

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BARBARA RODRIGUES DA SILVA

**UM APLICATIVO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO FERRAMENTA DE
APOIO AS ATIVIDADES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL REALIZADAS COM
CRIANÇAS NO BOSQUE DA UTFPR CAMPUS MEDIANEIRA**

MEDIANEIRA

2022

BARBARA RODRIGUES DA SILVA

**UM APLICATIVO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO FERRAMENTA DE
APOIO AS ATIVIDADES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL REALIZADAS COM
CRIANÇAS NO BOSQUE DA UTFPR CAMPUS MEDIANEIRA**

**AN APPLICATION FOR MOBILE DEVICES AS A SUPPORT TOOL FOR
ENVIRONMENTAL EDUCATION ACTIVITIES CARRIED OUT WITH CHILDREN
IN THE WOODS OF UTFPR CAMPUS MEDIANEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Everton Coimbra de Araújo

Coorientador: Profª. Drª. Larissa De Bortolli Chiamolera Sabbi

MEDIANEIRA

2022



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BARBARA RODRIGUES DA SILVA

**UM APLICATIVO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO FERRAMENTA DE
APOIO AS ATIVIDADES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL REALIZADAS COM
CRIANÇAS NO BOSQUE DA UTFPR CAMPUS MEDIANEIRA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Dr. Everton Coimbra de Araújo
Coorientadora: Dr. Larissa De Bortolli Chiamolera Sabbi

Data de aprovação: 06/junho/2022

Everton Coimbra de Araújo
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Ricardo Sobjak
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Juliano Rodrigo Lamb
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

MEDIANEIRA

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, pelo apoio, incentivo e amor que sempre me proporcionaram, independente da distância, durante não somente a graduação, mas em toda a minha vida.

Agradeço a minha orientadora, professora Larissa De Bortolli Chiamolera Sabbi por toda a orientação, atenção e sensibilização durante a execução deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador, professor Everton Coimbra de Araújo, por toda a orientação, atenção e incentivo durante a execução deste trabalho e às minhas empreitadas na graduação.

Agradeço ao meu companheiro e aos meus amigos, por todo o apoio, momentos de risadas e por tornarem todo esse processo mais leve.

Agradeço também aos professores e colegas de curso, pelos anos de aprendizado contínuo, inspiração e companheirismo.

Agradeço ainda, ao Projeto de Extensão do Bosque da UTFPR, Campus Medianeira, pela oportunidade de participar e executar este trabalho.

"Então, quando olho para o céu a noite eu sei que sim, somos parte deste universo, estamos neste universo, mas talvez mais importante do que esses dois fatos é que o universo está em nós."(TYSON, 2008)

RESUMO

O adensamento populacional e a depredação do meio ambiente têm evidenciado um cenário mundial onde há a necessidade de mais práticas de preservação e urbanização sustentável, sendo a manutenção e a criação de áreas verdes um dos melhores indicadores de qualidade de vida urbana. Uma área verde é um fragmento florestal de preservação que pode ser voltado a práticas de atividades ao ar livre como caminhadas, trilhas e promoção de ações para o estímulo da educação ambiental na população a sua volta. O Fragmento florestal denominado Bosque da UTFPR, Campus Medianeira, sendo uma dessas áreas verdes que promovem ações voltadas a educação ambiental, carece de ferramentas que auxiliem os visitantes, em sua maioria crianças, durante os passeios realizados na trilha contida no Bosque. A popularidade dos dispositivos móveis entre as gerações mais novas cresce exponencialmente em todo o mundo e essa tecnologia móvel pode facilitar a aprendizagem em qualquer momento e em qualquer lugar, tendo o potencial de apoiar a prática da educação ambiental em áreas verdes por meio de aplicações baseadas em aspectos lúdicos e interativos. Este trabalho tem como objetivo apresentar o estudo e desenvolvimento de uma aplicação para dispositivos móveis, que por meio dos estímulos de aprendizagem móvel, sirva como ferramenta de apoio às atividades de educação ambiental realizadas na área verde denominada Bosque da UTFPR, Campus Medianeira. A aplicação foi desenvolvida utilizando o *framework* Flutter e em seu recurso principal, um mapa imersivo em espécie de jogo 2D que simula a trilha contida no Bosque, a biblioteca Flame. Com base nos resultados obtidos, percebeu-se que é possível o desenvolvimento de tal ferramenta utilizando os recursos tecnológicos propostos e que a sua utilização durante as atividades de educação ambiental realizadas em locais verdes, como o Bosque, é uma fonte viável de fácil acesso a informações a respeito da vegetação ali presente, facilitando a seus utilizadores a compreensão daquele meio.

Palavras-chave: computação móvel; desenvolvimento sustentável; tecnologia.

ABSTRACT

Population densification and depredation of the environment have highlighted a world scenario where there is a need for more practices of preservation and sustainable urbanization, with the maintenance and creation of green areas being one of the best indicators of quality of urban life. A green area is a forest fragment of preservation that can be used for outdoor activities such as walks, trails and the promotion of actions to encourage environmental education in the surrounding population. The forest fragment called Bosque da UTFPR, Campus Medianeira, being one of those green areas that promote actions aimed at environmental education, lacks tools to help visitors, mostly children, during the tours carried out on the trail contained in the Bosque. The popularity of mobile devices among younger generations grows exponentially around the world and this mobile technology can facilitate learning anytime and anywhere, having the potential to support the practice of environmental education in green areas through applications based on playful and interactive aspects. This work aims to present the study and development of an application for mobile devices, which, through mobile learning stimuli, serves as a support tool for environmental education activities carried out in the green area called Bosque da UTFPR, Campus Medianeira. The application was developed using the *framework* Flutter and in its main resource, an immersive map in a kind of 2D game that simulates the track contained in Bosque, the Flame library. Based on the results obtained, it was noticed that it is possible to develop such a tool using the proposed technological resources and that its use during environmental education activities carried out in green places, such as the Bosque, is a viable source of easy access to information about the vegetation present there, making it easier for users to understand that environment.

Keywords: mobile computing; sustainable development; technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dispositivos: Computadores e celulares % por habitante (per capita) em 2018	19
Figura 2 – Modelo FRAME	20
Figura 3 – Mesorregião oeste do estado do Paraná	27
Figura 4 – Localização Bosque da UTFPR Campus Medianeira	28
Figura 5 – Representação das principais famílias botânicas pelo número de espécies (%)	28
Figura 6 – Diagrama dos processos de desenvolvimento do trabalho	31
Figura 7 – Comparação entre a imagem de modelo fornecida pelo Projeto de e Extensão e o cenário desenvolvido a partir dela	32
Figura 8 – Cenário do mapa no formato tiled image	33
Figura 9 – Mapeamento das áreas restritas	34
Figura 10 – Modelo de Joystick implementado	35
Figura 11 – Modelo de Spritesheet utilizado como personagem principal	36
Figura 12 – Leitor de QrCode	37
Figura 13 – Tela de apresentação das informações da espécie identificada pelo leitor de QrCode	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Checklist Proposto por Koole 22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Siglas

AA	Alfabetização Ambiental
Android SDK	<i>Android Software Development Kit</i>
AV	Áreas Verdes
DM	Dispositivos Móveis
EA	Educação Ambiental
FRAME	<i>Framework para a Análise Racional de Educação Móvel</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado
m-learning	<i>Mobile Learning</i>
PIEA	Programa Internacional de Educação Ambiental
PNMM	Política Nacional do Meio Ambiente
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
QrCode	Código QR
RA	Realidade Aumentada
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
u-learning	<i>Ubiquitous Learning</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo geral	14
1.2	Objetivos específicos	14
1.3	Justificativa	14
2	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	16
2.1	Educação Ambiental	16
2.2	Educação ambiental com crianças	17
2.3	Áreas verdes urbanas	17
2.4	Tecnologias da Informação e Comunicação	18
2.5	Dispositivos móveis	19
2.6	Mobile Learning	20
2.7	Ubiquitous Learning	23
2.8	Tecnologias imersivas	24
2.9	Realidade Aumentada	24
2.10	Trabalhos correlatos	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1	Localização do experimento	27
3.2	Tecnologias utilizadas	28
3.3	Métodos	30
4	RESULTADOS	32
4.1	O MAPA	32
4.1.1	Mecânica	33
4.1.2	Colisões com o mapa	34
4.2	O PERSONAGEM	35
4.2.1	Movimentação	35
4.2.2	Colisões com outros objetos	36
4.3	QRCodes	37
4.3.1	Mecânica de leitura	37
4.3.2	Informações das espécies	38

4.4	DISCUSSÕES	39
4.4.1	Limitações	39
4.4.2	Requisitos para utilização	39
4.5	TRABALHOS FUTUROS	39
5	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A busca pela compreensão e contato mais direto com os ambientes naturais pode ser considerada como uma das mais fortes tendências das primeiras décadas do século XXI, uma vez que está cada vez mais evidente à sociedade o grave estágio de degradação de recursos e paisagens (ROCHA; CRUZ; LEÃO, 2015). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2021), o fenômeno de adensamento populacional nas áreas urbanas é mundial, o que reforça a necessidade da urbanização sustentável, sendo a manutenção e criação de Áreas Verdes (AV) um dos indicadores de qualidade de vida urbana.

Segundo a Lei nº 12.651, de 25/03/2012 (BRASIL, 2012) e o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2021), uma área verde é caracterizada como um espaço intraurbano, com vegetação nativa, natural ou recuperada, indisponível para a construção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, bem como proteção de bens e manifestações culturais. Estas áreas verdes, além de possuírem efeitos benéficos para a fauna e a flora local, podem trazer benefícios significativos para a população a sua volta (JESUS; RIBEIRO, 2006), uma vez que além de melhorar a qualidade ambiental urbana, também podem se tornar importante ferramenta para a conservação e a preservação desses espaços, por meio da Educação Ambiental (EA).

A EA, sendo um processo de construção de conhecimentos, permite a transformação nos indivíduos, em seu modo de pensar e agir, culminando num debate emergente nas questões sociais, culturais, econômicas, políticas e educacionais (SILVEIRA *et al.*, 2021). Diante desta perspectiva, a educação ambiental corresponde a uma maneira de tratar antigos, atuais e futuros problemas causados pela ação humana, que vise a conscientização por parte, principalmente, da juventude, de que o desenvolvimento tecnológico, quando não regrado pela postura ética, afeta gravemente o bem-estar do planeta (MARCHIORATO, 2018).

Segundo Lara e Quartiero (2010) a geração que nasceu na última década do século XX, que constitui a intitulada “sociedade da informação”, não conheceu um mundo sem telefone celular e caracteriza-se por uma geração que cresceu ouvindo falar da internet e utilizando-a para as mais diferentes finalidades, como a utilização de jogos online e redes sociais. Desta maneira, um dos obstáculos enfrentados em relação a EA na juventude, é de como abordar esse tema e fazer com que ele seja interessante e sensível para essa geração.

Fazer uso dos recursos disponíveis para uma geração que já nasceu submersa nas novas tecnologias, pode ser mais produtivo e eficiente, uma vez que, produzindo e reproduzindo mídias, essas poderão ser facilmente entendidas e compartilhadas no meio virtual (SANTOS; ROSA, 2016). Por essas mídias, circulam informações e comunicações que possibilitam a construção de novas formas de pensar, de conceber o mundo, a política, a sociedade, a economia, a cultura e a educação (LUCENA, 2016).

Segundo Rodrigues e Colesanti (2008), o uso das novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) com enfoque na educação ambiental representa um avanço, pois pela integração da tecnologia e dos multimeios, pode haver uma sensibilização e conhecimento dos ambientes e dos seus problemas intrínsecos. Desta maneira, o interesse sobre o tema, seja ele Educação Ambiental ou qualquer outra disciplina, carece da inserção da tecnologia de forma lúdica (ROCHA; CRUZ; LEÃO, 2015). Tendo em vista a necessidade de mesclar tecnologias lúdicas no ensino de educação ambiental, este trabalho visou o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis, que será utilizado durante passeios educativos realizados no Bosque da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Medianeira, a fim de verificar o favorecimento da sensibilização e do interesse sobre a preservação ambiental.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta para dispositivos móveis que promova a educação ambiental por meio da representação lúdica e pedagógica das principais espécies arbóreas presentes na trilha do Bosque da UTFPR, Campus Medianeira.

1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver uma aplicação para dispositivos móveis com um recurso de mapa (jogo) interativo;
- Desenvolver módulos de contextualização e informação sobre vegetação contida na área em questão;
- Contribuir com as atividades de educação ambiental que serão realizadas dentro do Bosque da UTFPR, Campus Medianeira.

1.3 Justificativa

A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), instituída pela Lei nº 9.795, de 27/04/1999 (BRASIL, 1999) e regulamentada pelo Decreto nº 4.281, de 25/06/2002, estabelece que a educação ambiental é um componente essencial da educação nacional, devendo estar presente em todos os níveis e modalidades do processo educativo.

Os autores Miyajawa *et al.* (2016) e Rodrigues, Gonçalves e Coutinho (2020) que em seus trabalhos qualitativos exploratórios, realizaram um levantamento de tecnologias móveis disponíveis sobre a temática ambiental, mostrando que o uso de tecnologias como forma de modernizar o processo de ensino e as abordagens sobre as questões ambientais tem se mostrado efetivo. Portanto, enxergando a viabilidade da utilização de tecnologias moveis nas abordagens

sobre as temáticas ambientais e a necessidade de ferramentas que auxiliem os visitantes durante os passeios realizados na trilha do Bosque da UTFPR, Campus Medianeira, acredita-se que este trabalho possa viabilizar o desenvolvimento de uma ferramenta tecnológica que por meio de conteúdos lúdicos e interativos, sirva como fonte de consulta e obtenção de informações direcionadas a respeito da vegetação ali presente, e que auxilie no processo das questões de educação ambiental ali realizadas.

2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Neste capítulo, é descrito o contexto do trabalho. Inicialmente é apresentado um referencial teórico sobre educação ambiental, com panoramas sobre sua história, conceitos, a relação entre educação ambiental e os espaços onde estes conceitos podem ser aplicados. Este capítulo também apresenta os conceitos das Tecnologias da Informação e Comunicação, sua utilização por meio dos dispositivos móveis e formatos de aprendizagem envolvidos neste contexto. Por fim, são descritos os conceitos de tecnologias imersivas e realidade aumentada, relacionando sua utilização com a prática do ensino de educação ambiental com crianças e os trabalhos correlatos a este.

2.1 Educação Ambiental

A EA é um processo histórico na humanidade, que está fortemente atrelado às ideias progressistas do século XIX, em decorrência da Revolução Industrial. Diante do uso excessivo dos recursos provindos da terra, os debates ambientais se fomentaram no século seguinte (XX), acerca da finitude dos recursos naturais e pela compreensão do impacto antrópico na natureza (CREPALDI; BONOTTO, 2018).

A década de 70 foi marcada pela realização de conferências internacionais que foram propulsoras para o conceito de EA, destacando-se a realização da Primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente em 1972, conhecida como Estocolmo 72 (DOLCI; PEREIRA, 2020). A Estocolmo 72 abriu o debate para que as nações, por meio da estruturação de órgãos de controle do meio ambiente, estabelecessem legislações e programas relacionados à qualidade ambiental (BARROS, 2017). Diante deste cenário, surge por meio da Estocolmo 72 a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a elaboração do Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA) (DOLCI; PEREIRA, 2020).

No Brasil, os debates impulsionados pela Estocolmo 72 e conferências ambientais internacionais que se sucederam, incentivaram a criação de programas nacionais para a proteção do meio ambiente. Assim como o PNUMA e o PIEA, no Brasil foi criada a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMM), regulamentada pela Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que segundo o Artigo 2º inciso X assegura "a educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente." (BRASIL, 1981).

A prática do desenvolvimento sustentável e a proteção ao meio ambiente, necessitam que a sociedade promova atitudes e ações corretas diante da sua interação. Diante disto, a educação por meio do processo de construção de conhecimentos, serve como um meio para o desenvolvimento do pensamento sustentável, estimulando a maneira como as pessoas lidam com a problemática socioambiental (LO; LAI; HSU, 2021).

2.2 Educação ambiental com crianças

De acordo com Özden (2008), uma das melhores soluções para os desafios relacionados ao meio ambiente, é a conscientização das crianças. Educar a sociedade sobre o valor dos recursos provindos da terra é uma necessidade fundamental, e essa educação desenvolvida em crianças pode ser eficiente para que elas possam desenvolver consciência e atitude em relação ao meio ambiente (SIMSAR, 2021).

Assim como o letramento e a alfabetização matemática, conhecidos por serem alguns dos processos de ensino instaurados durante a infância, existe a Alfabetização Ambiental (AA). A alfabetização ambiental é um processo de ensino que ajuda a moldar o ser humano a tomar decisões que ocasionam em uma relação de amizade com o meio ambiente, promovendo uma qualidade de vida sustentável (CHEPESIUK, 2007).

A AA instigada desde cedo na educação formal, pode servir como base para a criação de uma vida saudável para as crianças. Segundo Susilana *et al.* (2021), a AA de uma pessoa pode ser caracterizada por quatro componentes: o conhecimento sobre o meio ambiente, as atitudes em relação ao meio ambiente, a sensibilidade em relação às questões ambientais e os sentimentos em relação ao meio ambiente.

Segundo Lo, Lai e Hsu (2021), a promoção da EA e AA com crianças, além de serem incluídas no ensino formal (dentro da sala de aula), devem ser estabelecidas por meio do contato real entre a criança e a natureza. A exposição da criança a ambientes naturais, pode causar sensibilização e apego emocional. Ainda segundo o autor, os atos de sentir e cuidar desses ambientes contribuem para o desenvolvimento do senso de preocupação com a terra, instigando o desenvolvimento de futuros cidadãos ambientais responsáveis.

2.3 Áreas verdes urbanas

Mais de 50% da população mundial vive em centros urbanos e, segundo a ONU (2014), estima-se que até 2050 essa porcentagem chegue a 66%. Além do aumento populacional, a expansão urbana muitas vezes não é acompanhada de planejamentos urbanos estratégicos, produzindo efeitos adversos como perda da biodiversidade e depredação dos serviços ecossistêmicos, gerando impactos no bem-estar humano (PANASOLO *et al.*, 2019).

Uma das maneiras de reduzir os impactos ambientais causados pelas ações antrópicas nestes ecossistemas, é a preservação da vegetação local por meio de áreas verdes urbanas (ALMEIDA, 2021). Segundo Oppliger *et al.* (2019), as áreas verdes urbanas são projetadas e planejadas para a preservação dos recursos naturais e são caracterizadas como espaços urbanos que apresentem uma quantidade significativa de vegetação nativa, natural ou recuperada, livres de construções como edificações ou coberturas impermeabilizantes e que exerçam funções ecológicas, sociais, educacionais, estéticas e de lazer.

As áreas verdes urbanas podem ser identificadas em diversas formas, como parques, jardins, parques infantis e diferentes tipos de áreas naturais (XU *et al.*, 2020). Estas áreas ajudam a purificação do ar, melhoram a permeabilidade do solo, ajudam na preservação de recursos hídricos contra a erosão e sedimentação e contribuem para a criação de um vínculo entre os residentes a sua volta e o meio ambiente (LARCHER *et al.*, 2021; RAMOS *et al.*, 2020).

Além dos benefícios diretamente relacionados à existência destas áreas, elas podem oferecer diversos tipos de atividades à população, como trilhas, espaços para o lazer e atividades voltadas para a educação ambiental, como forma de promover o entendimento e a conscientização acerca da preservação destes espaços.

2.4 Tecnologias da Informação e Comunicação

A narrativa da evolução do mundo é marcada por mudanças contínuas, que afetam o modo de ser, viver, pensar e aprender. Estas mudanças ocorrem em paralelo à globalização do mundo e ao avanço tecnológico, intrinsecamente associado à evolução das tecnologias da informação e comunicação (TICs) (ALMEIDA; MENDES; ROCHA, 2021).

De acordo com Marin, Bervian e GÜLLICH (2019) as TICs, sendo um elemento de relevância para a organização social e econômica da sociedade, podem ser caracterizadas como recursos tecnológicos que possibilitam o acesso e difusão da informação de diferentes formas por meio dos meios eletrônicos. Neste contexto, as TICs possuem papel fundamental na ampliação do espaço de propagação da informação, no passado restritos a tecnologias como televisão, jornais e revistas, e no atual presente, evoluídos ao acesso à informação por meio da Internet, computadores e dispositivos móveis (DM) (ALMEIDA, 2009; SOUSA *et al.*, 2014).

As tecnologias digitais já se tornaram integrantes da vida humana, levando a introdução de seu uso em diferentes áreas, como na educação (ALMEIDA; MENDES; ROCHA, 2021). A utilização das TICs na educação, propicia que a realidade da aula tradicional e o espaço de ensino aprendizagem se dinamizam, aproximando o ensino a realidade dos educandos (CHI-OSSI; COSTA, 2018; KENSKI, 2012) e contribuindo para o desenvolvimento das habilidades de raciocínio, bem como em sua alfabetização em tecnologias (ALMEIDA, 2009).

Dentro da sala de aula, as TICs se caracterizam como um conjunto de técnicas e processos que utilizam dos recursos tecnológicos como ferramentas de apoio ao ensino (RAMOS, 2012). É importante destacar-se que estas tecnologias utilizadas em situações educacionais não se restringem somente a lousas digitais, televisores ou projetores, ou seja, a recursos tecnológicos que a instituição possui. Estas também estão relacionadas aos recursos tecnológicos que os próprios alunos possuem à mão, como os dispositivos móveis (RAMOS, 2008).

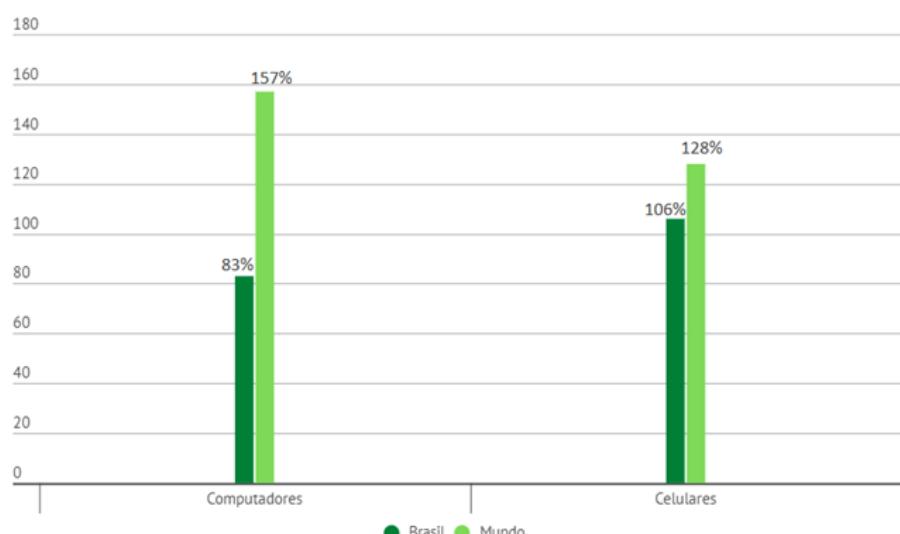
2.5 Dispositivos móveis

Vivenciamos um mundo cada vez mais imerso em tecnologias, criando uma cultura digital, que propicia a avaliação da interação do ser humano em relação à tecnologia (SOARES; SANTOS; RELA, 2019). Destaca-se neste contexto, a influência que as TICs têm impactado na forma de agir e pensar, através dos dispositivos móveis.

A evolução dos dispositivos móveis motivou mudanças nas relações humanas, possibilitando e potencializando novos formatos de comunicação e interação entre os indivíduos (FERREIRA; ROCHA; JUNIOR, 2021). Os dispositivos móveis são caracterizados por serem aparelhos digitais, que possibilitam a mobilidade, conectividade e o compartilhamento de informações digitais (SONEGO, 2019).

Segundo pesquisas do Pew Research Center (2019), estima-se que mais de 5 bilhões de pessoas no mundo possuem dispositivos móveis. No Brasil, a pesquisa aponta que no ano de 2018 já se tinha pouco mais de um smartphone por habitante, e que a média da posse de dispositivos móveis pelo brasileiro é maior em relação a outros dispositivos, como os computadores (Figura 1).

Figura 1 – Dispositivos: Computadores e celulares % por habitante (per capita) em 2018



Fonte: Adaptado de Pew Research Center (2019).

Em termos educacionais, isso significa que para muitos brasileiros os dispositivos móveis são a sua única fonte de acesso à internet. Essa realidade foi fortemente evidenciada no ano de 2020, onde uma emergência de saúde ligada a pandemia global da doença Coronavírus (COVID-19), impôs limitações sociais e espaciais, como o isolamento social em níveis internacionais e nacionais (LARCHER *et al.*, 2021).

O período pandêmico provocou a suspensão das atividades presenciais em universidades e escolas de todos os níveis de ensino, favorecendo a adoção do ensino à distância. Para os brasileiros que se enquadram nessa realidade, sua única forma de acesso a materiais didá-

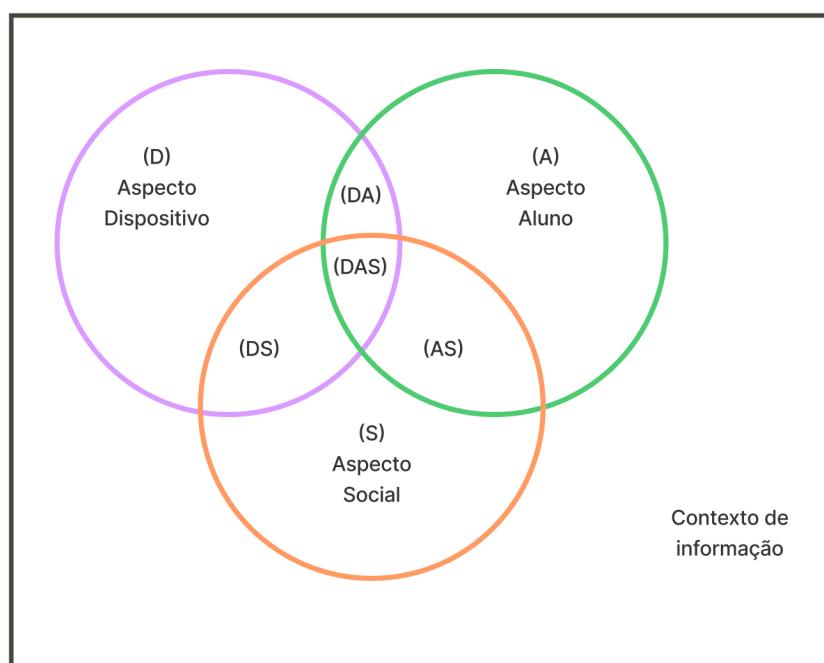
ticos, livros e sites para a elaboração de atividades acadêmicas e às aulas remotas é através de um dispositivo móvel.

2.6 Mobile Learning

Como descrito nas Seções 2.4 e 2.5, o processo de compartilhamento de informações foi intensificado por meio das TICs e dos dispositivos móveis, e essa intensificação no contexto da educação resultou na criação de novos espaços e processos de aprendizagem. *Mobile Learning (m-learning)*, está ligado às tecnologias móveis voltadas à promoção da educação (VAGARINHO, 2018) e de como a aprendizagem flui entre espaço, tempo e tecnologias (SHARPLES *et al.*, 2009). O conceito de *m-learning*, envolve muito mais do que as questões tecnológicas, como os parâmetros de: tempo, espaço, ambiente, conteúdo, tecnologia, aspectos mentais e aspectos metodológicos. Estes parâmetros não estão isolados e influenciam uns aos outros (BATISTA, 2011).

Koole (2009) propôs um modelo teórico para descrever *m-learning*, onde o autor correlaciona o m-learning como um processo resultante da convergência entre tecnologias móveis, capacidade de aprendizagem e interação social (BATISTA, 2011). O modelo denominado *Framework para a Análise Racional de Educação Móvel (FRAME)* pode ser observado na Figura 2, apresentando a perspectiva das experiências em *m-learning* sob um contexto de informação.

Figura 2 – Modelo FRAME



Fonte: Adaptado de Koole (2009).

Segundo Koole (2009) e Batista (2011), os círculos e suas interseções representam:

- Dispositivo (D): engloba as características físicas, técnicas e funcionais de um Dispositivos Móveis (DM). Estão inclusos também tamanho, disposição dos botões, capaci-

dade de armazenamento, recursos de entrada e saída, velocidade do processador e compatibilidade. Estas características de hardware e software impactam no nível de conforto físico e psicológico dos usuários;

- Aluno (A): considera as capacidades cognitivas, memória, conhecimento prévio, emoções e motivações possíveis. Levando em consideração as teorias de aprendizagem, analisa-se os aspectos que podem influenciar na aprendizagem, descreve como os alunos usam o que já sabem e como codificam, armazenam e transferem informações;
- Social (S): refere-se aos processos de interação e cooperação social. A comunicação é estabelecida sob regras sociais e permite o intercâmbio de informações, compartilhamento de conhecimentos e a manutenção das práticas culturais. As regras que regem essa interação e cooperatividade são determinadas de acordo com a cultura do aluno ou pelo contexto em que a interação irá acontecer;
- Interseção Dispositivo/Aluno (DA) - usabilidade: refere-se aos atributos de usabilidade do dispositivo. A usabilidade pode interferir na sensação de conforto psicológico e na satisfação do usuário, e está relacionada a carga cognitiva, capacidade de acesso à informação e a mobilidade nos locais físicos e virtuais. Esta interseção relaciona as necessidades e atividades dos alunos ao hardware e software de seus dispositivos;
- Interseção Dispositivo/Social (DS) - tecnologias sociais: refere-se às tecnologias sociais, que descrevem como os dispositivos móveis permitem a comunicação e a colaboração entre indivíduos e sistemas. Esta interseção evidencia os meios de trocas de informação;
- Interseção Aluno/Social (AS) - interações na aprendizagem: considera os aspectos associados às teorias de aprendizagem adotadas, com base nas interações e nos relacionamentos sociais. Esta interseção evidencia a forma de interação social, que impacta na capacidade de compreensão, negociação, integração, interpretação e utilização de novas ideias;
- Interseção Dispositivo/Aluno/Social (DAS) - situação ideal de *m-learning*: é a interseção principal do modelo, pois o processo de m-learning segundo o FRAME é definido e constantemente reformulado pela interação entre dispositivo (D), aluno (A) e aspectos sociais (S). Nessa situação, o m-learning permite que os alunos avaliem e selezionem as informações mais relevantes para si, redefinam seus objetivos e reconsiderem sua compreensão de conceitos, em um local crescente e em mudança (contexto da informação), por meio de um mediador (dispositivo).

O modelo FRAME proposto por Koole, apresenta também um checklist, como base para a elaboração de atividades em m-learning (Quadro 1).

Quadro 1 – Checklist Proposto por Koole

Aspectos/interseções	Descrição
Aspecto Dispositivo	<p>No momento de escolha e uso de um DM, foi levado em consideração se ele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apresentava características confortáveis; • Permitia ajustes de configurações de entrada e de saída; • Possuía capacidade de processamento e recursos que permitissem a realização das tarefas de maneira satisfatória; • Apresentava características que contribuissem para a diminuição da taxa de erros dos usuários.
Aspecto Aluno	<p>No projeto da atividade de aprendizagem que será utilizada com DM, foi considerado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A avaliação do nível atual do conhecimento dos alunos; • Se faz o uso de técnicas educativas; • Se propõe situações diferentes, utilizando recursos de multimídia, visando fornecer variedade de estímulos; • Se estrutura atividades em contextos reais; • Se cria situações de aprendizagem que estimule a aplicação de conceitos e procedimentos em diferentes contextos; • Se possibilita a identificação, seleção e exploração de informações relevantes, por parte dos alunos.
Aspecto Social	<p>Em relação ao acesso das redes de interação, foi considerado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se fornece o esclarecimento de definições, símbolos e comportamentos culturais que possam ser necessários para a interação entre os alunos; • Se fornece métodos ou orientações que assegurem a comunicação eficiente, precisa e relevante entre os alunos, no contexto da comunicação móvel.
Interseção Dispositivo-Social	<p>Em relação a cultura e sociedade, foi considerado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se foi selecionado padrões wireless apropriados, considerando a quantidade de dados, velocidade e segurança com os dados que estão sendo trafegados; • Se foi selecionado software de colaboração que atenda as tarefas sociais e necessárias em relação a aprendizagem empregada.
Interseção Dispositivo-Aluno	<p>Em relação ao uso de DM em atividades de aprendizagem, foi considerado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se as condições ambientais permitem o acesso à informação, de acordo com a sua necessidade; • Se foram utilizados métodos que reduzam a carga cognitiva, simplificando os processos para que os alunos consigam realizar suas tarefas de forma prática e rápida; • Se foram disponibilizadas opções de configurações de acessibilidade, visando tornar o recurso mais agradável e funcional para os alunos.

Interseção Aluno-Social	<p>Em relação a interação, foi considerado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O relacionamento entre aluno, especialistas e sistemas; • As preferências pessoais em relação aos diferentes tipos de interação social, aprendizagem e desenvolvimento de habilidades.
Interseção Dispositivo-Aluno-Social	<p>Em relação a um sistema de m-learning, foi considerado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Em como o uso de um DM pode mudar o processo de interação dos alunos, comunidades e sistemas; • Em como os alunos podem utilizar mais eficazmente o acesso móvel a outros alunos, sistemas e dispositivos, visando os objetivos educacionais; • Em como os alunos podem se tornar mais independentes para obter a informação e filtrá-las; • Em como enfrentar as mudanças relacionadas aos papéis de aluno e professores.

Fonte: Adaptado de Batista (2011).

2.7 Ubiquitous Learning

Segundo Shuguang *et al.* (2021) a tecnologia da computação ubíqua (onipresente), possibilita a integração de espaços físicos a espaços de informação. De acordo com o autor, neste espaço integrado cheio de recursos de computação e comunicação, as pessoas possuem livre acesso a informações, recursos computacionais, comunicações, entretenimentos e outros serviços que não necessitam de um lugar específico. Ele está em todo o lugar e pode ser acessado a qualquer hora, por isso é denominado como um espaço onipresente.

Neste contexto, evidenciou-se a possibilidade de um novo tipo de aprendizagem, a aprendizagem ubíqua, ou *Ubiquitous Learning* (u-learning). Ela pode ser considerada como uma modernização da e-learning (aprendizagem inteligente) e do *m-learning*.

Essa aprendizagem promove a mobilidade do aluno por meio do uso de DM (SAÂDI; SOUABNI; GHEZALA, 2021), permitindo aos alunos o acesso a conteúdo e informações de aprendizagem em qualquer lugar, criando ambientes de aprendizagem onipresentes (YIN *et al.*, 2021).

O *u-learning* é considerado um conceito de aprendizagem mais humana, visto que a tecnologia da computação ubíqua reposiciona o contexto do ambiente, focando ativamente na interação humano-humano ao invés da interação humano-máquina. Esta, é englobada no espaço e passa a se tornar uma interação tão natural que pode ser considerada como onipresente (SHUGUANG *et al.*, 2021).

U-Learning pode ser caracterizado pelos conceitos de onipresença, sustentabilidade, acessibilidade, iniciativa, instantaneidade, adaptabilidade, colaboração, situacionalidade e crençação no aluno.

2.8 Tecnologias imersivas

De acordo com Guo e Ma (2022), os avanços das tecnologias em computação proporcionaram a criação de novos tipos de tecnologias, como as tecnologias imersivas. Segundo os autores, tecnologias imersivas podem ser caracterizadas como uma tecnologia de interação humano-computador, altamente realística, com capacidade de imergir um usuário em ambientes virtuais, através da combinação de tecnologias de simulação, multimídia, sensores e dispositivos eletrônicos.

As Ciências Cognitivas caracterizam a imersão como um processo mental que está associado a algum tipo de distanciamento ou deslocamento, do mundo real e do tempo atual. O processo mental ou estado psicológico causado pela imersão, é caracterizado pela sensação de estar incluído ou de estar em constante interação com um ambiente que oferece estímulos sensórios. Estes estímulos por sua vez, facilitam a produção de entradas multissensoriais nos indivíduos, que os conectam ao sistema, gerando o estado de imersão (SANTOS, 2019).

Os ambientes gerados pelas tecnologias imersivas podem ser classificados em dois tipos, imersivos e não imersivos. Os ambientes imersivos são aqueles a qual o usuário está totalmente isolado do mundo real, sendo esse um cenário possível através da utilização de dispositivos específicos para o bloqueio dos sentidos do usuário em relação ao mundo externo (CARDOSO *et al.*, 2007). Destaca-se para este tipo, a utilização de periféricos desenvolvidos especificamente para a maximização da imersão, como capacetes, óculos especiais, luvas, fones de ouvidos e rastreadores de posição (FABRIS, 2012).

Os ambientes não imersivos, são aqueles em que os sentidos do usuário em relação ao mundo externo não são bloqueados. Para estes ambientes, é feito a utilização de tecnologias convencionais, como sistemas de navegação interativos e jogos eletrônicos, através de dispositivos móveis (CARDOSO *et al.*, 2007).

2.9 Realidade Aumentada

Realidade Aumentada (RA) é um tipo de tecnologia que contém elementos do mundo virtual e real, proporcionando a interação em tempo real com os elementos de ambos os mundos (AZUMA, 1997). No contexto dos DM, segundo Lo, Lai e Hsu (2021) os aplicativos em RA possibilitam que os usuários desfrutem da diversão e digitalização dos itens em exibição, através dos recursos de multimídias empregados em sua construção.

Para a construção destes objetos, pode-se combinar diferentes recursos de um DM, classificados em três tipos:

- Sem marcadores: que faz somente o uso de dados geo espaciais, por Sistema de Posicionamento Global (GPS), para obter e renderizar informações. Para esse tipo de

marcadores, são comuns as aplicações que envolvem atividades de aprendizagem por navegação ou exploração de algum local.

- Com base em marcadores: que faz o uso da câmera do dispositivo, para capturar e combinar as informações dos objetos físicos ou para capturar a posição de objetos específicos habilitados para RA, como Código QR (QrCode). Para esse tipo de marcadores, são comuns aplicações que envolvem aprendizagem por experimentação prática.
- Híbrido: que faz a combinação de informações sem marcadores e com marcadores.

É importante destacar que além de serem projetados de acordo com as especificações destacadas anteriormente, as aplicações em RA para DM são baseadas também na experiência dos usuários, já que os aplicativos podem fornecer diversas formas de interação como: gesto, olhar, movimentos faciais, reconhecimento de voz e feedbacks por meio de gestos visuais ou táteis (CHRISTOPOULOS *et al.*, 2021).

Os aplicativos em RA são utilizados constantemente em visitas guiadas a museus, atrações turísticas ao ar livre e campi escolares. Eles permitem aos usuários a obtenção de informações de forma instantânea sobre um determinado local turístico ou educacional (LO; LAI; HSU, 2021). Diante disto, a RA tem sido utilizada no contexto educacional e principalmente para o ensino de ciências ambientais.

De acordo com Kamarainen *et al.* (2013), visitas a campos ou a ambientes ao ar livre que promovam o contato com a natureza, são a base para o ensino de ciências ambientais de qualidade. Entretanto, inserir os alunos em uma realidade a qual não estão acostumados, pode causar distrações e superar os objetivos de aprendizagem envolvidos na visita.

A autora destaca que nestas situações, a RA pode ser uma promessa para suprir alguns desses desafios. A RA possibilita o fornecimento de informações Just-in-time, que proporciona aos alunos trabalharem em seu próprio ritmo. Essas informações são necessárias para que eles relacionem e consolidem as informações que estão processando nas aplicações em RA com o ambiente a sua volta, transformando o conhecimento inerte em conhecimento ativo.

2.10 Trabalhos correlatos

O uso de dispositivos móveis com a prática do ensino de ciências ambientais, em específico sobre a educação ambiental tem se intensificado ao redor do mundo. Lo, Lai e Hsu (2021) apostam na integração de realidade aumentada com dispositivos móveis para apresentar informações sobre a vegetação nativa de um parque.

O aplicativo desenvolvido pelos autores utiliza os mecanismos de câmera e GPS do smartphone, para marcar objetos do mundo real na tela do dispositivo e oferecer aos usuários opções para interagir com esses objetos reais (que agora são visualizados de forma virtual), gerando novos objetos virtuais. O principal objetivo do aplicativo desenvolvido é dar a possi-

bilidade aos usuários de obterem informações sobre a vegetação do local ao interagirem com estes ambientes através da aplicação. Como resultado, os autores destacam positivamente a utilização da ferramenta desenvolvida para o ensino realizado com crianças sobre a dieta de plantas de borboletas. Eles destacam que as crianças puderam aprender sobre a natureza interagindo com a mesma sob o apoio desse recurso tecnológico. Wongta *et al.* (2018) propôs o desenvolvimento de um aplicativo móvel de aprendizagem com realidade virtual para o aprendizado de taxonomia básica de plantas. Os autores destacam que utilizaram na aplicação a estratégia de aprendizagem baseada em jogos móveis, com o propósito de tornar o aplicativo mais envolvente e significativo. Como resultado, o estudo mostrou a possibilidade de aplicar jogos em aplicativos móveis para motivar os alunos e aprimorar a autoaprendizagem no campo da taxonomia de plantas.

O aplicativo ESTA desenvolvido por Angelaki, Karvounidis e Douligeris (2021) tem a finalidade de auxiliar na educação de adolescentes acerca de seus comportamentos urbanos em viagens sustentáveis. O aplicativo utiliza de recursos motivacionais e de orientações educacionais sobre o meio ambiente. Os autores relatam que dentre os feedbacks provindos dos estudantes que utilizaram a aplicação, os principais estão associados a utilização de aplicativos para o favorecimento de jornadas diárias mais saudáveis, para o desenvolvimento de uma consciência ambiental de longo prazo e para a estimulação e sensibilização de ajudar o meio ambiente.

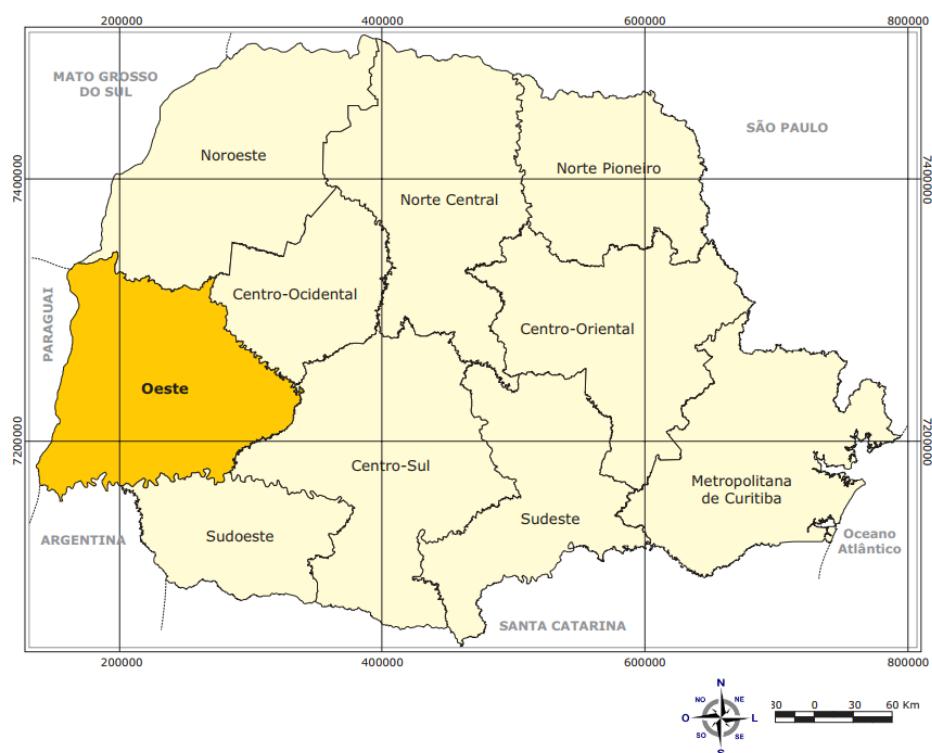
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, serão apresentadas as tecnologias que foram utilizadas e os métodos adotados para o processo de desenvolvimento deste trabalho.

3.1 Localização do experimento

A área de estudo está localizada no município de Medianeira, situada na mesorregião Oeste do estado do Paraná (Figura 3). A região contém altitude de 412 metros, latitude $25^{\circ}17'43''$ S, longitude $54^{\circ}05'38''$ e é caracterizada pelas atividades relacionadas a agricultura e a produção alimentícia.

Figura 3 – Mesorregião oeste do estado do Paraná

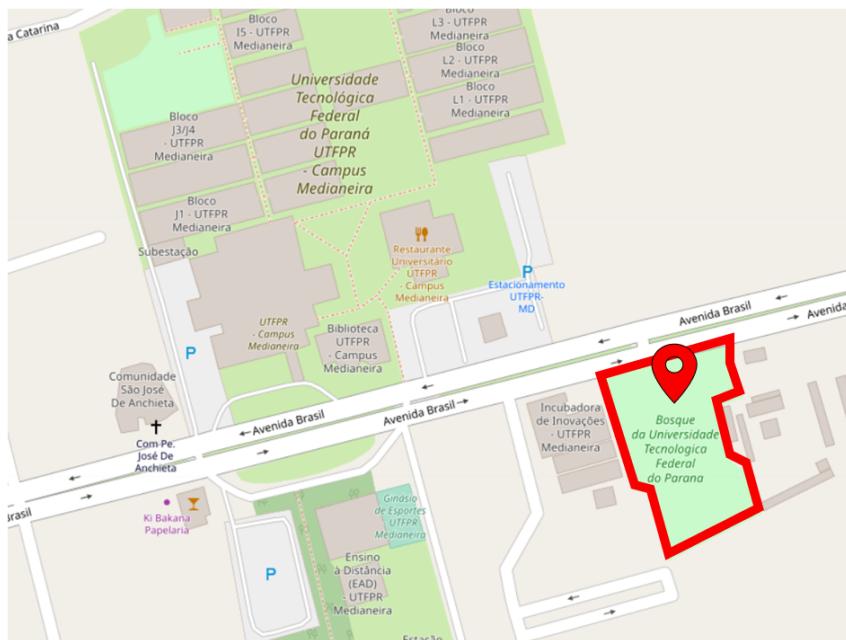


Fonte: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (2003).

O fragmento florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, denominado Bosque da UTFPR, está situado na Av. Brasil, Nº4232, Parque Independência (Figura 4). A área verde em questão possui aproximadamente 5.500 m^2 , altitude de 431 metros, latitude $25^{\circ}18'05''$ e longitude $54^{\circ}06'45''$.

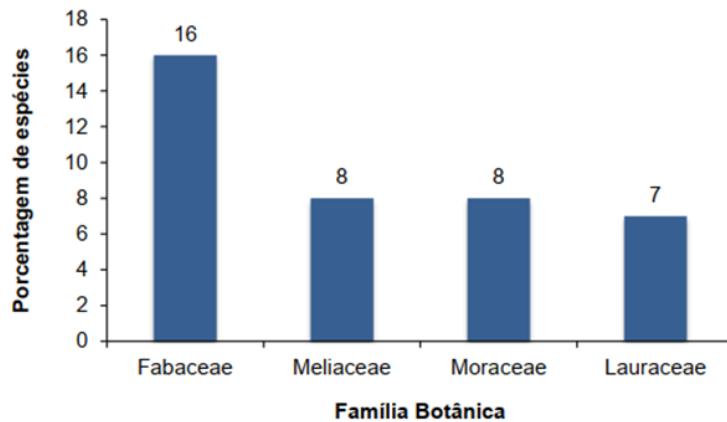
A área totaliza um conjunto de 348 indivíduos arbóreos de 61 espécies, pertencentes a 26 famílias botânicas. As principais famílias botânicas contidas no Bosque, são: Fabaceae (10 espécies), Meliaceae (5 espécies), Moraceae (5 espécies) e Lauraceae (4 espécies), que juntas totalizam 39 das espécies do local (Figura 5) (SILVA; THRUN, 2018).

Figura 4 – Localização Bosque da UTFPR Campus Medianeira



Fonte: Adaptado de OpenStreetMap (2021).

Figura 5 – Representação das principais famílias botânicas pelo número de espécies (%)



Fonte: Silva e Thrun (2018).

O Bosque da UTFPR, Campus Medianeira, é utilizado como local de pesquisa e execução das atividades do projeto de extensão intitulado “Educação Ambiental no Bosque da UTFPR” que contempla as atividades de implantação de jardins sensoriais, plantio e enriquecimento da área e o desenvolvimento de aplicativo educacional, projeto de estudo deste trabalho.

3.2 Tecnologias utilizadas

A seguir, é apresentado uma breve descrição das linguagens e tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do projeto. Optou-se pela utilização de tais tecnologias devido a sua facilidade de uso e compreensão de que serviriam bem para se chegar no objetivo esperado.

- Flutter¹: Framework para a construção de aplicações multiplataformas (dispositivos móveis, web e desktop) que através da linguagem de programação Dart² possibilita a criação de aplicativos compilados nativamente para Android, IOS, Windows, MacOS, Linux, Google Fuchsia e para a Web. Para a execução deste trabalho, utilizou-se a versão 2.8.1 do framework;
- Flame³: Mecanismo modular de jogos 2D de código aberto, escrito em Dart, para o Flutter. Com a sua utilização, é possível criar jogos multiplataformas (para dispositivos móveis, web e para desktop) de forma simplificada, já que ele utiliza a própria infraestrutura do Flutter para construir o ecossistema do jogo;
- Android SDK⁴: Como recurso obrigatório para a utilização do framework Flutter, o *Android Software Development Kit* (Android SDK) é um kit de desenvolvimento de software composto por recursos e ferramentas necessárias para o desenvolvimento de projetos em Android;
- Visual Studio Code⁵: O Visual Studio Code (VS Code) é um ambiente integrado de desenvolvimento (IDE) criado pela Microsoft. Este editor de texto é de código aberto e sua principal característica é a sua versatilidade;
- Git⁶: Sistema de versionamento distribuído, muito utilizado pelos desenvolvedores de software, para o controle de versões dos códigos desenvolvidos. Permite gerir e registrar todo o histórico de alterações de um projeto, mantendo salvo as versões anteriores a qualquer alteração, o registro de quem as fez e de quando os arquivos foram modificados;
- Figma⁷: É um software de edição gráfica de vetores e prototipagens de projetos de design, como sites e aplicativos para dispositivos móveis. Para a execução deste trabalho, utilizou-se a versão web do software.
- Tiled Map Editor⁸: O Tiled Map Editor, é um software de código aberto desenvolvido para a criação de cenários de jogos 2D. Para a execução deste trabalho, utilizou-se a versão 1.8.4;
- Gimp⁹: Software de edição de imagens, que possui elementos e ferramentas que dão suporte a edição de fotos e a criação e edição de imagens;

¹ Site oficial do Flutter: <https://flutter.dev/>

² Site oficial do Dart: <https://dart.dev/>

³ Site oficial do Flame: <https://flame-engine.org/>

⁴ Site oficial do Android: https://www.android.com/intl/pt-BR_br/

⁵ Site oficial do VS Code: <https://code.visualstudio.com/>

⁶ Site oficial do Git: <https://git-scm.com/>

⁷ Site oficial do Figma: <https://www.figma.com/>

⁸ Site oficial do Tiled Map Editor: <https://www.mapeditor.org/>

⁹ Site oficial do Gimp: <https://www.gimp.org/>

- Dispositivo para emulação e testes: Como dispositivos de emulação e testes, foi utilizado dispositivo móvel do tipo smartphone com o sistema operacional Android na versão 10 e 11. O dispositivo Android possui os recursos necessários para os testes e utilização da aplicação desenvolvida, como o recurso de câmera.

3.3 Métodos

O primeiro processo para a elaboração deste trabalho consistiu no desenvolvimento de um protótipo gráfico em média fidelidade, onde foram implementadas algumas ideias a fim de verificar sua aplicabilidade ao recurso a ser desenvolvido. Após análises, chegou-se à conclusão das ideias que seriam viáveis e de fato implementadas. O protótipo foi desenvolvido no software Figma (versão web) com o objetivo de auxiliar os processos de desenvolvimento das telas que compõe a aplicação.

Posteriormente, com base no protótipo elaborado, foi desenvolvido a aplicação para dispositivos móveis utilizando o Framework Flutter com a linguagem Dart. Para este desenvolvimento, utilizou-se o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) VS Code, o sistema de versionamento Git e Dispositivo Android para a emulação e para os testes realizados durante o período de desenvolvimento.

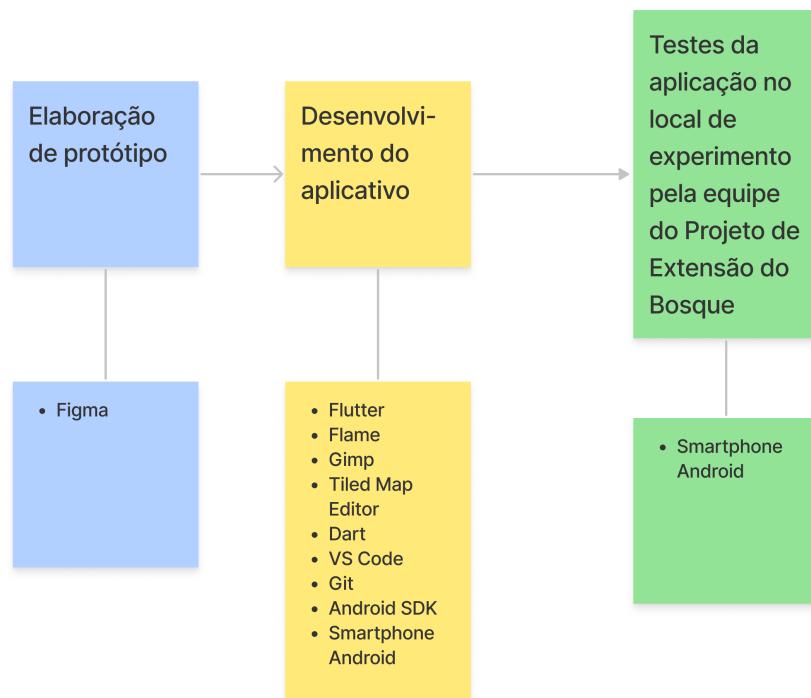
Dessa forma, foi desenvolvido o recurso de um mapa interativo na aplicação. O mapa, foi construído a partir da utilização dos softwares Gimp e Tiled Map Editor, e para o desenvolvimento do aspecto do jogo, utilizou-se a biblioteca Flame.

A ferramenta tem como local de experimento para a sua utilização o Bosque da UTFPR, Campus Medianeira, e a mesma será testada pelo Projeto de Extensão do Bosque, a fim de se colher dados e resultados de seu desempenho técnico em campo.

Para isso, a mesma foi disponibilizada como uma versão Beta para um restrito grupo de usuários (participantes do Projeto de Extensão do Bosque), para que os mesmos possam prosseguir com a aplicação dos testes.

Os processos que compõe o desenvolvimento deste trabalho podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 – Diagrama dos processos de desenvolvimento do trabalho



Fonte: Autoria própria (2021).

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados e discussões obtidos com o desenvolvimento da aplicação, detalhando o funcionamento das lógicas empregadas na construção da ferramenta.

4.1 O MAPA

O processo de elaboração do mapa consistiu em representar graficamente e virtualmente o caminho percorrido durante o passeio na trilha do Bosque. Para isso, com base em um modelo fornecido pela equipe do Projeto de Extensão e utilizando o software Gimp, pode-se a partir do modelo fornecido, criar uma imagem de escala maior e com aspectos visuais seguindo a temática do jogo, como a aplicação de texturas para representar a área do percurso (caminho da trilha) e as áreas preenchidas pela vegetação local. Pode-se observar na Figura 7 o modelo inicial e a imagem criada a partir dele.

Figura 7 – Comparação entre a imagem de modelo fornecida pelo Projeto de Extensão e o cenário desenvolvido a partir dela

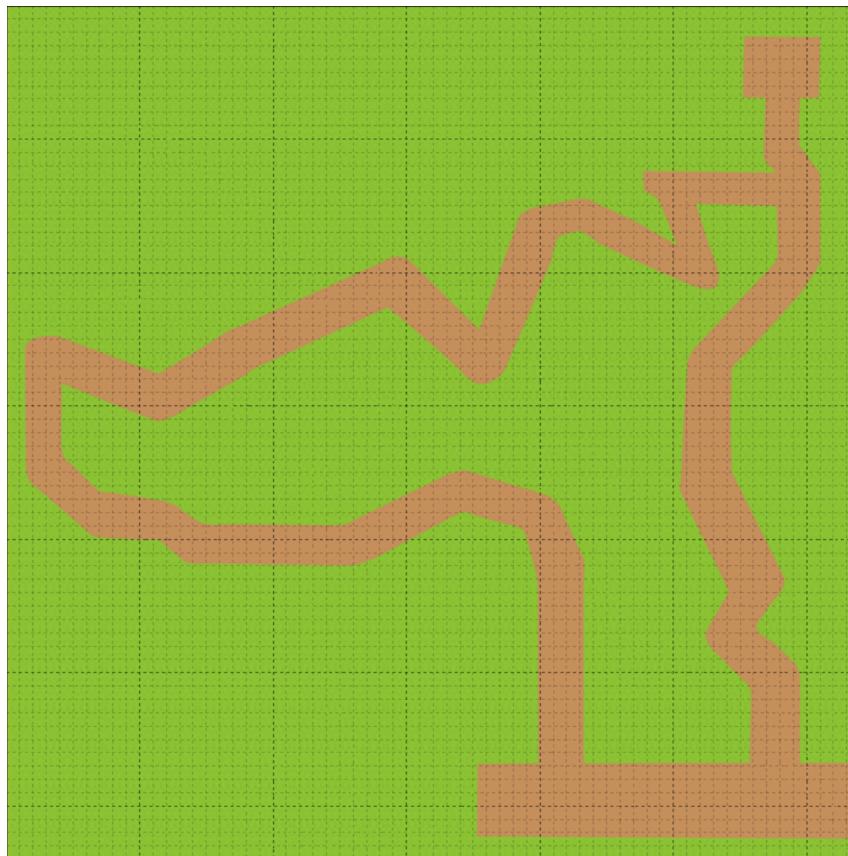


Fonte: Autoria própria (2022).

Para ser integrada ao jogo em forma de cenário, a imagem precisou ser transformada em um arquivo tmx. Dessa forma, utilizando o software Tiled Map Editor, foi criado um projeto com um mapa de dimensões 1024 x 1024 pixels, caracterizando uma malha de 64 x 64 tiles (quadrados).

A imagem criada foi anexada ao projeto em forma de *Tileset*, ou seja, um conjunto de tiles (quadrados) e a partir desse processo foi possível adicioná-la a camada de tiles principal do mapa, preenchendo a malha com a imagem criada (Figura 8).

Figura 8 – Cenário do mapa no formato tiled image



Fonte: Autoria própria (2022).

Com o mapa já preenchido com a imagem criada, o projeto criado no *Tileset* foi exportado em formato tmx, e integrado a aplicação Flutter e ao Flame, pela utilização da biblioteca Flame_Tiled.

4.1.1 Mecânica

O mapa é apresentado na aplicação com um eixo de visualização limitado, ou seja, ao iniciar o percurso, é possível apenas ver uma parte dele (eixo de visualização do dispositivo). A mecânica de visualização, ou seja, a câmera do cenário foi programada para seguir o personagem principal.

Inicialmente, o eixo visualização apresentado é o ponto inicial da trilha, e ao momento em que o personagem principal começa o seu processo de deslocamento, ao sair desse eixo, a câmera o segue, deixando visível um novo eixo de visualização ao dispositivo. Isso permite que o mapa se comporte como um cenário de jogo, acompanhando os movimentos de deslocamento do personagem principal.

Todo o contexto do jogo, gira em torno do mapa. É a partir dele que os atores (personagem principal e espécies para serem descobertas) são adicionados ao jogo e a partir dele que os seus comportamentos e posições iniciais são definidos.

4.1.2 Colisões com o mapa

Como o intuito do recurso é simular o percurso da trilha e guiar os usuários para tal, é preciso que o personagem se desloque somente pelo caminho demarcado no mapa como sendo o da trilha. Para isso, foi implementado um sistema de colisões no mapa.

O sistema de colisões pode ser definido nesse contexto, como um sistema que impeça o deslocamento do personagem principal pelas áreas restritas (áreas em que contêm a vegetação e não o percurso da trilha). Esse sistema foi implementado através da demarcação das áreas restritas no projeto do mapa criado no Tiled Map Editor. Para isso, criou-se uma camada de objetos, onde foram demarcados os tiles (quadrados) que fariam parte dessa área restrita. Como pode ser observado na Figura 9, a demarcação foi feita de forma irregular, para dar margem de espaço ao deslocamento do personagem.

Figura 9 – Mapeamento das áreas restritas



Fonte: Autoria própria (2022).

Na aplicação, foi identificado dentro do arquivo tmx (projeto criado no Tiled Map Editor anexado ao Flutter) essa camada de objetos, denominada como *ColissionPoints* (pontos de colisão), a qual os tiles demarcados foram mapeados e adicionados ao mapa como um novo ator. Dessa forma, pode-se adicionar uma regra condicional ao deslocamento do personagem principal, de que se o objeto do tipo Personagem colidisse com algum objeto do tipo *ColissionPoints*, seu deslocamento na direção daquele objeto não fosse permitido, o forçando a se deslocar

para outra direção e tornando possível, somente o deslocamento pela área demarcada como caminho.

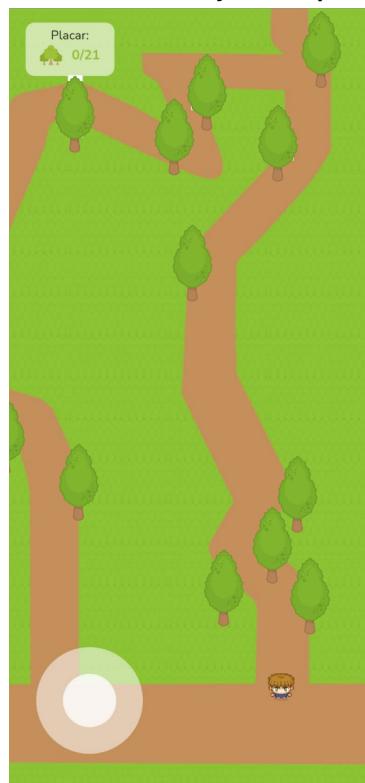
4.2 O PERSONAGEM

O personagem principal do recurso é um avatar, que faz alusão ao próprio usuário da trilha do mundo real, no mundo virtual construído. Dessa forma, o personagem possui características de deslocamento que simulam o deslocamento real do usuário pela trilha.

4.2.1 Movimentação

A movimentação manual do personagem é realizada através de um *joystick* virtual implementado (Figura 10). O objeto *Joystick*, ao detectar o gesto de toque do usuário, realiza o reconhecimento da direção a qual foi movimentado (direita, esquerda, para cima e para baixo). Essa direção é então passada ao objeto Personagem, e ele realiza o deslocamento de 20 pixels pelo mapa, para a direção informada.

Figura 10 – Modelo de Joystick implementado



Fonte: Autoria própria (2022).

A movimentação também é caracterizada pelos aspectos de dois tipos de velocidade. A primeira é a velocidade a qual o objeto Personagem se desloca sobre o mapa. A segunda é a velocidade da animação que representa a movimentação do personagem.

A velocidade de deslocamento sobre o mapa possui um valor padrão de 100 milissegundos. A velocidade da animação de movimentação possui o valor padrão de 0,15 milissegundos.

Para a animação de movimentação do personagem, utilizou-se o componente de jogos *Spritesheet*. Isso significa que ao invés de se utilizar uma animação já pronta, feitas em softwares para a criação e edição de animações, utiliza-se uma imagem estática composta de outras imagens menores, as quais representem todos os ângulos do personagem (Figura 11).

Figura 11 – Modelo de Spritesheet utilizado como personagem principal



Fonte: Adaptado de Radomir Dopieralski (2012).

Dessa forma, foi possível utilizar os vários ângulos do personagem para simular o movimento. Foi denominado ao objeto Personagem, a qual direção se refere cada linha da imagem *Spritesheet*, e configurado uma velocidade de animação. Dessa forma, a cada movimento do personagem, o jogo muda a sua imagem de acordo com a direção deslocada, utilizando a velocidade de animação para trocar as imagens de ângulo. Assim, é realizado uma simulação de animação a cada movimento, além do próprio deslocamento sobre o mapa.

4.2.2 Colisões com outros objetos

Além das colisões com as áreas restritas descritas no item 1.4.2, o objeto Personagem também possui sistema de colisão para objetos denominados como Plants. Esse objeto é uma representação das espécies contidas no Bosque que possuem um identificador QrCode a qual através da leitura pela aplicação, é possível obter as informações referente a tal. O personagem ao se aproximar de algum objeto, faz a verificação se esse objeto é do tipo Plants. Caso seja, o mapa ativa então o recurso de leitura de QrCode, para se obter as informações daquela espécie.

4.3 QRCodes

Os QrCode são códigos que foram gerados para as 21 espécies arbóreas que fazem parte da vegetação contida pelo caminho da trilha no Bosque da UTFPR, Campus Medianeira. O intuito desses códigos é que estejam presentes na trilha (do mundo real) para serem lidos pela aplicação desenvolvida (mundo virtual).

Dentro do mapa da aplicação, são reconhecidos como um ator e como um objeto do tipo Plants. Assim como os pontos de colisão, eles também foram demarcados no mapa através da criação de uma nova camada de objetos no projeto criado no Tiled Map Editor, e reconhecidos e mapeados posteriormente pela aplicação (Flutter).

Dessa forma, pôde-se montar o sistema de colisões em relação a objetos do tipo Planta, mencionados no item 1.5.2. Eles, por sua vez, fazem alusão aos QrCode físicos implantados ao decorrer do caminho da trilha.

4.3.1 Mecânica de leitura

Os QrCode foram gerados com um identificador referente ao seu nome e ele é utilizado, após a leitura feita através do leitor de QrCode da aplicação, para localizar na base de dados as informações referentes a aquela espécie.

A leitura do QrCode pela aplicação é realizada através da utilização de uma biblioteca do Flutter para a leitura desse tipo de código (Figura 12). Ao fazer a identificação do conteúdo alocado no QrCode (código de identificação da espécie), a aplicação realiza uma busca em sua base de dados atrás das informações referentes a aquela espécie.

Figura 12 – Leitor de QrCode



Fonte: Autoria própria (2022).

A base de dados foi desenvolvida localmente, através de um arquivo Json. Ela consiste em uma estrutura de lista de objetos, a qual cada objeto é uma espécie diferente, contendo

campos como: identificador, nome científico, nomes populares, fenologia e os demais aspectos relacionados a espécie procurada.

4.3.2 Informações das espécies

As informações específicas de cada espécie utilizada pela base de dados da aplicação, foram identificadas e catalogadas pela equipe do Projeto de Extensão do Bosque e fornecidas para o desenvolvimento da aplicação.

As informações apresentadas através da aplicação, possuem o objetivo de ajudar ao usuário e visitante da trilha a obter informações a respeito da vegetação contida naquele espaço de forma rápida e acessível. Elas foram dispostas na aplicação e categorizadas de acordo com o seu assunto, como: altura, flor, fruto e são acompanhadas de recursos gráficos como imagens, como pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Tela de apresentação das informações da espécie identificada pelo leitor de QRCode



Ceiba speciosa

Família Malvaceae

Nomes populares

Paineira; Paineira-rosa; Paina-de-seda; Barriguda;
Sumaúma; Árvore-de-lâ; Árvore-de-paina;
Paineira-de-espinho

Fenologia

a floração ocorre de fevereiro à abril e a
frutificação de abril à outubro.

Altura

Pode atingir até 30 metros (árvore de grande
porte).

Fonte: Autoria própria (2022).

Após finalizar a leitura das informações da espécie encontrada, o usuário pode então fechar o recurso contendo as informações da mesma e retornar ao estado em que parou no mapa, prosseguindo para descobrir as próximas espécies. Ainda, a aplicação conta com um recurso de placar, onde é pontuado ao usuário quantas das 21 espécies ele já “descobriu” e quantas ainda restam a ser descobertas.

4.4 DISCUSSÕES

Com o desenvolvimento da aplicação, verificou-se a existência de limitações em relação a utilização de algumas tecnologias, assim como a identificação de condições mínimas para a utilização da aplicação, as quais são abordadas nesta seção.

4.4.1 Limitações

Um dos fatores limitantes observados, é a respeito da utilização de recursos e tecnologias que necessitem de acesso a algum tipo de conexão com a Internet. Como objetivo da aplicação é ser utilizada no contexto do Bosque, precisou-se levar em consideração a falta de rede Wi-fi pública e uma possível falta de rede móvel. Isso significa que com a possível falta de conexão à internet, os recursos como dados, mídias e similares precisaram ser hospedados localmente na aplicação.

4.4.2 Requisitos para utilização

Verificou-se que como um pré-requisito para a utilização da aplicação, o dispositivo móvel precisa ter uma câmera, seja ela traseira ou frontal (a ferramenta possui suporte para a utilização das duas versões), visto que a leitura de QrCodes é uma parte importante da ferramenta desenvolvida, já que a temática da mesma foi construída a partir da leitura dos códigos.

4.5 TRABALHOS FUTUROS

- Definir uma mecânica de jogo 2D para os recursos de jogos implementados dentro da aplicação;
- Implementação da opção de escolha do tipo do avatar;
- Aprimoramento da imersão do mapa, com a utilização de recursos 3D;
- Inserção de recursos que melhorem a acessibilidade da aplicação, como áudios com as narrações das informações das espécies;
- Implementação de sistema de score na aplicação, atribuindo pontos ao usuário conforme as espécies são descobertas;
- Implementação de uma nova mecânica que permita a exploração da trilha do Bosque à partir de qualquer lugar;
- Implementação de outros recursos dentro da aplicação móvel, como jogos educacionais.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma estrutura de desenvolvimento de uma aplicação para dispositivos móveis, que tem como recurso principal, em forma de jogo, um mapa virtual do fragmento florestal contido no Bosque. A estrutura foi construída visando a utilização de tecnologias lúdicas e das multimídias, em um recurso com uma abordagem imersiva da exploração de um ambiente 2D combinado ao mundo real, que pudesse ajudar aos visitantes da trilha, de forma rápida e divertida a obtenção de informações sobre a vegetação ali contida.

Com base no resultado, percebeu-se que é possível construir uma ferramenta aplicável com as tecnologias propostas, com o propósito de apoiar as atividades de educação ambiental realizadas em áreas verdes. Ainda, verificou-se que o recurso pode ser aprimorado e que a aplicação como um todo, tem potenciais para o desenvolvimento e implantação de novos recursos que auxiliem em seu objetivo principal, a educação ambiental.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. A. d. Tic e educação no brasil: breve histórico e possibilidades atuais de apropriação. **Pró-discente**, v. 15, n. 2, p. 8–16, ago 2009.
- ALMEIDA, J. R. d. Gestão de áreas verdes e sustentabilidade: estudo de caso a partir dos indicadores de qualidade ambiental urbana. **Paisagem e Ambiente**, v. 32, n. 48, p. e183164, out. 2021. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/183164>.
- ALMEIDA, C.; MENDES, L. C.; ROCHA, R. S. As tecnologias da informação e comunicação no ensino de biologia: Aproximações teóricas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, 2021. ISSN 2525-3409.
- ANGELAKI, M. E.; KARVOUNIDIS, T.; DOULIGERIS, C. Esta: Educating adolescents in sustainable travel urban behavior through mobile applications using motivational features. **Computation**, v. 9, n. 2, p. 15, fev. 2021.
- AZUMA, R. A survey of augmented reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 6, p. 355–385, 1997.
- BARROS, L. Sustentabilidade ambiental e direito de acesso à informação verdadeira: de estocolmo aos dias atuais. **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação**, v. 13, n. esp, p. 2923–2940, 2017.
- BATISTA, S. M-learnmat: modelo pedagógico para atividades de m-learning em matemática. In: **Tese (Pós-graduação em informática na educação) - Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. [S.I.: s.n.], 2011.
- BRASIL. **Lei n 6.938, de 31 De agosto de 1981**. Brasília: Diário Oficial da União, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm.
- BRASIL. **Lei n 9.795, de 27 de Abril de 1999**. Brasília: Diário Oficial da União, 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm.
- BRASIL. **Lei no 12.651, de 25 de maio de 25 de maio de 2012**. Brasília: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em:. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.
- BRASIL, M. d. M. A. Programa de cidades mais verdes. **Brasília**, 2021. Acesso em 30 de setembro de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/ptbr/assuntos/agendaambientalurbana/cidadesmaisverdes>. Acesso em: 30 set. 2021.
- CARDOSO, A. et al. **Tecnologias e ferramentas para o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual e aumentada**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2007. 1–19 p. ISBN 9788573154009.
- CENTER, P. R. **Smartphone Ownership Is Growing Rapidly Around the World**. 2019. Disponível em: <https://www.pewresearch.org/global/2019/02/05/smartphone-ownership-is-growing-rapidly-around-the-world-but-not-always-equally/>.
- CHEPESIUK, R. Environmental literacy: Knowledge for a healthier public. **Environment Health Perspect**, v. 111, n. 7, p. 494– 499, 2007.

- CHIOSSI, R. R.; COSTA, C. S. Novas formas de aprender e ensinar: a integração das tecnologias de informação e comunicação (tic) na formação de professores da educação básica. **Texto Livre**, v. 11, n. 2, p. 160–176, jul. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/textolivre/article/view/16798>.
- CHRISTOPOULOS, A. et al. Arlean: An augmented reality learning analytics ethical framework. **Computers**, v. 10, n. 8, 2021. ISSN 2073-431X. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-431X/10/8/92>.
- CREPALDI, G. D. M.; BONOTTO, D. M. B. Educação ambiental: um direito da educação infantil. **Revista Zero-a-seis**, v. 20 n. 38, p. 375–396, 2018. Zero-a-Seis (Jul./Dez.2018).
- DOLCI, L. N.; PEREIRA, A. M. EducaÇÃo ambiental e educaÇÃo estÉtica: Um processo educativo para a sustentabilidade. **Educação: Teoria e Prática**, v. 30, n. 63, p. 1–16, jun. 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/educacao/article/view/12349>.
- FABRIS, E. Emprego de realidade virtual, realidade aumentada e telepresença imersiva na operação de veículos não tripulados. In: **Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: [s.n.], 2012.
- FERREIRA, N.; ROCHA, M.; JUNIOR, C. A. Contribuições do uso dos dispositivos móveis para a abordagem de conteúdos matemáticos no ensino médio. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 4, p. 1–26, set. 2021. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/renicima/article/view/2904>.
- GUO, Q.; MA, G. Exploration of human-computer interaction system for product design in virtual reality environment based on computer-aided tecnology. **Computer-Aided Design Applications**, v. 19, n. 5, p. 87–98, 2022.
- JESUS, J. S.; RIBEIRO, E. M. S. Diagnóstico e proposta de implementação de trilha no parque metropolitano armando de holanda cavalcanti, cabo de santo agostinho, pe. In: **Anais do I Congresso Nacional de Planejamento e Manejo de Trilhas**. Rio de Janeiro: Info trilhas, 2006.
- KAMARAINEN, A. M. et al. Ecomobile: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. **Computers Education**, v. 68, p. 545–556, 2013. ISSN 0360-1315. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131513000572>.
- KENSKI, V. **Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8. ed. Campinas, SP: Papirus, 2012.
- KOOLE, M. **A Model for Framing Mobile Learning**. [S.I.: s.n.], 2009. ISBN 9781897425435.
- LARA, R.; QUARTIERO, E. **Educação para uma geração pós-internet: olhares a partir da formação inicial de professores**. In: Congresso Ibero-americano de Informática Educativa, 2010.
- LARCHER, F. et al. Perceptions of urban green areas during the social distancing period for covid-19 containment in italy. **Horticulturae**, v. 7, n. 3, 2021. ISSN 2311-7524. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/7/3/55>.
- LO, J.-H.; LAI, Y.-F.; HSU, T.-L. The study of ar-based learning for natural science inquiry activities in taiwan's elementary school from the perspective of sustainable

development. **Sustainability**, v. 13, n. 11, 2021. ISSN 2071-1050. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/11/6283>.

LUCENA, S. Culturas digitais e tecnologias móveis na educação. **Educar em Revista, Curitiba, Brasil**, n. 59, p. 277–290,, 2016.

MARCHIORATO, H. B. Educação ambiental: a tecnologia a favor da natureza. **Kínesis**, v. 10, n. 23, p. 85–99, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.36311/1984-8900.2018.v10n23.08.p85>.

MARIN, J. C.; BERVIAN, P. V.; GÜLLICH, R. I. d. C. Tecnologias da informação e comunicação (tic) no ensino de ciências e teorias educacionais: estado do conhecimento.

Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, v. 8, n. 2, dez. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/3610>.

MIYAJAWA, G. et al. Aplicativos para o ensino-aprendizagem de educação ambiental.

Laboratório de Tecnologias da Informação e da Comunicação - LATEC/UFRJ Laboratório de Ecologia e Desenvolvimento LED/UFRJ, v. 6, n. 1, 2016.

ONU, U. N. O. **World urbanization prospects: the 2014 revision**. New York: United Nations, 2014. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf>.

OPPLIGER, E. A. et al. A estrutura de áreas verdes urbanas como indicador de qualidade ambiental e sua importância para a diversidade de aves na cidade de campo grande, mato grosso do sul. **Paisagem e Ambiente**, v. 30, n. 44, p. 162864, nov. 2019. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/162864>.

PANASOLO, A. et al. Percepção dos serviços ecossistêmicos de áreas verdes urbanas de curitiba/pr. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 4, n. 1, p. 70–80, 2019.

RAMOS, H. F. et al. Índice de áreas verdes como estratégia ao desenvolvimento urbano sustentável das regiões norte, noroeste e meia ponte de goiânia-go, brasil. **Revista Colombiana de Geografia**, v. 9, n. 1, p. 86–101, 2020.

RAMOS, M. R. V. O uso de tecnologias em sala de aula. **Revista eletrônica LENPES -PIBID de Ciências Sociais-UEL**, v. 1, n. 2, 2012.

RAMOS, S. Tecnologias da informação e comunicação: conceitos básicos. **Portugal**, 2008.

ROCHA, L. A. G.; CRUZ, F. M.; LEÃO, A. L. Aplicativo para educação ambiental. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 4, p. 261–273, 2015.

RODRIGUES, G. S. d. S. C.; COLESANTI, M. T. de muneducação ambiental e as novas tecnologias de informação e comunicação. **Sociedade Natureza**, v. 20, n. 1, p. 51–66, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000100003>.

RODRIGUES, J. M.; GONÇALVES, F. T.; COUTINHO, C. Aplicativos educacionais como proposta para abordagem da temática ambiental. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**, v. 4, n. 2, p. 189–201, ago. 2020. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/rebecem/article/view/24127>.

SANTOS, A.; ROSA, O. **O uso de aplicativos como recurso pedagógico para ensino de geografia**. In: XVIII Encontro Nacional de Geógrafos, São Luís MA, 2016.

SANTOS, M. C. d. **Narrativas e desenvolvimento de conteúdo imersivo: aplicação de sistemas bi e multissensoriais de realidade virtual no jornalismo. Intercom: Revista Brasileira de Ciências da Comunicação**. 2019. 133–150 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-5844201937>.

- SAÂDI, I. B.; SOUABNI, R.; GHEZALA, H. B. Ubiquitous learning situations : quality-aware description and modelling. **Multimedia Tools and Applications**, v. 80, mai. 2021.
- SHARPLES, M. *et al.* **Mobile Learning**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009. 233–249 p. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9827-7_14.
- SHUGUANG, L. *et al.* Connotation, characteristics, function and realization of ubiquitous learning. In: **2021 10th International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT)**. [S.I.: s.n.], 2021. p. 39–43.
- SILVA, A.; THRUN, M. Estudo fitossociológico do fragmento florestal da utfpr no município de medianeira-pr. In: **Trabalho de conclusão de curso do programa de bacharelado em engenharia ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. [S.I.: s.n.], 2018.
- SILVEIRA, D. Prestes da *et al.* Diálogos sobre educação ambiental com escolares: um enfoque na educação ambiental crítica. **Research Society and Development**, v. 10, p. 1–8, mar. 2021.
- SIMSAR, A. **Young Children's Ecological Footprint Awareness and Environmental Attitudes in Turkey**. [S.I.]: Springer, 2021. v. 14. 1413 p.
- SOARES, E. M. S.; SANTOS, A. S.; RELA, E. Práticas docentes mediadoras da aprendizagem: laboratório de informática e dispositivos móveis. **Revista Diálogo Educacional**, v. 19, n. 61, p. 739–754, jul. 2019. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/dialogoeducacional/article/view/23964>.
- SONEGO, A. **ARQPED-MOBILE: uma arquitetura pedagógica com foco na aprendizagem móvel. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.
- SOUSA, F. S. *et al.* As metodologias usadas por professores de ciências e biologia no processo de ensino/aprendizagem. **SBEnBio**, São Paulo, n. 7, p. 2014–2022, out. 2014.
- SUSILANA, R. *et al.* Instilling environmental literacy using kamishibai cards in kindergartens. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, IOP Publishing, v. 802, n. 1, p. 012013, jun 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/802/1/012013>.
- TYSON, N. D. How neil degrasse tyson would save the world. **Time Magazine**, 2008. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wiOwqDmacJo>.
- VAGARINHO. João paulo.o que devemos ter em conta para definir corretamente os termos distance learning, e-learning e m-learning? **Educar em Revista online**, v. 34, n. 68, p. 269–287, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-4060.55117>.
- WONGTA, J. *et al.* **A Mobile Game-Based Virtual Reality for Learning Basic Plant Taxonomy: Contextual Analysis and Prototype Development**. [S.I.: s.n.], 2018. 101-111 p. ISBN 978-3-319-96564-2.
- XU, F. *et al.* Uncovering the willingness-to-pay for urban green space conservation: A survey of the capital area in china. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 162, p. 105053, 2020. ISSN 0921-3449. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344920303700>.
- YIN, X. *et al.* Leveraging technology for virtual class and learning during covid-19 pandemic. In: **2021 IEEE International Conference on Educational Technology (ICET)**. [S.I.: s.n.], 2021. p. 177–183.

ÖZDEN, M. Environmental awareness and attitudes of student teachers: An empirical research. **International Research in Geographical and Environmental Education**, Routledge, v. 17, n. 1, p. 40–55, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.2167/irgee227.0>.