possible to conclude that the set of technologies used were effective for the type of application developed and that the application allows students to expand their knowledge about leaves with the use of Augmented Reality.*

KEY-WORDS: *Immersive augmented reality. Environmental education. Field classes. Plant leaves. Object detection.*

Resumo: *Este artigo apresenta um aplicativo que tem como objetivo auxiliar as pessoas no conhecimento de folhas de plantas por intermédio da Realidade Aumentada Imersiva. O aplicativo foi desenvolvido na plataforma Unity utilizando a linguagem de programação C# em conjunto com os packages AR Foundation e Barracuda. A aplicação faz a detecção do formato da folha da planta sobre um fundo de cor branca e renderiza uma versão desse formato com Realidade Aumentada, permitindo ao usuário interagir com esse objeto e aprender mais sobre a folha. Para avaliação da ferramenta foram feitos testes funcionais e avaliações com uma professora e um aluno do curso de Ciências Biológicas. Com os resultados obtidos, foi possível concluir que o conjunto de tecnologias utilizadas foram eficazes para o tipo de aplicação desenvolvida e que o aplicativo permite aos estudantes ampliarem seus conhecimentos sobre folhas com o uso de realidade aumentada.*

Palavras-chave: *Realidade aumentada imersiva. Educação ambiental. Aulas de campo. Folhas de plantas. Detecção de objetos.*

1 INTRODUÇÃO

Os professores possuem várias maneiras de diversificar suas aulas de forma que seus alunos aprendam os conteúdos propostos da melhor maneira, sendo uma destas as aulas de campo. As aulas de campo no ensino da Biologia são práticas que propiciam aos alunos a oportunidade de estudar o conteúdo fora da sala de aula, transcendendo assim as barreiras do ambiente escolar para a realidade e possibilitando ao aluno um novo meio de aprendizagem (SOUSA *et al.*, 2016). Como Araujo *et al.* (2015) demonstram em sua pesquisa, realizada com alunos antes e depois da execução de aulas de campo, essas despertam interesse e desenvolvimento cognitivo proporcionando uma

maior relação com o conteúdo teórico. De acordo com Campos (2012), as aulas de campo representam muito mais do que uma simples visita ao meio ambiente. Com elas os alunos são capazes de compreender a dinâmica do ecossistema que os rodeia, instruindo-se sobre sua fauna e flora local tendo maior ciência sobre sua conservação. Tal atividade permite aos alunos a exploração de conceitos, procedimentos e atitudes que se tornam de grande valia para programas de educação ambiental (VIVEIRO; DINIZ, 2009).

Algumas ferramentas tecnológicas são capazes de ajudar os alunos no âmbito da observação e conhecimento dos elementos do campo. Uma dessas ferramentas é o PlantSnap, que permite ao usuário a identificação de forma precisa e instantânea de mais de 600 mil espécies a partir de fotos de plantas e árvores tiradas pelo próprio aplicativo, proporcionando ainda pequenas interações com o uso de Realidade Aumentada (PLANTSAP, 2020). Como Schmalstieg e Höllerer (2016) comentam, a Realidade Aumentada promete a criação automática e direta entre o mundo físico e a informação eletrônica, possibilitando com que essa informação pareça parte do mundo real na percepção do usuário. Na visão de Azuma (1997, p. 03, tradução nossa), “A Realidade Aumentada melhora a percepção e interação do usuário com o mundo real. Os objetos virtuais mostram informações que o usuário não consegue detectar diretamente com seus próprios sentidos. A informação transmitida pelos objetos virtuais ajuda o usuário a realizar tarefas do mundo real”. Como Zorzal e Kirner (2005) relatam, a tecnologia de Realidade Aumentada na educação tem o potencial de enriquecer os materiais didáticos, estimulando o aluno a visualizar, conhecer e explorar os conteúdos ministrados pelos professores, possibilitando um aprendizado interativo e dinâmico.

Diante do contexto apresentado, este trabalho tem como objetivo auxiliar no conhecimento de folhas de plantas, por intermédio da Realidade Aumentada Imersiva. Os objetivos específicos são: utilizar as folhas das plantas como marcadores para apresentação do conteúdo em Realidade Aumentada e analisar a eficácia do aplicativo com usuários da área da Biologia. Para o reconhecimento das folhas são utilizados recursos de computação visual de modo a buscar mais precisão no processo de reconhecimento.

De modo a identificar trabalhos correlatos, foram realizadas pesquisa nos anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE) e do Workshop de Informática na Escola (WIE). Na busca foram utilizadas palavras chaves diferentes. Os resultados da busca nos sites dos eventos até o ano de 2019 e do ano de 2020 estão sintetizados na Tabela 1.

Palavra-Chave	Trabalhos recuperados (SBIE)	Trabalhos recuperados (WIE)
saída & campo	1	0
aula & campo	7	1
botânica	1	0
folha	0	0
planta	3	0

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 1- Buscas nos sites do SBIE e WIE

Após a análise dos resumos, apenas dois destacaram-se como possíveis correlatos: o de Marçal *et al.* (2013) que apresenta um aplicativo para ser usado em saídas a campo em aula de Geologia e o de Mendonça *et al.* (2018), o qual descreve um trabalho ainda não completo sobre um aplicativo a ser usado em aulas de Botânica. No aplicativo de Marçal *et al.* (2013) os estudantes fazem registros seja na forma de localização, fotos ou vídeos sobre questões de interesse que encontram em uma saída a campo. Já no de Mendonça *et al.* (2018), o professor informa ao estudante uma planta pré-cadastrada e o aluno deve encontrá-la em campo e enviar sua localização ao professor que irá verificar se o estudante encontrou a planta correta. Nenhum dos aplicativos

utiliza realidade virtual ou aumentada para identificar folhas de árvores, conforme proposto no presente artigo. Assim, nas seções seguintes será apresentada a fundamentação do trabalho, a especificação, os resultados e as conclusões sobre o trabalho desenvolvido, bem como sugestões de melhorias.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

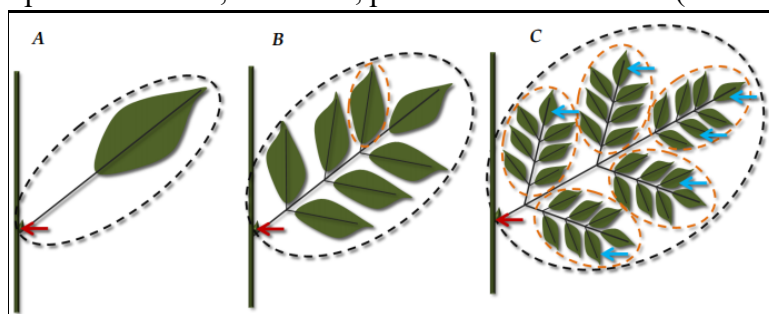
Segundo Azuma (2017, p. 01, tradução nossa), “Realidade Aumentada (RA) é uma experiência imersiva que sobrepõe objetos virtuais 3D sobre a visão direta de um usuário em torno do ambiente real, gerando a ilusão de que esses objetos virtuais existem naquele espaço”. Com a Realidade Aumentada é possível estender as fronteiras do mundo real, complementando este com informações virtuais que podem auxiliar os usuários em variadas áreas. Como Kirner *et al.* (2006) relatam, a Realidade Aumentada se beneficiou graças ao avanço da multimídia, que foi influenciada positivamente pelo aumento de banda das redes e permitiu a transferência de imagens e outros fluxos de informação com eficiência. Ainda, pelo desenvolvimento da Realidade Virtual, proporcionado pelo incremento na potência dos computadores.

A Realidade Aumentada é apresentada ao usuário com o auxílio de equipamentos tecnológicos. Estes podem ser dispositivos Head Mounted Display (HMD) com câmeras acopladas, que filmam a visão do usuário e permitem mesclar o mundo real e virtual trazendo a informação virtual à tela que é vista no dispositivo. Assim como também podem ser aplicativos para celulares ou computadores, no qual a câmera do celular ou webcam monitoram o ambiente real e o conteúdo virtual é mesclado a ele e exposto na tela do celular ou no monitor do computador (KIRNER *et al.*, 2006). Kirner *et al.* (2006) comentam que a Realidade Aumentada pode ser classificada de duas maneiras segundo a forma com que o usuário observa o mundo mesclado através dos dispositivos. Quando o usuário vê a mescla diretamente olhando para a posição real da cena por vídeo, a Realidade Aumentada é de visão direta (Imersiva). Já quando o usuário a observa através de um monitor, não olhando diretamente para o local onde os componentes virtuais estão sendo projetados, a Realidade Aumentada é de visão indireta (Não imersiva).

Como Kirner e Siscoutto (2007) relatam, a escolha da visão a ser usada pode interferir em um dos principais objetivos da Realidade Aumentada que é criar um ambiente tão realista a ponto que o usuário não consiga distinguir as diferenças entre o real e o virtual. Explicando como os objetos 3D são posicionados no mundo real de forma que pareçam realistas, Kirner *et al.* (2006) contam que o processo é realizado através de técnicas de computação visual que são utilizadas para fazer a detecção de um marcador no ambiente, por meio do qual são estabelecidas as coordenadas espaciais e a orientação dos objetos que devem ser renderizados. Esses marcadores podem ser símbolos gráficos impressos ou qualquer outro objeto detectado por meio de técnicas e ferramentas de computação visual.

No presente artigo, a Realidade Aumentada foi utilizada para a detecção de folhas de plantas. Almeida e Almeida (2018) definem as folhas como um apêndice lateral ao caule distribuídas em um intervalo regular e explicam que a grande diferença morfológica e fisiológica que afeta as folhas ocorre devido ao poder da vegetação de se adaptar a diferentes condições e ambientes. Essa variedade morfológica é foco de pesquisas para o reconhecimento das espécies que, segundo Wiggers e Stange (2008), é de grande importância para estudos taxonômicos, para o auxílio em trabalhos científicos sobre a flora e fauna e para a descoberta de plantas medicinais e tóxicas, definindo as espécies presentes em um inventário. Para uma identificação precisa, Almeida e Almeida (2018) relatam que alguns componentes das folhas devem ser observados tais com limbo, pecíolo, bainha, pulvino e nervuras, bem como a observação de suas estruturas.

Almeida e Almeida (2018) salientam que a maioria das folhas das árvores com sementes são constituídas por duas partes nitidamente definidas: o pecíolo e o limbo. Pecíolo é a haste que proporciona movimento à folha, servindo como uma ponte entre o limbo e o caule ou entre o limbo e a bainha. Limbo, também chamado de lâmina foliar, é a folha propriamente dita, na qual se encontram as nervuras e onde podem ocorrer variedades morfológicas. Uma dessas variedades é a composição do limbo, que pode ser observada na Figura 1, em que A representa um limbo simples, B um limbo composto e C um limbo recomposto (ALMEIDA; ALMEIDA, 2018). Outra variedade é a forma do limbo, que pode ser linear, flabelada, pinada e muitas outras (UNESP, 2004).



Fonte: Almeida e Almeida (2018, p.58).

Figura 1 - Representação esquemática do limbo

Presentes no limbo, as nervuras das folhas, servem de instrumento para a distinção das folhas, por possuírem diversos formatos, bem como são responsáveis por fazerem a distribuição de água, nutrientes e compostos orgânicos, além de fornecerem sustentação, flexibilidade e resistência a ela. As definições aqui apresentadas são utilizadas no aplicativo e devem ser identificadas pelos estudantes ao operá-lo.

3 MÉTODO

O método para produção e avaliação do FolhAR seguiu as etapas abaixo:

- a) estudo: nessa etapa foram aprofundados os conceitos de saídas a campo, botânica e recursos tecnológicos a serem aplicados. Também foram investigados os trabalhos correlatos nos anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE) e do Workshop de Informática na Escola (WIE);
- b) especificação: nessa etapa foi realizada a definição de requisitos que o aplicativo deveria atender, bem como o detalhamento da estrutura de análise e projeto do mesmo;
- c) implementação: essa etapa consistiu em escrever computacionalmente os códigos relativos ao aplicativo especificado;
- d) testes: nessa etapa foram feitos testes para garantir o adequado funcionamento de todas as rotinas implementadas de acordo com a especificação, bem como foram realizadas entrevistas com dois especialistas;
- e) análise: nessa etapa foram avaliados os resultados obtidos com a aplicação do software e as impressões dos especialistas.

A seguir é descrito o aplicativo com alguns detalhes de implementação. Em seguida são apresentados os principais resultados alcançados com o aplicativo proposto.

4 DESCRIÇÃO DO APLICATIVO DESENVOLVIDO

Esta seção tem como objetivo apresentar os aspectos mais importantes relacionados ao desenvolvimento do aplicativo, bem como as técnicas e ferramentas utilizadas. A Tabela 2 apresenta os requisitos funcionais e não funcionais do aplicativo.

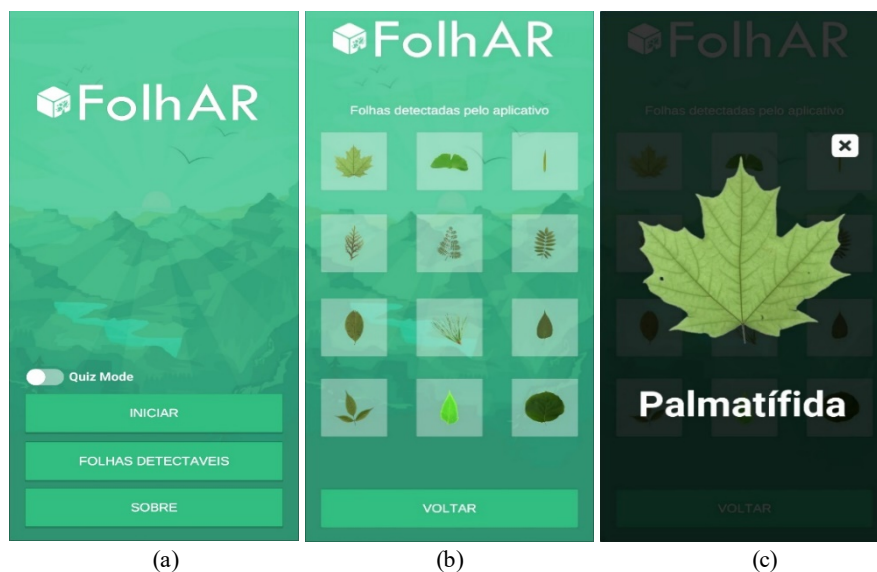
Requisitos Funcionais
RF01: permitir ao usuário iniciar o <i>scan</i> no modo quiz
RF02: permitir ao usuário identificar os componentes da folha
RF03: permitir ao usuário iniciar o <i>scan</i> no modo normal
RF04: permitir ao usuário realizar o reconhecimento da folha
RF05: renderizar um modelo 3D da folha
RF06: exibir informações sobre a folha detectada
RF07: permitir ao usuário validar as informações inseridas no modo quiz
RF08: permitir ao usuário capturar uma foto do conteúdo sendo mostrado em sua tela e salvar em sua galeria
RF09: permitir ao usuário consultar as folhas detectáveis pelo aplicativo
Requisitos Não Funcionais
RNF01: utilizar a folha de uma planta como marcador para ancoragem do conteúdo virtual
RNF02: utilizar o ambiente de desenvolvimento Unity
RNF03: ser desenvolvido para plataforma Android
RNF04: utilizar o pacote Barracuda para a detecção das folhas
RNF05: utilizar o <i>framework</i> ARFoundation para a apresentação da realidade aumentada

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 2- Requisitos Funcionais e Não Funcionais

O principal objetivo do aplicativo é auxiliar a busca de conhecimentos sobre folhas de plantas por intermédio da Realidade Aumentada, visando fazer a detecção de vários formatos e, a partir desta detecção, realizar a ancoragem de um modelo 3D da folha com informações pertinentes a ela. A Figura 2 (a) mostra a tela inicial do aplicativo. Esta tela conta com quatro botões; um que altera a aplicação para o *Quiz Mode*, outro para iniciar a detecção, outro para visualizar quais são os tipos e formatos de folhas detectadas pela aplicação e, por fim, um que apresenta algumas informações sobre o desenvolvimento do aplicativo. Por existirem formatos e tipos de folhas demasiadamente vastos, a aplicação atua com um universo reduzido para um reconhecimento com maior assertividade. A definição das folhas presentes no aplicativo ocorreu em conjunto com uma especialista da área;

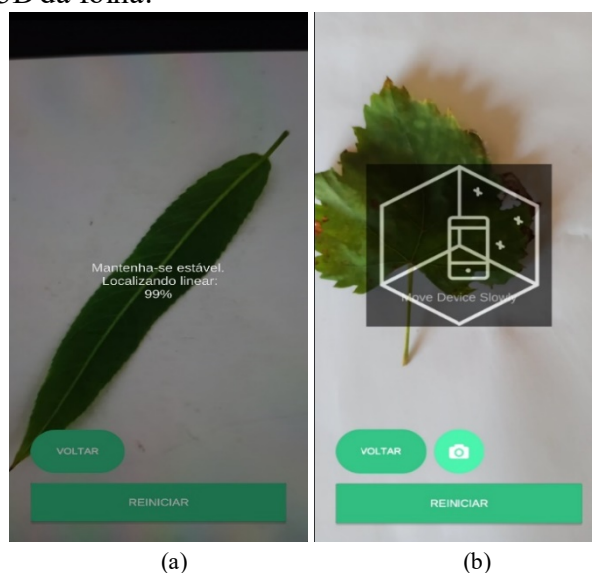
Assim, para ajudar o usuário que está utilizando o aplicativo a identificar quais são os formatos de folhas detectáveis, foi elaborada uma tela que é ativada ao clicar-se o botão *Folhas Detectáveis*. A tela, demonstrada na Figura 2 (b) exibe todos os tipos de folhas detectáveis em forma de botões que, ao serem pressionados, ativam uma tela *pop up* com uma imagem detalhada e o nome do formato da folha Figura 2 (c).



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 2 - Menu inicial e folhas detectáveis

Ao clicar no botão *Iniciar*, é aberta a tela principal da aplicação na qual ocorre a detecção e, posteriormente, a renderização do objeto 3D da folha identificada. Nessa tela está presente a imagem obtida através da câmera do celular, assim como alguns botões, um para voltar à tela inicial e outro para reiniciar a detecção. O processo de identificação sempre ocorre até que uma folha seja detectada e seu objeto 3D correspondente seja renderizado. Assim, quando uma folha entra no campo de visão da câmera, o processo é iniciado e um aviso é exibido na tela, instruindo o usuário a estabilizar a câmera para uma detecção rápida e precisa, como demonstrado na Figura 3 (a). Após detectado o formato da folha, o usuário deverá movimentar o celular ao redor do ambiente, para que uma rede de planos seja encontrada na superfície para realização da ancoragem (Figura 3 (b)) e renderização do objeto 3D da folha.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 3 - Aviso sobre início da detecção

Caso a opção *Quiz Mode* esteja habilitada, o objeto 3D é apresentado junto com algumas informações sobre a folha em um quadro. Os nomes dos componentes das folhas, descritos na fundamentação teórica, aparecem em branco, permitindo que o usuário os preencha para avaliar

seus conhecimentos sobre a estrutura das plantas. Com os nomes preenchidos, o usuário pode então pressionar o botão `Validar`, para verificar se acertou ou errou (Figura 4 (a)).



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 4 - Validação com o Quiz Mode ativado e desativado

Caso a opção de `Quiz Mode` não esteja habilitada, o objeto será renderizado com as lacunas já preenchidas e sem botão para realizar a validação. Destaca-se que o usuário pode a qualquer momento clicar no botão `Voltar`, para ir à tela inicial e alterar a opção `Quiz Mode`. Ainda no objeto renderizado, o usuário pode clicar sobre os componentes da folha para realçá-los, possibilitando um melhor entendimento e visão sobre ele (Figura 4 (b)). Caso queira detectar uma nova folha, o botão `Reiniciar` deve ser pressionado para que, o processo recomece.

A aplicação foi desenvolvida na plataforma Unity através de scripts `C#` e com o uso de alguns *packages*, tais como o `AR Foundation`, para realizar a função de Realidade Aumentada e o `Barracuda`, para a parte de detecção de imagem. O `AR Foundation` é um *framework* criado com o intuito de facilitar a criação de aplicações em Realidade Aumentada dentro do Unity para diversas plataformas, como Android e iOS. A biblioteca apresenta uma série de interfaces que fazem com que as bibliotecas de Realidade Aumentada para outras plataformas, como o `ARCore` para o Android e o `ARKit` para o iOS, funcionem da mesma maneira. No desenvolvimento deve-se seguir os contratos inferidos na interface de modo a possibilitar que o desenvolvedor faça apenas a chamada de métodos comuns que executam conforme a biblioteca correspondente ao da plataforma que a *build* for gerada (UNITY, 2021b). Já o `Barracuda` foi utilizado para facilitar o reconhecimento da folha apresentada ao aplicativo, optou-se por utilizar um pacote de rede neural denominado `Barracuda`. O pacote `Barracuda` acopla uma rede neural artificial multiplataforma ao Unity, que é a ferramenta de desenvolvimento do presente projeto, permitindo a utilização de redes pré treinadas em aplicações desktop, móveis e consoles (UNITY, 2019). O pacote `Barracuda` utiliza compiladores `Unity Compute Shader`, que permitem que programas sejam executados em placas de vídeo (UNITY, 2021c), e `Unity Burst`, que realiza a compilação para código nativo otimizado (UNITY, 2020b). Desta forma, o `Barracuda` permite com que se consiga executar as redes neurais artificiais tanto em GPU como em CPU (UNITY, 2019).

O `Barracuda` necessita de um modelo `ONNX` de aprendizado de máquina para realizar a detecção conforme os dados do modelo. Assim sendo, o primeiro passo do desenvolvimento consistiu-se em fazer a criação do modelo. Como não foi possível encontrar um *dataset* pronto contendo os formatos das folhas necessárias, foi organizado um *dataset* próprio a partir da junção

de três *datasets* diferentes para se ter uma variedade maior de imagens, sendo esses *datasets* o LeafSnap de Kumar *et al.* (2012), Flavia Dataset de Wu *et al.* (2007) e o *dataset* de Chouhan (2019). Desse modo, foi feita a junção de algumas imagens de cada um desses *datasets* e realizou-se sua rotulação conforme o formato de folha presente em cada uma. Este processo foi realizado com a ferramenta Labelling. O *dataset* foi então treinado para gerar um modelo de extensão `weights`, que foi posteriormente convertido para a extensão `onnx`, esperado pelo Barracuda.

5 RESULTADOS

No decorrer do desenvolvimento da aplicação diversos testes foram executados na plataforma Android visando garantir que as funcionalidades do aplicativo se comportassem conforme o esperado. Os testes foram realizados em um dispositivo móvel Xiaomi Redmi Note 8 Pro que suporta a tecnologia ARCore, um pré-requisito para o dispositivo uma vez que o AR Foundation necessita desta tecnologia para funcionar. Nele foram realizados testes para verificar a rotina de detecção, a rotina de ancoragem do objeto 3D e alguns cenários relacionados a elas os quais poderiam ocorrer quando utilizados pelos usuários.

Os testes foram realizados constantemente ao longo do processo de desenvolvimento para garantir que cada nova funcionalidade implementada atendesse o propósito inicial de forma correta e sem impactar no restante da aplicação. Desta maneira, o desenvolvimento se deu de forma iterativa com a realização de frequentes refatorações no código para melhor atender as novas funcionalidades, sem romper com o objetivo inicial do aplicativo. Em uma dessas iterações, notou-se que a forma com que as informações sobre as folhas eram recuperadas não era ideal, visto que essa estava sendo feita através de requisições a outro serviço, criando assim a necessidade de uma conexão com Internet para o aplicativo funcionar corretamente. As informações foram então armazenadas dentro do próprio aplicativo em uma refatoração, para garantir que o aplicativo pudesse executar no campo, e em locais onde a conexão pode ser um problema.

Foram ainda realizados testes a fim de garantir um bom funcionamento da aplicação em diferentes cenários para identificar aspectos que podem vir a variar na utilização do aplicativo pelo usuário. Estes testes foram divididos em duas categorias; os testes ligados à detecção, como qual a melhor posição da folha da planta para uma detecção correta, a necessidade ou não de um fundo de cor sólida para um melhor destaque da folha, diferentes graus de luminosidade no cenário, entre outros; os testes relacionados à Realidade Aumentada, como testes movimentando o dispositivo móvel pelo ambiente para verificar se os objetos 3D se mantinham estáveis e testes garantindo a funcionalidade dos componentes tangíveis. Após a realização de um destes testes, em que se tentou realizar a detecção de folhas em vários fundos de cores distintas, foi constatado que a aplicação necessita que as folhas estejam sobre um fundo de cor branca para o reconhecimento funcionar corretamente, como é possível observar na Tabela 3, assim como necessitam estarem em uma boa condição de iluminação, como por exemplo sob luz direta, descoberto durante o teste de detecção realizado com cinco formatos de folhas em quatro situações de iluminação diferentes, apresentado na Tabela 4.

Status detecção	Cor do fundo
Detectou	branco
Não detectou	vermelho, verde, amarelo, preto, azul, cinza, marrom, colorido

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 3- Resultado da detecção com a folha sobre fundos de cores diferentes

Status detecção	Luz natural em ambiente exterior	Sombra de luz natural em ambiente exterior	Luz artificial em ambiente interior	Sombra de luz artificial em ambiente interior
Linear	Detectou	Detectou	Detectou	Detectou
Elíptica	Detectou	Não detectou	Detectou	Não detectou
Trifoliolada	Detectou	Não detectou	Detectou	Não detectou
Palmatífida	Detectou	Detectou	Detectou	Detectou
Pinulada	Detectou	Detectou	Detectou	Não detectou

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 4 - Resultado da detecção com a folha em condições de iluminação distintas

Para validar se o projeto cumpriu com o objetivo proposto, a aplicação foi testada in loco com uma professora do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas e por um bolsista do curso (Figura 5). Em função da pandemia de Covid-19 e da disponibilidade física das folhas detectáveis, não foi possível ampliar os testes com mais usuários, o que deve ser feito oportunamente



Fonte: digitalizado pelos autores.

Figura 5 - Teste da aplicação

Para o teste, foram recolhidas algumas folhas de plantas no campus da Universidade e levadas ao laboratório para testes. No local, os entrevistados, que já estavam familiarizados com aplicações em Realidade Aumentada puderam testar o aplicativo, que estava ativo em dois dispositivos, e responder um formulário para recolher alguns resultados desse teste. O questionário apresentava um passo a passo demonstrando como utilizar a aplicação FolhAR, passando pelas principais funcionalidades, testando a usabilidade da aplicação para um usuário que acabou de iniciar o aplicativo e verificando se ele é capaz de navegar na aplicação sem problemas. Como resultado desta etapa, ambos conseguiram completar o passo a passo sem dificuldades, necessitando ajuda em menos de três etapas. Para segunda parte do questionário foram formuladas algumas perguntas utilizando a escala Likert, visando classificar a usabilidade do aplicativo e verificar se cumpriu com o papel proposto, de ajudar os usuários a aprender sobre folhas de plantas com o auxílio da Realidade Aumentada. Os resultados podem ser observados na Tabela 5.

Usabilidade do aplicativo	5	100%
Cumpriu o objetivo de auxiliar no conhecimento de folhas de plantas com auxílio da Realidade Aumentada	5	100%
Recomendaria o aplicativo para quem deseja aprender mais sobre folhas de plantas	5	100%

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 5 - Opinião dos entrevistados sobre o aplicativo

Como constatado na Tabela 5, ambos os usuários concordam que o aplicativo cumpre seu objetivo de auxiliar no conhecimento de folhas de plantas com apoio da Realidade Aumentada. Ademais, a professora comentou que o aplicativo é de grande valia para os estudantes do curso ministrado por ela, viu o mesmo com uma ótima forma de passar o conhecimento sobre folhas de plantas de uma maneira mais dinâmica e, por fim, apontou alguns ajustes de nomenclatura e descrição em alguns formatos de folhas.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, o aplicativo alcançou seu objetivo de auxiliar no conhecimento de folhas de plantas por intermédio da Realidade Aumentada. O objetivo específico de utilizar a folha de uma planta como marcador para ancoragem do objeto 3D de Realidade Aumentada foi alcançado, porém necessitando de um fundo controlado para detecção da folha, como um fundo branco. O segundo objetivo específico, de analisar a eficácia do aplicativo com usuários da área de Biologia também foi alcançado com êxito e sem limitações. Mesmo os testes sendo realizados com um grupo pequeno de usuários, os resultados obtidos foram satisfatórios, uma vez que foram executados por usuários pertencentes ao ramo de estudo da Biologia os quais indicaram pontos positivos à ideia do aplicativo, destacando seu potencial em contribuir na busca de conhecimentos de folhas de plantas em campo ou na sala de aula.

Após os empecilhos gerados pelas tecnologias inicialmente escolhidas, o projeto teve um desenvolvimento isento de grandes problemas na plataforma Unity com a utilização dos *packages* Barracuda e ARFoundation. O primeiro se mostrou muito eficiente na detecção de objetos de forma rápida e performática em dispositivos móveis, mesmo não possuindo um modelo de aprendizagem de máquina ideal para a identificação das folhas com uma precisão maior. Já o segundo, se apresentou eficiente nas rotinas de Realidade Aumentada, proporcionando fluidez e agilidade no desenvolvimento dessas rotinas.

Nesse sentido, o aplicativo desenvolvido apresenta contribuições técnicas e sociais. Como contribuição técnica destaca-se o conjunto de tecnologias utilizadas para o desenvolvimento, as quais demonstraram ser eficazes para o tipo de aplicação desenvolvida, combinando computação visual e realidade aumentada. Ressalta-se a dificuldade em reconhecer diferentes tipos de folhas em função das particularidades estruturais de cada uma delas, o que se apresenta como um desafio tecnológico. Como contribuição social, destaca-se o desenvolvimento de uma ferramenta aplicada ao ensino de uma área de conhecimento específica, utilizando tecnologias inovadoras e interativas permitindo aos estudantes ampliarem seus conhecimentos sobre folhas, sobretudo em aulas de campo, nas quais muitas vezes o acesso à Internet não é possível e onde há poucos recursos para consultas e conhecimentos sobre espécies de plantas.

Embora o trabalho cumpra com todos os objetivos propostos, possíveis melhorias e extensões de pesquisa foram levantadas para continuações neste projeto: melhorias da detecção e classificação das folhas, evitando a necessidade da utilização de um fundo controlado atrás das folhas das plantas possibilitando inclusive que a detecção seja feita diretamente com base nas folhas presas às plantas; ampliar o *dataset* de modo a possibilitar o reconhecimento de um maior número de folhas; realizar não apenas a classificação de formatos das folhas, mas sim da espécie; possibilitar a abertura da galeria de fotos diretamente pelo aplicativo; testar o aplicativo com um maior número de usuários e em situação de campo.

AGRADECIMENTOS

Omitido para fins de avaliação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Marcílio de; ALMEIDA, Cristina Vieira de. **Morfologia da folha de plantas com sementes**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2018. (111 p.). (Coleção Botânica, 3). ISBN: 978-85-86481-64-2. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/morfologia_folha.pdf. Acesso em: 31 mai. 2021.
- ARAUJO, Joniel Mendes, *et al.* Educação Ambiental: importância das aulas de campo em ambientes naturais para a disciplina de biologia no ensino médio da escola Joaquim Parente na cidade de Bom Jesus - PI. **Ensino, Saúde e Ambiente**, Bom Jesus, v. 8, n. 2, p. 25-36, set. 2015.
- AZUMA, Ronald T. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators And Virtual Environments**, Malibu, v. 6, n. 4, p. 355-385, set. 1997.
- AZUMA, Ronald T. Making Augmented Reality a Reality. **Imaging And Applied Optics 2017 (3D, Aio, Cosi, Is, Math, Pcaop)**, [S.L.], p. 1-3, 2017. OSA. <http://dx.doi.org/10.1364/3d.2017.jtu1f.1>.
- CAMPOS, Carlos Roberto Pires. A saída a campo como estratégia de ensino de ciências. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v.1, n.2, p. 25-30, 2012.
- CHOUHAN, Siddharth Singh et al. A data repository of leaf images: Practice towards plant conservation with plant pathology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS, 4., 2019. **Proceedings [..]**. Seattle, WA. Madhav Institute of Technology & Science, 2019.
- KIRNER, Claudio et al. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: SBC, 2006.
- KIRNER, Claudio; SISCOUITO, Robson. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Petrópolis: SBC, 2007.
- KUMAR, Neeraj *et al.* Leafsnap: A computer vision system for automatic plant species identification. In: EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTER VISION, 2012. **Proceedings...** Berlin, Heidelberg: Springer, 2012. p. 502-516.
- MARÇAL, Edgar *et al.* Geomóvel: Um Aplicativo para Auxílio a Aulas de Campo de Geologia. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO - SBIE), II (XXIV), Campinas, 2013. **Anais...** Campinas: SBC, 2013. p. 52-61. ISSN 2316-6533.
- MENDONÇA, Karoene Dirlene et al. Ambiente de Aprendizagem Ubíqua para Auxiliar o Estudo de Botânica em Atividades de Aula de Campo. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO - SBIE), Fortaleza, 2018. **Anais...** Fortaleza: SBC, 2018. p. 1738. ISSN 2316-6533.
- PLANTSAP. **Plant Identifier App, #1 Mobile App for Plant Identification**, 2020. Disponível em: <https://www.plantsnap.com/>. Acesso em: 19 fev. 2021.
- SCHMALSTIEG, Dieter; HÖLLERER, Tobias. **Augmented Reality: principles and practice**. Boston: Addison-Wesley, 2016. 473 p.
- SOUSA, Cristiane Aureliano, *et al.* A aula de campo como instrumento facilitador da aprendizagem em Geografia no Ensino Fundamental. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 22, p. 1-1, 25 out. 2016. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/16/22/a-aula-de-campo-como-instrumento-facilitador-da-aprendizagem-em-geografia-no-ensino-fundamental>. Acesso em: 08 fev. 2021.

- UNESP. **Árvores do campus**. [S.l.], [2004]. Disponível em:
<http://www.rc.unesp.br/arvoresdocampus/glossario.htm>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- UNITY. **About ARFoundation**. [S.l.], [2021a]. Disponível em:
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@4.1/manual/index.html>.
 Acesso em: 29 mai. 2021.
- UNITY. **ARFoundation**. [S.l.], [2021b]. Disponível em:
<https://unity.com/unity/features/arfoundation>. Acesso em: 29 mai. 2021.
- UNITY. **Barracuda package brings Neural Networks to Unity**. [S.l.], [2020a]. Disponível em:
<https://forum.unity.com/threads/barracuda-package-brings-neural-networks-to-unity.962922/>.
 Acesso em: 29 mai. 2021.
- UNITY. **Burst User Guide**. [S.l.], [2020b]. Disponível em:
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.burst@1.3/manual/>. Acesso em: 29 mai. 2021.
- UNITY. **Compute shaders**. [S.l.], [2021c]. Disponível em: <https://docs.unity3d.com/Manual/class-ComputeShader.html>. Acesso em: 29 mai. 2021.
- UNITY. **Introduction to Barracuda**. [S.l.], [2021d]. Disponível em:
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.barracuda@2.0/manual/index.html>. Acesso em:
 29 maio 2021.
- UNITY. **Unity Barracuda**. [S.l.], [2019]. Disponível em:
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.barracuda@0.3/manual/index.html>. Acesso em:
 29 maio 2021.
- VIVEIRO, Alessandra Aparecida; DINIZ, Renato Eugênio da Silva. Atividades de campo no ensino das ciências e na educação ambiental: refletindo sobre as potencialidades desta estratégia na prática escolar. **Ciência em Tela**, v. 1, n. 2, p. 1-12, jul. 2009.
- WIGGERS, Ivonei; STANGE, Carlos E. B. **Manual de instruções para coleta, identificação e herborização de material botânico**. Laranjeiras do Sul: UNICENTRO, 2008. Disponível em
<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/733-2.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2021.
- WU, Stephen Gang, *et al.* A leaf recognition algorithm for plant classification using probabilistic neural network. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SIGNAL PROCESSING AND INFORMATION TECHNOLOGY, Giza, 2007. **Proceedings [...]**. Giza: IEEE, 2007, p. 11-16.
- ZORZAL, Ezequiel Roberto; KIRNER, Claudio. Jogos Educacionais em Ambiente de Realidade Aumentada. In: WORKSHOP SOBRE REALIDADE AUMENTADA, 2, 2005. **Anais [...]**. Piracicaba, 2005. p. 52-55.