



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO AMAZÔNICO EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA

MÔNICA SILVA DE OLIVEIRA

**TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA AUXILIAR O ENSINO DE GENÉTICA
CLÁSSICA A DEFICIENTES VISUAIS: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO
AMAZÔNICA**

Tucuruí - PA

2020

MÔNICA SILVA DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Adonney Allan de Oliveira Veras

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Merlin

Tucuruí- PA

2020

MÔNICA SILVA DE OLIVEIRA

**TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA AUXILIAR O ENSINO DE GENÉTICA
CLÁSSICA A DEFICIENTES VISUAIS: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO
AMAZÔNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Adonney Allan de Oliveira Veras

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Merlin

Aprovada em 10 de Julho de 2020.

BANCA EXAMINADORA:


Doutor Adonney Allan de Oliveira Veras / UFPA CAMTUC - Orientador


Doutor Bruno Merlin / UFPA CAMTUC – Coorientador


Doutor Heleno Fülber / UFPA CAMTUC - Membro Interno


Doutora Jorianne Thyeska Castro Alves / UEPA - MARABÁ – Membro Externo

À Deus, pela força e coragem durante mais uma etapa desta jornada. À minha família pelo incentivo e apoio. E a todos que de alguma maneira contribuíram com este processo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela esperança e forças renovadas a cada manhã, e pela fé e sabedoria concedida durante essa jornada.

A minha família pelo incentivo em mais esta etapa da minha vida. Em especial ao meu esposo Andrei Demétrio, pela apoio e compreensão.

Ao Prof. Dr. Allan Veras por ser meu orientador e ter acreditado em mim, em momentos que nem mesmo eu acreditava. Obrigada pelos ensinamentos, oportunidade de aprendizado no decorrer deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Bruno Merlin, pela coorientação e disposição em sempre ajudar na construção deste trabalho.

Aos meus colegas de turma, e da Iniciação Científica (Geovani Amaral e Pedro Braga). Obrigada por contribuírem de forma singular para este trabalho.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, pelo conhecimento compartilhado durante esse tempo.

À equipe do NDAE/UFPA, e as Instituições IFPA e ADVASP de Tucuruí pelo apoio a execução desta pesquisa, em especial a colega Ildenê Mota pelo incentivo.

À Jaciara Brandão e Joelma Felix, apesar da distância sempre se fizeram presente. Obrigada pelo apoio.

RESUMO

As Tecnologias Assistivas têm contribuído de forma significativa no processo de inclusão, abrangendo soluções que contribuem para a construção dinâmica e gradual do processo de ensino-aprendizagem. É possível constatar ao longo dos anos o desenvolvimento de várias soluções computacionais nesta área para o deficiente visual, no entanto existe ainda uma grande necessidade de produções em determinadas áreas, como é o caso da Genética, subárea das Ciências Biológicas, ainda pouco exploradas. Considerando esta lacuna, o trabalho em questão se propõe fazer uso dos dispositivos móveis como ferramenta facilitadora no processo de inclusão, através do desenvolvimento de um aplicativo assistencial para auxiliar no ensino de genética clássica para estudantes com deficiência visual em sala de aula regular. Aliado a aplicação *mobile*, uma plataforma web é proposta para promover e facilitar a interação entre aluno e professor da disciplina. Com base no levantamento de requisitos e testes de usabilidade, através da Escala de usabilidade SUS, a interface do aplicativo foi desenvolvida, de acordo a atender as necessidade dos usuário. Este estudo foi realizado na cidade de Tucuruí, região sudeste do Pará. Os resultados obtidos em relação ao uso da aplicação pelos participantes, evidenciam um alto nível de satisfação (80%), possibilitando ainda que a mesma possa ser utilizada pelo aluno com deficiência visual para estudar dentro e fora do ambiente escolar.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva. Aplicação *Mobile*. Deficiente Visual. Genética Clássica.

ABSTRACT

Assistive Technologies has contributed significantly to the inclusion process, encompassing solutions that contribute to the dynamic and gradual construction of the teaching-learning process. It is possible to realize over the years the development of many computational solutions in this area for the visually impaired. However, there is also a strong need for productions in specific areas, such as Genetics, a subarea of Biological Sciences, still little explored. Analyzing this gap, the work in question proposes to make use of mobile devices as a facilitating tool in the inclusion process, through the development of an assistance application to assist in the teaching of classical genetics to students with visual impairments in the regular classroom. Allied to the mobile application, a web platform is proposed to promote and facilitate the interaction between students and professors of the discipline. Based on the survey of requirements and usability tests, through the SUS Usability Scale, the application interface was developed, according to meet the needs of the users. This study was carried out in the city of Tucuruí, the southeastern region of Pará. The results obtained in relation to the use of the application by the participants, show a high level of satisfaction (80%), also allowing it to be used by the visually impaired student to study inside and outside the school environment.

Keywords: Assistive Technology. Mobile Application. Visually Impaired. Classical genetics

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Cruzamentos da Primeira Lei	31
Figura 2: Cruzamentos da Segunda Lei de Mendel.....	32
Figura 3: Quadro de punnett.....	33
Figura 4: Processo metodológico	39
Figura 5: Integração com a aplicação mobile	43
Figura 6: Modelos táteis das leis de mendel.....	48
Figura 7: Tela de mecanismo de interação.....	50
Figura 8: Diagrama de caso de uso.....	54
Figura 9: Diagrama de classes	57
Figura 10: Diagrama de sequência.....	58
Figura 11: Diagrama Use Experience.....	59
Figura 12: Telas iniciais BioBlu.....	61
Figura 13: Interface Primeira Lei.....	62
Figura 14: Interface Segunda Lei.....	63
Figura 15: Mecanismo de interação.....	63
Figura 16: Tela inicial da plataforma web Bioblu	64
Figura 17: Principais opções.....	65
Figura 18: Vinculação de dispositivos.....	68
Figura 19: Resultados do questionário de avaliação	68
Figura 20: Mecanismos de segunda lei	72
Figura 21: Interface BioBlu	73
Figura 22: Interação aplicação e plataforma.....	74
Figura 23: Média SUS.....	81
Figura 24: Heurísticas avaliadas.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Atributos associados ao conjunto de heurísticas de Nielsen	25
Tabela 2: Requisitos Funcionais e não funcionais.....	52
Tabela 3: Detalhamento Caso de uso Selecionar velocidade de fala.....	55
Tabela 4: Detalhamento Caso de uso Realizar Cruzamento	56
Tabela 5: Requisitos sugeridos.....	70
Tabela 6: Perfil dos Participantes	76
Tabela 7: Resultado da Avaliação	80

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização do Problema	14
1.2 Justificativa.....	14
1.3 Objetivos	17
1.4 Estrutura do Trabalho	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 Deficiência Visual: Caracterização e aspectos relevantes	18
2.2 Tecnologias aplicadas à inclusão.....	20
2.3 Softwares Assistivos	21
2.4 Dispositivos móveis como ferramenta educacional	23
2.5 Heurísticas de usabilidade para dispositivos móveis	24
2.6 Testes de usabilidade	27
3. O ESTUDO DA GENÉTICA.....	29
3.1 Genética	29
3.2 As Leis Mendelianas	30
4. TRABALHOS RELACIONADOS	34
4.1 Softwares relacionados às Leis de Mendel para videntes.....	36
5. METODOLOGIA.....	39
5.1 Caracterização da pesquisa	39
5.2 Procedimentos Metodológicos.....	41
5.2.1 Elicitação de Requisitos	41
5.2.2 Modelagem.....	42
5.2.3 Desenvolvimento da ferramenta.....	42
5.2.3.1 Plataforma web	43
5.2.4 Teste Preliminar	43
5.2.4.1 Perfil dos participantes	44
5.2.5 Validação da ferramenta	45
5.2.5.1 Coleta de dados	45
5.2.6 Análise dos dados	46
6. ANÁLISE DE REQUISITOS DO SOFTWARE.....	47
6.1 Levantamento e Análise de Requisitos	47

6.2 Observação da interação com o modelo didático utilizado	50
6.3 Descrição geral da proposta	51
6.3.1 Especificação da Aplicação	51
6.3.2 Requisitos Funcionais e Não Funcionais	52
6.4 Modelagem da solução	54
7. BIOBLU: BIOLOGY TEACHER FOR BLIND USERS	60
7.1 Interface Primeira Lei de Mendel	60
7.2 Interface Segunda Lei de Mendel	62
7.3 Mecanismos de interação	63
7.4 Plataforma Web de intergração	63
8. TESTE PRELIMINAR	66
8.1 Participantes	66
8.2 Resulatdos	67
9. ATUALIZAÇÃO DA APLICAÇÃO	71
9.1 Melhorias implementadas	71
10. RESULTADOS E DISCUSSÕES	75
10.1 Avaliação da Aplicação	75
10.1.1 Local	75
10.1.2 Participantes	75
10.1.1 Procedimentos	75
10.2 Avaliação Cooperativa	77
10.3 Avaliação de Usabilidade	78
11. CONCLUSÃO	83
11.1 Sugestões de trabalhos futuros	84
12. PRODUÇÕES	85
13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÊNDICE A: RSL	97
APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO ELICITAÇÃO DE REQUISITOS	104
APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO PERFIL DE USUÁRIO	107
APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO AVALIAÇÃO DE USABILIDADE	110
APÊNDICE E: PROTOCOLO PARA TESTES	113
APÊNDICE F: QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DE TESTE PRELIMINAR	116
APÊNDICE G: ESCALA DE PONTUAÇÃO	118

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos o processo de educação inclusiva tem sido tema de discussão, a partir do qual decorrem várias políticas educacionais, com o intuito de promover e garantir o acesso à educação da pessoa com deficiência, a exemplo temos a Constituição Federal de 1988, em seu inciso III que evidencia o direito da pessoa com deficiência a um sistema educacional de maneira inclusiva, respeitando sua especificidade e garantindo-lhe as condições essenciais para o seu desenvolvimento no decorrer de seu processo educativo (BRASIL, 1988).

Apesar do avanço na legislação no que diz respeito a inserção da pessoa com deficiência, que partiu do modelo de integração para o inclusivo¹, esse processo ainda não acontece de forma completa no sistema educacional, sendo o ensino nas suas diversas áreas um desafio para muitas escolas e universidades no Brasil. Esta situação é evidenciada, através da análise dos relatórios técnicos acerca do censo escolar divulgados pelo INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) no ano de 2018.

Dados do instituto apresentam um aumento significativo no número de matrículas de alunos com deficiência no ensino básico e superior. Considerando o ano de 2016 foram um total de 35.891 matrículas de alunos com necessidades especiais em instituições públicas e privadas de ensino superior, das quais 2.074 são alunos com cegueira e 11.028 com baixa visão, destes somente 1.686 conseguiram concluir seus estudos, dos quais 249 eram alunos com cegueira.

De forma similar o censo de 2017, aponta que no ensino básico, observa-se que 2,8% das matrículas relativos ao ensino fundamental são de alunos com algum tipo de deficiência, mas somente 29,8% das escolas têm dependências adequadas com acessibilidade. Já no ensino médio, o número de matrículas de pessoas com deficiência é de 1,2% e apenas 46,7% das escolas possuem dependências adequadas.

¹ Declaração de Salamanca (1994) estabeleceu princípios, políticas e práticas na área das necessidades educacionais especiais; Lei n. 9.394/1996, em seu artigo 3º, apresenta os princípios básicos para o ensino, dentre os quais: a igualdade de condições para o acesso e a permanência na escola; a Lei n. 13.146/2015 (Lei Brasileira de Inclusão); a Lei n. 13.409/2016 que dispõe sobre a reserva de vagas para pessoas com deficiência nos cursos técnicos de nível médio e superior das instituições federais de ensino.

Com base nestes dados, percebe-se que embora a inserção de alunos com deficiência, incluindo a visual, acontece de forma crescente, a evasão e desistência ao longo do ensino básico e superior é significativa. Para Bertalli (2010) esse processo é decorrente de inúmeros fatores, desde falta de materiais específicos, barreiras físicas de acessibilidades, quanto a ausência de uma formação docente para atendimento especializado, para este tipo de aluno, corroborando inevitavelmente para seu insucesso escolar.

Nesse sentido, os autores Júnior & Martins (2010) ressaltam que as pessoas com deficiência desejam ser incluídas pelo que as iguala e não pelo que as torna diferentes. Essa afirmação evidencia a necessidade de ferramentas e/ou métodos inclusivos, com o intuito de consolidar a permanência da pessoa com necessidade especial em sala de aula, fazendo-a sentir-se parte integrante do processo de aprendizagem.

É nesse contexto que as Tecnologias Assistivas (TA) têm sido grandes aliadas no processo de inclusão. O Comitê de Ajudas Técnicas conceitua-a como:

(...) uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (CAT, 2007.c).

Aliada a essa dinâmica inclusiva, os softwares educacionais tem um papel relevante no aprendizado de alunos com necessidades especiais, em destaque os alunos com deficiência visual (objeto desse estudo), uma vez que à ênfase na interatividade proporcionada por tais softwares promove a fácil assimilação de novos conhecimentos (ISAILA, 2013).

Apesar do crescente desenvolvimento de tecnologias de apoio ao deficiente visual, percebe-se ainda áreas do conhecimento que precisam ser exploradas, por exemplo, as Ciências Biológicas, por fazer o uso recorrente de ilustrações para introduzir conceitos fundamentais ao educando, dificultando assim a aprendizagem do deficiente visual.

No período de 2000 a 2016 observa-se um significativo crescimento de produção na referida área, havendo predominância de estudos em quatro subáreas, centralizados nas Ciências Morfológicas, em contrapartida há subáreas com baixas produções, como exemplo, a genética. Concluindo-se a necessidade da elaboração e

divulgação de material ou ferramentas facilitadoras do processo de ensino e aprendizagem para o deficiente visual, sendo ele totalmente cego ou baixa visão (OLIVEIRA, 2018).

Inserida na área de abrangência dos softwares educacionais, as aplicações *mobiles* apresentam-se como uma alternativa viável para contribuir com processo de aprendizagem e inclusão de alunos com necessidades especiais. Para Nichele e Schlemmer (2014) o uso de dispositivos móveis na educação é um elemento inovador, responsável por promover a colaboração e interação entre o aluno e professor, assim como, as aplicações projetadas para estes dispositivos, que independente da abordagem devem apresentar interatividade e facilidade de uso.

No intuito de colaborar na produção e divulgação de ferramentas de auxílio ao deficiente visual, este estudo se propõe a desenvolver uma aplicação mobile, com recursos de interação baseado na combinação de gestos e feedback auditivo, para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem do deficiente visual na área da genética clássica.

A referida proposta apresenta uma solução que pode ser utilizada tanto no ambiente acadêmico (sala de aula), quanto fora dele. Em complemento a aplicação, propõe-se ainda a construção de uma plataforma web, na qual o professor da disciplina, pode realizar o envio e recebimento de exercícios sobre os assuntos contemplados pela aplicação móvel. Essa possibilidade permite dinamizar a interação entre o professor e aluno.

1.1 Contextualização do Problema

A inserção de alunos com deficiência visual no contexto regular de ensino é uma realidade desde de 1990, fato que cresce a cada ano. Apesar disso Laplane e Batista (2008) ressaltam que esse fato, ainda é um grande desafio não só para os educandos, como para os educadores, o que para Figueiredo e Kato (2015) é decorrente de múltiplos fatores, como a inadequação de recursos tecnológicos, ausência de atividades experimentais adaptadas e o forte apelo visual na didática de muitas disciplinas.

Ao considerarmos o processo de aprendizagem ressaltamos que o conhecimento obtém-se através dos cinco sentidos, o que evidencia que o verbalismo não é o suficiente, sendo aconselhável a adoção de recursos didáticos variados. No

caso dos deficientes visuais é fundamental a exploração dos sentidos, como por exemplo, o tato e a audição em casos como a cegueira (CORDEIRO, 2005).

A ausência total de visão gera limitações quanto ao processo de aprendizagem, sendo essencial a adoção de práticas de ensino que contemplem as particularidades do deficiente visual, fazendo-se necessário o uso de modelos, literatura em braile, recursos auditivos, softwares educacionais, entre outros métodos que promova a aprendizagem desse aluno (SANTOS, 2007).

A área das Ciências Biológicas, é um ponto que merece atenção dentro do contexto, uma vez que observa-se o uso sistemático de ilustrações como estratégia pedagógica, o que dificulta a aprendizagem de deficientes visuais inseridos em salas de aulas regulares (CARDINALI; FERREIRA, 2010; AYUSO e BANET, 2002).

Conseqüentemente surge o questionamento: *Como abordar o ensino de Genética a deficientes visuais inseridos no contexto da sala de aula regular?* De acordo com Temp (2011) esse é um processo desafiador, em virtude do grande número de conceitos, dificultando a compreensão por parte dos alunos. Nesse contexto existe a busca por estratégias diferenciadas que se apresentem como soluções.

Para Cardinali e Ferreira (2010), essa lacuna presente no ensino das Ciências Biológicas necessita de um enfoque na adoção de materiais e/ou métodos alternativos de ensino. Diante do exposto, este trabalho busca contribuir para solucionar essa problemática, possibilitando que o processo de ensino-aprendizagem do aluno com cegueira seja equivalente ao de um vidente, também inserido no contexto regular de ensino.

1.2 Justificativa

A proposta da Educação Inclusiva prevê que as instituições adequem-se para atender e ofertar os serviços que garantam equidade entre todos (BRASIL, 1996). Entretanto a inserção de deficientes no âmbito do ensino regular ainda é um desafio grande para as instituições, que são carentes de métodos de ensino-aprendizagem (VARGAS, 2006).

Segundo Mantoan (2002) há necessidade de fazer uso de estratégias educacionais que além de se adequarem as legislações pertinentes, também promovam o aprendizado de forma a contribuir com a socialização do indivíduo.

Mantoan ainda ressalta que alguns métodos como textos transcritos, livros didáticos não adaptáveis, provas escritas, dentre outros contribuem para o fracasso escolar do deficiente visual. Em virtude disso este trabalho busca expor a importância de desenvolver métodos, processos ou ferramentas que além de serem adequadas ao ensino do deficiente também contribua para independência do deficiente visual.

Outro ponto a considerar que demonstra a relevância do estudo é a verificação da falta de trabalhos com foco no desenvolvimento de ferramentas ou métodos para o ensino de genética ao deficiente visual, o que demonstra a relevância deste trabalho. Essa carência de trabalhos é evidenciado em Oliveira (2018): “Um olhar sobre o ensino de ciências e biologia para alunos deficientes visuais”, o qual objetivou aprofundar o conhecimento sobre o ensino de Ciências e Biologia para alunos deficientes visuais, mostrou que algumas subáreas da biologia ainda necessitam de produção material, dentre elas está a genética.

De acordo com Ferreira et al. (2010) ao ensinar genética, deve-se utilizar recursos didáticos que se possam constituir um meio facilitador, incentivador e estimulante no processo de ensino-aprendizagem. Neste cenário a computação faz uso das Tecnologias Assistivas, a fim de atingir essa finalidade (BERSCH & TONOLLI, 2006). Como possíveis fontes de soluções vinculadas as tecnologias assistivas, o desenvolvimento de aplicações *mobile* apresenta-se como solução a superação de barreiras do ensino de genética.

A popularização dos dispositivos móveis como: *smartphone* e *tablets*, e o uso expressivo de aplicativos, faz com que se tornem ferramentas atraentes e motivadoras, o que contribui significativamente para o processo de ensino-aprendizagem (PEREIRA; RODRIGUES 2013). Este trabalho propõe fazer uso de recursos com a combinação de técnicas diversificadas, obtidas através de interfaces multimodais dos aplicativos para propor uma solução que auxilie no ensino de genética ao deficiente visual (FAÇANHA et al., 2014; COSTA, FACEROLI e AMARAL, 2019).

Ressalta-se a relevância da utilização das aplicações móveis, uma vez que muito o que se tem desenvolvido são aplicações com foco no ensino à videntes, ou com algumas restrições quanto a usabilidade, sendo na maioria das vezes necessário o auxílio de outra pessoa para que o deficiente visual consiga fazer uso da ferramenta.

1.3 Objetivos

Geral

O objetivo do projeto é desenvolver uma tecnologia assistiva para auxiliar no ensino de genética clássica à alunos com deficiência visual.

Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Investigar as soluções atuais para o ensino do deficiente visual no contexto escolar;
- Compreender de que maneira os dispositivos móveis podem ser utilizados para o ensino-aprendizagem do aluno deficiente visual;
- Desenvolver uma aplicação que possa apoiar o processo de ensino de Genética Clássica ao deficiente visual;
- Validar a ferramenta, através do uso da aplicação por deficientes visuais.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado na forma de capítulos para melhor compreensão do leitor. Sendo o Capítulo 1 destinado a Introdução, abordando aspectos iniciais, problemática, justificativa e objetivos a serem alcançados. Os capítulos 2 e 3 expõe a fundamentação teórica referente ao tema. Posteriormente o capítulo 4 traz os trabalhos relacionados, enquanto que o capítulo 5 relata os procedimentos metodológicos utilizados para desenvolver este trabalho. O Capítulo 6 apresenta a análise de requisitos de software. O capítulo 7 apresenta o modelo de prototipagem. O capítulo 8 descreve e apresenta os resultados dos testes preliminares realizados, o capítulo 9 contém as atualizações realizadas na aplicação. Capítulo 10 expõe os resultados e discussões sobre os dos testes finais. Capítulo 11 apresenta as conclusões deste estudo e projeções de trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo aborda o referencial teórico deste trabalho com a finalidade de delimitar a área de abrangência do estudo, bem como conhecer os últimos estudos realizados na temática. Aborda ainda conceituação de Deficiência visual, Tecnologias aplicadas à inclusão, dentre outros aspectos relevantes ao tema.

2.1 Deficiência Visual: Caracterização e aspectos relevantes

A visão humana é considerada um meio privilegiado de acesso ao mundo, constituindo a base de uma parte significativa da aprendizagem humana. É um processo que une a informação sensorial e motora gerada pelo cérebro e corpo, promovendo significado e movimento direto, sendo que qualquer alteração neste órgão compromete um sentido fundamental do nosso dia-a-dia (MENDONÇA et al. 2008).

A ausência da visão, seja ela em virtude de causas congênitas ou hereditárias, é definida como:

(...) uma alteração grave ou total de uma ou mais das funções elementares da visão que afeta de modo irremediável a capacidade de perceber cor, tamanho, distância, forma, posição ou movimento em um campo mais ou menos abrangente (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007, p.15).

A pessoa com deficiência visual tende a desenvolver de forma mais aguçada a audição, o olfato e o paladar, isso deve-se ao fato de que por não possuírem a visão, os outros sentidos acabam sendo usados para decodificar e guardar na memória as informações, funcionando como complementares. De forma a melhor atender as especificidades e facilitar estudos e pesquisa, as pessoas com deficiência visual são divididas em dois grupos: as com cegueira e com baixa visão (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007).

O grupo de pessoas com cegueira são aquelas que possuem perda total da visão, até a ausência de projeção de luz; já o grupo com baixa visão, são as que de alguma forma tiveram uma alteração em sua capacidade funcional da visão, que pode decorrer de vários fatores, como por exemplo, baixa acuidade visual significativa, redução importante do campo visual, alterações corticais e/ou de sensibilidade aos contrastes, que venham interferir ou limitar o desempenho visual da pessoa. É

importante ressaltar que estas alterações podem ocorrer em nível leve, moderado, severo ou profundo (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007).

Considerando os aspectos abordados acima, são notórios os desafios enfrentados pelos deficientes visuais, fundamentalmente no que se refere a inserção no contexto educacional, uma vez que surge a necessidade de modificações e/ou adaptações dos métodos de ensino (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007).

No Brasil, o marco da educação para as pessoas com deficiência visual aconteceu a partir do decreto de nº 1.428, com a criação do Instituto Imperial de Meninos Cegos, que atualmente é conhecido como Instituto Benjamin Constant, sendo até o ano de 1926 o único a ofertar apoio e projetos de educação para os deficientes visuais (COSTA et al., 2009).

Atualmente, o Instituto Benjamin Constant é um centro de referência no Brasil para questões da deficiência visual. Dentre outras oportunidades, o Instituto disponibiliza capacitação profissional e assessoramento às instituições públicas e privadas na área de educação para pessoa com deficiência, além de reabilitar pessoas que perderam ou estão em processo de perda da visão (IBC, 2016).

A partir deste marco, muitas outras conquistas foram sendo alcançadas. Através da Lei de diretrizes e Bases da Educação de 1996, por exemplo, a ideia de Educação Inclusiva se consolidou nacionalmente, promovendo a oferta da educação regular já conhecida, mas agora com a garantia de atendimento de acordo com as diferenças individuais do educando. Estas e outras iniciativas oficiais têm contribuído na melhoria da educação do deficiente visual, e conseqüentemente modificando a formação dos educadores envolvido no processo (PIRES; PLÁCIDO, 2018).

Apesar de todas as legislações e desenvolvimento ocorridos para a promoção da inclusão do deficiente, ainda é possível notar a falta de infraestrutura, e políticas públicas para a formação profissional de educadores, com vista a transmitir um ensino de qualidade aos deficientes visuais, inseridos no contexto da Educação Especial (PIRES; PLÁCIDO, 2018).

2.2 Tecnologias aplicadas à inclusão

O crescimento e compartilhamento acelerado das informações estão baseados no desenvolvimento das tecnologias da Informação e Comunicação (TIC'S). Conseqüentemente a esse fato, os avanços tecnológicos tem sido de fundamental importância para o ensino-aprendizagem nas mais diversas áreas do conhecimento (OLIVEIRA; MOURA; SOUSA, 2015).

As TIC'S são compreendidas como recursos tecnológicos e computacionais utilizados para a criação e manipulação no uso da informação, sendo ainda em vários ramos de atividades, podendo se destacar nas indústrias no processo de automação, no comércio em gerenciamentos e publicidades, na educação no processo de ensino aprendizagem, dentre outras (OLIVEIRA; MOURA; SOUSA; 2015).

No que diz respeito ao ensino aos deficientes visuais, as chamadas Tecnologias Assistivas têm sido grandes aliadas no processo de inclusão, pois fornecem recursos didáticos adequados às diferenças e necessidades de cada aluno, contribuindo para a construção dinâmica e gradual do ensino-aprendizagem dos mesmos (OLIVEIRA; MOURA; SOUSA; 2015).

A nível nacional, em novembro de 2006 foi instituído o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), estabelecido pelo Decreto nº 5.296/2004 no âmbito da Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República, seu objetivo é dar transparência e legitimidade ao desenvolvimento da Tecnologia Assistiva no Brasil. O referido comitê define o termo Tecnologia Assistiva como área do conhecimento interdisciplinar, que visa a autonomia e inclusão social da pessoa com deficiência, através de produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços (SEDH/CAT, 2009).

É importante ressaltar algumas características acerca do que engloba as tecnologias Assistivas. De acordo com Centro de Gestão e estudos estratégicos - CGEE, dentre outros aspectos destacamos aqui:

I) Os Recursos que são conceituados como qualquer item, equipamento ou parte dele fabricado em série, ou sob medida, utilizado para aumentar, manter ou melhorar as capacidades funcionais das pessoas com deficiência;

II) Os Serviços compreendem-se por todos aqueles que auxiliam diretamente uma PcD a selecionar, comprar ou usar os recursos já definidos; e

II) Este universo é amplo, e em consequência a isto, parece ainda haver questionamentos do que pode vir a ser considerado como TA ou não, e quais são os profissionais aptos à sua confecção e utilização como recurso nas suas devidas aplicações.

Em síntese, para que um projeto possa ser incluído na área da Tecnologia Assistiva, é imprescindível que sejam observados aspectos como: as facilidades de acesso independente a informação para a pessoa com deficiência visual; que sejam permitidas a execução de tarefas com relativa independência e com um ritmo ao de uma pessoa sem deficiência; que permitam o desenvolvimento de novas competências, como a integração social e profissional; e que tais ferramentas possam apoiar as atividades educacionais e interações sociais (OSICEANU; POPA; 2015).

Considerando a ampla aplicação das Tecnologias Assistivas já citadas anteriormente, nota-se que são instrumentos de acessibilidade fundamentais para o que o deficiente visual consiga superar barreiras na execução de suas atividades. Englobando esse contexto, evidenciamos as Tecnologias Educativas, que proporciona diretamente ao deficiente visual, alguns recursos como livros em Braille, técnicas de ampliação de texto, sintetizadores de voz e tantos outros softwares que contribuem diretamente para a formação do deficiente visual (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007).

As Tecnologias implantadas no campo educacional buscam desenvolver hardwares ou softwares com perspectiva a auxiliar na resolução de problemas que dificultam o aprendizado do aluno. Sendo a mesma uma importante alternativa metodológica frente aos recursos tradicionais de ensino, uma vez que o uso de ferramentas computacionais dinamizam as práticas educacionais.

2.3 Softwares Assistivos

Com a diversidade de tecnologias existentes hoje, a área de desenvolvimento de softwares ganhou destaque e novas configurações, pois se tornaram grandes auxiliadoras para as pessoas com deficiência visual. Os softwares educacionais, por exemplo, são utilizados juntamente com outros recursos para minimizar as barreiras encontradas nas salas de aula pelos deficientes visuais (CARDINALI; FERREIRA, 2010).

Os softwares assistivos são os responsáveis por proporcionar a interação do usuário deficiente visual com a máquina. No campo de abrangência destes softwares, existe uma classificação básica, Segundo Bärwaldt (2008):

- **Softwares Leitores de Telas ou Sintetizadores de Voz:** softwares que acessam os textos armazenados no computador e os enviam aos sintetizadores de voz, efetuando um processo de conversão denominado TSC (*Text-to-Speech Conversion*). Inseridos nesse contexto temos os softwares Dosvox, Virtual Vision, Jaws, Magic, dentre outros.
- **Softwares de reconhecimento óptico de caracteres – OCR:** softwares que convertem textos impressos para o meio digital, são exemplos o *OpenBook* e o *Live Reader*.
- **Softwares de reconhecimento de voz:** softwares que permitem a substituição do teclado de um computador, para a introdução de dados, por comandos de voz. São subdivididos em: reconhecedor de palavras isoladas, reconhecedor de palavras conectadas e reconhecedor de voz contínua.
- **Softwares para reconhecimento de Braille óptico – OBR:** software transcritor de texto do sistema Braille, apresentado em papel, em alto relevo, para o sistema óptico em formato digitalizado.

Atualmente, estão disponíveis inúmeros softwares assistivos, muitos com recursos avançados e com funcionalidades adicionais de intensidade ou velocidade sonora, o que facilita a usabilidade destes, observa-se ainda que a maioria são desenvolvidos como parte de projetos de pesquisa, o que resulta em softwares gratuitos e de código aberto. Para os deficientes visuais, em particular a pessoa totalmente cega, os softwares leitores de telas e sintetizadores de voz são os mais utilizados (ISAILA, 2014 ; MAHAJAN e NAGENDRA, 2014).

Independentemente da categoria de software a ser desenvolvida, nota-se o quanto a criação de softwares assistivos contribuem para a ampliação do conhecimento das pessoas com deficiência visual, transformando sua vida de maneira significativa (OSICEANU; POPA; 2015).

2.4 Dispositivos móveis como ferramenta educacional

O uso de dispositivos móveis revolucionou o cotidiano das pessoas, provocando transformações na forma de entretenimento, relações sociais, e na maneira da produção e disseminação do conhecimento. Algumas atividades que antes eram realizadas em meios físicos, agora podem ser feitas por meio destes dispositivos em um curto intervalo de tempo (MAYA e CASTRO, 2018).

O crescimento na utilização destes, provocou uma popularização significativa ao longo dos anos. De acordo com dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2016 o aparelho celular é o meio mais utilizado para acesso à internet, representando 94,6%, porcentagem muito além de dispositivos como computadores e *tablets* que representaram 63,7% e 16,4 % dos acessos, respectivamente.

As facilidades e mobilidade proveniente dos aplicativos móveis são fatores significativos para utilização destes nas mais distintas áreas. No âmbito educacional, eles são vistos como ferramentas cognitivas, uma vez que representam um instrumento tecnológico pelo qual muitas ações são realizadas, destacando-se o desenvolvimento de aplicações para facilitar o processo de ensino-aprendizagem. (OLSON e OLSON, 2003).

No contexto das salas de aula, as aplicações promovem a capacidade dos estudantes de interagir de forma diferente da tradicional com os conteúdos, isso contribui de forma positiva para a consolidação da aprendizagem. No trabalho de Costa, et al. (2009), afirma-se que o educador necessita fazer uso de recursos que permitam ao aluno interagir dinamicamente com o conhecimento aprendido, evidenciando a importante contribuição da computação neste campo.

Em consideração ao exposto, salienta-se a importância do professor como figura fundamental nesse processo. A utilização de ferramentas móveis educacionais em sala de aula deve ser norteadas por interesses pedagógicos, necessitando que os educadores decidam qual, e como será abordada a melhor proposta metodológica de ensino (ALVES, E.; ASSIS, C. e MARTINS, F. 2015).

A utilização de dispositivos móveis não deve ser vista como uma ameaça ao educador, mas uma forma de melhorar a aprendizagem (FREITAS, 2016). É importante frisar que a proposta de aplicação móvel neste trabalho apresenta-se como uma complementação das atividades do educador, e não como substituto do mesmo.

A utilização de ferramentas educacionais para auxiliar o aprendizado dos deficientes visuais é significativamente relevante. Segundo Damasceno et al., (2017) os dispositivos móveis oportunizam o aprendizado das mais variadas formas, além de melhorar a qualidade de vida das pessoas com deficiência visual, como por exemplo a possibilidade da pessoa que não enxerga, através dos leitores de telas para transformar as aulas de texto para voz, dentre outras mais.

Apesar do potencial destes ainda há necessidade de vencer alguns desafios nesta área. Muitas aplicações existentes apresentam baixa ou nenhuma acessibilidade dificultando o uso por deficientes visuais, o foco de desenvolvimento ainda está centrado na categoria vidente, demonstrando a carência em cumprir requisitos específicos para o deficiente visual, a exemplo atendimento a critérios de usabilidade (SILVA, 2016; MACHADO et al., 2014).

2.5 Heurísticas de usabilidade para dispositivos móveis

Conceitualmente as heurísticas são compreendidas como regras gerais para descrever sistemas usáveis. Elas estão inseridas no contexto da engenharia de software, e são amplamente utilizadas como um guia, com critérios de usabilidades de softwares. Segundo a NBR 9241-11, que trata sobre a usabilidade, a mesma é definida como a medida na qual um produto pode ser usado por um usuário com intuito de alcançar seus objetivos, levando em conta sua eficácia, eficiência e satisfação de uso (PREECE, 2005; ABNT, 2002).

Os critérios de usabilidade em dispositivos móveis hoje são essenciais, principalmente em *smartphones*, uma vez que o usuário faz uso destes para a maioria das atividades do cotidiano, e em todas elas, ele deseja ter não só um índice de eficácia como o de satisfação. As alterações promovidas pelo uso dos dispositivos móveis modificaram as lógicas tradicionais de usabilidade e interação, dinamizando as possibilidades e aumentando a exigência por parte dos usuários (FEIJOÁ, GONÇALVEZ e GOMEZ, 2013).

Estudos iniciais relativos as heurísticas de usabilidade decorrem dos anos noventa, autores como Nielsen (1993); Molich (1990); Lewis (1990), foram os responsáveis pelo desenvolvimento de métodos que serviam como guias para construção de aplicações, bem como técnicas de avaliação de software baseadas em questionários.

As heurísticas propostas por Nielsen (1993) totalizam dez, e a partir delas é possível destacarmos seis atributos principais a se considerar quanto a forma como os usuários irão interagir com o software, estas são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 1: Atributos associados ao conjunto de heurísticas de Nielsen

H1	Eficácia
H2	Eficiência
H3	Segurança
H4	Facilidade de memorização
H5	Satisfação do usuário
H6	Baixa taxa de erros

Fonte: Autoria Própria

Atualmente devido a diversidade de interação proporcionada pelas aplicações móveis, a questão de desenvolver metodologias para avaliar a usabilidade desse tipo de software é um enorme desafio, por exemplo a tela reduzida, ou recursos de entradas disponibilizados pelos *smartphones*. Em decorrência disto, as heurísticas propostas por Nielsen, são referências e devem ser consideradas, no entanto é viável ainda a inserção de outras para tentar atender as particularidades dos dispositivos móveis (BERTINI et al., 2009; FEIJOÁ, GONÇALVEZ e GOMEZ; 2013).

Ao analisar interfaces do tipo *Touch Screen* dos dispositivos móveis, por exemplo, além de grandes benefícios, também é um novo desafio quando analisamos a interação com usuários deficientes visuais. Nesse sentido muitos trabalhos desenvolvidos necessitam adequar ou propor novos conjuntos de heurísticas visando atender as particularidades destes usuários (BERTINI et al., 2009).

A exemplo, o trabalho proposto por Campos; Damásio e Inácio (2015), avaliou uma aplicação móvel para usuários deficientes visuais, e ao final do estudo destacou dez heurísticas para usabilidade, dentre as quais foi possível organizar algumas orientações de desenvolvimento, que são: a) necessidade de descrever as imagens apresentadas na aplicação; b) possibilidade do usuário de controle sobre as informações sonoras, c) priorização das informações sonoras, d) prevenção de erros a ser acionada quando o usuário executar uma ação não esperada, e) padronização de ações referentes a interação com software.

Considerando o mesmo tema, e também voltado para deficientes visuais, Façanha (2011) baseado no conjunto de heurísticas de Nielsen, identificou novos critérios de usabilidade a serem acrescentados, dentre eles: a) preferência por opções apresentadas em forma de lista ou em duas colunas utilizando como referência as laterais dos dispositivos; b) evitar uso de tempo de expiração (time out), pois podem confundir e desorientar os usuários; c) sempre fornecer feedback para todas as ações;

Outra proposta de novas heurísticas para aplicativos móveis educacionais está presente no trabalho de Carlo, Barbosa e Oliveira (2017), as heurísticas já consolidadas foram adaptadas, e a inclusão de novas sugeridas. Destacando-se aqui algumas inseridas: a) aplicação deve explicar claramente seu objetivo de ensino, para que o usuário possa identificar a utilidade do mesmo para seu processo de aprendizado, b) a aplicação deve respeitar os conceitos relacionados a codificação de objetos e armazenamento de novos conhecimentos, c) o aplicativo deve promover colaboração no processo educativo, d) os conhecimentos adquiridos através do aplicativo deve ter aplicação real.

É possível ainda definir dois métodos para se avaliar a usabilidade de uma aplicação. O primeiro deles quando a aplicação é testada com usuários, neste caso denominamos de testes de usabilidade, e quando não temos usuários envolvidos, chamamos de inspeção. Quanto ao número de envolvidos nas avaliações é considerado insatisfatório apenas um, no entanto não é necessário ultrapassar cinco, uma vez que os problemas encontrados tenderão a se repetir (FERREIRA, 2013; MACHADO; FERREIRA e VERGARA, 2014).

De acordo com exposto, independentemente do método utilizado, as avaliações de usabilidades são essenciais para a satisfação final do usuário com o uso das aplicações. Enfatiza-se ainda que os testes de usabilidade podem ser realizados em qualquer estágio de desenvolvimento de uma aplicação, inclusive na fase de prototipação (MACHADO; FERREIRA e VERGARA, 2014).

2.6 Testes de usabilidade

Os testes de usabilidade são utilizados para verificar o grau de satisfação do usuário com a interação de um sistema ou aplicação. Os conceitos de usabilidade estão amplamente envolvidos no ciclo de desenvolvimento de softwares, através da área da Interação Humano Computador (IHC), cuja finalidade é melhorar a eficácia e proporcionar satisfação do usuário, desenvolvendo sistemas computacionais nos quais os usuários possam executar tarefas com segurança, eficiência e satisfação (PREECE; ROGERS; SHARP, 2007).

Para coletar informações a respeito da usabilidade de um sistema ou aplicação, existem algumas técnicas de análise, dentre estas os Questionários de Satisfação de usuários, que independentemente da área de destino, são necessários à toda aplicação. Destaca-se o *Questionnaire for User Interface Satisfaction (QUIS)*, *Software Usability Measurement Inventory (SUMI)*, *System Usability Scale (SUS)* e o *Web Analysis and Measurement Inventory (WAMMI)* (SAURO; LEWIS, 2012).

O *QUIS* é composto por perguntas gerais sobre os componentes da interface, compreendidos por fatores relacionados a tela, terminologia e retorno do sistema, capacidade do sistema, nível de aprendizado, manuais técnicos, tutorias online e multimídia. Pode ser aplicado de forma longa com setenta e uma questões, ou de forma curta, com vinte e seis questões. Como vantagens é possível destacar alta confiabilidade, variabilidade baixa e relevante gama de informações para projetistas. (CHIN, 1988; KULKARNI et al., 2013).

De modo semelhante ao *QUIS*, o *SUMI* é um questionário para medir a qualidade de um softwares, levando em consideração a eficiência, a estabilidade (indicando o nível de auxílio fornecido ao usuário), aprendizado, controle (o usuário defini o produto), e o afeto (baseada em respostas emocionais dos usuários). O *SUMMI* possui cinquenta declarações onde o usuário responde de acordo as opções de “Concordo”, “Indeciso” ou “Discordo”. Para que se obtenha dados suficientes, recomenda-se no mínimo a apreciação por dez usuários (KULKARNI et al., 2013).

John Brooke em 1996, propôs a Escala de Usabilidade de Software, o SUS. Caracterizado por ser uma ferramenta robusta para avaliar a usabilidade de qualquer produto ou serviço. É formado por dez afirmações, variando em uma escala de grau de concordância (Concordo plenamente e Discordo totalmente). A pontuação resultante varia entre zero e cem pontos, refletindo o nível de usabilidade do produto. Por ser uma técnica de fácil administração de pontuação, o SUS é amplamente utilizado por diversos profissionais da área de IHC (FINSTAD, 2006; BANGOR; KORTUM; MILLER, 2008).

Para avaliação de usabilidade de sites, o WAMMI é proposto. Seus aspectos de avaliação incluem vinte questões, as respostas são formadas pela escala Likert de cinco pontos, variando de “concordo totalmente” a “discordo fortemente”. As subescalas de análises são as mesmas do questionário SUMI (eficiência, controle, aprendizagem, etc.). Um ponto forte deste questionário é a possibilidade de comparação de resultados obtidos na avaliação de outros sites semelhantes, que também fizeram uso do WAMMI como parâmetro de avaliação, o que torna possível a organização de uma média geral de usabilidade (HAYAT; LOCK; MURRAY, 2015.)

3 O ESTUDO DA GENÉTICA

Apresenta-se neste capítulo os fundamentos básicos da Genética, suas características, e os postulados mendelianos, conhecimentos essenciais para a compreensão dos avanços sobre hereditariedade.

3.1 Genética

A palavra genética tem sua origem no grego, e seu significado é “fazer nascer”. Consiste em uma subárea da Biologia que estuda a hereditariedade e as características advindas dos genes (KULKARNI, 2015). Os genes são uma sequência ordenada de moléculas de ácidos nucleicos (DNA e RNA), contendo todas as informações genéticas de um organismo. Uma das funções dos genes é direcionar as células para a fabricação de proteínas, que são essenciais nas estruturas das células (JOAQUIM; EI-HANI; 2010).

A área da Genética pode ser subdividida em (I) clássica: responsável por investigar características específicas sobre herança, incluindo o estudo aprofundado sobre o comportamento dos cromossomos; (II) molecular: que se dedica a estudar especificamente a estrutura do DNA, suas mutações, replicações, sequenciamento, dentre outras; (III) populacional: que estuda as variações a nível de grupos populacionais, compreendendo sua base molecular (KULKARNI, 2015).

Na genética clássica estão os princípios do estudo que decorre dos experimentos e descobertas, conjunto de teorias formulado por Gregor Mendel em 1822 que trata dos conceitos da transmissão de características de forma hereditária. Através de observações e experimentos, Mendel provou que a herança tem como base fatores específicos que são independentes uns dos outros, conclusão essa obtida com o estudo em plantas de ervilhas - *Pisum sativum* - (ALLEN, 2003; KULKARNI; 2015).

A escolha da ervilha planta herbácea leguminosa que pertence ao grupo do feijão e soja não foi casual, pois se trata de uma planta de fácil cultivo, ciclo reprodutivo rápido e que possui um ampla variedade dotadas de características que facilitam a comparação dentre as quais pode-se citar: as que produzem flores púrpuras e outra que produz flores brancas (FRIDMAN, 2012).

O estudo de Mendel observou altura, cor da semente (amarela/verde), formato da semente (lisa/rugosa), forma da vagem (lisa/ondulada). Em decorrência das características terem possibilidades, ele definiu que poderiam ser dominantes ou recessivas (ALLEN, 2003).

Posteriormente, Mendel elaborou a hipótese em que as células germinativas das ervilhas seriam representadas por estes determinantes. Após a combinação deles restaria então três possibilidades: ou os dois seriam dominantes, ou dois recessivos ou um híbrido (um dominante e um recessivo). A partir desse princípio ele observou que durante a formação do pólen, esses atributos seriam separados e ingressariam em gametas diferentes, podendo produzir novos gametas totalmente dominantes, recessivos (se os genitores fossem recessivos) ou ainda seria produzido gametas híbridos, metade dominante e metade recessivo (ALLEN, 2003).

Mendel ainda prevê o caso em que ambos os pais fossem híbrido, caso ocorresse esse fenômeno, poderia acontecer de forma aleatória qualquer uma das três possibilidades, considerando a probabilidade matemática. Anos mais tarde esse fato foi identificado com fenótipo, definidos como características observáveis de um organismo ou população, e o que anteriormente foi denominado de “características das plantas”, passou a ser conhecido como gene, comumente chamados de “genes de altura”, “gene da semente lisa” (ALLEN, 2003; KULKARNI, 2015).

Os estudos e descobertas realizadas por Mendel, foram reconhecidas a partir do século XX, onde também surgiram os conceitos iniciais de cromossomos e DNA. Atualmente, as teorias de Mendel são de fundamental importância para as pesquisas científicas no campo da genética, e são aplicadas a todas as espécies que possuem reprodução do tipo sexuada, além de possibilitar a evolução de conhecimento relacionados à transmissão de características (ALLEN, 2003; KULKARNI, 2015).

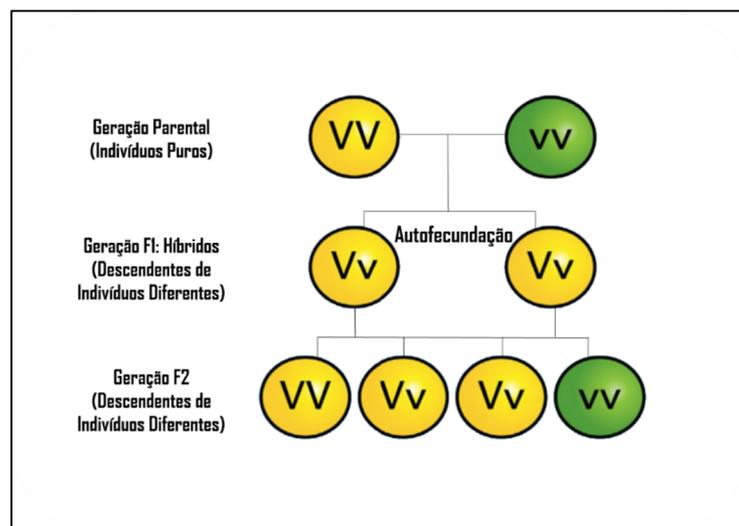
3.2 As Leis Mendelianas

Os estudos de Mendel foram agrupados em duas leis. A Primeira Lei de Mendel é chamada de Segregação dos Caracteres, que define que cada característica de um indivíduo é determinada por um par de fatores, sendo que um é herdado da mãe e outro do pai, que são separados durante a formação dos gametas, possuindo a mesma probabilidade (SNUSTAD e SIMMONS, 2008; FRIDMAN, 2012).

A Primeira Lei foi obtida através de uma série de cruzamentos realizados com ervilhas de características distintas, agrupadas por famílias. O resultado desses experimentos possibilitou a Mendel perceber que por várias gerações, algumas características permaneciam imutáveis, por exemplo em alguns cruzamentos de ervilhas verdes, gerações de filhos e netos eram somente verdes, em virtude disso, essa geração foi denominada de “pura”. E assim, Mendel comprovou que as características são hereditárias (SNUSTAD e SIMMONS, 2008; FRIDMAN, 2012).

Seguindo seus estudos e experimentos, Mendel então decidiu cruzar a geração F1 que são ervilhas “puras” resultantes do cruzamento da geração parental. Em seus resultados obteve a Geração F2, que obteve uma mistura de características com diferentes proporções, por exemplo o cruzamento de sementes amarelas com as verdes, obtiveram três plantas com semente amarela, e apenas uma com semente verde (Figura 01). (SNUSTAD e SIMMONS, 2008; FRIDMAN, 2012).

Figura 1: Cruzamentos da Primeira Lei



Fonte: Adaptado: Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada - midia.atp.usp.br

Considerando estas experiências, Mendel concluiu que existem fatores que são passados de pais para filhos responsáveis pelo aparecimento das características, sendo que uma parte determinada pelo pai e outra pela mãe. A esses fatores manifestados na Geração F1, Mendel nomeou de dominante as características que são manifestadas, e recessivas quando não (SNUSTAD e SIMMONS, 2008).

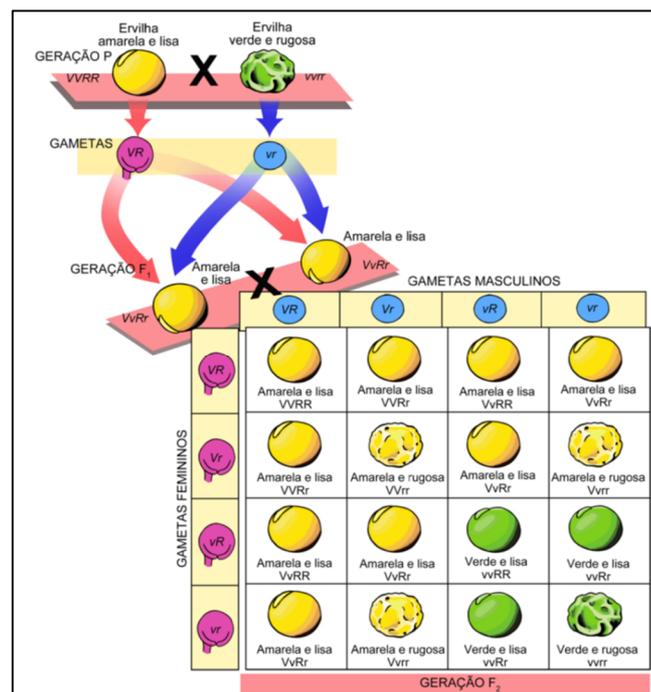
Concluindo essas observações surgem ainda dois conceitos importantes: indivíduos heterozigotos ou híbridos, que são aqueles que possuem fatores diferentes para a mesma característica, em seu experimento Mendel identificou que todos os

indivíduos da primeira geração F1 resultado do cruzamento de ervilhas, eram heterozigóticas (característica da ervilha amarela), isso quer dizer que esses indivíduos possuem pares de alelos distintos responsáveis por determinar uma característica (SNUSTAD e SIMMONS, 2008; FRIDMAN, 2012).

A partir destes cruzamentos estava determinada, a Primeira Lei de Mendel ou Lei da Segregação de Fatores. No entanto, essa lei só era aplicável a uma característica, e Mendel ainda queria compreender como acontecia a transferência de duas ou mais características de forma concomitante. Para isso ele continuou a realizar cruzamentos e experimentos agora de maneira mista, ele cruzou plantas com sementes amarelas e lisas com plantas de sementes verdes e rugosas (SNUSTAD e SIMMONS, 2008; FRIDMAN, 2012).

Baseado no princípio anterior de que as características amarelas e lisas eram dominantes, e que as verdes e rugosas eram recessivas. Ele realizou então, o cruzamento entre duas plantas puras homozigotas (geração parental), sendo assim as plantas com sementes amarelas e lisas eram duplo-homozigotas e dominantes, e as verdes e rugosas eram duplo-homozigotas recessivas. Em resultado a esse cruzamento, Mendel obteve quatro plantas de características diferentes, sendo duas destas com as mesmas características das do cruzamento da geração parental, e as outras duas plantas novas (SNUSTAD e SIMMONS, 2008; FRIDMAN, 2012).

Figura 2: Cruzamentos da Segunda Lei de Mendel



Como resultado destes experimentos Mendel descobriu que cada característica passa para a outra geração de forma independente, originou-se então a segunda Lei de Mendel (Lei da Segregação Independente) que diz que durante a formação dos gametas, os pares das características se separam independentes uns dos outros, recebendo cada gameta uma característica de cada par, sendo que os possíveis tipos de gametas serão formados nas mesmas proporções (SNUSTAD e SIMMONS, 2008; FRIDMAN,2012).

Estas leis são base até hoje para o desenvolvimento de estudos sobre hereditariedade e genética. Um exemplo de aplicação é o Albinismo, que consiste em uma desordem genética na qual ocorre um defeito na produção da melanina, pigmento que dá cor da pele, cabelo e olhos, relacionando-o se a primeira Lei de Mendel, o gene para o albinismo só irá se manifestar em indivíduos com os dois genes recessivos (FRIMAN, 2012; SBD – Sociedade Brasileira de Dermatologia).

No âmbito educacional, o ensino dos princípios de Mendel são abordados na disciplina de Genética, integrando componente curricular do Ensino Médio. E a forma de abordagem ocorre através de cruzamentos, onde é possível prever os resultados entre linhagens de diferentes organismos, isso acontece fazendo uso dos métodos da Probabilidade, Quadro de *punnett* e Linha bifurcada (Snustad & Simmons, 2008). A seguir o método de *punnett* é detalhado, por ser o mais utilizado na introdução do conteúdo, e ser o escolhido como proposta base da aplicação desenvolvida (CORTEZ,2013).

O quadro de punnet permite representar os gametas e combiná-los de maneira sistemática, gerando combinações possíveis dos genótipos, dos indivíduos envolvidos. A figura 4 apresenta este método no postulado da primeira Lei.

Tabela 3: Quadro de Punnett

		Gametas masculinos	
		A	a
Gametas femininos	A	AA	Aa
	a	Aa	aa

} Descendentes

Fonte: Autoria Própria

4 TRABALHOS RELACIONADOS

O presente capítulo apresenta alguns trabalhos relacionados ao desenvolvimento de soluções para o ensino de genética, e que serviram como referência para construção desta proposta.

O trabalho de ALNFIAIA e SAMPALLI, (2017) apresenta a ferramenta *BrailleEnter: A Touch Screen Braille Text Entry Method for the Blind* – o qual apresenta o desenvolvimento de um teclado acessível aos deficientes visuais, com foco na cegueira total. De acordo com a proposta, os usuários podem fazer combinações baseados em seis gestos para representar os pontos elevados e não elevados, com base no código Braille.

A ferramenta foi instalada em um *smartphone* Android e foram realizados testes com dois participantes totalmente cegos, com o intuito de verificar a usabilidade da mesma. No decorrer dos testes foi observado e relatado pelos participantes suas facilidades, dificuldades e experiência de uso da ferramenta.

Os resultados preliminares foram positivos, uma vez que mostraram que a ferramenta proposta superou problemas de navegação, porque os usuários podiam tocar em qualquer lugar da tela, e superou a maioria das limitações do teclado QWERTY, bem como outros teclados propostos.

O objetivo do trabalho de CASANOVES et al., (2017) intitulado: *“Learning genetics through a scientific inquiry game”*, foi de melhorar o conhecimento dos alunos sobre genética, através de um jogo de investigação policial. Os participantes tinham que desenvolver e usar raciocínio científico na tomada de decisão baseada em evidências apresentadas pelo jogo.

A metodologia utilizada foi através de um estudo de caso realizado com cento e vinte participantes, sendo professores universitários, alunos do ensino médio e graduação da Universitat Rovira i Virgili (URV) em Tarragona (Espanha). Para realizar a atividade, os participantes foram organizado em grupos de trabalho de três ou quatro estudantes, envolvendo sempre a participação de um professor.

Os participantes recebiam um desafio para solucionar, baseado em um caso Real, que consiste em uma atividade de treinamento educacional que envolve um caso de roubo e sua investigação policial. A atividade foi projetada para refletir o mundo real, tanto quanto possível, a fim de envolver os alunos no processo de aprendizagem. A atividade exigia que os alunos analisassem as pistas, reais como

investigadores, enquanto aprendiam os conceitos genéticos de que necessitam para tais análises.

Ao final do jogo os participantes foram capazes de: (1) Compreender os conceitos de fenótipo e genótipo; (2) Saber quais são os cromossomos, como eles são formados, suas funções e as diferenças entre espécies; (3) Compreender a herança genética; (4) Poder aplicar seus conhecimentos de genética; (5) Compreender os conceitos de dizigóticos e monozigóticos; (6) Estar ciente dos distúrbios genéticos hereditários.

Com relação aos resultados obtidos com essa aplicação, temos a média de questões respondidas corretamente durante a atividade de 83%, sendo que todos os grupos de alunos responderam corretamente mais de 60% das perguntas e mais de 50% dos grupos obtiveram mais de 80% de acertos. A porcentagem das notas obtidas através dos questionários, indicaram que o design do jogo e os materiais fornecidos criaram uma atividade apropriada que permitiu aos alunos atingir os resultados de aprendizagem exigidos.

Os autores SÁNCHEZ E AGUAYO (2008), por sua vez, apresentam um aplicativo móvel intitulado *AudioGene: Mobile Learning Genetics through Audio by Blind Learners*, um jogo desenvolvido para *smartphones*, com o objetivo de ensinar ciências, com foco no aprendizado dos conceitos básicos de genética. O aplicativo apresenta como resultados a melhoria das habilidades de resolução de problemas, navegação e orientação de tarefas atreladas a genética para alunos com deficiência visual.

No trabalho de CORRÊA et al., (2015) cuja proposta constituiu no desenvolvimento de um sistema de avaliação didática Acessível e Portátil para pessoas com deficiência visual, utilizando como estudo de caso a plataforma Android. O sistema em questão é semelhante a um questionário, dotado de perguntas e respostas em formato de um QUIZ, com a finalidade de investigar se o mesmo era acessível a pessoas com deficiência visual.

A aplicação foi desenvolvida baseada nos princípios do Design Universal, o que possibilitou garantir sua utilização por alunos com e sem deficiência visual. Os testes de usabilidade foram realizados em um tablet com sistema Android, e visou responder ao questionamento: *“Pessoas com deficiência visual são capazes de realizar avaliações didáticas através de um questionário acessível com questões de múltipla escolha em dispositivos com interface Touch Screen?”*.

O processo de teste foi realizado com sete alunos com deficiência visual, dos quais, cinco com cegueira total e dois baixa visão. Foram observados nos testes o sucesso e o tempo para execução de cada tarefa e detalhes observados, e no final os envolvidos responderam um questionário de Satisfação da Interação a fim de obter dados subjetivos sobre a interação com o aplicativo. Dentre outras conclusões acerca da usabilidade, identificou-se que o mecanismo de interação preferido pelos usuários cegos era o de “deslizar um dedo para direita ou esquerda”.

Considerando os trabalhos relacionados apresentados nesta seção, destaca-se que a abordagem proposta por esta pesquisa, difere-se das demais por propor uma aplicação no contexto da genética clássica, especificamente para deficientes visuais com cegueira total, que seja utilizada no contexto de sala de aula regular, como uma ferramenta de apoio ao professor, bem como oferecer a possibilidade do aluno utilizar fora da sala de aula, como forma de rever e treinar conteúdos e questões relacionadas a disciplina em questão. É válido ainda ressaltar que a aplicação desenvolvida levou em conta os critérios básicos de usabilidade para atender especificidades do deficiente visual, e os processos de modelagem e requisitos estabelecidos na área da engenharia de software.

4.1 Softwares relacionados às Leis de Mendel para videntes

A presente categoria aborda alguns trabalhos baseados no ensino aprendido sobre a Genética Clássica, com ênfase na abordagem das Leis Mendelianas. Estão em destaque aqui alguns softwares educacionais e/ou ferramentas computacionais destinados a docentes e discentes videntes.

Os autores Júnior et al., (2019) propuseram um ambiente virtual (Genética & Evolução-Gev) com abordagem multi-didática para o ensino de genética. A metodologia de desenvolvimento foi baseada nos princípios do *Connections-Based Learning*, que vincula o processo de ensino-aprendizagem através dos conteúdos vistos, relacionados aos aspectos cotidianos do aluno.

Os resultados demonstraram a satisfação na utilização da ferramenta pelos participantes. Destacou-se o dinamismo e a interação fácil e simplificada proporcionada pelo ambiente de estudo, envolvendo os conceitos básico de Genética.

O trabalho de Madureira et al., (2018), relata o desenvolvimento de uma ferramenta educacional para auxiliar no processo ensino-aprendizagem sobre

genética clássica. De acordo com os autores a interface amigável e colorida do jogo, auxilia em cada fase o aprendizado do usuário, enquanto o mesmo navega pelas 12 fases construídas (até o momento) do jogo.

A aplicação denominada de “*Geneticats*” foi desenvolvida em Linguagem C#, através do motor de jogos digitais *Unity*, e a plataforma definida foi o Android, justificada pelo fato de ampliação de público, uma vez que aplicações para dispositivos móveis estão amplamente difundida nos dias atuais.

Segundo a metodologia exposta no trabalho, a aplicação segue uma revisão do conteúdo de genética em cada fase, com o intuito de reforçar o aprendizado do usuário, definindo conceitos e contextualizando com as fases do jogo. A meta do jogo é realizar cruzamentos com um personagem (gato), de acordo com a Primeira Lei de Mendel.

Em suas conclusões os autores do jogo destacam que muitas das aplicações que existem sobre Genética não contam com uma estética atraente para os usuários, o que diferencia o *Geneticats*, que por sua vez é uma proposta de jogo atrativo e divertido, focado no aprendizado do conteúdo, que poderá facilmente ser utilizado como prática de metodologias ativas durante as aulas de Biologia.

Relacionados ainda com a temática em questão, o software Educacional *GNT-Cyst 2.0* (desktop), é um ambiente de simulação desenvolvido para o ensino-aprendizagem das Leis de Mendel. O mesmo possibilita conhecer os conceitos fundamentais de genética de maneira atrativa e visual. A ferramenta foi dividida em módulos específicos relacionados com a Primeira e Segunda Lei, obedecendo o currículo escolar (SILVA; DELGADO; SAMAPIO, 2017).

A construção do trabalho de Silva et al., (2017) foi através do conceito de cenas, onde são desenvolvidos cenários fechados e utilizados vários mecanismos com o objetivo de criar uma interação com o usuário. Para isso as cenas foram criadas na *Game Engine Unity3D (Unity Technologies)*, a interação ocorre através de cliques e mouse, e os resultados das simulações foram realizados através de scripts desenvolvidos em Linguagem C#.

Os autores fizeram testes com a ferramenta em dois momentos, uma com a versão 2.0 e com a anterior a esta, totalizando duas avaliações realizadas com usuários e professor (a) de Biologia. Os resultados obtidos foram extremamente satisfatórios, concluindo que essa abordagem em sala de aula é totalmente viável,

mostrando-se uma ferramenta completa em relação a outras testadas anteriormente (SILVA; DELGADO; SAMAPIO, 2017).

Considerando ainda o trabalho de Lima e Santos (2014), o qual também apresentam um software para aprendizado das Leis de Mendel. O foco do mesmo foram alunos do primeiro ano do ensino médio e docentes de Biologia. O trabalho foi baseado na metodologia ágil scrum, elaborado de acordo com quatro passos: Levantamento e aprendizagem dos conceitos de genética mendeliana, Design (protótipos do jogo), Desenvolvimento e testes.

A finalidade do jogo é realizar cruzamentos entre as plantas ervilhas de forma a interligar os conceitos com a prática. Após a introdução do jogo, ele adquire a forma de um “quebra-cabeça”, composto por níveis de dificuldades crescente. É importante destacar que diferente de outros jogos, quando o usuário realiza um cruzamento de maneira incorreta, cresce o número de jogadas para atingir o objetivo e por conseguinte, afeta sua pontuação no final (LIMA; SANTOS, 2014).

De acordo com o levantamento de trabalhos com foco no ensino de genética para videntes, verificou-se que existem produções com esse objetivo, o que evidencia a necessidade por parte de estudantes da assimilação do conteúdo. No entanto também evidencia-se nestes trabalhos o foco visual intenso. Grande partes das ferramentas ou softwares encontrados não possuem incorporadas sintetizadores ou reconhedores de voz, ou até mesmo alguma possibilidade de interação de tela que proporcione o acesso a um deficiente visual ou baixa visão fazer uso da aplicação.

Apesar do objetivo principal destes trabalhos expostos serem destinados a usuários videntes, não podemos desconsiderar o fato de que são ferramentas com propostas a serem utilizadas em salas de aula, onde encontramos os mais diversos perfis de alunos, que necessitam fazer uso das mesmas metodologias de ensino-aprendizado, portanto torna-se essencial que as essas aplicações rompam essa barreira, conforme a declaração abaixo:

“Ensinar ciências no cenário atual requer que os professores compreendam as origens das inovações científicas e tecnológicas; lutem contra as desigualdades impostas pelo capital e pelo exercício do poder; e abram novos horizontes aos estudantes no sentido de se desenvolverem humana e integralmente” (NASCIMENTO et al, 2010, p.245).

5 METODOLOGIA

Este capítulo caracteriza a pesquisa realizada, e expõe os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho. O processo metodológico foi realizado através da divisão em etapas (Figura 4), onde cada uma é caracterizada e detalhada de acordo com as técnicas utilizadas.

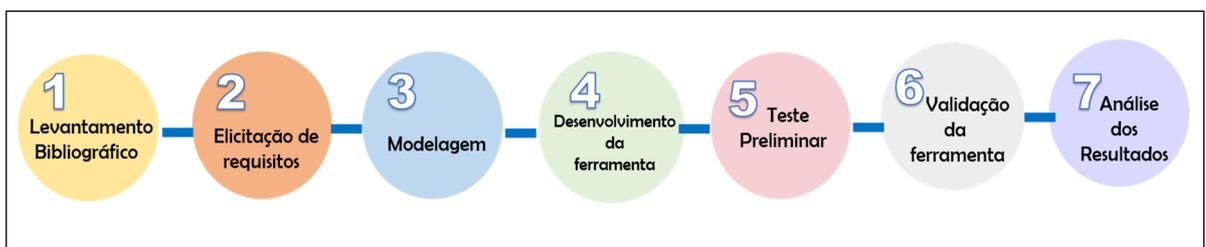
5.1 Caracterização da pesquisa

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), as pesquisas podem ser organizadas em tipos, a depender de seus aspectos característicos. Considerando esse princípio, este trabalho apresenta uma pesquisa de natureza aplicada, a qual se propõe a contribuir para a resolução de um problema específico com finalidades imediatas. Quanto aos seus procedimentos é definida como experimental, haja vista que faz uso de estudo de caso, que por sua vez busca a aplicação prática dos conhecimentos para solucionar problemas de cunho social (YIN, 2001).

Levando em consideração a abordagem do problema, esta pesquisa é qualitativa, com base na realização de um estudo de caso, com participantes deficientes visuais, fazendo uso da aplicação proposta, em ambiente controlado. Alguns dados quantitativos são apresentados na seção dos resultados, com a finalidade de apoiar a discussão, quanto ao uso da aplicação.

Para alcançar os objetivos deste trabalho foram definidos métodos a serem seguidos, e estes organizados em etapas conforme ilustração abaixo:

Figura 4: Processo Metodológico



Fonte: Autoria Própria

A etapa de levantamento bibliográfico foi realizada a partir de uma revisão sistemática de literatura tendo como fonte os principais repositórios, bibliotecas digitais, sites e plataformas nacionais e internacionais de busca, de acordo com detalhamentos contidos no Apêndice A.

Posteriormente, a etapa de elicitación de requisitos teve a finalidade de obtenção das informações que identificou as características essenciais para o desenvolvimento da ferramenta proposta, uma vez que é importante conhecer o ponto de vista do indivíduo, que será um possível usuário da aplicação.

Na etapa de modelagem do sistema são propostas representações gráficas, baseadas nos conceitos de Engenharia de Softwares e UML, possibilitando a elaboração de diagramas distintos e casos de uso para exibir funcionalidades e interações da aplicação.

Com a conclusão da modelagem, a próxima etapa é o desenvolvimento da aplicação, levando em conta os resultados obtidos através do levantamento de requisitos. Nesta etapa fez-se uso de recursos de software, através da plataforma Android Studio e recursos de hardware, por meio de um *smartphone* utilizado para implementação.

Em seguida, foram realizados testes preliminares, com alguns usuários deficientes visuais. A principal finalidade desta etapa é verificar variáveis específicos relativos a funcionalidades e usabilidade da ferramenta, para então diagnosticar possíveis erros ou melhorias a serem implementadas na mesma.

Na etapa de validação da ferramenta, um estudo de caso é proposto com a versão final da aplicação, bem como serão descritos os procedimentos adotados e pré-estabelecidos para realização dos testes finais, identificando cada passo a ser seguido.

Por fim, a etapa de análise dos resultados reuniu todos os dados e informações obtidas na fase de testes preliminares e finais. Aqui serão evidenciados de que maneira estes resultados serão organizados, visando facilitar o entendimento e discussões sobre os mesmos.

5.2 Procedimentos Metodológicos

Nesta seção são detalhadas as técnicas a serem utilizadas para realização de cada etapa definidas anteriormente.

5.2.1 Elicitação de Requisitos

Esta etapa foi desenvolvida considerando os conceitos da área de Engenharia de Requisitos. De acordo com os conhecimentos da área referida, e considerando ainda que Pressman (2011) destaca que a combinação de técnicas de elicitação são importantes, pois ajudam não só a melhorar a qualidade do levantamento realizado, bem como sanar possíveis lacunas que possam surgir no decorrer do processo, para esta etapa são utilizadas: entrevistas semiestruturadas e a técnica observacional, a qual considera o ambiente real de estudo.

A entrevista semiestruturada, conforme Mazzini (2003) pauta-se em perguntas básicas e principais, com a finalidade de atingir os objetivos propostos na pesquisa. Apesar desse tipo de entrevista ter como característica principal a obtenção de respostas padronizadas, as informações coletadas acontecem de forma livre, possibilitando a inserção de novos questionamentos no momento da entrevista.

Considerando estes aspectos, foi elaborado previamente algumas perguntas básicas, essenciais para identificação dos anseios, expectativas e funcionalidades da ferramenta a ser desenvolvida. O questionário utilizado para na entrevista é composto por oito perguntas; seis abertas, e duas fechadas. (Apêndice B). A referida etapa foi realizada no Centro de Assistência a Pessoas com Educação Especial Necessidades (NAPNE) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, incluindo a participação de uma professora de ciências biológicas e alunos com cegueira total.

A escolha desta Instituição Federal se justifica neste trabalho, por ser um cenário que desenvolve tecnologias assistivas para alunos com deficiência, além de possui uma equipe de educação inclusiva, a mesma é situada em Tucuruí, localizado nas margens do Rio Tocantins, final de sua linha navegável, segundo o IBGE último censo realizado em 2010, estimada em 97.128 habitantes, atingindo um total de 113.659 em 2019. Esta região possui uma importante energia relevância, através da usina hidrelétrica de Tucuruí. Em termos educacionais, em 2018 o número de

matrículas foi 3.496, 18.181 e 4.958 para pré-escola, ensino fundamental e médio, respectivamente (IBGE, 2010).

Além da entrevista, optou-se ainda pela aplicação de técnica observacional, baseada na situação real. De acordo com Brum e Pena (2011), esse método possui a capacidade de coleta de atividades que são desempenhadas de forma natural, o que contribui para a identificação de requisitos que estejam em conformidade com a necessidade do usuário. Sommerville (2007) destaca ainda que esse procedimento é muito utilizado de maneira complementar a outras técnicas de elicitação.

5.2.2 Modelagem

Para o desenvolvimento desta etapa, dentre os modelos existentes para modelagem de sistemas, optou-se por representar a aplicação proposta através dos diagramas de caso de uso, diagrama de classe e diagrama de sequência, em acordo com as definições do modelo UML.

Ainda em conformidade com padrão de diagramas, optou-se também pela criação do diagrama de *Use Experience*, cujo objetivo é mostrar um mapa de navegação do usuário, abrangendo vários casos de uso de fluxo geral.

Para criação dos diagramas propostos foram utilizados os softwares: *Astha Student 1.8.0* e *Draw.io* (JHIPSTER, 2019; DRAW.IO, 2019).

5.2.3 Desenvolvimento da Ferramenta

O método de desenvolvimento adotado para a construção da proposta foi o ciclo evolucionário de desenvolvimento, o qual faz uso do método em espiral, que possibilita a construção protótipos de um sistema, evoluindo através do refinamento de implementações iniciais e feedback dos usuários (PRESSMAN, 2011).

A aplicação móvel foi desenvolvida em Java através da IDE Android Studio (versão 3.4.1) e, é compatível com smartphones e tablets com versões para Android 4.0 ou superior. A escolha de um sistema operacional Android sistema foi baseado em considerar a popularidade do sistema operacional móvel, o que implica aproximadamente 2,5 bilhões de dispositivos ativos, de acordo com pesquisa divulgada pela The Verger em maio de 2019 (SILVA, 2019).

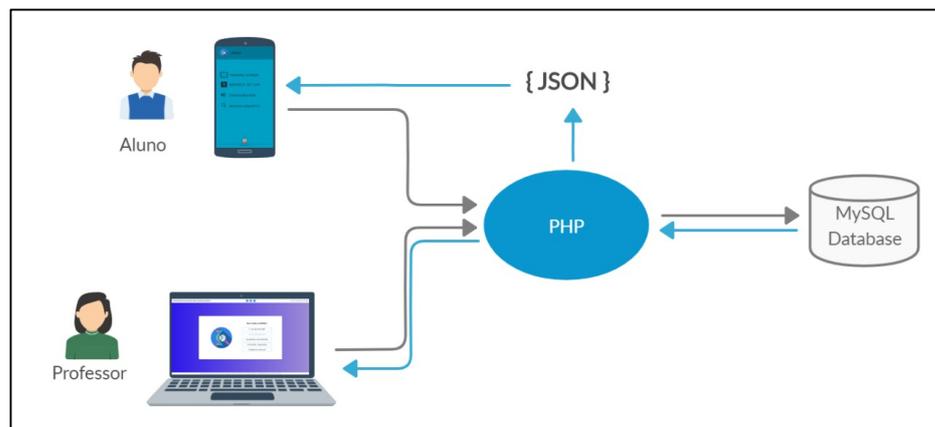
O sintetizador de fala é a ferramenta "Text to Speech" ("TTS") do Google e a biblioteca de gestos que foi utilizado é do Android. Junto com essas ferramentas,

alguns métodos foram implementados, como OnSwipeTopE, OnSwipeTopD, OnSwipeBottomE e LGesture. Para o desenvolvimento gráfico do protótipo e mecanismos de interação, o software Pencil Project 2.0 (<https://pencil.evolus.vn/>) e a versão gratuita do Mockflow (<https://www.mockflow.com/>) foram utilizados.

5.2.3.1 Plataforma Web

A Plataforma Web foi desenvolvida usando a linguagem de programação PHP (Personal Home Page). O ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) foi desenvolvido usando o Visual Studio em HTML5, CSS3 e Javascript. O banco de dados MySQL foi usado para armazenamento e controle de informações (FERRARI, 2007). A integração da plataforma web com a aplicação móvel, ocorre por intermédio de Scripts PHP fazendo uso do padrão JSON para comunicação com o Android (Figura 5).

Figura 5: Integração com a aplicação mobile



Fonte: Autoria Própria

5.2.4 Teste Preliminar

De maneira geral a realização da etapa de testes é indispensável para toda e qualquer aplicação desenvolvida, haja visto que contribui para melhorar a qualidade do desenvolvimento, reduz custos, evita retrabalho, aumenta a confiabilidade, além de diagnosticar possíveis falhas ou incompatibilidades da aplicação (VASCONCELOS et al., 2006).

O cenário definido para execução dos testes preliminares é o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, localizado na cidade de Tucuruí – Pará, que oferta cursos nos níveis médio, médio-técnico e superior. A escolha do Instituto Federal se justifica neste trabalho, em virtude do mesmo possui em sua estrutura organizacional um Núcleo de atendimento às pessoas com necessidades educacionais especiais (NAPNE).

Compreende alguns dos objetivos do núcleo: A promoção da inclusão de pessoas com necessidades específicas; a quebra de barreiras atitudinais, educacionais e arquitetônicas; a elaboração de programas de atendimento; acompanhamento do ensino-aprendizagem do aluno com necessidades especiais e o auxílio aos docentes quanto à adequação de materiais para ministração de aulas.

Considerando o NAPNE como um local de apoio aos estudantes com deficiência, bem como o fato de possuir uma equipe de atuação na área da educação Inclusiva, decidiu-se reunir os alunos com deficiência visual neste setor para a execução de testes preliminares com o protótipo da aplicação proposta. A execução dos testes preliminares está baseada no Protocolo de teste presente no Apêndice E.

Para o teste preliminar, as variáveis analisadas estão relacionadas com as funcionalidades da aplicação. Assim, foram considerados: interface sonora, visando avaliar a compreensão da mensagem e velocidade de execução; orientações de navegação para compreender se a proposta de mudança de telas atende à necessidade e facilidade no acesso às opções do aplicativo.

5.2.4.1 Perfil dos Participantes

Para a realização dos testes foram selecionados, alunos (as) que estejam cursando o ensino médio, e estudando disciplina de Genética, ou alunos já concluintes do curso, porém com conhecimento básico do assunto. Os alunos selecionados devem estar inseridos na categoria de cegueira total, independente se o fator da cegueira é congênito ou adquirida.

Preferencialmente, mas não obrigatoriamente os alunos deverão possuir habilidades quanto ao manuseio de *smartphones*, mas caso contrário estes também poderão participar dos testes, recebendo anteriormente instruções de uso do aparelho. A seleção dos participantes foi feita após consulta à secretaria da instituição, para verificar a quantidade de alunos com esse perfil.

5.2.5 Validação da Ferramenta

Levando em consideração a execução da etapa de testes preliminares, que proporcionou a correção de possíveis falhas e funcionalidades na aplicação desenvolvida, nesta etapa então, é proposto a realização de testes finais da aplicação.

O ambiente definido para aplicação dos testes finais será a Associação de Deficientes Visuais (ADVASP), localizado no município de Tucuruí. O objetivo da associação é apoiar as pessoas com deficiência visual, residentes na cidade. Como apoio da associação, os participantes foram convidados a participar da pesquisa de forma voluntária. Poderão participar dos testes pessoas com deficiência visual, que atendam o perfil definido na pesquisa.

5.2.5.1 Coleta de Dados

A coleta dos dados foi realizada através do questionário de usabilidade aplicados aos sujeitos da pesquisa, enquadrados no perfil de participante descrito na seção 5.2.4.1. O questionário é formado por dez questões que foram respondidas pelos praticantes após a utilização da aplicação, sendo relatado a cada envolvido orientações de preenchimento do mesmo, bem como a importância de sua colaboração nesta ação.

A elaboração do questionário aconteceu com base no modelo do SUS (System Usability Scale), fazendo uso da escala de Likert, para medir tanto a direção (favorável ou não) quanto o grau de satisfação dos sistemas (LIKERT, 1932). Segundo Costa (2011) uma das vantagens desta técnica é sua facilidade de manuseio e adaptações sobre as métricas definidas, sendo a mesma utilizada em diversas pesquisas.

As perguntas do questionário foram elaboradas, a partir de adaptações feitas nas Heurísticas de avaliação para projetos de desenvolvimento de aplicações móveis educacionais. As perguntas foram organizadas, de forma a avaliar os parâmetros de funcionalidade e interatividade promovidos pela utilização da aplicação (NIELSEN, 1993; BERTINI, 2009; SALAZAR, 2012).

5.2.6 Análise dos Resultados

Esta etapa consistiu na análise dos dados coletados, através da aplicação da pesquisa, de acordo com procedimentos descritos nas seções 5.2.5 e 5.2.5.1. Para avaliação dos dados considerou-se os resultados obtidos elencados pelo questionário de usabilidade SUS (System Usability Scale), fazendo uso do utilizou-se o método proposto pela técnica, baseado em uma escala de Likert, composta por dez questões, fornecendo uma visão geral acerca de critérios de usabilidade da aplicação proposta.

As representações dos dados serão expostas na forma de gráficos comparativos e tabelas, os quais estão presente na sessão de discussões dos resultados obtidos.

6 ANÁLISE DE REQUISITOS DO SOFTWARE

Neste capítulo, são abordadas de que forma ocorreu as etapas de elicitação de requisitos e desenvolvimento da modelagem da aplicação proposta, detalhadas no capítulo anterior correspondente a metodologia.

6.1 Levantamento e Análise de Requisitos

A etapa de levantamento de requisitos aconteceu através das técnicas de entrevista semiestruturadas (Apêndice B), e observação. A obtenção dos requisitos ocorreu no NAPNE/IFPA-Tucuruí, com a participação da professora de Biologia e aluno com cegueira total. Na oportunidade a mesma pôde descrever quais os métodos que utiliza para ministrar o conteúdo de Genética, quais suas maiores dificuldades e de forma acontecem as avaliações, dentre outras informações.

Em relação a dinâmica das aulas, a professora realiza primeiramente a exposição do conteúdo em forma de slides para a turma, e posteriormente dedica uma atenção aos alunos com deficiência visual, repassando o conteúdo em horário alternativo, e com apoio do NAPNE na confecção de materiais de apoio, como a impressão em Braille de algumas informações.

Em virtude de não ser possível a representação em braille de alguns desenhos específicos necessários para explicar sobre alguns assuntos relacionados a Genética, uma alternativa encontrada pela professora, foi a confecção de modelos táteis. Para tanto ela reúne grupos de alunos videntes, e todos auxiliam na construção de modelos de auxílio ao aluno com deficiência visual.

Um dos modelos táteis confeccionados trata-se de mapa sobre cruzamentos mendelianos, um dos principais assuntos abordados no ensino da Genética. Para desenvolver os modelos, a professora ressalta que sempre procuram fazer uso de materiais de baixo custo e de texturas variadas, para facilitar a assimilação pelo aluno. Para estes modelos em específico foram utilizados diversos materiais, dentre eles, isopor, tampinha de refrigerante de tamanhos variados e velcro. A figura 6 exhibe os modelos táteis confeccionados e utilizados para suporte a ministração das aulas de Genética.

Figura 6: Modelos táteis das Leis de Mendel



Fonte: Arquivo pessoal

Após a confecção do esquema, as legendas eram impressas em braille em impressora específica, por intermédio do NAPNE. Durante as aulas, o modelo era entregue aos alunos com deficiência visual, e ao longo da exposição do conteúdo, a professora orientava sobre o uso do mesmo, e indicava o momento em que era necessário utilizá-lo.

Uma das dificuldades relatada pela professora, é que apesar da enorme contribuição e auxílio proporcionado pelos modelos táteis para compreensão dos conteúdos, sempre havia a necessidade de confecção de novos modelos, de acordo com o assunto ministrado, geralmente é utilizado somente um modelo por aula. Além da dificuldade de manuseio de alguns modelos durante as aulas, em virtude de suas dimensões.

Em conversa também com aluno deficiente visual, ele concorda com a docente sobre o auxílio na aprendizagem com o uso de modelos táteis, mas também reafirma a dificuldade no manuseio destes. Ressalta ainda a vontade de possuir um recurso de auxílio que o permita ter uma maior independência, uma vez que é sempre necessário que a presença de uma pessoa vidente para realizar a descrição dos modelos a ele.

O aluno enfatiza ainda a necessidade da solução contemplar assuntos que são difíceis a representatividade através de modelos táteis, como o estudo de alelos múltiplos, normalmente trabalhados através das cores dos pelos dos coelhos,

questões relacionadas também a anemia falciforme, dentre outros conteúdos que são de difícil assimilação.

6.2 Observação da interação com o modelo didático utilizado

Em um segundo momento com a professora e o aluno com deficiência visual, foi possível observar a interação do aluno com o modelo didático utilizado nas aulas para o ensino das Leis Mendelianas. Inicialmente a professora apresenta o modelo ao aluno, identificando cada componente e de que forma ele pode manuseá-los, posteriormente ela faz um resumo sobre o assunto, e a seguir elabora uma questão e solicita a resolução fazendo uso do modelo.

O aluno ao mesmo tempo que manuseia o material na tentativa de resolução, descreve cada etapa do cruzamento mendeliano que está executando. Ao final da atividade a professora informa ao aluno o seu desempenho, e esclarece possíveis dúvidas sobre a tarefa. Durante a observação desta dinâmica, foi possível identificar alguns pontos:

- (a) Após as orientações da professora, o aluno dedicava um tempo a exploração tátil do modelo, realizando um reconhecimento dos objetos e relacionando-os com conceitos apresentados pela professora.
- (b) No decorrer da exploração tátil o aluno necessitava relembrar e tirar dúvidas com a professora sobre conceitos inerentes ao assunto, como exemplo: “dominância” e “recessividade”, fundamentais para a realização da tarefa.
- (c) Em alguns momentos era necessário que a professora direcionasse a mão do aluno indicando a posição exata de colocação das peças, neste caso os alelos, representados por tampinhas de garrafas.
- (d) O tamanho do modelo exigia um espaço maior para o manuseio adequado do mesmo. Em consonância com relato do aluno, que enfatizou a dificuldade de transportar o material no ônibus, até sua casa. Então sempre que precisava estudar para avaliações, preferia o espaço do NAPNE.
- (e) O número de problemas sugeridos para resolução fazendo uso do modelo, era pequeno, uma vez que o modelo não tinha sido projetado, por exemplo para atender cruzamentos com mais de dois pares de alelos. Para sanar estas dificuldades, eram propostos a confecção de novos modelos.

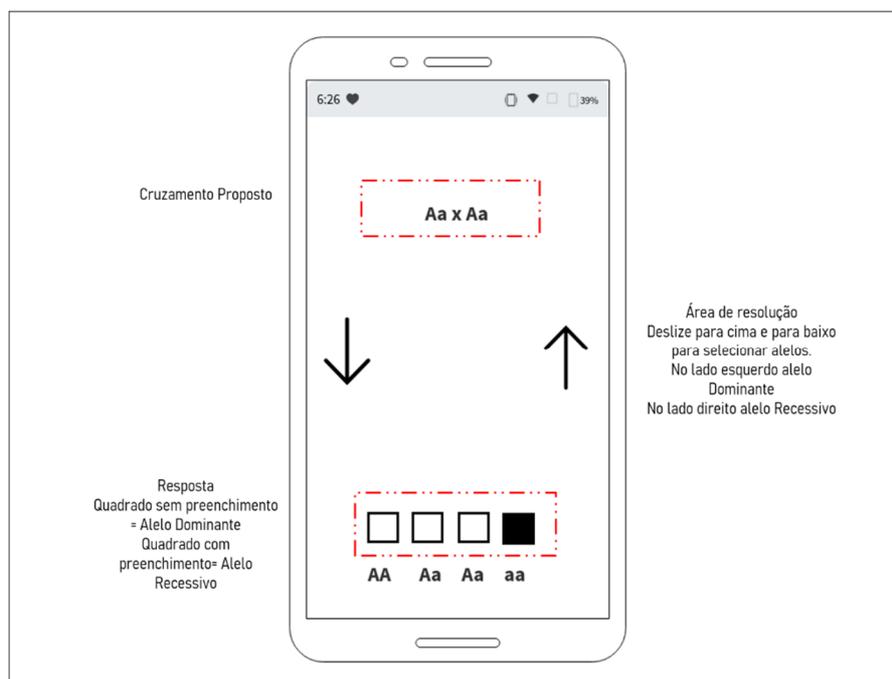
Considerando o relato da professora e aluno deficiente visual, bem como as entrevistas realizados e a observação do recurso didático utilizado para o ensino de

genética, foi possível identificar, organizar e caracterizar as necessidades levantadas em requisitos funcionais e não funcionais, e posteriormente propor a construção de um protótipo inicial.

6.2.1 Observações da interação com o modelo base

A partir das informações decorrentes das entrevistas, foi elaborado uma tela de interface prévia, para ajudar os *Stakeholders* (usuários finais) a compreenderem a proposta da aplicação. O modelo era composto apenas por uma interface apresentando a forma de interação proposta para resolução de exercícios. Essa versão inicial do protótipo também possuía um retorno auditivo, com intuito de detectar algumas características do sintetizador de voz proposto.

Figura 7: Tela de mecanismos de interação



Fonte: Autoria Própria

O aluno recebeu orientações sobre a maneira de interação para a realização de cruzamentos mendelianos. Semelhante à forma utilizada pelo modelo didático anterior, no entanto, essa interação acontecia por meio de deslizamentos na tela para cima e para baixo, fazendo uso dos lados direito e esquerdo da tela, em um *smartphone*.

Como resultados das observações, foi possível perceber que o aluno requereu um tempo de assimilação e exploração para com novo método, entretanto o mesmo aprovou a forma de interação proposta pela aplicação, conseguindo compreender e utilizá-lo. Detectou-se também a necessidade de regulação do sintetizador de voz, dimensionamento de tela, adição de alguns elementos identificativos em tela, sugeridos pela professora, dentre outros.

Essa interação preliminar do aluno com a interface teste, possibilitou a complementação da obtenção de requisitos. A identificação de novos requisitos foram destacados tanto pelo aluno, quanto pela professora. Estes, após análise e organização estão descritos nas seções 6.3.2 e 6.3.3.

6.3 Descrição geral da proposta

Apesar do crescente desenvolvimento de tecnologias de apoio ao deficiente visual, percebe-se ainda áreas do conhecimento que precisam ser exploradas, por exemplo, as Ciências Biológicas, por se fazer necessário o uso recorrente de ilustrações para introduzir conceitos fundamentais ao educando, dificultando assim a aprendizagem do deficiente visual. No intuito de colaborar na produção e divulgação de ferramentas de auxílio ao deficiente visual, é proposta o desenvolvimento de um aplicativo móvel que auxilie o deficiente visual em seu aprendizado na área da genética, propondo uma solução que possa ser utilizada tanto no ambiente acadêmico (sala de aula), quanto externo a ela.

6.3.1 Especificação da Aplicação

A aplicação proposta tem como conteúdo principal as Leis mendelianas relacionada a Genética Clássica, apresentadas através de módulos relativos à Primeira e Segunda Lei, respectivamente. Para fazer uso da aplicação o usuário não terá que realizar nenhum cadastro, sendo necessário apenas o download e instalação da aplicação em um *smartphone* com sistema operacional Android.

O sistema deverá permitir ao usuário definir as configurações para uso da aplicação, como por exemplo regular a velocidade do feedback sonoro recebido. Deverá ainda dispor de um tutorial, onde será apresentado os comandos básicos de navegabilidade da aplicação.

Deverá conter questões modelo, disponíveis para resolução, sendo o sistema responsável pela correção da mesma. Faz-se necessário ainda que a solução possibilite ao usuário resolver questões de sua preferência, relativas tanto a primeira como a segunda Lei de Mendel.

A aplicação deverá considerar a metodologia de resolução das questões baseadas no quadro de *punnett*, diagrama que permite determinar a herança genética resultado de um cruzamento entre a geração parental.

Há necessidade de apresentação de forma sintetizada conceitos introdutórios básicos relativos ao entendimento da Genética, fundamentais para a resolução de exercícios. Destaca-se ainda a importância da solução apresentar a possibilidade de trabalhar conceitos relacionados a doenças como o albinismo, exemplificada em estudos relacionados a primeira lei de mendel.

6.3.2 Requisitos Funcionais e Não Funcionais

A forma de descrição funcional adotada nesse padrão, tanto para elaboração dos requisitos funcionais e não funcionais, é a modelagem de caso de uso baseada na notação UML.

Tabela 2: Requisitos Funcionais e não funcionais

Funcionais	Descrição
[RF01] Definir configurações	A aplicação apresenta uma opção para regular a velocidade de áudio e uma para ajustar a área para toque na tela.
[RF02] Rever conceitos	A aplicação deve possuir uma opção que possibilite rever conceitos relacionados aos assuntos abordados.
[RF03] Realizar ambientação	Possibilitar ao usuário conhecer e treinar a forma de navegação da aplicação, apresentando direções e sentidos necessários à utilização.
[RF04] Efetuar cruzamentos	Oferece ao usuário uma área livre para realização de cruzamentos referente a Primeira e Segunda Lei de Mendel, baseados no mapa de <i>punnett</i> .
[RF05] Resolver questões	A aplicação deverá conter questões pré-definidas para que seja possível ao aluno resolvê-las.

[RF06] Corrigir questões	A aplicação deve ser capaz de informar ao usuário se a solução da questão resolvida está correta.
[RF07] Inserir lista de genes	É necessário que a aplicação forneça uma lista de genes a serem utilizadas para solução de questões de acordo com tipo de doença a ser estudada.
[RF08] Feedback sonoro	A aplicação retorna um feedback sonoro a cada ação realizada com o intuito de localizar o usuário quanto a navegação.
[RF09] Reconhecer Toque	A aplicação deve reconhecer e informa ao usuário quando o mesmo realizar um toque de modo incorreto na tela.
[RF10] Diferenciar toques e ações	A aplicação possui uma ação relacionada para cada tipo de toque na tela, por exemplo dois toques simultâneos na tela, seleciona uma opção disponível, já para avançar de tela, é utilizado um toque simples.
[RF11] Abordagem de alelos múltiplos	A aplicação deve possuir questões que permitam introduzir o conceitos de alelos múltiplos.
[RF12] Apresentação gráfica	É necessário que toda questão a ser apresentada ao aluno deficiente visual, também possa ser graficamente representada para a orientação de uma pessoa vidente, caso precise, a exemplo um docente.
Não Funcionais	
[RNF01] Desempenho	O intervalo entre o tempo de resposta da aplicação durante o uso dos recursos disponibilizados não deverá exceder 2s.
[RNF02] Usabilidade	O aplicativo deve oferecer facilidade na navegabilidade, sendo possível ao usuário navegar facilmente entre as telas da aplicação. As informações oriundas do feedback sonoro devem ser claras e objetivas. O espaço destinado ao reconhecimento de toques na tela deve estar limitado de forma padronizada em cada tela.
[RNF03] Interface	Os menus e/ou botões de acesso a aplicação devem contribuir com a navegabilidade do usuário, tornando-a fácil e interativa.
[RNF04] Manutenibilidade	A aplicação deverá ser organizada em módulos isolados, facilitando a correção de possíveis erros ou falhas. Através de intervalos pré-definidos, o sistema deverá efetuar rotinas de backups de forma a permitir sua recuperação imediata sempre que necessário.

[RNF05] Hardware e Software	A aplicação deverá ser compatível com <i>smartphones</i> de qualquer fabricante, com suporte para o sistema operacional Android, independentemente da versão.
--------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

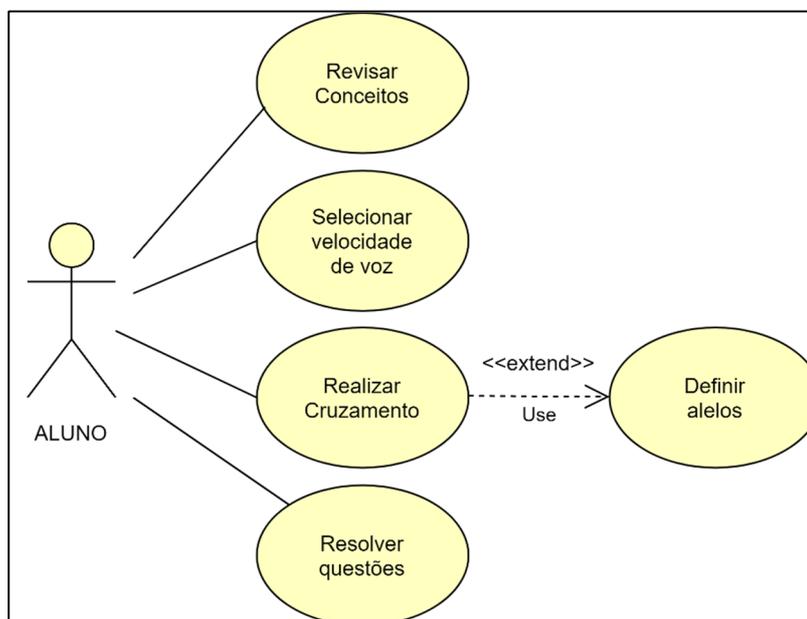
Fonte: Autoria Própria

6.4 Modelagem da solução

Com base na identificação inicial de requisitos da aplicação, desenvolveu-se os modelos de diagrama de casos de uso, diagrama de classes, diagramas de sequência, e diagrama Use Experience. Os diagramas apresentados detalham as características e/ou comportamento da solução proposta.

A figura 8, apresenta o diagrama geral de casos de uso, evidenciando as interações dos usuários com o sistema, através dos casos de uso. Para a criação dos diagramas abaixo foi utilizado o software *Astha*, versão 8.1.0 (*Student*), disponível em: <http://astah.net/download>.

Figura 8: Diagrama de caso de uso



Os casos de uso são compostos por uma descrição textual resumida em fluxos de eventos (fluxo principal, fluxos alternativos e fluxos de exceção). As tabelas 3 e 4, mostra o detalhamento dos casos de uso: “Selecionar velocidade de voz”, e “Realizar cruzamento” ambos casos de uso propostos pela aplicação.

Tabela 3: Detalhamento Caso de uso Selecionar velocidade de voz

Use case:	Selecionar velocidade de voz	
Atores:	Aluno	
Proposta:	Escolher a velocidade em que o feedback sonoro é executado.	
Descrição:	O aluno pode adequar a velocidade de acordo com sua preferência.	
Tipo:	Principal.	
Use-cases relacionados:		
Fluxos de Evento principal		
Ação do Ator	Resposta do Sistema	
1. O caso de uso inicia quando o aluno seleciona a opção “configuração” no menu inicial.	2. O sistema exibe uma lista com a opções “velocidade da voz”.	
3. Se a opção selecionada for: Velocidade de voz 5. o aluno confirma sua seleção.	4. O subfluxo velocidade de voz é executado. 6. O sistema retorna a tela inicial.	
Fluxos de exceções		
E1.O aluno não escolhe nenhuma das opções	O sistema direciona para a tela de menu da aplicação.	
Fluxos alternativos		
Não aplicado.		

Fonte: Autoria Própria

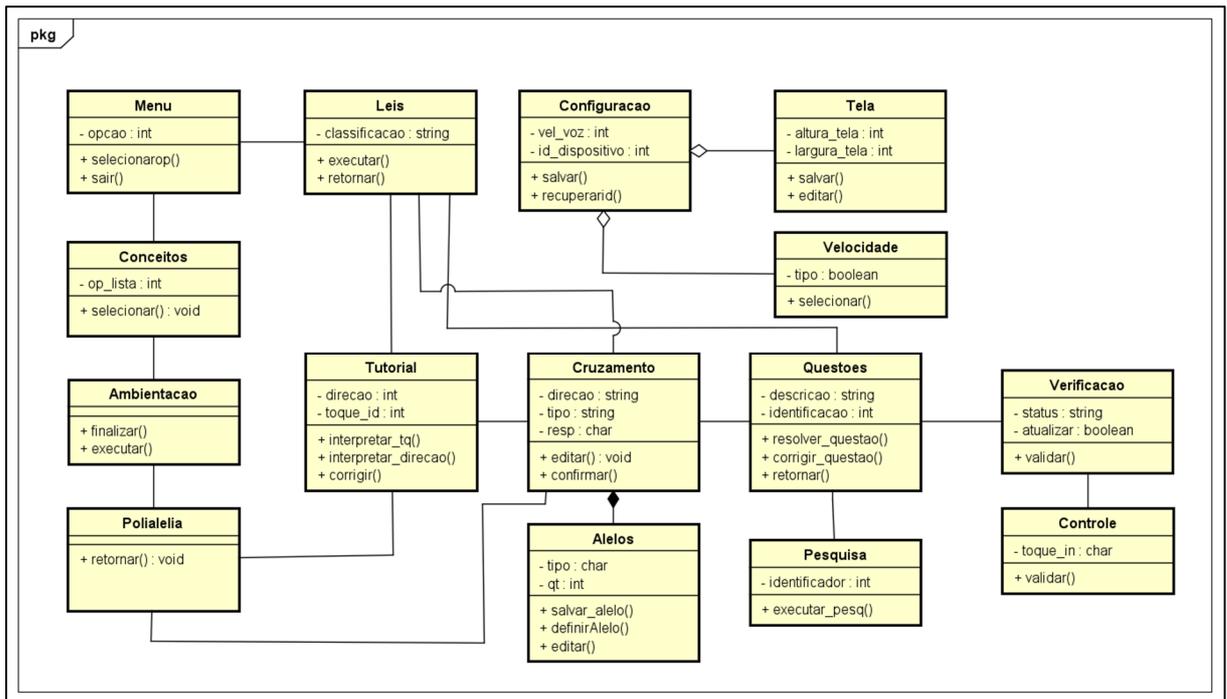
Tabela 4: Detalhamento Caso de uso Realizar Cruzamento

Use case:	Realizar cruzamento	
Atores:	Aluno	
Proposta:	Efetuar cruzamento de alelos	
Descrição:	O aluno poderá realizar o cruzamento de alelos, para resolver uma questão proposta a ele, oriunda de uma fonte externa ao sistema, Para isso fará uso do método quadro de <i>punnet</i> .	
Tipo:	Principal.	
Use-cases relacionados:		
Fluxos de Evento principal		
Ação do Ator	Resposta do Sistema	
1. O caso de uso inicia quando o aluno acessa o menu de opções e seleciona a opção “realizar cruzamento”.	2. O sistema exibe uma lista com opções de genes, representadas por letras, e solicita que o usuário escolha dois pares de gene.	
3. Se os dois pares de genes forem selecionados	4. O sistema exibirá a tela de cruzamento, aliado ao feedback sonoro: “você está na tela de cruzamento”.	
5. O aluno finalizou a resolução da questão proposta, e ela está correta	6. O sistema retorna feedback de áudio, com a confirmação de acerto.	
7. O fluxo é fechado. E o aluno retorna ao menu de opções da aplicação.		
Fluxos de exceções		
E1.O aluno só escolhe um par de gene	O sistema emite uma mensagem: “não é possível realizar cruzamento, escolha mais um par de alelo!”	
Fluxos alternativos		
A1: O aluno é redirecionado a tela de “escolha de genes”, para repetir a tarefa de escolha. A2: O aluno executa o cruzamento de forma incorreta. O sistema então emite um feedback informando se ele deseja repetir a ação. Em caso afirmativo o sistema exibe novamente a tela de cruzamento.		

Fonte: Autoria Própria

A seguir, a figura 9 exibe o diagrama de classes, evidenciando a estrutura da aplicação, formado por suas classes, atributos, operações e as relações entre os objetos.

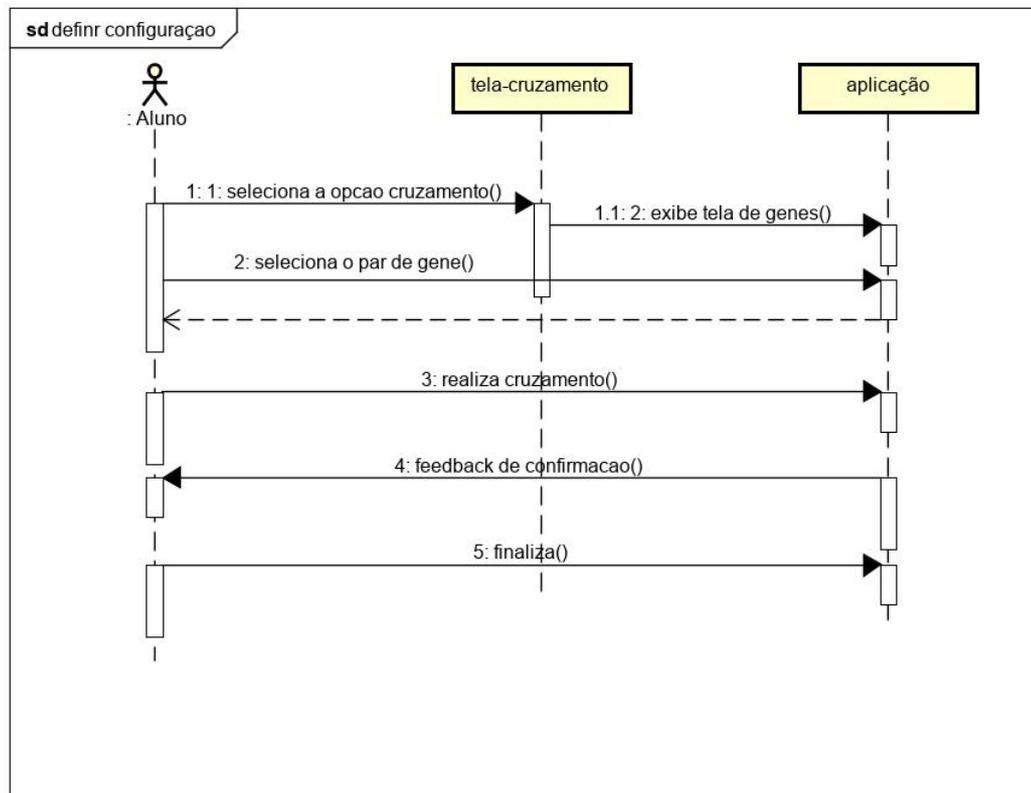
Figura 9: Diagrama de Classe



Fonte: Autoria Própria

Para apresentar as comunicações dinâmicas entre os objetos durante a execução de uma tarefa, a figura 10 representa o Diagrama de sequência, referente a tarefa realizar cruzamento.

Figura 10: Diagrama de sequência

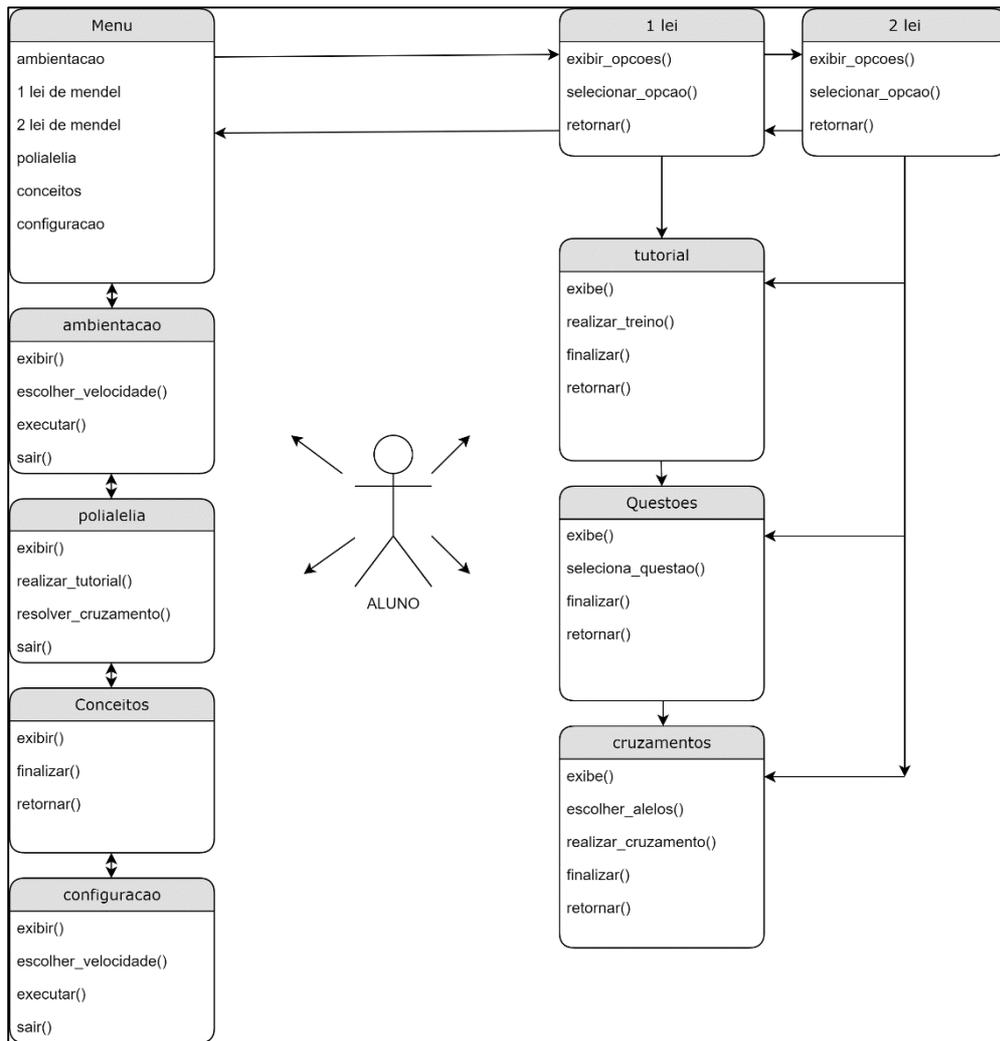


Fonte: Autoria Própria

A figura 11, apresenta o Diagrama de Use Experience, representando um mapa de navegação para o usuário, onde é possível perceber a existência de um menu básico da aplicação, a partir do qual é direcionado a uma das opções, de acordo com a preferência do usuário.

As setas direcionais indicam os possíveis caminhos de navegação pelo qual o usuário pode percorrer, bem como as ações que acontecem sempre que uma das telas é selecionada. O usuário pode sempre retornar a uma tela anterior, ou a tela principal quando desejar.

Figura 11: Diagrama Use Experience



Fonte: Autoria Própria

7 BIOBLU: BIOLOGY TEACHER FOR BLIND USERS

Neste capítulo é apresentada aplicação composta pelas interfaces referentes a primeira e segunda lei de Mendel. São tratados também os mecanismos principais de interação da aplicação com o usuário.

7.1 Interface Primeira Lei de Mendel

Após a finalização da etapa de levantamento de requisitos, desenvolveu-se a versão inicial (1.0) da solução proposta. A aplicação foi dividida em duas etapas: o desenvolvimento da Interface referente a Primeira Lei de Mendel, e posteriormente o de Segunda Lei de Mendel. Esta divisão foi fundamental para a evolução da mesma, uma vez que para trabalhar os conceitos e questões de segunda lei, tem como pré-requisito o estudo da primeira.

A figura 12 ilustra as principais telas da interface de Primeira Lei. Seguindo a ordem da esquerda para a direita é possível observar:

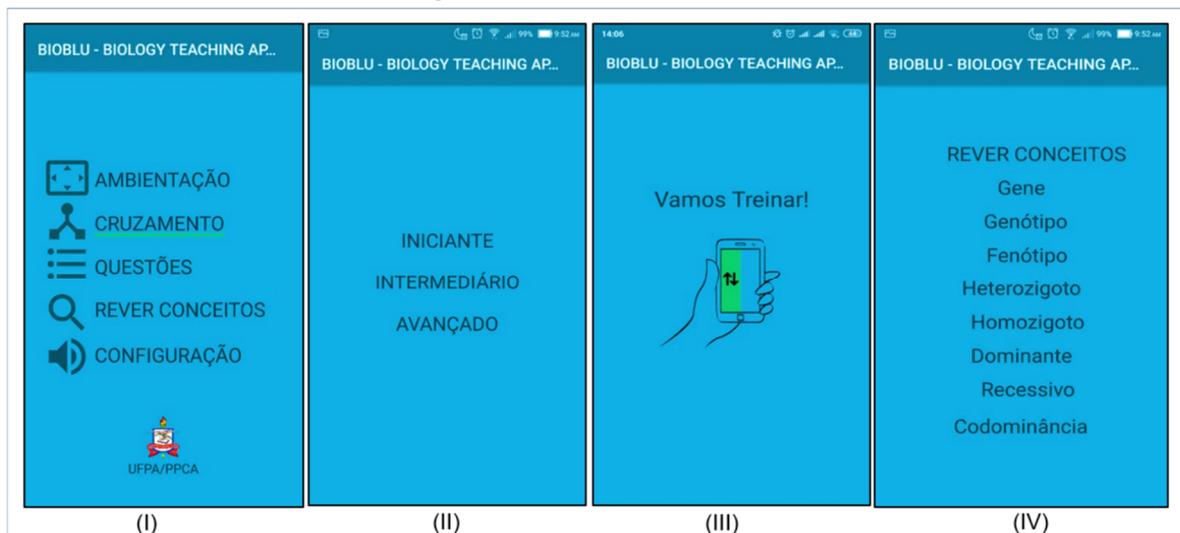
(I) Tela de menu principal da aplicação: Primeira tela da aplicação, onde é possível navegar entre as opções disponíveis.

(II) A tela de definição de velocidade de voz: Possibilita ao usuário, escolher o nível de velocidade de reprodução do feedback sonoro (iniciante, intermediário ou avançado), de acordo com sua experiência na utilização de aplicativos com leitor de tela. Esta tela é exibida automaticamente quando o usuário abrir a aplicação pela primeira vez.

(III) A tela de treino: Proporciona ao usuário conhecer e treinar os movimentos e direções de navegação necessárias para o uso da aplicação. É importante ressaltar que as telas de configuração e treino são obrigatórias somente na primeira execução da aplicação, posteriormente estas ações ficam disponíveis no menu principal para serem acessadas conforme necessidade de cada usuário.

(IV) Tela rever conceitos: Apresenta lista com os principais conceitos sobre as Leis de Mendel, necessários para que seja possível uma compreensão antes da fase de resolução de questões.

Figura 12: Telas iniciais do BioBlu



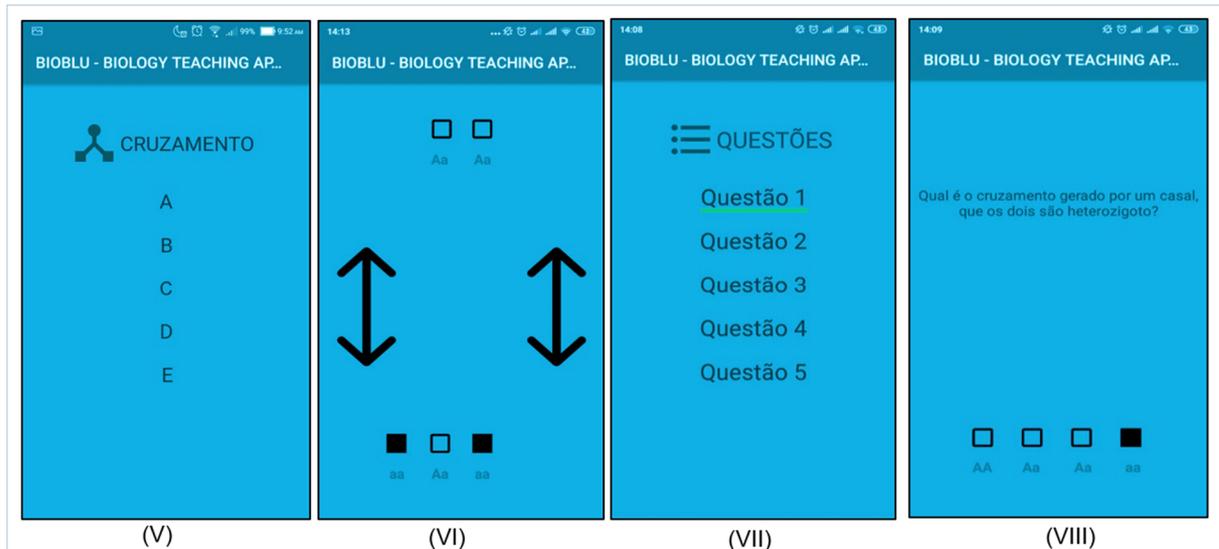
Fonte: Autoria Própria

A figura 13, apresenta as possibilidades de trabalhar com a Primeira Lei de Mendel. No sentido da esquerda para a direita, são observados dois modos para interação. O primeiro modo, a “tela de cruzamento”, a aplicação não faz especificação de nenhuma questão. Esta opção permite que seja informada uma questão aleatória sobre a primeira lei de Mendel. A exemplo o docente poderá informar verbalmente uma questão para o aluno, que fará uso desta área para resolução.

Para iniciar a resolução de uma questão primeiramente o usuário realiza a escolha de um alelo (V), posteriormente a aplicação exibirá uma área livre (VI), para que ele possa resolver a questão proposta, de acordo com os mecanismos de resolução, previamente apresentados na opção de ambientação da aplicação.

Outra possibilidade de resolução de questões ocorre através da “tela de questões” (VII), formada por cinco questões de exemplo, para resolução. Ao iniciar a resolução de uma questão (VIII), a cada ação realizada, o usuário recebe feedback sonoro solicitando a confirmação do par de alelos escolhido. Ao final, a aplicação informa sobre o erro ou acerto da resolução.

Figura 13: Interface Primeira Lei



Fonte: Autoria Própria

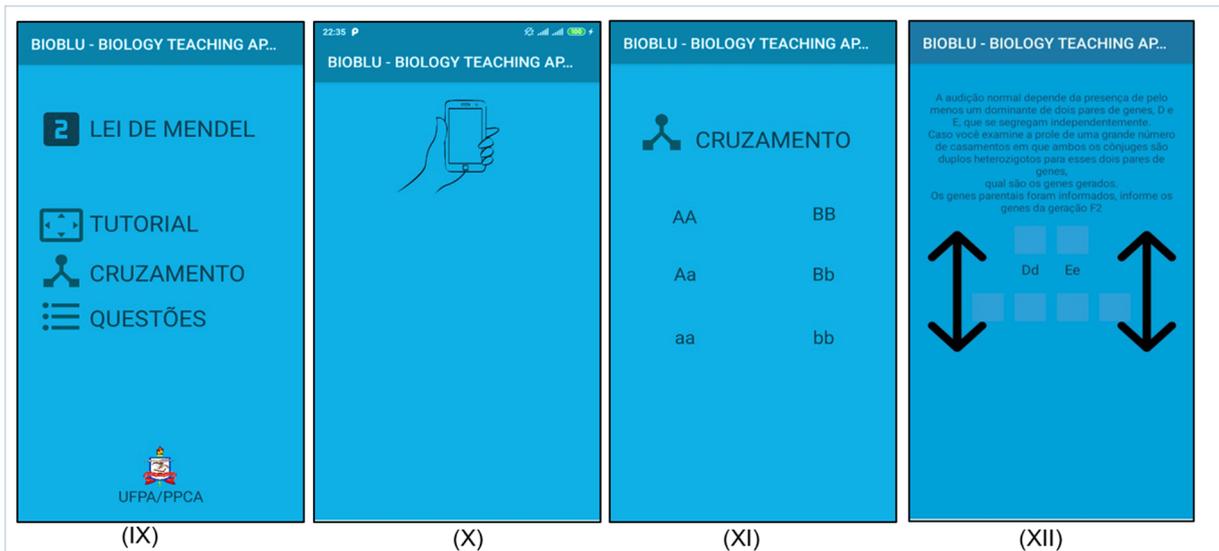
7.2 Interface Segunda Lei de Mendel

Para construção da Interface referente ao assunto de Segunda Lei de Mendel, a aplicação sofreu modificações no Menu Principal, acrescentando-se esta opção. De modo semelhante a primeira lei, ao selecionar a opção: *Segunda Lei de Mendel*, o usuário é direcionado a questões e possibilidade de realizar cruzamentos específicos deste assunto.

Vale ressaltar ainda que o mecanismo de resolução de questões para a segunda lei foi alterado, adicionando a possibilidade de trabalhar com três ou mais alelos, fazendo uso dos lados direito e esquerdo da tela, no entanto os gestos direcionais utilizados na primeira lei foram mantidos.

Nesta nova versão também atualizou-se a tela de revisão de conceitos, com algumas palavras e expressões próprias de problemas relativos ao segundo postulado mendeliano. A figura 14 ilustra a interface referente a segunda lei.

Figura 14: Interface Segunda Lei

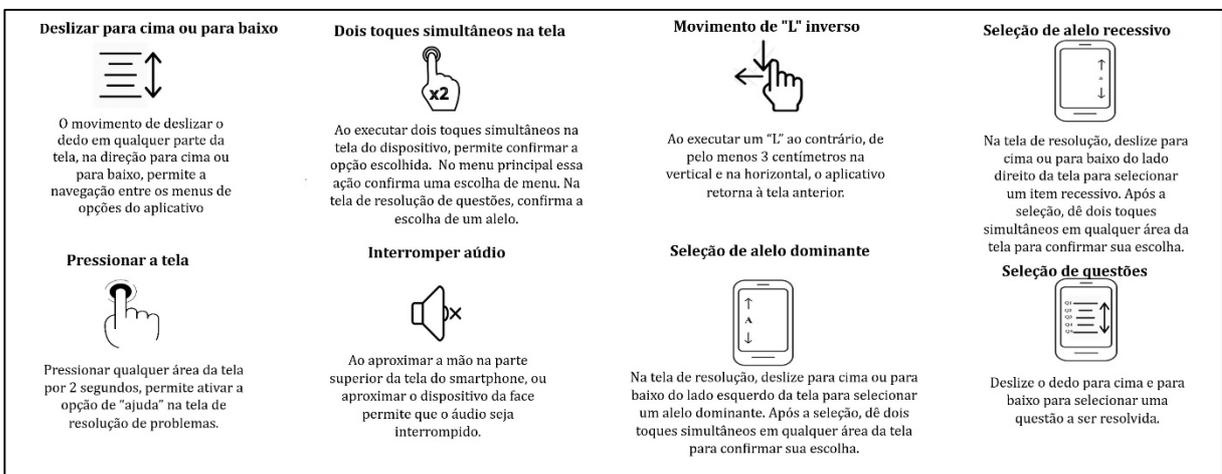


Fonte: Autoria Própria

7.3 Mecanismos de interação

Com a finalidade de tornar a aplicação o mais acessível possível para os deficientes visuais, foram necessárias algumas adaptações para que o usuário além de receber informações via meio sonoro, pudesse também ter uma forma de navegação simples e padronizada. Estas adaptações não alteram funções estruturais dos aplicativos móveis, o que não impossibilita sua utilização por videntes. A figura 15 abaixo apresenta os gestos padrões propostos para utilização da aplicação.

Figura 15: Mecanismos de interação



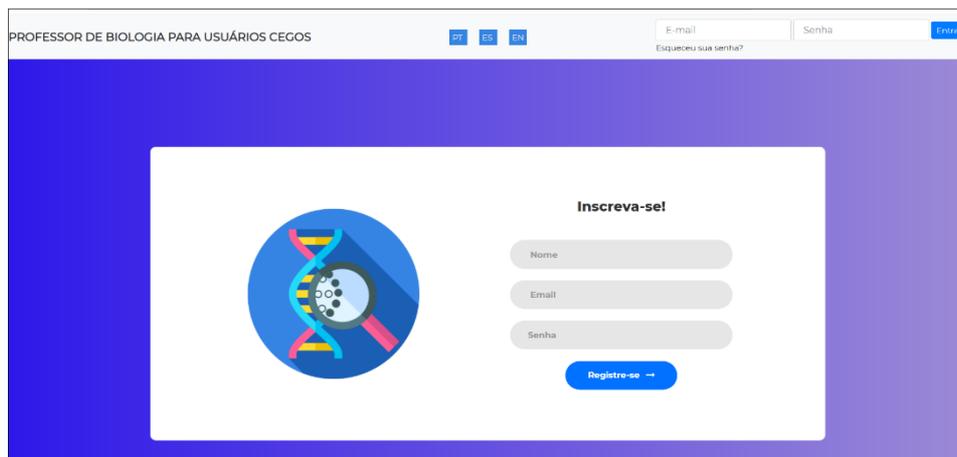
Fonte: Autoria Própria

7.4 Plataforma web de integração

A finalidade de um ambiente web de integração com a aplicação móvel, surgiu da necessidade descrita por professores entrevistados durante a etapa elicitação da aplicação móvel. A plataforma é um recurso adicional a proposta deste trabalho, que possibilita ao professor da disciplina de genética, enviar e receber exercícios sobre a Primeira e Segunda Lei de Mendel.

A Figura 16 mostra a página inicial da plataforma, onde um novo usuário pode fazer login em uma conta existente ou solicitar um novo registro na plataforma, além de alterar o idioma padrão do site que é Inglês (EUA) para português ou espanhol, classificaremos os usuários do aplicativo em dois tipos: (1) visitantes e (2) professores e pesquisadores.

Figura 16: Tela Inicial Plataforma web BioBlu



Fonte: Autoria Própria

A figura 17, exibe as principais opções disponíveis na plataforma. A opção “1ª Lei de Mendel” é o espaço destinado ao envio de exercícios deste assunto. O docente inserem em texto a questão a ser respondida, e indica quais alelos serão utilizados, e submete ao aluno desejado. Assim que cada nova questão é enviada, o aluno é notificado pela aplicação *mobile* instalada em seu dispositivo. Um comportamento semelhante acontece para o envio de questões referentes a Segunda Lei de Mendel (opção “2ª Lei de Mendel”).

A opção de “questões submetidas”, apresenta um resumo ordenado, de todas as questões que já foram enviadas à aplicação. E, através do “Consultar respostas”, o docente recebe as resoluções realizadas pelo aluno fazendo uso da aplicação.

Conforme exibido na ilustração 22, da seção 9.1 há uma área na aplicação para o envio e recebimento das questões por parte do aluno.

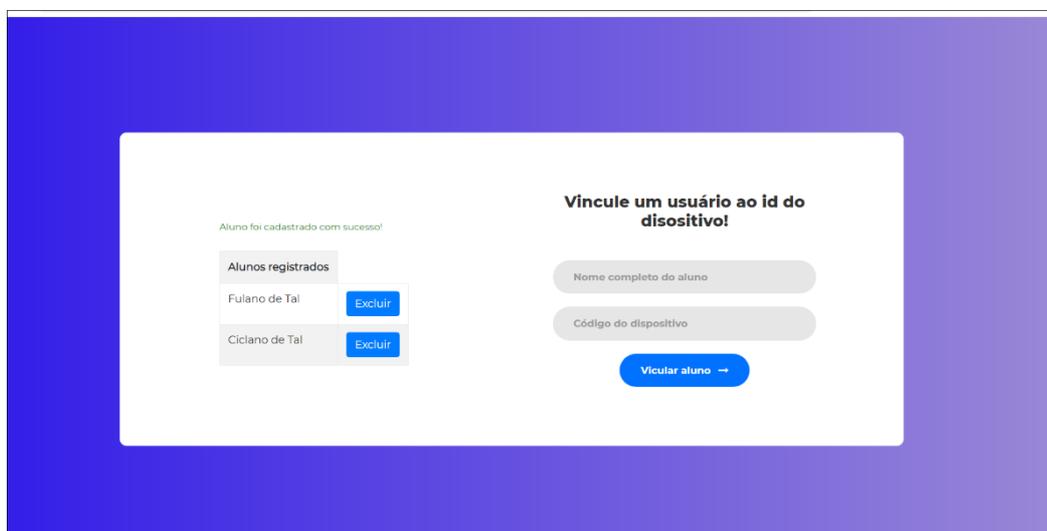
Figura 17: Principais Opções



Fonte: Autoria Própria

Por fim, na ilustração 18 a opção de “Cadastrar aluno”, permite ao docente, realizar a vinculação de um aluno a plataforma web, através da inserção de um código disponível na aplicação mobile do smartphone do usuário, quando este realiza a instalação do aplicativo. Na esquerda da tela, é exibido a relação dos alunos cadastrados com dispositivos vinculados. Mais detalhes podem ser obtidos através do manual da aplicação, disponível em www.lds.ndae.ufpa.br/bioblu.

Figura 18: Vinculação de dispositivo



Fonte: Autoria Própria

8. TESTE PRELIMINAR

A partir do modelo construído (capítulo 7) foram realizados testes preliminares, com a finalidade de verificar aspectos relacionados a funcionalidades da aplicação, bem como se estavam de acordo com os requisitos básicos identificados anteriormente. Isto se faz necessário para que possíveis erros sejam detectados e corrigidos antes de uma versão final da aplicação.

Os testes foram executados de acordo com Protocolo presente no apêndice E deste trabalho. O apêndice C, apresenta os questionários utilizados, dos quais tem-se o questionário de Caracterização de Perfil do usuário aplicado antes do início do testes. E ao fim da execução foi aplicado um questionário para avaliação preliminar da aplicação (Apêndice F).

É proposto aos participantes a adoção do auxílio do aplicativo desenvolvido para a resolução de questões. As questões a serem resolvidas serão relacionadas a doenças e síndromes relativas aos módulos da Primeira e Segunda Lei de Mendel, presentes no aplicativo, e que são tema central da Genética Clássica.

Antes do início do experimento, os participantes tiveram um momento livre de ambientação com aplicação, com o intuito de compreenderem as funcionalidades básicas da mesma. Durante a realização do experimento foram consideradas para o estudo as variáveis baseadas nas funcionalidades e acessibilidade da aplicação.

No período de exploração do aplicativo pelos participantes, os mesmos poderão acessar livremente os recursos disponíveis na aplicação. A interferência do pesquisador foi tão somente com comentários de orientação, mas sem fornecer dicas sobre aquilo que se está querendo saber no decorrer do teste.

8.1 Participantes

O teste preliminar contou com 03 participantes, todos selecionados pelo critério de cegueira total, e preferencialmente seguindo os requisitos do perfil do participante definidos na seção 5.2.4.1. Esses critérios foram verificados pelo relato dos representantes das instituições, que auxiliaram no recrutamento destes. Os três participantes eram do sexo masculino, um destes (P1) estudante do ensino médio de instituição pública, com 22 anos de idade, e com cegueira desde seus 03 anos de idade, o mesmo possui habilidades com smartphone, fazendo uso do mesmo diariamente, e acessando a maior parte de seu tempo aplicativos de redes sociais.

O segundo participante (P2) possui 42 anos de idade, estudante de graduação de escola pública federal, com o desenvolvimento de Retinose pigmentar (doença ocular rara, hereditária e degenerativa que causa deficiência visual grave) aos 06 anos de idade, habilidade mediana na utilização de *smartphones*. No momento o participante não fazia uso de smartphone por problemas pessoais, no entanto ao utilizar, as ações mais executadas eram o acesso a aplicações relacionadas a internet e aplicativo de mensagens instantâneas.

O terceiro participante (P3) possui 43 anos, é integrante da Associação de Deficientes Visuais do município de Tucuruí-PA, com cegueira total, desde 12 anos de idade. O mesmo tem habilidades na utilização de *smartphones*, fazendo uso do mesmo diariamente, para realizar ligações, envio de mensagens, acessar a internet e uso de aplicações diversas que de alguma forma auxiliie na execução de tarefas.

8.2 Resultados

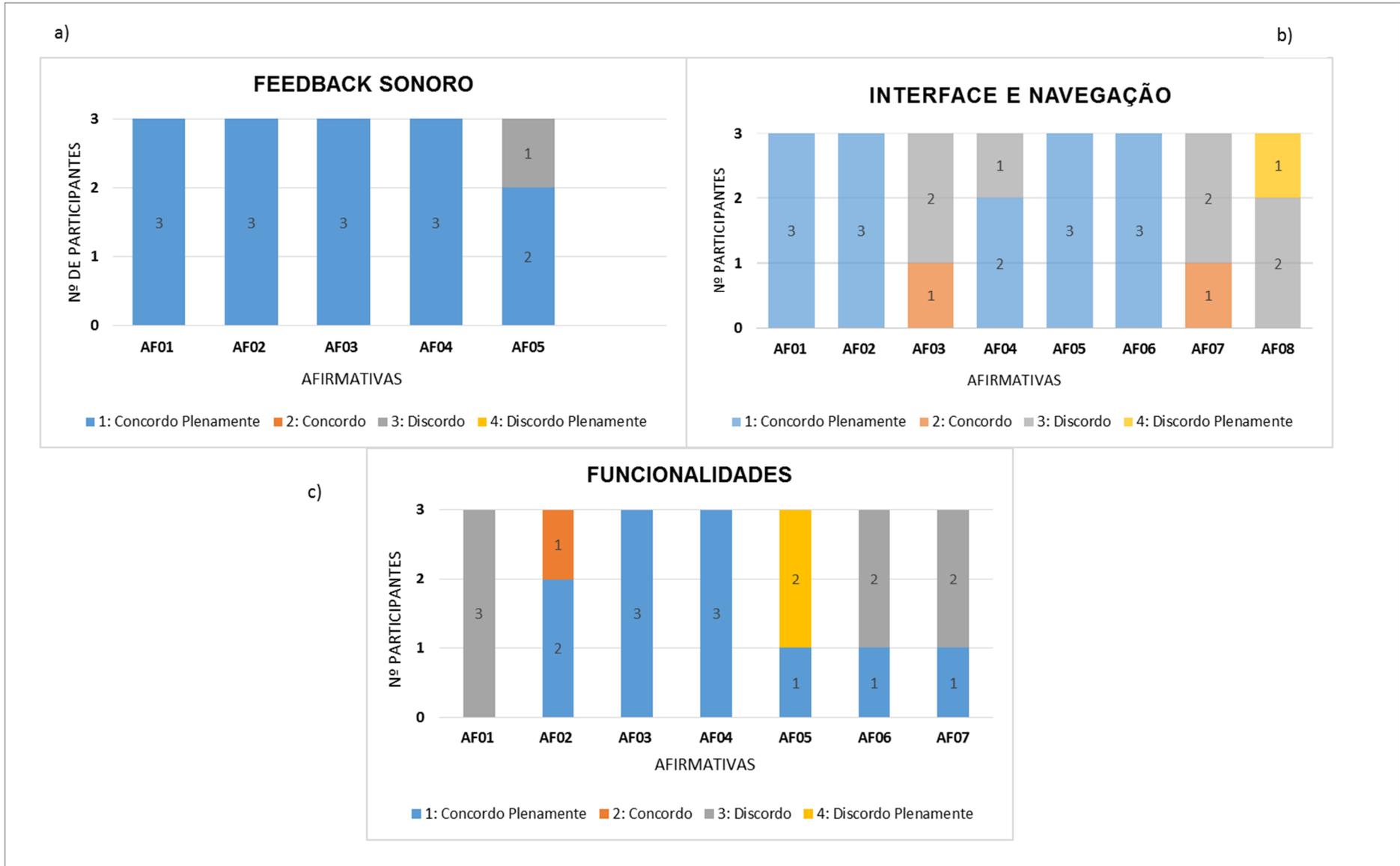
Os resultados foram analisados em conjunto com os comentários dos participantes e observações do avaliador. Em um segundo momento os resultados foram obtidos através da aplicação de um questionário de avaliação baseado em escala de notas de satisfação referentes a usabilidade e funcionalidades da aplicação.

Os resultados obtidos foram organizados de maneira simples, uma vez que o número de participantes é pequeno. Foi possível a coleta de várias informações através da observação dos participantes, e áudios gravados, todos estes dados juntamente com as respostas dos questionários foram analisados e organizados, a fim de encontrar os resultados mais relevantes da avaliação.

Após a execução pelos participantes das tarefas citadas acima, foi aplicado um questionário final, para que por meio do mesmo fosse possível analisar o nível de satisfação destes com o protótipo da aplicação. Assim, os participantes tinham que atribuir uma nota, na escala de 1 a 4, para cada afirmação contida no questionário. Cada escala numérica representava uma opinião, representada da seguinte forma: 1: Concordo plenamente; 2: Concordo, 3: Discordo e 4: Discordo plenamente.

As afirmações foram caracterizada de acordo com três aspectos a serem analisados: o feedback sonoro, interface e navegação e funcionalidades. As respostas estão organizadas de acordo com o total de pessoas que concordam com a afirmação proposta. Até o presente momento estes resultados estão considerando apenas 03 (três) participantes, de acordo com a figura abaixo.

Figura 19: Resultados do questionário de avaliação



Ao analisar a figura 19 sobre a avaliação do aspecto feedback sonoro (a) constata-se que os resultados foram positivos. Todos os participantes concordaram plenamente com as afirmações: AF01 (O áudio está claro e de fácil entendimento); AF02 (Ao tocar um item na tela o usuário recebe um feedback sonoro); AF03 (A velocidade do feedback sonoro pode ser controlada) e AF04 (Ao tentar prosseguir para próxima ação, o retorno de áudio anterior foi interrompido no momento certo). Para a afirmação AF05 (Foi possível compreender sem dificuldades o retorno de áudio relacionados a questão de resolução proposta) apesar da maioria dos participantes compreender bem o retorno de áudio, foi diagnosticado a necessidade de síntese do texto da questão para facilitar o entendimento do usuário. Este aspecto faz parte da tabela 09, onde estão listados sugestões de novos requisitos.

Em relação ao quesito de Interface e Navegação (b) foram detectadas algumas dificuldades relatadas pelos participantes, a exemplo temos a AF04 (A tela de treinamento apresentada é de fácil entendimento), onde um dos participantes relatou a importância da inserção de uma “questão treino”, onde além de conhecer os gestos de navegação da aplicação, o mesmo já conseguisse realizar uma simulação dos movimentos necessários para resolver uma questão. Foi sugerido ainda que esta tela de treino estivesse incorporada a tela referente conceitos das Leis Mendelianas, para que o usuário obrigatoriamente já lembrasse os conceitos. Vale ressaltar que atualmente somente no primeiro acesso à aplicação é necessário o usuário ingressar na tela treino e de conceitos, a partir da segunda execução, o usuário já acessa diretamente o “menu de opções”.

Outra sugestão surgiu do resultado da afirmação AF08 (Há dificuldade para compreender a orientação da interface utilizando apenas o retorno auditivo), embora todos os participantes afirmarem a satisfação com o uso da aplicação, e conseguirem fazer uso sem maiores complicações, foi sugerido uma associação de retorno auditivo, já existente, com modos de vibração, por exemplo para informar acerca de um movimento inválido.

Para a análise a nível de funcionalidades da aplicação (c), foi observado a necessidade de algumas melhorias, identificadas a partir da AF02 (Eu conseguir entender e realizar cruzamentos sem dificuldades). Considerando as respostas obtidas, existe a necessidade de inserção de um mecanismo para correção de erros, evitando que o usuário refaça o cruzamento do início sempre que errar. É necessário

ainda que após a execução de um cruzamento a aplicação confirme sua finalização, e apresente duas opções: uma para repetir a ação, ou prosseguir à tela de início.

Com base nos resultados obtidos através da aplicação dos dois questionários, como também os comentários dos participantes, foi possível destacar alguns novos requisitos sugeridos durante a execução dos testes preliminares. É importante ressaltar que estes novos requisitos serão avaliados, e poderão ou não ser incorporados aos requisitos anteriormente definidos.

Tabela 5: Requisitos sugeridos

[RF]	Adicionar menu de anotações para ser utilizado durante as aulas, e revisto em casa;
[RNF]	Adicionar um link externo que direcionasse ao assunto das leis Mendelianas a uma página web;
[RF]	Adicionar mecanismo de vibração para indicar erro e/ou movimento inválido.
[RF]	Implementar função para correção de erro durante o cruzamento.
[RF]	Síntese das questões propostas para resolução
[RF]	Adicionar método de entrada para confirmação de toda ação executada pelo usuário.

Fonte: Autoria Própria

Observando os resultados apresentados anteriormente, nota-se a necessidade de considerar todos os problemas identificados, a fim de corrigir as falhas e assim realizar as melhorias de acordo com as sugestões dos participantes. Apesar disto, constata-se que a aplicação conseguiu alcançar um nível positivo de satisfação entre os participantes, indicando que a mesma auxiliou os usuários deficientes visuais na compreensão e exercício das leis mendelianas.

9. ATUALIZAÇÃO DA APLICAÇÃO

Este capítulo apresenta as modificações realizadas na aplicação após a aplicação de testes preliminares, bem como descrever as atualizações na interface e funcionalidades da aplicação.

9.1 Melhorias Implementadas

Como consequência da realização dos testes preliminares, apresentados na seção 8.2, foi possível identificar algumas oportunidades de melhorias, as quais foram em sua grande maioria implementadas.

Quanto à forma de interação com a aplicação realizou-se a adição do mecanismo de interação “L ao contrário”, como opção para retornar a uma tela anterior, a escolha por este mecanismo, justifica-se uma vez que a maioria dos deficientes visuais faz uso do *Talkback*, e já estão familiarizados com este gesto.

Implementou-se também uma funcionalidade para realizar correção de erro, durante a realização do cruzamento de pares de alelos. Ou seja, quando o usuário inicia a resolução de uma questão, por exemplo, a cada par de alelo formado pelo usuário, a aplicação verifica se os pares informados estão corretos, caso contrário um feedback auditivo é retornado, informando a necessidade de repetir a operação.

De modo semelhante, quando o usuário executar qualquer gesto inválido, na área de resolução, um feedback de orientação é retornado. Adicionou-se ainda um método de entrada para confirmar toda ação executada pelo usuário, isso acontece através da execução de dois cliques simultâneos na tela. Esta é uma maneira de orientar ao usuário, se as ações realizadas estão acontecendo da forma esperada.

Outra funcionalidade adicionada foi o método para interrupção do feedback auditivo, assim sempre que o usuário queira interromper a execução de áudio, ele precisa somente aproximar o rosto ou mão do altofalante de seu *smartphone*.

Na interface de resolução de questões propostas pela aplicação, foi adicionado um mecanismo de “ajuda ao usuário”, ativo através do pressionamento em qualquer área da tela por 2 segundos. Esta técnica permite ao usuário a obtenção de informações de forma rápida, que poderão facilitar seu entendimento para resolver uma questão, facilitando assim seu aprendizado. Um resumo dos mecanismos de interação da aplicação, podem ser visualizadas na seção 7.3.

Melhorias na descrição das questões (referente a primeira e segunda lei) propostas pela aplicação também foram realizadas. Os resultados dos testes preliminares mostram que ajustes em palavras e termos eram necessários, para sintetizar o objetivo proposto pela questão. Então após a seleção de uma questão para ser inserida no aplicativo (normalmente extraídas de livros didáticos) as mesmas tiveram de ser resumidas, sem prejuízo ao seu entendimento e adicionadas a aplicação.

Em relação ao mecanismo de gestos utilizados para resolução das questões, representado na Figura 13 –XII, capítulo 7 foram adicionadas melhorias associadas a resolução de questões referente a Segunda Lei de Mendel, de forma a tornar mais prático e facilitar o processo de cruzamento com mais de dois pares de alelos. A figura 20 é uma representação do modelo de cruzamento utilizado pela aplicação, de acordo com o quadro de *punnet*.

Figura 20: Mecanismo segunda lei



Fonte: Autoria Própria

A aplicação desenvolvida fornece os recursos necessários para apoiar o processo de ensino e aprendizagem, da Primeira e Segunda Lei de Mendel. Sendo possível a resolução de questões, tutoriais de aprendizagem e revisão dos principais conceitos da genética clássica.

Inclui em sua última versão, o conteúdo sobre Alelos múltiplos, através da opção “Polialelia”. Neste tópico, o aluno pode realizar cruzamentos, apresentando as formas alternativas para um gene. Uma mesma característica pode ser determinada por três ou mais alelos. Neste caso, a aplicação disponibiliza o problema da pelagem em coelhos (Figura 21-II).

Em sua opção de configuração, observa-se as informações do dispositivo (ID), necessária para o cadastro na plataforma web, tornando possível assim, o compartilhamento de questões e resoluções das mesmas, entre o professor e aluno.

Figura 21: Interface BioBlu



Fonte: Autoria Própria

A Figura 22, por sua vez apresenta uma demonstração de que maneira acontece o processo de envio e recebimento de questões entre a aplicação e a plataforma web. Primeiramente acontece o envio pelo docente de uma questão a ser resolvida pelo aluno (I); O aluno acessa o menu referente a questão (1 ou 2 lei), e realiza a busca de questões (II); O aluno resolve a questão e envia ao docente a solução (III); Por fim, o docente visualiza a resolução enviada pelo aluno (IV).

Figura 22: Interação aplicação e plataforma

I

Submeter questão da 1ª lei de Mendel

Realize um cruzamento entre um indivíduo aa e um Aa.

A

Aa Aa

aa aa

Enviar para:
 Ciclano de Tal
 Fulano de Tal

Enviar ao bioblu →

II

BUSCAR QUESTÕES

"Realize um cruzamento entre um indivíduo aa e um Aa."

III

"Realize um cruzamento entre um indivíduo aa e um Aa."

IV

Soluções submetidas ao BIOBLU A solução foi excluída com sucesso!

Usuário	Lei de Mendel	Comando da questão	Resposta submetida	Ação
Fulano de Tal	1ª Lei	"Realize um cruzamento entre um indivíduo aa e um Aa."	Aa,Aa,aa,aa	Excluir
Ciclano de Tal	1ª Lei	"Realize um cruzamento entre um indivíduo aa e um Aa."	Aa,Aa,aa,aa	Excluir
teste	1ª Lei	"Realize um cruzamento entre um indivíduo aa e um Aa."	Aa,Aa,aa,aa	Excluir

Fonte: Autoria Própria

10 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados dos objetivos obtidos com o desenvolvimento deste trabalho, bem como são discutidos as implicações quanto à avaliação de usabilidade da aplicação, e contribuições para trabalhos futuros.

10.1 Avaliação da aplicação

Com a finalidade de avaliar se os usuários com deficiência visual eram capazes de usar a abordagem proposta e obter feedback qualitativo, foi proposto um breve estudo de caso, fazendo uso da aplicação desenvolvida.

10.1.1 Local

O cenário para a realização dos testes de avaliação cooperativa e de usabilidade da aplicação, foi a Associação de Deficientes Visuais (ADVASP), conforme detalhado na metodologia deste estudo.

10.1.2 Participantes

A aplicação foi testado com cinco participantes: dois alunos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará e três alunos da Associação de Deficientes Visuais (ADVASP). Ambos grupos foram localizados em Tucuruí, Pará. Os participantes foram selecionados de acordo com critérios da pesquisa detalhados na sessão 5.2.4.1, e foram recrutados com apoio e assistência dos representantes das instituições.

Em relação ao número de participantes, justifica-se por algumas dificuldades quando se é proposto a realização de testes com pessoas com deficiência visual, devido primordialmente a heterogeneidade deste grupo. Como resultado disto, e outros fatores (por exemplo, características perceptivas, memória visual, o uso compensatório de outros sentido e a idade da perda visual), recomenda-se a condução de estudos com números pequenos de participantes (PETIT, 2008).

Segundo Stone (2005), cinco participantes são suficientes para fornecer as informações necessárias aos avaliadores. Para Nielsen (1994), esse número de participantes permite mapear 85% dos problemas relacionados a usabilidade do sistema. A tabela 6 mostra o perfil correspondente a cada participante.

Tabela 6: Perfil dos Participantes

	Gênero	Idade	Escolaridade	Perda da visão	Frequência de uso do smartphone
P1	Masculino	22	Ensino Médio (Cursando)	03 anos	Diariamente
P2	Feminino	29	Graduação Completa	Nascimento	Diariamente
P3	Masculino	NI ¹	Graduation (Cursando)	Nascimento	Diariamente
P4	Masculino	42	Graduação (Cursando)	06 anos	Algumas vezes
P5	Masculino	NI	Pós-Graduado	12 anos	Diariamente

¹NI: Não informado

10.1.3 Procedimentos

O aplicativo passou por dois processos de teste. Primeiro, cada participante foi entrevistado por meio de um questionário de “Perfil de usuário” (Apêndice C) para obter algumas informações sobre sua deficiência visual e experiência no uso de smartphones. Isso foi necessário porque era importante entender suas situações individuais e sua idade, gênero ou nível social, para que os resultados pudessem ser discutidos (BARNUM, 2002). Posteriormente, o aplicativo foi apresentado aos envolvidos e eles tiveram tempo livre para explorar a ferramenta.

Posteriormente, propõe-se que quatro tarefas sejam executadas pelos participantes: (1) O participante irá executar a configuração da velocidade de voz, disponível no aplicativo. (2) O participante acessará a opção "ambientação" da ferramenta para aprender sobre as formas de navegação. (3) O participante acessa a “revisão conceitos” para lembrar os conceitos básicos antes de resolver um problema. (4) O participante navegará para a opção "Questões" no menu inicial do aplicativo e, em seguida, começará a resolver a primeira questão proposta.

Após a execução das tarefas mencionadas pelos participantes, o questionário do SUS foi aplicado, a medir a usabilidade do aplicativo (BANGOR et al, 2008). A escolha para utilizar esta técnica é justificada com base na composição de apenas dez perguntas, o que torna sua utilização rápida, e oferece o potencial de ser amplamente utilizado por diversos profissionais da área de interação homem-computador (IHC) (FINSTAD, 2006; BANGOR, 2008).

10.2 Avaliação Cooperativa

Ao considerar a execução das quatro tarefas propostas, observações e opiniões dos participantes, abaixo são apresentados alguns pontos pertinentes sobre a realização das tarefas:

Tarefa 1: Realizar a configuração da velocidade de fala

(1) Todos os participantes concluíram esta tarefa sem dificuldade. (2) Os cinco participantes destacaram a importância desta opção, o que lhes permitiu determinar a velocidade da reprodução de áudio, evidenciando que nem todos os indivíduos com deficiência visual usam a mesma velocidade de fala em seus smartphones. Portanto, este é um requisito extremamente importante para a aplicação.

Tarefa 2: Realizar a ambientação da aplicação.

A finalidade desta tarefa foi apresentar aos participantes os principais gestos para utilização da aplicação. Para tanto a tela de treino apresentava a eles, os movimentos necessários para realização dos cruzamentos mendelianos, opções de navegação no menu da aplicação, dentre outras.

(1) Todos os participantes realizaram a tarefa. (2) Dois participantes repetiram duas vezes, pois relataram que ainda não haviam conseguido memorizar os gestos necessários para navegação da aplicação. (3) É proposto a síntese das informações do feedback auditivo para melhorar a experiência de navegação. (4) É proposto adicionar um gesto de confirmação sempre que o usuário realizar o cruzamento dos alelos; (5) A proposta de movimento sugerida é "tocar e segurar a tela por 2 segundos" para ativar o recurso de "ajuda" do aplicativo. (6) Todos os participantes aprovaram o gesto para navegação no aplicativo e a lista de opções disponíveis.

Tarefa 3: Acessando a opção "rever conceitos"

A execução dessa tarefa, teve a finalidade de avaliar, se a descrição dos conceitos relacionados ao assunto da Primeira Lei de Mendel, estavam de maneira objetiva e clara.

(1) Todos os participantes conseguiram concluir a tarefa sem restrições. (2) Para os cinco dos participantes, a descrição sintetizada dos conceitos era clara e fácil de

entender. (3) um participante propôs que a opção de revisar conceitos do menu principal fosse movida para a opção "configuração" para resumir as informações fundamentais do aplicativo.

Tarefa 4: Resolvendo as questões

A realização desta tarefa, propôs aos participantes a resolução de duas questões, relacionadas com a primeira e segunda lei de Mendel.

(1) Três dos cinco participantes conseguiram realizar a tarefa sem dificuldade. (2) dois participantes só puderam executar a tarefa na terceira tentativa. (3) Apesar de lembrar o assunto e conhecer a resposta, um participante relatou que levou tempo para se adaptar ao gesto para resolver a questão, devido fazer uso de smartphone raramente (apenas uma a duas vezes por semana). O outro participante teve que recorrer à opção "ajuda" para resolver uma das questões. (4) Às vezes, o participante fazia movimentos desnecessários, e o aplicativo interpretou-os como seleções. Portanto, é necessário identificar esses movimentos como "Inválido", que pode ser indicado por meio do feedback audível do aplicativo. (5) É proposto, o acréscimo de feedback indicativo e audível sempre que o usuário seleciona um par de alelos incorreto.

Com a avaliação cooperativa, os usuários testaram as principais funções do aplicativo, e cumpriram com êxito as tarefas, de forma a atender às expectativas em relação à utilização das ferramentas.

10.3 Avaliação de usabilidade

Neste estudo, foi utilizada a técnica de prospecção (avaliação empírica), caracterizada pelo envolvimento dos usuários com o aplicativo proposto (CYBIS, 2000). Para isso, o questionário SUS proposto por Brooke (1996) foi utilizado para coletar opiniões e preferências dos usuários com base em seus níveis de satisfação em relação às interações com o aplicativo testado. O questionário consiste em dez afirmações relacionadas ao produto avaliado, que o usuário responde de acordo com a escala Likert, composta por cinco pontos: (1) discordo plenamente, (2) discordo, (3) neutro, (4) concordo e (5) concordo plenamente (BROOKE, 1996).

O método de pontuação do SUS é baseado nas respostas dos usuários às declarações, que consistem em tons positivos e negativos. Para declarações positivas (1, 3, 5, 7, 9), um é subtraído da resposta do usuário (R-1), e para declarações

negativas (2, 4, 6, 8, 10), a resposta do usuário é subtraída de cinco (5-R). Em seguida, os valores que correspondem às dez perguntas são adicionados, e o total é multiplicado por 2,5. O resultado geral representa a pontuação final do SUS, que varia em uma escala de 0 a 100 pontos (SAURO e LEWIS, 2012).

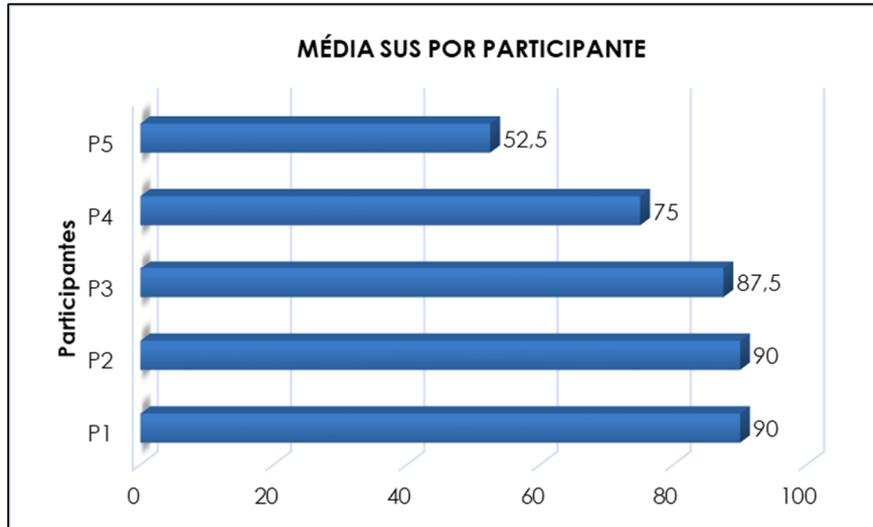
Neste estudo, vale ressaltar que os itens originais do SUS sobre “sistemas” foram substituídos por “aplicação”, o que é apropriado ao caso, e não altera as pontuações resultantes, como mencionam Lewis e Sauro (2012). Aplicando a técnica mencionada, calculou-se a escala do SUS para cada participante, e os resultados são observados na tabela 7 a seguir.

Tabela 7: Resultado da Avaliação

Heurísticas	Questões	P1	P2	P3	P4	P5
Satisfação	1: Gostaria de usar essa aplicação com frequência	4	4	3	3	2
Facilidade de memorização	2: Acredito que a aplicação é muito complexa	3	3	4	4	3
Facilidade de aprendizagem	3: Eu achei a aplicação fácil de usar.	3	4	3	1	2
Facilidade de aprendizagem e Satisfação	4: Preciso de ajuda técnica de alguém para utilizar o aplicativo.	4	1	4	3	3
Eficiência	5: Conseguir utilizar bem as funções que a aplicação apresenta.	4	4	3	3	1
Eficiência e Minimização de erros	6: A aplicação apresenta muitas falhas.	3	4	3	3	1
Facilidade de aprendizagem	7: É possível aprender rapidamente como utilizar essa aplicação.	4	4	4	3	2
Eficiência	8: Eu achei que a aplicação é difícil de ser utilizada.	3	4	4	3	3
Satisfação	9: Eu me senti satisfeito ao utilizar a aplicação.	4	4	4	4	2
Facilidade de aprendizagem	10: Eu preciso aprender muitas coisas antes de usar a aplicação.	4	4	3	3	2
Pontuação Total		36	36	35	30	21
Pontuação Final do SUS		90	90	87,5	75	52,5

Em geral, quatro dos cinco participantes avaliaram a aplicação como satisfatória (P1- 90, P2- 90, P3- 87,5, P4- 75 e P5- 52,5), como ilustra a Figura 23.

Figura 23: Média SUS



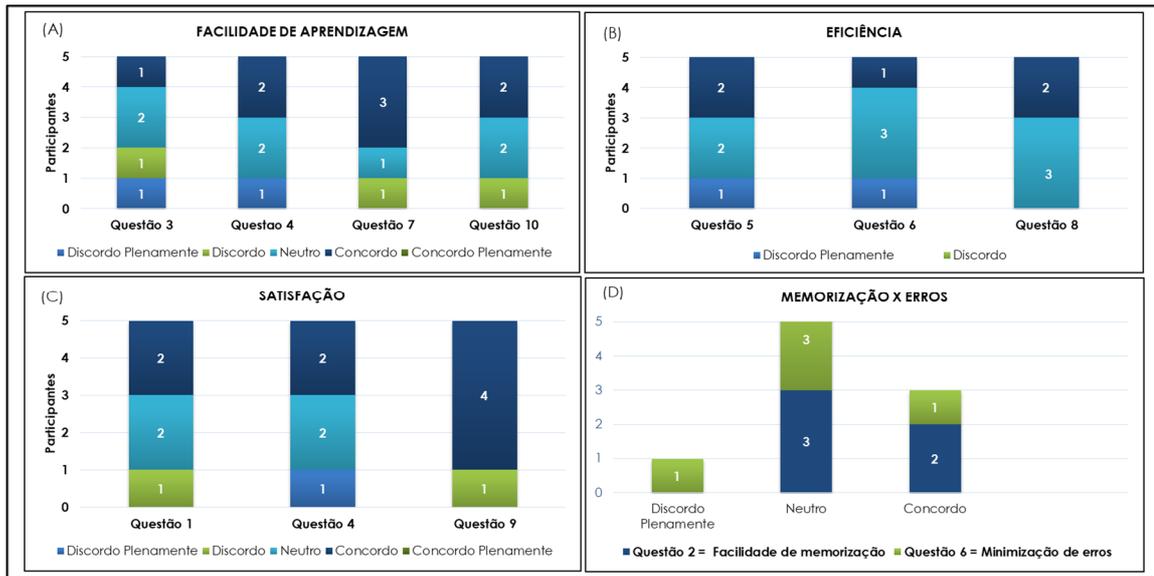
Fonte: Autoria Própria

Considerando que a média aritmética de satisfação geral resultante da operação do aplicativo foi 79,0, pode-se inferir que o aplicativo possui usabilidade adequada. Essa classificação é baseada na escala de usabilidade final do SUS, referente a sistemas com pontuação. Se a pontuação estiver entre 80 e 90 pontos, ela tem a melhor usabilidade possível, enquanto uma pontuação entre 70 e 80 pontos é considerada como tendo usabilidade adequada e pode precisar de alguma melhoria. Além disso, pontuações abaixo de 60 não são consideradas como tendo um grau aceitável de usabilidade (BANGOR, 2008).

Também é possível relacionar cada questão no questionário às heurísticas de Nielsen e Molich (1990), facilidade de aprendizado (questões 3, 4, 7 e 10), eficiência (questões 5, 6 e 8), fáceis de memorizar (pergunta 2), minimização de erros (pergunta 6) e satisfação (perguntas 1, 4 e 9) (TENÓRIO et al., 2010).

Para avaliar especificamente o relacionamento de cada heurística, foi considerado o grau de concordância entre os usuários do sistema. O resultado da escala de pontuação, conforme proposto por Nielsen e Molich (1990), está resumido na Figura 25, e na tabela de pontuação por índice de satisfação (Apêndice G).

Figura 24: Heurísticas avaliadas



Fonte: Autoria Própria

Analisando a heurística facilidade de aprendizado, foram fornecidas as seguintes declarações: Para a declaração três (“achei o aplicativo fácil de usar”), a taxa de concordância foi de 20% e dois dos cinco participantes (40%) optaram pela neutralidade. Na declaração quatro (“Preciso de ajuda técnica de alguém para usar o aplicativo”), dois participantes (40%) concordaram com isso, enquanto outros dois optaram pela neutralidade, uma vez que o recurso de "ajuda" do aplicativo forneceu os esclarecimentos necessários.

Na declaração sete (“É possível aprender rapidamente como usar essa aplicação”), a taxa de concordância foi de 60%. Três participantes relataram que era possível aprender a usá-lo sem dificuldade após um período de exploração e examinar as informações na opção "ambientação" do aplicativo.

Na declaração dez (“Preciso aprender muitas coisas antes de usar a aplicação”), dois participantes concordaram (40%), enfatizando que as diretrizes básicas de operação no aplicativo contém as informações fundamentais.

No que diz respeito à eficiência: Na questão cinco (“Conseguir utilizar bem as funções que a aplicação apresenta”), 40% concordam com a afirmação. Para a afirmação seis (“A aplicação apresenta muitas falhas”), 20% dos participantes concordam com a afirmação e 60% escolhem a opção "neutra"; uma vez que

conseguiram utilizar a aplicação. Para a pergunta de número oito (“Eu acho que a aplicação é difícil de ser utilizada”) 40%, dos participantes concordam com a facilidade de uso da aplicação.

Para a heurística de satisfação, na pergunta (“Gostaria de usar esse aplicativo com frequência”), 40% dos participantes concordaram com a afirmação. Outros 40% escolheram a opção “neutra”, pois enfatizaram que atualmente não há necessidade do uso frequente desse tipo de aplicação. No entanto, se no momento da aplicação dessa metodologia eles estivessem inseridos no contexto do estudo da área de abordagem, a aplicação seria essencial para auxiliar suas atividades.

A pergunta nove (“Fiquei satisfeito com a aplicação”) obteve 80% de satisfação dos participantes. Em relação à facilidade de memorização (afirmação 2) e minimização de erros (afirmação 6), as taxas de concordância para ambas foram de 40%.

O grau de concordância, mostrado na escala de resposta (Figura 24), mostrou que os critérios de usabilidade da ferramenta possuem médias aritméticas acima de três para que as afirmações fossem aceitáveis.

11. CONCLUSÕES

Este estudo contribui para a tecnologia assistiva e seu uso no campo educacional, através do desenvolvimento de uma plataforma web e de um aplicativo móvel que auxilia o processo de ensino / aprendizagem da genética clássica para pessoas com deficiência visual.

O aplicativo torna acessível o assunto das Leis Mendelianas, e facilita o aprendizado de alunos com deficiência visual. Não é apenas possível usar a ferramenta na sala de aula para apoiar a didática do educador, também pode ser usada no ambiente doméstico, onde o aluno pode revisar conceitos e estudar, resolvendo problemas e praticando o que aprendeu na sala de aula.

Também é possível dinamizar a interação entre professor e aluno, através da plataforma web apresentada, que pode ser utilizada para o envio de questões e resoluções de exercícios aos alunos. A possibilidade do docente de acompanhar o desempenho de seus alunos nas atividades da disciplina, contribuir para a reflexão e identificação de aspectos de dificuldades ou melhorias necessárias ao processo de ensino e aprendizagem desse aluno.

Os resultados demonstram que o aplicativo desenvolvido possui um nível suficiente de taxas de satisfação do usuário (80%), com três dos cinco participantes pontuando entre 81-90 na escala do SUS, de 0 a 100. A avaliação cooperativa permitiu identificar espaço para melhorias, implementado na versão disponível para download no Google Play.

Como contribuição científica, este trabalho demonstra a importância do desenvolvimento de tecnologias assistivas, especialmente em áreas de estudo (por exemplo, genética), onde o conteúdo é ensinado de maneira ilustrativa, pois existem poucos trabalhos relacionados. Esse aplicativo se torna uma ferramenta que melhora a usabilidade e a acessibilidade, pois pode ser executada em dispositivos móveis para desenvolver o conhecimento dos usuários.

Destaca-se ainda que a solução desenvolvida favorece o processo de ensino e aprendizado para pessoas com deficiência visual. Para o professor apresenta-se como método de apoio alternativo ao ensino tradicional, e para o aluno, a possibilidade do aprendizado, fazendo uso da exploração de outros sentidos contribuindo para seu desenvolvimento cognitivo.

Por fim, enfatiza-se que, embora esse aplicativo seja direcionado a pessoas com deficiência visual, também pode ser usado por alunos com visão normal para promover o desenvolvimento de atividades colaborativas e inclusivas em salas de aula regulares. Assim, essa ferramenta é um recurso didático opcional que pode apoiar o processo de ensino e aprendizagem.

11.1 Sugestões de Trabalhos Futuros

A partir do desenvolvimento desta proposta, identificou-se a necessidade de expandir este estudo, envolvendo tanto o aspecto da plataforma web, quanto a aplicação mobile, contribuindo para a expansão de pesquisas voltadas especificamente para a área Genética.

Para tanto, propõe-se a realização de um estudo de caso, fazendo uso da aplicação mobile em sua versão completa (Primeira e Segunda Lei) a ser realizado com os alunos deficientes visuais regularmente matriculados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA – Tucuruí). Esta seria uma investigação ampla, envolvendo o discente com cegueira total e o docente da disciplina de Genética, e analisando a dinâmica em sala de aula de ambos quanto a

utilização das ferramentas desenvolvidas neste estudo, e validando aspectos da melhoria no aprendizado por parte do aluno com deficiência visual.

Em consonância, é possível ainda propor a adoção e analisar o uso da ferramenta desenvolvida, ao grupo de alunos do Centro de Apoio Pedagógico (CAP), localizado na cidade de Marabá – Pará. O centro assume um papel de destaque no município, atendendo no contra turno alunos com deficiência visual e baixa visão, inseridos no contexto escolar do ensino fundamental e médio. Vale ressaltar ainda que o centro possui uma estrutura preparada para receber pessoas com deficiência visual de todas as idades, incluindo bebês.

E, por fim, é possível ainda acrescentar novos assuntos relacionados a Genética Clássica, tanto na aplicação mobile, quanto na plataforma web. A aplicação desenvolvida tem possibilidades de expansão, tornando-se viável o acréscimo de módulos envolvendo por exemplo, o assunto de grupos sanguíneos, determinação de sexo, dentre outros assuntos abordados no contexto da disciplina.

Vale salientar que o contato com as Instituições e professores para realização de ambos os trabalhos propostos já foi realizada nos dando segurança que os mesmos serão realizados.

12. PRODUÇÕES

A seguir estão listados algumas publicações e submissões em andamento, que já foram realizadas, decorrentes do desenvolvimento deste trabalho, e demais produções realizadas durante a realização deste mestrado.

Artigos submetidos relacionados ao trabalho

- ✓ Artigo completo sobre a Revisão Sistemática deste trabalho (Apêndice A), submetido ao 3º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva – 2020.
- ✓ Artigo completo submetido a revista ACM - Transactions on Accessible Computing (TACCESS) – 2020.

Artigos de trabalhos desenvolvidos ao longo do mestrado

- ✓ NGSReadsTreatment – A Cuckoo Filter-based Tool for Removing Duplicate Reads in NGS Data. Nature Search Journal. Published: 12 August 2019.

- ✓ Artigo completo: CODON - Software to manual curation of prokaryotic genomes - submetido a revista Plos Computational Biology.
- ✓ Artigo completo: Prediction of new gene products and characterization of hypothetical proteins of Bifidobacterium breve DS15-17 in silico – submetido a revista Journal of Applied Genetics.

Trabalhos em Eventos

- ✓ 30º Congresso de Microbiologia (2019) - NePDeCA - New Product Detection for Comparative Analysis.
- ✓ 30º Congresso de Microbiologia (2019) - Identification of novel gene products in Bifidobacterium breve genome using NGS data.
- ✓ 30º Congresso de Microbiologia (2019) - Case study of teaching in Bioinformatics and evaluation of a low cost computational server for processing short reads.
- ✓ IV - Simpósio Norte-Nordeste de Bioinformática (2019) - In silico detection of new genes in Bifidobacterium breve DSM 20213 genome.

Registro de Software

- ✓ BioBlu: Biology Teacher for Blind User - Número do registro: BR512020000562-4, data de registro: 31/03/2020 - INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.
- ✓ Codon Software - Número do registro: BR512020000503-9, data de registro: 02/01/2020 - INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.
- ✓ NePDeCA - New Product Detection for Comparative Analysis - Número do registro: BR512019000879-0, data de registro: 14/05/2019 - INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.
- ✓ NGSReadsTreatment - Número do registro: BR512019000880-4, data de registro: 14/05/2019 - INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

Para as publicações futuras resultantes deste trabalho pode-se citar:

- ✓ Produção de artigo com os resultados coletados na cidade de marabá, contemplando o upgrade da aplicação, com a versão completa e plataforma web, a ser submetido na revista Computer and Education.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, G. E. Mendel and modern genetics: The legacy for today. **Endeavour**, v. 27, n. 2, p. 63–68, 2003.

ALNFIAI, M.; SAMPALLI, S. BrailleEnter: A Touch Screen Braille Text Entry Method for the Blind. **Procedia Computer Science**, v. 109, n. 2016, p. 257–264, 2017.

BANET, E.; AYUSO, E. Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. **Science Education**, v. 84, n. 3, p. 313–351, 2000.

ARLOW, J., and I. NEUSTADT. UML and The Unified Process. **Addison-Wesley**, 2002.

ASHRAF, M. M. et al. A Systematic Literature Review of the Application of Information Communication Technology for Visually Impaired People. **International Journal of Disability Management**, v. 11, p. e6, 2017.

AYUSO, G.E.; BANET, E. H. Alternativas secundaria ao ensino de genética. Ensino de Ciências: **Revista de investigación y experiencias didácticas**. v. 20, n. 1, p. 133-157. 2002.

BANGOR, A.; KORTUM, P. T.; MILLER, J. T. An empirical evaluation of the system usability scale. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 24, n. 6, p. 574–594, 2008.

BÄRWALDT, Regina. EVOC: uma ferramenta como recurso de voz para favorecer o processo de interação e inclusão dos cegos em ambientes virtuais de aprendizagem. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, **Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação**. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, 2008.

BARNUM, C. Usability testing and research. **IEEE Transactions on Professional Communication**, v. 45, n. 2, p. 151–152, 2002.

BERTALLI, J. GORDIN. Ensino de geometria molecular, para alunos com e sem deficiência visual, por meio de modelo atômico alternativo. **Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências** - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2010.

BERTINI, E.; CATARCI, T.; DIX, A.; GABRIELLI, S.; KIMANI, S.; SANTUCCI, G. **Appropriating heuristic evaluation for mobile computing**. Int. J. Mobile Hum. Comput. Interact. v. 1, n. 1, p. 20–41, 2009

BERSCH, R. Tecnologia Assistiva SNP.D.Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/publicacoes/tecnologia-assistiva>>
BHOWMICK, A.; HAZARIKA, S. M. An insight into assistive technology for the visually impaired and blind people: state-of-the-art and future trends. **Journal on Multimodal User Interfaces**, v. 11, n. 2, p. 149–172, 2017.

BERSCH, R.; TONOLLI, J. C. **Tecnologia Assistiva**. 2006. Disponível em: <<http://www.Assistiva.com.br/>>. Acesso em: 20 de junho de 2018.

BEZERRA, Eduardo. Princípios de Análise e Projeto de Sistema com UML. **Elsevier Brasil**, 2015.

BRASIL, **Declaração de Salamanca**: Sobre Princípios, Políticas e Práticas na Área das Necessidades Educativas Especiais, 1994, Salamanca-Espanha.

BRASIL, **Decreto n. 5.296, de 02 de Dezembro de 2004**. Regulamenta as Leis nºs 10.048 que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098 que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Lei 13.146, de 06 de Julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência** (Estatuto da Pessoa com Deficiência).

BRASIL. Lei 13.409, de 28 de Dezembro de 2016. **Reserva de vagas para pessoas com deficiência nos cursos técnico de nível médio e superior das instituições federais de ensino**.

BRASIL. Lei 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional (LDB)**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 de dez.1996

BROOKE, J. SUS - A quick and dirty usability scale. **Usability Evaluation in Industry**, p. 189–94, 1996.

BRUM, Bruno Conde Perez; PENA, Leonardo. **Principais técnicas de levantamento de requisitos de sistemas**. Engenharia de requisitos – Técnicas. Disponível em: <<http://brunobrum.wordpress.com/2011/04/27/principais-tecnicas-de-levantamento-de-requisitos-de-sistemas/>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

CARDINALI, S. M. M.; FERREIRA, A. C. A aprendizagem da célula pelos estudantes cegos utilizando modelos tridimensionais: um desafio. **Revista Benjamin Constant ético.**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 46, p. 5-12, 2010.

CHIN, John P.; DIEHL, Virginia A.; NORMAN, Kent L. Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface. **Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings**, v. Part F130202, p. 213–218, 1988

COELHO, M. A educação na Região Norte: Apontamentos Iniciais. **Amazônia, Rev. Antropol.**, n. September 2013, 2013.

COSTA, K. C. B.; FACEROLI, S. T.; AMARAL, F. S. Sistema de Visão

Computacional Aplicado em Reconhecimento de Peças LEGO para Auxílio na aprendizagem de Pessoas Cegas Applied Computer Vision System for LEGO Parts Recognition to Help Blind People Learning. **Revista de Sistemas e Computação**, v. 9, p. 369–374, 2019.

CORDEIRO, J. S. **Ciências Naturais: Como Ensinar, Incluindo Crianças Com Deficiência Visual?** Campos dos Goytacazes: Uenf. 2005.

CORRÊA, Ana Grasielle Dionísio; OLIVEIRA, Patrícia Araújo de; COSTA, Laisa; *et al.* Sistema de Avaliação Didática Acessível Portátil para Pessoas com Deficiência Visual: estudo de caso com a plataforma Android. **Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação** (SBIE 2015), v. 1, n. Sbie, p. 782, 2015.

CÓRTEZ, M.I. ; OLIVEIRA, F. **Informática: Fundamentos de Engenharia de Software**, São Paulo, 2013.

COSTA, C. S. L. et al. Análise do conceito de deficiência visual: considerações para a prática de professores. In: COSTA, M. P. R. (Org.) *Educação Especial: aspectos conceituais e emergentes*. São Carlos: **EDUFSCar**, 2009, p. 47-62.

COSTA, F. J. **Mensuração e desenvolvimento de escalas: aplicações em administração**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011, p. 386

CYBIS, W. D. A.; PIMENTA, M. S. Uma Abordagem Ergonômica para o Desenvolvimento de Sistemas Interativos. p. 1–10, 2000.

DAGHER, ZR Interchange. Mendel and the Path to Genetics: Portraying Science as a Social Process. *Science & Education*, Volume 22, Issue 2, pp 293–324. Springer, 2014. FAÇANHA, A. R. et al. Touchscreen Mobile Phones Virtual Keyboarding for People with Visual Disabilities. 16th **International Conference, HCI International**, v. 8512, p. 134-145, 2014.

DAMACENO, R. J. P.; BRAGA, J. C.; MENA-CHALCO, J. P. Mobile device accessibility for the visually impaired: problems mapping and recommendations. **Universal Access in the Information Society**, v. 17, n. 2, p. 421–435, 4 jun. 2017.

DRAW.IO **Diagram**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.draw.io/>. Acesso em: 25 jun. 2019.

FERRARI, F. A. Crie Banco de dados em MySQL. [s.l: s.n.].

FERREIRA, Larissa Thabata. Programa SeedGermanlysis - Software Educativo Seleccionador de Sementes Geradoras de Plantas. **Revista Eletrônica Argentina-Brasil** de Tecnologias da Informação e da Comunicação, [S.l.], v. 1, n. 6, jan. 2017. ISSN 2446-7634. Disponível em: <https://revistas.setrem.com.br/index.php/reabtic/article/view/207>>. Acesso em: 27 nov. 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.345602>

FERREIRA, A. C., CARDINALI, S. M. M.; A aprendizagem da célula pelos estudantes cegos utilizando modelos tridimensionais: um desafio ético. **Revista Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 46, p. 5-12, 2010.

FERREIRA, Paulo M. P.; MOURA, Marlene, R.; COSTA, Nagilla D. J.; SILVA, Jurandy N.; PERON, Ana P.; ABREU, Maria C.; PACHECO, Ana C. L. Avaliação da importância de modelos no ensino de biologia através da aplicação de um modelo demonstrativo da junção intercelular desmossomo. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 388-394, out./dez. 2013.

FINSTAD, K. The system usability scale and non-native English speakers. **Journal of Usability Studies**, v. 1, n. 4, p. 185–188, 2006.

FIGUEIREDO, R.M.E.; KATO, O.M. Estudos nacionais sobre o ensino de cegos: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Marília, v.21, n.4, 2015.

FRIDMAN, C. As 1ª E 2ª Leis de Mendel e Conceitos básicos de Citogenética. **Evolução das Ciências II**, p. 7–8, 2012.

HAYAT, Hanan; LOCK, Russell; MURRAY, Ian. Measuring Software Usability. **Software Quality Management Conference**, p. 10, 2015. Disponível em: <<https://dspace.lboro.ac.uk/2134/18275>>.

IBC. Instituto Benjamim Constant: Histórico. 2016. Disponível em: Acesso em 07 dez. 2018.

IBGE. **Tucuruí**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tucuruui/panorama>>. Acesso em: 29 maio. 2020.

ISAILA, N. The Assistive Software, Useful and Necessary Tool for Blind Student's Abilities Development. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 116, p. 2189–2192, 2013.

ISAILA, N. The Assistive Software, Useful and Necessary Tool for Blind Student's Abilities Development. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 116, p. 2189–2192, 2014.

INEP. **Censo da educação básica**. [s.l.: s.n.].

INEP. (2018). **Censo Da Educação Superior 2016**. Módulo Curso Censo Da Educação Superior 2016. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/resumo_tecnico/resumo_tecnico_censo_da_educacao_superior_2016.pdf>

JÚNIOR, L.; MARTINS, M. C. (Comp.). História do Movimento Político das Pessoas com Deficiência no Brasil. - Brasília: Secretaria de Direitos Humanos. **Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência**, 2010. 443p.

Junior, R.; lima, C. C.; santos, M. S. Desenvolvimento de um Ambiente Virtual de Aprendizagem para Ensino de Genética Básica na disciplina de Genética e Evolução. **VI Congresso Nacional de Educação**, p. 1–6, 2019.

JHIPSTER – **Um grande aliado no desenvolvimento de aplicações Java e Angular.** [S. l.], 2019. Disponível em: <https://blog.db1.com.br/jhipster-aliado-no-desenvolvimento-de-aplicacoes/>. Acesso em: 25 jun. 2019.

JOAQUIM, Leyla M.; EL-HANI, Charbel Niño. **A genética em transformação:** crise e revisão do conceito de gene. *scientiæ zudia*. v. 8, n. 1, p. 93-128, São Paulo, 2010.

KAJIMOTO, H.; SUZUKI, M.; KANNO, Y. HamsaTouch: Tactile vision substitution with smartphone and electro-tactile display. **Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings**, p. 1273–1278, 2014.

KULKARNI, S. Genetics and Genomics. Washington University School of Medicine, St. Louis, MO, USA. **Elsevier**, 2015.

KULKARNI, Rajesh; PADMANABHAM, P.; SAGARE, Varsha; *et al.* Usability evaluation of PS using SUMI (Software Usability Measurement Inventory). **Proceedings of the 2013 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2013**, p. 1270–1273, 2013.

LIMA, Jakeline S.; SANTOS, Victor A.; Jogo Leis de Mendel - Ensinando genética de forma lúdica. **III Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE) e XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**. 2014.

LAPLANE, A. L.; BATISTA, C. G. ver, não ver e aprender: a participação de crianças com baixa visão e cegueira na escola. v. 28, p. 209–227, 2008.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**. v. 22, n. 140, p. 44-53, 1932.

LEWIS, Clayton et al. Testing a walkthrough methodology for theory-based design of walkup-and-use interfaces. In: **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Empowering people (CHI '90)**, Jane Carrasco Chew and John Whiteside (Orgs.). ACM, New York, NY, USA, pp. 235-242, 1990.

LEWIS, J. R.; SAURO, J. The factor structure of the system usability scale. *Lecture Notes in Computer Science* (including subseries *Lecture Notes in Artificial Intelligence* and *Lecture Notes in Bioinformatics*), v. 5619 LNCS, p. 94–103, 2009.

MADUREIRA, Arthur R.O; CIRNE, João G. C.; SILVEIRA, Luan M.; ANDRADE João G. R.S.; ROCHA, Rodrigo G.; LIMA, Ariadne S. B.; SOUZA, Givanaldo R. ; SILVA, Thayse A.; . *Geneticats: Jogo Digital para Ensino de Genética*. **SBC - Proceedings of SBGames** - ISSN: 2179-2259. 2018.

MAIDENBAUM, S. et al. Increasing accessibility to the blind of virtual environments, using a virtual mobility aid based on the “EyeCane”: Feasibility study. **PLoS ONE**, v. 8, n. 8, p. 1–7, 2013.

MAHAJAN, J.; NAGENDRA, A. Developing a Training Model Using Orca (Assistive Technology) to Teach IT for Visually Impaired Students. **Procedia Economics and Finance**, v. 11, n. 14, p. 500–509, 2014.

MANTOAN, M. T. E. Caminhos Pedagógicos da Inclusão (2002). Disponível em <<http://www.educacaoonline.pro.br/>>. Acesso em 10 dez. de 2018.

MANZINI, E. J. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. v. 2, p. 10, 2004.

MARÍA GALDÓN, P. et al. Enhancing mobile phones for people with visual impairments through haptic icons: The effect of learning processes. **Assistive Technology**, v. 25, n. 2, p. 80–87, 2013.

MEDEIROS, T. M. DE et al. Acessibilidade de pessoas com deficiência visual nos serviços de saúde. p. 1–6, 2017.

MENDES, R.; KATO, M. Estudos Nacionais sobre o Ensino para cegos: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 21, p. 477–488, 2014.

MENDONÇA A.; MIGUEL, C.; NEVES, G; MICAÉLO, M.; REINO. V. Alunos Cegos e com baixa visão – orientações curriculares. **MEC**, 85 p., 2008.

MOLICH, Rolf et. al. Comparative evaluation of usability tests. In: **CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems** (CHI EA '99). ACM, New York, NY, USA, pp. 83-84.

MOURA, J. et al. Biologia / Genética : O ensino de biologia , com enfoque a genética , das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão Biology / Genetics : The teaching of biology with a focus on genetics , public schools in Brazil - brief report and reflection. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 34, p. 167–174, 2013.

NAPNE - Núcleo de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Especiais. Disponível em: <<http://tucurui.ifpa.edu.br/napne>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

NASCIMENTO, Fabrício do *et al.* O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, n.39, p. 225-249, – ISSN: 1676-2584. 2010.

NICHELE, A. G.; SCHLEMMER, E. Aplicativos para o ensino e aprendizagem de Química. **Renote - Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p.1-9, 2014.

NIELSEN, Jakob. **Usability Engineering**. New York, NY: Academic Press, 1993.

NIELSEN, Jakob; MOLICH, Rolf. Heuristic evaluation of user interfaces. In: **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Empowering people** (CHI '90), Jane Carrasco Chew and John Whiteside (Orgs.). ACM, New York, NY, USA, p. 249- 256., 1994

NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic Evaluation of User Interfaces. **Cross-Cultural Human-Computer Interaction and User Experience Design**, n. April, p. 163–166, 1990.

Nuseibeh & Easterbrook. Requirements Engineering: A Roadmap – Nuseibeh, **Easterbrook**, 2000.

ODADZIC, V.; MANDIC, D.; PRIBICEVIC, T. Effectiveness of the Use of Educational Software in Teaching Biology. **Croatian Journal of Education**, n. April, p. 10–43, 2017.

OLIVEIRA, Andressa A. Um olhar sobre o ensino de Ciências e Biologia para alunos deficientes visuais. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2018.

OLSON, G. M.; OLSON, J. S. Mitigating the effects of distance on collaborative intellectual work. **Economics of Innovation and New Technologies**, v. 12, p. 27-42, 2003.

OLIVEIRA, C. DE; MOURA, S. P.; SOUSA, E. R. DE. **TIC'S na educação: A utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno. Pedagogia em Ação**, v. 7, n. 1, p. 75–95, 2015.

OSICEANU, M.; POPA, I. Access Technologies (AT) for students with visual impairments. v. 180, n. November 2014, p. 1129–1136, 2015.

PAULA, 2001] PAULA W. P. F. **Manual do engenheiro de Software – Métodos Gerenciais**. DDC – UFMG. 2000.

PETIT, G. et al. Refreshable Tactile Graphics Applied to Schoolbook Illustrations for Students with Visual Impairment. **ASSETS'08**. Anais...Canada: ACM - Rights Link, 2008.

PIRES, R. S.; PLÁCIDO, R. L. A educação da pessoa com deficiência visual: marcos históricos e políticos da formação e atuação docente. **Revista Linhas**, v. 19, n. 39, p. 30–54, 2018

PREECE, J.; ROGERS, Y. ; SHARP, H. Design de interação: além da interação homem- computador. Porto Alegre: **Bookman**, 2005.

PRESSMAN, R. S. Engenharia de software: uma abordagem profissional. 7.ed. Porto Alegre : **AMGH**, 2011.

PRESSMAN, Roger S.; MAXIM, Bruce R.. Engenharia de software: uma abordagem profissional. 8 ed. 940 p. , Porto Alegre: **AMGH**, 2016.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico] : métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico . 2. ed. , Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAVINDRAN, V., SHANKAR, S. Systematic reviews and meta-analysis demystified. Indian J. **Rheumatol**. 10, 89–94. 2015.

Relatório Final. Mapeamento de Competências em Tecnologia Assistiva. Brasília: **CGEE**, 2012.

ROGER S. PRESSMAN, P. D. Software Engineering: a Practitioner's Approach, 7th Edition. [s.l.: s.n.].

ROCHA, Simone J.M.; SILVA, Edson P. Cegos e aprendizagem genética em sala de aula: Percepções de professores e alunos. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Marília, v. 22, n. 4, p. 589-604, Out.-Dez., 2016.

SÁNCHEZ, J.; AGUAYO, F. AudioGene: Mobile learning genetics through audio by blind learners. **IFIP International Federation for Information Processing**, v. 281, p. 79–86, 2008.

SAURO, J.; LEWIS, J. R. Quantifying the user experience. 2012.[s.l.: s.n.].

SÁ, Elizabeth. D. ; CAMPOS, Izilda M. C. ; SILVA, Myriam B. C.S. Atendimento Educacional Especializado – Deficiência Visual. **MEC**. Brasília, DF, 2007.

SALAZAR, L. H. A.; LACERDA, T. C.; GRESSE VON WANGENHEIM, C.; BARBALHO, R. A. Customizando heurísticas de usabilidade para celulares. **Proc. of Simpósio Brasileiro de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais**, Cuiabá/Brazil, 2012.

SAMPAIO, Fábio F.; DELGADO, Carla A.D.M; SILVA, Eryck. GNT-Cyst 2.0: Um Software Educacional para o Ensino de Genética. **VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE)**. 2017.

SANTOS, J.S. A escolarização do aluno com deficiência visual e sua experiência educacional. 2007. 113 f. Dissertação (Mestre em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

SBD. **Sociedade Brasileira de Dermatologia**. Disponível em: Acesso em 17 fev. 2019.

SEDH/CAT, 2009. **Tecnologia Assistiva**. [s.d.].

SILVA, Janaina Cristina da . 2016. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do ABC, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2016.

SILVA.R. Google I/O | Android bate recorde e já está em mais de 2,5 bilhões de aparelhos. **The Verge** n.d. <https://canaltech.com.br/google-io/android-bate-novo-recorde-e-ja-e-usado-em-mais-de-25-bilhoes-de-aparelhos-138699/> : Acesso em 11 de Junho de 2019.

SILVA, Eryck; DELGADO, Carla; SAMPAIO, Fábio Ferrentini. GNT-Cyst 2.0 - Um Software Educacional para o Ensino de Genética. Anais dos Workshops do **VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2017)**, v. 1, n. Cbie, p. 152, 2017.

SNUSTAD, D. P.; SIMMONS, M. J. Fundamentos de Genética. 7. ed. Rio de Janeiro: 2008.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de software. 8. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2007.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de software. 9ª ed. São Paulo: 2013.

STELLA, L. F.; MASSABNI, V. Ensino de Ciências Biológicas : materiais didáticos para alunos com necessidades educativas especiais The teaching of Biological Sciences : teaching materials for students with special educational needs. **Ciência e Educação (Bauru)**, v. 25, n. 2, p. 353–374, 2019.

STONE, D. et al. User Interface Design and Evaluation. In: **User Interface Design and Evaluation Debbie**. [s.l.] SAGE, 2005.

TEMP, D. S. Facilitando a aprendizagem de Genética: uso de um modelo didático e análise dos recursos presentes em livros de Biologia. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.

TENÓRIO, J. M. et al. Desenvolvimento e Avaliação de um Protocolo Eletrônico para Atendimento e Monitoramento do Paciente com Doença Celíaca. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. 17, n. 2, p. 210, 20 mar. 2010.

YIN, R. K. Estudo de caso: Planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

WONGKIA, W.; NARUEDOMKUL, K.; CERCONE, N. I-Math: Automatic math reader for Thai blind and visually impaired students. **Computers and Mathematics with Applications**, v. 64, n. 6, p. 2128–2140, 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A – RSL

Tecnologias Assistivas para Auxiliar o Ensino de Genética para Pessoas com Deficiência Visual: Uma Revisão Sistemática da Literatura

<Omitido para revisão cega>

RESUMO

O processo de ensino-aprendizagem da Genética para pessoas com deficiência visual inseridos em contexto escolar é um desafio, tanto para alunos quanto professores, haja vista ser uma disciplina que envolve muitos conceitos abstratos, necessitando de contextualização e problematização dos conteúdos. Assim, este artigo apresenta uma RSL acerca das tecnologias de apoio existentes para o ensino de genética para deficientes visuais. A metodologia empregada seguiu as recomendações para este tipo de estudo. Identificou-se 138 estudos, destes 15 foram analisados. Os resultados mostram que o sentido tátil é o mais utilizado. As lacunas identificadas oportunizam o desenvolvimento de tecnologias envolvendo outros sentidos, contribuindo para a diminuição de limitações no aprendizado do conteúdo pelos DV.

Palavras-chave: *Deficientes visuais, Tecnologia Assistiva, Ensino de Genética.*

ABSTRACT

The teaching-learning process of Genetics for people with visual impairment inserted in the school context is a challenge, for both students and teachers, there may be a discipline that involves many abstract concepts, which need contextualization and problematization of contents. Thus, this article presents an RSL on existing support technologies for teaching genetics to the visually impaired. The methodology employed followed as recommendations for this type of study. 138 studies were identified, of these 15 were analyzed. The results show that the tactile sense is the most used. As identified gaps, they allow the development of technologies involving other senses, contributing to a decrease in the permission for learning in the content by the DV.

Keywords: *Visually impaired, Assistive Technology, Teaching Genetics.*

1. INTRODUÇÃO

O termo Tecnologias assistivas compreende todo o arsenal de recursos, produtos, metodologias, estratégias, práticas e serviços com a finalidade de promover autonomia e inclusão da pessoa com deficiência (BRASIL, 2009, p.43). Estas envolvem a produção ou melhoria de qualquer ferramenta que possa atuar nas capacidades funcionais das pessoas com deficiência, sejam elas físicas, cognitivas ou visuais (GRÖNLUND *et al.*, 2010, p.6).

Em se tratando das pessoas com deficiência visual, têm-se soluções direcionadas para deficientes com cegueira total e/ou baixa visão. O grupo de pessoas com cegueira são aquelas que possuem perda total da visão, até a ausência de projeção de luz; já o grupo com baixa visão, são as que de alguma forma tiveram uma alteração em sua capacidade funcional da visão, que pode decorrer de vários fatores, como por exemplo, baixa acuidade visual significativa, redução importante do campo visual, alterações corticais e/ou de sensibilidade aos contrastes, que venham interferir ou limitar o desempenho visual da pessoa (SÁ *et al.*, 2007, p. 15-16).

Considerando os aspectos abordados acima, são notórios os desafios enfrentados pelos deficientes visuais, fundamentalmente no que se refere à inserção no contexto educacional, uma vez que surge a necessidade de modificações e/ou adaptações dos métodos de ensino, de forma a garantir a aprendizagem e permanência do aluno no contexto escolar (MANTOAN, 2003, p.3).

No campo educacional, as Tecnologias Assistivas têm sido grande aliada no processo de inclusão, por meio de várias ferramentas e/ou métodos de apoio contribuindo assim para o processo de ensino-aprendizagem de deficientes visuais inseridos no contexto regular de ensino (SILVA *et al.*, 2014, p.3). Entretanto, há algumas áreas que representam um desafio para o ensino, como as das Ciências, pois necessitam de adaptações de acordo com conteúdo (FRASER e MAGUVHE, 2008, p. 88).

Inserida nesse contexto das Ciências Biológicas, a Genética, foco deste estudo, compreende a área de conhecimento que se destina ao estudo do DNA, bem como os fenômenos da hereditariedade (SNUSTAD, 2008, p.22). Os saberes inerentes à genética são fundamentais para o processo de formação do indivíduo, uma vez que norteiam discussões científicas-contemporâneas, como aplicações na agricultura, medicina, alimentação, além de possibilitar conhecer as diferenças entre cada ser humano (SNUSTAD e SIMMONS, 2008, p. 36-37).

A genética, é considerada uma disciplina de difícil compreensão pela maioria dos alunos (cegos e videntes), conforme evidenciado em (MOURA, et al., 2013, p.172). Isso decore de inúmeros fatores como a necessidade de formação complementar inclusiva, ausências de recursos tecnológicos no ambiente escolar, ausência de atividades interdisciplinares e contextualizadas, dentre outras.

Observando-se a contribuição das Tecnologias Assistivas para minimizar as barreiras no processo de ensino e aprendizagem, enfrentado pelos deficientes visuais, é proposto neste artigo uma revisão de literatura, com a finalidade de identificar as tecnologias assistivas de apoio ao ensino de genética a pessoas com deficiência visual (cego total ou baixa visão).

2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÕES

A metodologia empregada neste estudo foi proposta por (KITCHENHAM e CHARTERS, 2007), abrangendo as etapas de planejamento, condução e documentação, propostas para realização de revisões sistemáticas. Na etapa de planejamento definiu-se um protocolo com string de busca, bases a serem consultadas, e critérios para inclusão ou exclusão de artigos. Posteriormente seguiu-se para condução, documentação e exposição dos resultados. Para apoio a organização do protocolo e dados a serem analisados, utilizou-se a ferramenta Parsifal (<https://parsif.al>), para extração dos dados foi elaborada planilha manual, disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/1wSax1yyQb45oC0LjjlseoEIBHeezEtyM?usp=sharing>.

2.1. Planejamento

A questão principal de pesquisa é - QP1: Quais tecnologias assistivas tem sido utilizadas para auxiliar o ensino de genética a deficientes visuais (cegueira total ou baixa visão)? - Com a finalidade de responder este questionamento, foram definidas questões complementares a partir da principal, para que seja possível um detalhamento do estudo - QP2: Em qual nível de ensino os estudos estão sendo aplicados? - QP3: Qual tipo de deficiência visual dos participantes do estudo? - QP4: Quais são os conteúdos da genética que as tecnologias abordam? - QP5: As tecnologias apresentadas nos estudos têm-se mostrado eficaz no processo de ensino da genética para deficientes visuais? -

A construção da string de busca foi baseada no método PICO (População, Intervenção, Comparação e Resultados) sugerido por Kitchenham e Charters, 2007 tem como objetivo identificar palavras-chave e formular strings de busca a partir de perguntas de pesquisa. Para formulação da strings definiu-se um agrupamento inicial de sinônimos de acordo com as palavras chave. A questão principal foi organizada conforme a estrutura citada, entretanto foram utilizadas somente os itens População, Intervenção e Resultados. A partir desta organização, formou-se a string preliminar: ("visually impaired" OR "people with visually impaired" OR "low vision") AND ("genetics teaching" OR "genetics learning") AND ("assistive technology" OR "technolog*").

Após uma rodada de testes em algumas bases científicas, foi necessário ampliar a string, de modo a deixá-la mais abrangente, devido à escassez de trabalhos retornados nessa área. De modo que foram inclusos mais sinônimos das palavras chaves: ("people with visual impairments" OR "visually impairment" OR "blind people" OR "low vision") AND ("teaching of genetics" OR "genetics" OR "materials for genetics" OR "didactic resource") AND ("assistive technology OR "technologies").

A busca da string foi realizada nas fontes de dados: Google Scholar, ACM Digital Library, IEEEExplore, Web of Science. Escolha justificada por estas referenciam documentos de diversos editores. O período em consideração foi de 2007-2020, os trabalhos foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão: (i) artigos com texto completo publicados em formato eletrônico; (ii) trabalhos relacionados a tecnologias assistivas para auxiliar o ensino de genética para deficientes visuais; (iii) os trabalhos devem estar em Inglês, Português ou Espanhol; (iv) trabalhos pertencentes ao escopo, em que autoria for a mesma, serão considerados os mais recentes. Para exclusão foram definidos: (i) trabalhos que fogem do escopo da pesquisa, (ii) resumos; (iii) trabalhos que não estejam acessíveis através da rede CAFe (Comunidade Acadêmica Federada da RNP); trabalhos escritos em outras línguas.

2.2. Condução

Após as pesquisas utilizando a string de busca, foram identificados um total de 138, dos quais 65 – Google Scholar; 29 – IEEE; 25 - Web of Science e 19 - ACM Digital Library. Primeiramente foi realizada uma pré-seleção, realizando uma análise dos títulos, palavras-chave e resumos dos artigos, com a finalidade de verificar se possuíam relação com o escopo da revisão. Posteriormente foram excluídos 89 artigos, que não atendiam a esse critério, restando 49 estudos. A partir da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão descritos anteriormente, foram excluídos 38 estudos, resultando em 11 estudos (9- Google Scholar; 1-IEEE, 1-ACM). De acordo com

protocolo foi adicionado mais quatro estudos, oriundo de fonte manual, a Revista Genética na Escola, justifica-se por ser uma revista que desde 2006 divulga pesquisas de Genética, e Biologia evolutiva, servindo como complementar aos estudos antes inclusos. Assim, foram analisados um total de 15, a fim de responder as questões de pesquisa.

3. Tecnologias para o ensino de genética

As tecnologias identificadas em sua maioria, foram recursos e/ou modelos didáticos. Os estudos identificados estão categorizados como:

3.1 Táteis: As tecnologias táteis para os educadores servem como suportes didáticos, possibilitando a criação de inúmeros modelos para o ensino de deficientes visuais. Para os alunos com deficiência visual, as tecnologias táteis são ferramentas compensativas (CARDINALLI e FERREIRA, 2010, p.1-2).

Para esta categoria, dos quinze trabalhos analisados, 10 (dez) abordam soluções didáticas aliados a legendas em Braille. Os autores Silva e Fischer (2018) propuseram um modelo móvel para alunos com baixa visão, composto por peças soltas e maleáveis, abrangendo temas como: síntese proteica, replicação de DNA e divisão celular. Ressalta ainda a importância da construção de soluções táteis, uma vez que estas estimulam o desenvolvimento cognitivo. Além deste tem-se a presença de soluções táteis em (PAULINO e TOYODA, 2013; ANDRADE *et al.*; DELOU *et al.*; LIAÑO *et al.*, 2016; ALFIAI e SAMPALIB; SILVA *et al.*; ROCHA e SILVA, 2017; SOUSA *et al.*, 2018).

3.2 Auditivas: Identificadas duas soluções: Os autores Sánchez e Aguayo (2008) desenvolveram um jogo para smartphones, focado no aprendizado dos conceitos básicos de genética. Como resultado, obteve-se a melhoria das habilidades de resolução de problemas, navegação e orientação de tarefas atreladas a genética para alunos com deficiência visual.

Em consonância, Stearns *et al.* (2016) apresenta o protótipo HandSight, para leitura de documentos impressos. O estudo procurou investigar a viabilidade da detecção e feedback para leitura de textos impresso, foi realizado um experimento controlado comparando a orientação da leitura, com uma micro câmera instalada na ponta dos dedos, com retorno auditivo e solução direcional háptica, incluindo dois motores de vibração. Apesar de não expor uma aplicação direta de uso em sala de aula, o mesmo foi considerado por apresentar uma proposta para pessoas com cegueira realizar a leitura de textos impressos, o que se relaciona com técnicas aplicáveis ao ensino, independente da disciplina abordada.

3.3 Multissensoriais: São tecnologias que exploram mais de um sentido. A utilização de tecnologias multissensoriais é potencializada no processo de ensino-aprendizagem de deficientes visuais (VENTORINI *et al.*, 2016, p.48). Foram identificadas três soluções que abordam esta visão. O estudo de Cerqueira *et al.* (2017) evidenciou que didática multissensorial proporciona benefícios valiosos para os alunos com deficiência visual, atuando no melhor entendimento e assimilação de conceitos complexos. A tecnologia proposta por Silva *et al.* (2016) apresentou a criação de um Objeto de Aprendizagem (OA) para o ensino de Genética, como foco no conteúdo sobre Cromossomos. Similar a um ambiente escolar a solução faz uso de recursos de animação, simulações, e recursos de acessibilidade. Embora não tenha sido direcionado a pessoas com deficiência visual, os resultados os resultados evidenciaram que os OA podem favorecer o aprendizado, um recurso pedagógico de apoio ao processo de ensino e aprendizagem e, em

consequência, à inclusão educacional de pessoas com deficiência. Em Reynaga *et al.* (2019), é apresentado um protótipo para o ensino de caráter interdisciplinar, o qual utiliza os princípios do Universal Design for Learning (UDL). A solução é um recurso multissensorial, produzido por uma impressora 3D aliada a um feedback auditivo, que descreve qualquer material previamente confeccionado.

4. Resultados

Em relação a primeira questão (QP1: Quais as tecnologias assistivas tem sido utilizadas para auxiliar o ensino de genética para deficientes visuais?), 10 dos 15 estudos utilizaram modelos táteis, em sua grande maioria confeccionados por Núcleos de Acessibilidade em conjunto com pedagogos e docentes. Foram identificados ainda três multimodais, e duas auditivas (Figura 01). A análise considerou um período de 2007 a 2020 (Figura 01), onde foi possível a identificação que várias tecnologias direcionadas ao ensino aos deficientes visuais. No entanto, não foi possível observar um número significativo de tecnologias direcionadas para o ensino especificamente de genética. Nos anos de 2016 e 2017 houve um aumento de estudos direcionados a modelos táteis, que corrobora com o estudo de Bhowmick e Hazarika (2017).

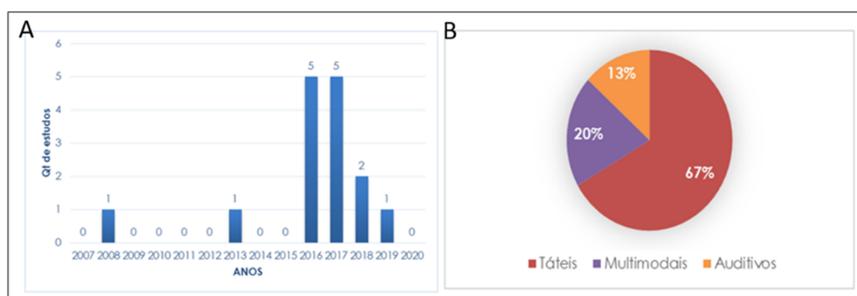


Figura 01

Localizado à esquerda o gráfico temporal, de acordo com os anos e quantidade de estudos encontrados. À direita gráfico evidenciando os tipos de tecnologias identificada nos estudos analisados.

Para responder a segunda questão (QP2: Em qual nível de ensino os estudos estão sendo aplicados?), a maioria das soluções encontradas são utilizadas em turmas mistas (videntes e deficientes visuais) totalizando oito soluções na modalidade do Ensino Médio, isso justifica-se pela Genética ser uma disciplina parte da grande área da Biologia, comumente inserida na base curricular do 2º ou 3º anos do ensino médio (Brasil). Identificou-se ainda um estudo no Ensino Superior, evidência importante para o crescimento de novas soluções neste campo.

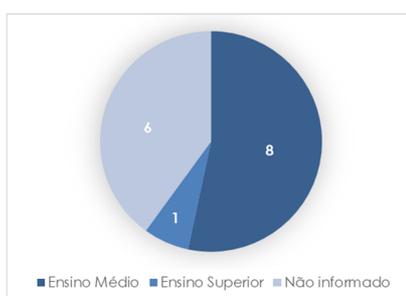


Figura 02

Quantidade de estudos de acordo com nível de estudo aplicado.

Para a terceira questão (QP3: Para qual tipo de deficiência visual dos participantes do estudo?), os tipos de deficiência considerados neste estudos foram cegueira total, ou baixa visão, conforme a Política Nacional de Integração da Pessoa com Deficiência (decreto nº 3.298/99). Os participantes dos estudos, em geral, eram pessoas com deficiência visual. Com exceção de alguns estudos onde os participantes pertenciam a uma sala de aula mista, como em Rocha e Silva (2017), e o estudo de Reynaga *et al.* (2019) que contavam com docentes e especialistas em educação especial. Dos 15 estudos considerados, seis não informaram a deficiência visual, três foram aplicados para cegos, dois para baixa visão, dois para cegos e baixa visão, um para cegos e videntes, e um para baixa visão e videntes.

Para a quarta questão proposta (QP4: Quais são os conteúdos da genética que as tecnologias abordam?) as soluções propostas objetivaram o ensino de conteúdos variados: **Cromossomos** (SILVA *et al.*, 2016); **Dominância/recessividade** (CERQUEIRA *et al.*, 2017); **DNA** (SÁNCHEZ E AGUAYO, 2008; PAULINO E TOYOTA, 2013; DELOU *et al.*, 2016; SILVA E FISCHER, 2018); **Fenótipo/Genótipo** (SÁNCHEZ E AGUAYO, 2008; CERQUEIRA *et al.*, 2017) ; **Herança Sexual e Herança Genética** (SILVA, 2017; ROCHA E SILVA, 2017) ; **Heredogramas** (LIÃO *et al.*, 2016; BORGES *et al.*, 2017); **Mutação** (SÁNCHEZ E AGUAYO, 2008); **Primeira Lei de Mendel** (ANDRADE *et al.*, 2016; CERQUEIRA *et al.*, 2017; NETO *et al.*, 2017) ; **Segunda Lei de Mendel** (LIÃO *et al.*, 2016 ; NETO *et al.*, 2017); **Síntese Proteica e Divisão celular** (SILVA E FISCHER, 2018); **Não informado** (STEARNS *et al.*, 2016; ALFIAI E SAMPALIB, 2017; REYNAGA, *et al.*, 2019). Vale ressaltar que em alguns estudos a solução utilizada envolvia o aprendizado de mais de um assunto trabalhado.

Para a questão “QP5: As tecnologias apresentadas nos estudos tem-se mostrado eficaz no processo de ensino da genética para deficientes visuais?”, como esperado, a maioria das soluções assistivas, conseguiram facilitar e contribuir positivamente para o processo de ensino de genética para alunos cegos e/ou com baixa visão. É importante ressaltar que os estudos voltados para a área da Educação Inclusiva independentemente do campo aplicado, sempre contribuem positivamente para a consolidação do deficiente visual no contexto escolar.

5. CONCLUSÕES

Essa revisão teve como finalidade a identificação de tecnologias assistivas para apoiar os deficientes visuais no processo de ensino da disciplina de Genética. As buscas foram realizadas no período de Dezembro de 2019 a, Fevereiro de 2020. De acordo com protocolo proposto, foi possível a identificação de uma visão geral dos estudos e soluções propostas, e conclui-se que:

- a) Não foram encontradas tecnologias assistivas concretas direcionadas especificamente para o processo de ensino de Genética, o que evidencia uma lacuna existente de produção de ferramentas direcionadas para este campo.
- b) Apesar do foco deste trabalho serem deficientes visuais, foi observado que a necessidade de materiais e soluções para o ensino de Genética também é uma realidade vivenciada pelos alunos videntes, devido as dificuldades de assimilação de conceitos específicos, evidenciado nos trabalhos de Borges *et al.*, (2017) e Rezende e Gomes (2018).
- c) Infere-se que, apesar da contribuição das soluções táteis há uma necessidade de explorar outras tecnologias (aplicações móveis, softwares desktops, soluções háptica, dentre outras) com foco em

contribuir para o processo de ensino-aprendizagem no contexto escolar do deficiente visual com aplicações diretamente voltada para a Genética.

Limitações da revisão

A principal limitação existente, comum em revisões sistemáticas, pode ter ocorrido durante a execução do procedimento com a inserção de erros e vieses em qualquer uma das etapas, como na pré-seleção dos artigos, na inclusão e exclusão e, na extração dos dados. Outro ponto a se considerar, é a possibilidade de alguns estudos não terem sido analisados, por não estarem disponíveis via acesso livre, ou ainda as fontes utilizadas, que apesar de indexarem muitas outras bases bibliográficas, podem ter desconsiderado estudos de revistas específicas relacionadas ao tema.

APÊNDICE B – Questionário para Elicitação de requisitos

Elicitação de Requisitos

DESCRIÇÃO: Este questionário tem por finalidade o levantamento de requisitos através de entrevista do tipo semi-estruturada.

1. Nome

2. Formação/Atuação

Marque todas que se aplicam.

- Graduar
 Especialista
 Mestrado
 Doutorado

Outro: _____

3. Você já utilizou ou utiliza alguma Tecnologia Assistiva?

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Não sei informar

4. Qual(is) método você utiliza para ministração das aulas?

5. Quais as principais dificuldades encontradas em relação a T.A ou técnica utilizada?

6. Quais recursos de TA mais utilizados? Quem os confecciona?

7. Os alunos com deficiência visual participam do desenvolvimento desse material?

8. Descreva de que maneira acontece a abordagem do assunto de genética aos alunos com deficientes visuais durante a ministração das as aulas.

9. Observações (Entrevistador)

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE C – Questionário Perfil do usuário

Caracterização de Perfil de usuário

Descrição: Este questionário é destinado a caracterização do perfil de usuário dos participantes a realizarem testes com a Interface de Primera Lei de Mendel

***Obrigatório**

1. Identificação do Participante *

2. Sexo:

3. Idade:

4. Escolaridade

Marque todas que se aplicam.

- Ensino Fundamental Completo
- Ensino Fundamental Incompleto
- Ensino Médio/Técnico Completo
- Ensino Médio/Técnico Incompleto
- Graduação Completa
- Graduação Incompleta
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado

Outro: _____

5. Deficiência visual:

Marcar apenas uma oval.

- Cegueira Total
- Baixa visão
- Outro: _____

6. Chegada da Deficiência Visual:

Marcar apenas uma oval.

- Congênito (desde o nascimento)
- Outro: _____

Experiência com dispositivos móveis

7. Você possui smartphone?

1 ponto

Marque todas que se aplicam.

- Sim
- Não

8. Com que frequência você utiliza smartphone?

Marcar apenas uma oval.

- Diariamente
- Às vezes
- Raramente
- Outro: _____

9. Quais aplicativos mais utiliza?

Marque todas que se aplicam.

Redes Sociais (facebook, WhatsApp, Twiter, Instagran, etc...)

Jogos

Google Maps

Aplicativos Educacionais

Outro: _____

10. Quantas vezes por semana em média faz uso destes aplicativos?

Marcar apenas uma oval.

1- 2x na semana

3 - 4x na semana

5 ou mais na semana

Agradecemos sua colaboração

Laboratory / Postgraduate Program in Applied Computing / Federal University of Pará (UFPA-CAMTUC)

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE D – Questionário para Avaliação de Usabilidade

Avaliação de Usabilidade

INSTRUÇÕES: Para cada uma das seguintes afirmações, marque a opção que melhor descreve suas reações ao fazer uso da aplicação.

***Obrigatório**

1. 1: Gostaria de usar essa aplicação com frequência *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Plenamente	<input type="radio"/>	Concordo Plenamente				

2. 2: Acredito que a aplicação é muito complexa *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Plenamente	<input type="radio"/>	Concordo Plenamente				

3. 3: Eu achei a aplicação fácil de usar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Plenamente	<input type="radio"/>	Concordo Plenamente				

4. 4: Preciso de ajuda técnica de alguém para utilizar o aplicativo.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	
Discordo Plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Plenamente

5. 5: Conseguir utilizar bem as funções que a aplicação apresenta.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Plenamente	<input type="radio"/>	Concordo Plenamente				

6. 6: A aplicação apresenta muitas falhas.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Plenamente	<input type="radio"/>	Concordo Plenamente				

7. 7: É possível aprender rapidamente como utilizar essa aplicação.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Plenamente	<input type="radio"/>	Concordo Plenamente				

8. 8: Eu achei que a aplicação é difícil de ser utilizada.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Plenamente	<input type="radio"/>	Concordo Plenamente				

9. 9: Eu me senti satisfeito ao utilizar a aplicação.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Plenamente	<input type="radio"/>	Concordo Plenamente				

10. 10: Eu preciso aprender muitas coisas antes de usar a aplicação.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Plenamente	<input type="radio"/>	Concordo Plenamente				

11. Feedback adicional sobre a aplicação. Qual sua opinião pessoal sobre a aplicação?

12. Você acha que a aplicação o ajudaria no estudo da disciplina de genética? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não
- Talvez
- Outro: _____

13. Participante ID:

14. Este questionário é baseado na Escala de Usabilidade do Sistema (SUS), desenvolvida por John Brooke,1986.

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE E: Protocolo para Testes

Objetivo geral:

Os testes propostos serão realizados com a aplicação BioBlu *Mobile*, com intuito de verificar se o mesmo atende a critérios básicos de funcionalidades e usabilidade da aplicação.

Orientações:

Participante dos testes

De acordo com Barnum (2002), é importante conhecer a experiência das pessoas em relação a que será testado, bem como sua idade, gênero ou nível social, para que ao final a compreensão dos resultados possam ser discutidas.

Considerando o exposto, antes dos testes é aplicado um questionário prévio, com o objetivo de caracterização do perfil dos participantes. Ressaltando que todos os participantes, envolvidos neste teste inicial, são deficientes visuais, na categoria de cegueira total.

Sobre local dos testes

Os testes devem ser executados em um espaço confortável aos participantes. Segundo Barnum (2002), uma sala com espaço para acomodação do administrador do teste e/ou observadores ao lado do participante é suficiente.

No trabalho em questão, o ambiente de realização dos testes foram o Instituto Federal do Pará – Campus Tucuruí, e a ADVASP (Associação de deficientes visuais de Tucuruí), ambos os locais com espaço adequado para acomodação dos envolvidos no teste. Foi disponibilizado ao participante um fone de ouvido, com intuito de abafar outros sons inerentes ao ambiente, que pudessem interferir na avaliação da aplicação.

Procedimentos

Para o teste preliminar, as variáveis relevantes são as relacionadas com as funcionalidades e acessibilidade da aplicação. Assim, foram considerados: interface sonora, visando avaliar a compreensão da mensagem e velocidade de execução; orientações de navegação para compreender se a proposta de mudança de telas atende à necessidade; facilidade no acesso as opções do aplicativo; avaliação do espaço de tela disponível. Nos testes finais, são inclusos critérios de usabilidade.

Inicialmente o administrador do teste, irá realizar uma orientação sobre características do aplicativo ao participante, posteriormente será aplicado o “Questionário de Caracterização de Perfil”.

Em seguida, o participante fará uso de um smartphone, com a aplicação proposta instalada, bem como receberá as informações necessárias para o uso inicial. O participante terá um tempo livre para adaptação e exploração da ferramenta. Posteriormente é proposto ao participante a

- (i) **Tarefa 01:** O participante irá realizar a configuração de velocidade de fala disponível na aplicação;
- (ii) **Tarefa 02:** O participante irá acessar a opção “ambientação” da ferramenta, onde aprenderá sobre as formas de navegação disponível na aplicação.
- (iii) **Tarefa 03:** O participante irá acessar a opção “rever conceitos” com intuito de relembrar conceitos básicos antes de resolver uma questão.
- (iv) **Tarefa 04:** O participante navegará até a opção “Questões” (segunda e primeira lei) na tela inicial do aplicativo, e iniciará a resolução da questão 01.

OBS: Não haverá determinação de tempo para realização da tarefa.

Análise dos Testes

Ao término dos testes preliminares, os participantes responderam um questionário, com intuito de verificar o grau de satisfação e indicação de possíveis melhorias, ou correções de erros na aplicação. Contudo, para conduzir a elaboração do questionário a ser aplicado será necessário realizar adaptações nas Heurísticas genéricas propostas por Nielsen em sua obra intitulada: *Heuristic evaluation of user interfaces*.

As adaptações destas heurísticas são necessárias devido a quantidade reduzida de trabalhos que abordam o tema de avaliação de aplicações desenvolvidas para o público com deficiência visual. O objetivo destas heurísticas é detectar problemas relacionados a usabilidade de aplicativos móveis (NIELSEN,1994).

A construção do questionário foi baseada na técnica de Likert (1932), e apresenta uma escala de variação de 1 a 4. Convencionalmente a escala proposta por Likert apresenta no mínimo 05 opções de escala (1- Discordo totalmente 2 - Discordo parcialmente, 3- Indiferente, 4- Concordo parcialmente, 5- Concordo totalmente), no entanto para este questionário definiu-se a utilização de apenas 04, excluindo-se a opção de indeciso ou neutro, uma vez que há necessidade de que neste teste preliminar é necessário e de fundamental importância que o usuário dê sua opinião a cada questão proposta. Para avaliação dos testes finais, o questionário aplicado é baseado no SUS (System Usability Scale), seguindo a metodologia proposta pelo método para obtenção dos resultados finais.

APÊNDICE F: Questionário para avaliação de Teste Preliminar

Escala de resposta: 1 – Concordo plenamente 2 – Concordo 3 – Discordo 4 – Discordo plenamente

Feedback sonoro	AF01 - O áudio está claro e de fácil entendimento.	1	2	3	4
	AF02 - Ao tocar um item na tela o usuário recebe um feedback sonoro.				
	AF03 - A velocidade do feedback sonoro pode ser controlada.				
	AF04 - Ao tentar prosseguir para próxima ação, o retorno de áudio anterior foi interrompido no momento certo.				
	AF05 - Foi possível compreender sem dificuldades o retorno de áudio relacionados a questão de resolução proposta.				
Interface e navegação	AF01 - A organização do menu em lista facilita a navegação entre as opções existentes.				
	AF02 - A maneira de navegação apresentada pela aplicação é de fácil utilização.				
	AF03 - Foi possível seguir ou retornar a uma tela anterior de maneira fácil.				
	AF04 - A tela de treinamento apresentada é de fácil entendimento.				
	AF05 - O processo de seleção de uma opção através de dois toques simultâneos foi satisfatório.				

	AF06 - Os títulos das telas e menus descrevem com clareza seu conteúdo.				
	AF07 - A navegação do aplicativo é fácil e intuitiva.				
	AF08 - Há dificuldade para compreender a orientação da interface, utilizando apenas o retorno auditivo				
Funcionalidades	AF01 - A troca de tela da aplicação aconteceu sem problemas.				
	AF02 - Eu conseguir entender e realizar cruzamentos sem dificuldades.				
	AF03 - Foi possível entender os conceitos relacionados às leis.				
	AF04 - A maneira de utilizar as direções (cima e baixo) para realizar os cruzamentos é eficiente.				
	AF05 - A aplicação apresentou travamentos durante a execução de uma tarefa.				
	AF06 - Houve retardo no tempo de resposta de uma ação.				
	AF07 - O aplicativo funcionou de modo satisfatório, sem a presença de erros.				

APÊNDICE G: Escala de Pontuação por índice de satisfação

Facilidade de Aprendizagem	ESCALA DE PONTUAÇÃO				
	Discordo Plenamente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Plenamente
Questão 3	1	1	2	1	0
Questão 4	1	0	2	2	0
Questão 7	0	1	1	3	0
Questão 10	0	1	2	2	0
Eficiência					
Questão 5	1	0	2	2	0
Questão 6	1	0	3	1	0
Questão 8	0	0	3	2	0
Satisfação					
Questão 1	0	1	2	2	0
Questão 4	1	0	2	2	0
Questão 9	0	1	0	4	0
Facilidade de Memorização Questão 2	0	0	3	2	0
Minimização de erros Questão 6	1	0	3	1	0