



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E  
GESTÃO DO CONHECIMENTO

IVAM GALVÃO FILHO

**FRACTUS: APLICATIVO PARA APRENDIZAGEM DE FRAÇÕES**

FLORIANÓPOLIS

2022

Ivam Galvão Filho

**FRACTUS: APLICATIVO PARA APRENDIZAGEM DE FRAÇÕES**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Vania Ribas Ulbricht, Dr<sup>a</sup>.

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Elisa Maria Pivetta, Dr<sup>a</sup>.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Filho, Ivam Galvão Filho  
FRACTUS : APLICATIVO PARA APRENDIZAGEM DE FRAÇÕES / Ivam  
Galvão Filho Filho ; orientador, Vania Ribas Ulbricht  
Ulbricht, coorientador, Elisa Maria Pivetta Pivetta, 2022.  
154 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia e Gestão do Conhecimento. 2. Aplicativo.  
3. Objetos de Aprendizagem. 4. Aprendizagem de Frações. I.  
Ulbricht, Vania Ribas Ulbricht. II. Pivetta, Elisa Maria  
Pivetta. III. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do  
Conhecimento. IV. Título.

Ivam Galvão Filho

**FRACTUS: APLICATIVO PARA ENSINO DE FRAÇÕES**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Vania Ribas Ulbricht, Dr.(a)  
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Gertrudes Aparecida Dandolini, Dr.(a)  
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Márcio Vieira de Souza, Dr.  
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fábio José Parreira, Dr.  
Instituição Universidade Federal de Santa Maria

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

---

Prof. Roberto Carlos dos Santos Pacheco, Dr.  
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof<sup>a</sup>. Vania Ribas Ulbricht, Dr<sup>a</sup>.  
Orientadora

Florianópolis (2022).

Este trabalho é dedicado à minha esposa Noemi Popenke, que esteve sempre do meu lado nesta jornada, me apoiando e incentivando, minha querida filha Stephane Orkney Braga Galvão e a minha amada mãe, Marlene dos Santos Galvão, a quem devo muito, principalmente a vida.

## AGRADECIMENTOS

Aproveito esta oportunidade para agradecer primeiramente à Deus por iluminar meu caminho e me abençoar com oportunidade de realização deste trabalho, pois sem ele em meu caminho nada poderia ter feito. Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina por ter confiado no meu trabalho e me conferido a oportunidade de cursar um programa de pós-graduação à nível de mestrado. Espero sinceramente ter estado à altura deste desafio e ter cumprido com a minha missão no programa. Agradeço também à agência de fomento FAPESC por apoiar o meu trabalho durante o período em que eu estive vinculado a esta como bolsista de mestrado.

Um agradecimento especial aos meus queridos colegas, pelo trabalho que realizamos em conjunto e apoio em diversos momentos. Também agradeço a professora e orientadora Dr<sup>a</sup>. Vania Ribas Ulbricht e a minha Coorientadora, a Dr<sup>a</sup>. Elisa Maria Pivetta que me guiaram, corrigiram e me incentivaram durante o meu trabalho.

Agradeço também a minha mãe, Marlene dos Santos Galvão que me apoiou durante o mestrado, a minha irmã Greice Cristina Galvão que me apoiou e incentivou na decisão de ingressar no programa de pós-graduação e minha amada esposa Noemi Popenke, que esteve sempre do meu lado, me dando atenção, apoio e incentivo em minha jornada.

“[...] Toda mente é um cofre - não há mentes impenetráveis, apenas chaves erradas”.  
(CURY, Augusto, 2013)

## RESUMO

O objetivo principal desta pesquisa foi o desenvolvimento de um aplicativo para aprendizagem de frações com Objetos de Aprendizagem. Neste estudo utilizou-se o *Design Science Research (DSR)* como metodologia para desenvolvimento da pesquisa com o objetivo de produção de artefatos e a revisão integrativa de modo a se obter o estado atual de pesquisas sobre o tema. Esta pesquisa está vinculada ao LAMID, Laboratório de Mídias Digitais e Inclusão Social do EGC (Engenharia e Gestão do Conhecimento) da Universidade Federal de Santa Catarina, dentro da linha de pesquisa Teoria e Prática em Engenharia do Conhecimento. O estudo ainda permitiu um melhor entendimento sobre os Objetos de Aprendizagem e suas metodologias de desenvolvimento, além de uma maior compreensão da implementação de métodos e ferramentas de acessibilidade *web*, de acordo com padrões internacionais como o *WCAG (Web Content Accessibility Guidelines)*, conforme a *W3C*. No processo de desenvolvimento foi utilizada a abordagem do *Design Thinking* para elaboração de diversos artefatos como diagramas, mapas, *Mockups*, *Design Systems* e protótipos de baixa e alta fidelidade. O principal resultado da pesquisa foi o desenvolvimento de um aplicativo para aprendizagem de frações com Objetos de Aprendizagens. O aplicativo foi submetido a testes unitários, de integração, acessibilidade *web*, performance e boas práticas, com bons resultados alcançados.

**Palavras-chave:** Objetos de Aprendizagem. Frações. Aplicativo para Aprendizagem.

## ABSTRACT

The main objective of this research was the development of an application for learning fractions with Learning Objects. In this study, Design Science Research (DSR) was used as a methodology for research development with the objective of producing artifacts and an integrative review in order to obtain the current state of research on the subject. This research is linked to LAMID, Laboratory of Digital Media and Social Inclusion of the EGC (Engineering and Management of Knowledge) of the Federal University of Santa Catarina, within the line of research Theory and Practice in Knowledge Engineering. The study also allowed a better understanding of Learning Objects and their development methodologies, as well as a greater understanding of the implementation of web accessibility methods and tools, according to international standards such as WCAG (Web Content Accessibility Guidelines), according to the W3C. In the development process, the Design Thinking approach was used for the elaboration of various artifacts such as diagrams, maps, Mockups, Design Systems and low and high fidelity prototypes. The main result of the research was the development of an application for learning fractions with Learning Objects. The application was submitted to unit, integration, web accessibility, performance and best practices tests, with good results achieved.

**Keywords:** Learning Objects. Fractions. App for Learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Nuvem de palavras da pesquisa prévia nas bases <i>IEEE</i> e <i>Scopus</i>	27
Figura 2 – Gráfico com a frequência de uso dos termos	28
Figura 3 – Gráfico com o desempenho dos algoritmos	33
Figura 4 - Gráfico com os resultados das consultas na primeira fase	38
Figura 5 - Gráfico com os resultados da segunda fase	39
Figura 6 - Gráfico com os resultados das consultas na terceira fase	40
Figura 7 - Gráfico com os resultados organizados por temas	41
Figura 8 - Gráfico de publicações por ano	42
Figura 9 - Gráfico de publicações de OAs por ano	43
Figura 10 - Gráfico de publicações de acessibilidade <i>web</i> por ano	44
Figura 11 - Nuvem de palavras formada pelas palavras-chaves dos artigos da revisão	44
Figura 12 - Exemplo de código <i>HTML</i> para imagens conforme padrões <i>W3C</i>	74
Figura 13 - Gráfico das principais ferramentas de análise de acessibilidade <i>web</i>	84
Figura 14 - Exemplo de implementação da <i>metatag viewport</i>	88
Figura 15 - Diagrama de Duplo Diamante do <i>Design Thinking</i>	96
Figura 16 - Diagrama de etapas do projeto	97
Figura 17 - Mapa de <i>Stakeholders</i>	97
Figura 18 - Jornada do usuário	98
Figura 19 - Mapa Mental de Frações	99
Figura 20 - Mapa de Empatia	101
Figura 21 - Diagrama de Caso de Uso do Fractus	107
Figura 22 - Diagrama de Atividades	108
Figura 23 - Diagrama de Classes	109
Figura 24 - Diagrama de implantação do sistema	110
Figura 25 - Diagrama da arquitetura do sistema	112
Figura 26 - Versão colorida da logomarca	113
Figura 27 - Versão monocromática da logomarca	113
Figura 28 - <i>Favicon</i> do Fractus	114
Figura 29 - Paleta de cores do Fractus	114
Figura 30 - Capa do <i>Design System</i>	115

Figura 31 - Exemplo de botões utilizados na construção dos artefatos	116
Figura 32 - Tela inicial do Fractus	117
Figura 33 - Tela do Objeto de Aprendizagem no Fractus	117
Figura 34 - Tela do OAs no Fractus	118
Figura 35 - Tela do aplicativo Fractus	119
Figura 36 - Desenvolvimento dos metadados usando a ontologia OBBA	120
Figura 37 - Diagrama da seção <i>Annotations</i> da ontologia OBBA	120
Figura 38 - Imagem do teste realizado no <i>Lighthouse</i> para <i>desktop</i>	123
Figura 39 - Calculadora de <i>Score</i> no <i>Lighthouse</i> para <i>desktop</i>	123
Figura 40 - Imagem do teste realizado no <i>Lighthouse</i> para <i>mobile</i>	124
Figura 41 - Calculadora de <i>Score</i> no <i>Lighthouse</i> para <i>mobile</i>	124
Figura 42 - Teste de acessibilidade <i>web</i> realizado através do ASES	126
Figura 43 - Imagem do teste de acessibilidade <i>web</i> realizado no <i>Achecker</i>	127
Figura 44 - Teste de acessibilidade <i>web</i> realizado no <i>Wave</i>	127
Figura 45 - Imagem do teste de acessibilidade <i>web</i> realizado no <i>TAW</i> (Perceptível)	128
Figura 46 - Imagem do teste de acessibilidade <i>web</i> realizado no <i>TAW</i> (Operável)	129
Figura 47 - Imagem do teste de acessibilidade <i>web</i> realizado no <i>TAW</i> (Compreensível)	130
Figura 48 - Imagem do teste de acessibilidade <i>web</i> realizado no <i>TAW</i> (Robusto)	130

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aderência ao EGC	24
Tabela 2 - Termos mais utilizados	28
Tabela 3 - Termos, descritores e tesouros DeCS	29
Tabela 4 - Termos, descritores e tesouros <i>MeSH</i>	30
Tabela 5 - Análise de Desempenho	32
Tabela 6 - Lista de trabalhos de OAS selecionados na 3º fase	34
Tabela 7 - Lista de trabalhos selecionados sobre acessibilidade <i>web</i> na 3º fase	34
Tabela 8 - Critérios de seleção	36
Tabela 9 - Resultados da primeira fase de pesquisa	37
Tabela 10 - Resultados da segunda fase de pesquisa	38
Tabela 11 - Resultados da terceira fase de pesquisa	40
Tabela 12 - Resultados da terceira fase por temas	40
Tabela 13 - Número de publicações por ano	41
Tabela 14 - Número de publicações sobre OAs por ano	42
Tabela 15 - Número de publicações sobre acessibilidade <i>web</i> por ano	43
Tabela 16 - Lista de trabalhos selecionados sobre OAs	46
Tabela 17 - Lista de trabalhos selecionados sobre acessibilidade <i>web</i>	47
Tabela 18 - Principais ferramentas de análise de acessibilidade <i>web</i>	84
Tabela 19 - Especificação de Caso de Uso	105
Tabela 20 - Especificação de Caso de Uso (Cenário principal)	105
Tabela 21 - Especificação de Caso de Uso (Cenário de exceção)	106

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

*WCAG Web Content Accessibility Guidelines*

*W3C World Wide Web Consortium*

*UX/UI User Experience/User Interface*

*PWA Progressive Web Apps*

*HTML HyperText Markup Language*

*CSS Cascading Style Sheets*

*JS JavaScript*

*XML Extensible Markup Language*

*JSON JavaScript Object Notation*

*RDF Resource Description Framework*

OBBA Objetos de Aprendizagem baseados em agentes

*CSV Comma-separated-values*

EGC Engenharia e gestão do conhecimento

PPGEGC Programa de pós-graduação em engenharia e gestão do conhecimento

LAMID Laboratório de Mídias e Inclusão Social

DeCS Descritores em Ciências da Saúde

*MeSH Medical Subject Headings*

*IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers*

*OUCI Open Ukrainian Citation Index*

*WoS Web of Science*

*SciElo Scientific Electronic Library*

*LTSC Learning Technology Standards Committee*

*TLVEs Teaching and Learning Virtual Environments*

OAs Objetos de Aprendizagem

*MLO Mobile Learning Objects*

ODEA Objetos Digitais de Ensino-Aprendizagem

*LOM Learning Object Metadata*

AVEAs Ambientes Virtuais de Ensino-Aprendizagem

AVA Ambiente Virtual de Aprendizagem

MEC Ministério da Educação e Cultura

RED Recursos Educacionais Digitais

BIOE Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem  
*LMS Learning Management System*  
*ADL Advanced Distributed Learning*  
*IMS Learning Resource Metadata Information Model*  
*DCMI DublinCore Metadata Initiative*  
*DC DublinCore*  
*ISO International Organization for Standardization*  
*IEC International Electrotechnical Commission*  
*SCORM Sharable Content Object Reference Model*  
*IMS GLC Instructional Management Systems Project, Global Learning Consortium*  
*AICC CBT Aviation Industry Computer-Based Training Committee*  
*ARIADNE Foundation for the European Knowledge Pool*  
*CAM Content Aggregation Model*  
*RTE Run-Time Environment*  
*SN Sequencing and Navigation*  
OBAA Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes  
UFABC Universidade Federal do ABC  
PBTA Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem  
GPS Sistema de Posicionamento Global  
RA Realidade Aumentada  
INTERA Inteligência, Tecnologias Educacionais e Recursos Acessíveis  
*PMBOK Project Management Body of Knowledge*  
*CMS Content Management Systems*  
*WAI-ARIA Web Accessibility Initiative Accessible Rich Internet Applications*  
*ATAG Authoring Tool Accessibility Guidelines*  
*UAAG User Agent Accessibility Guidelines*  
*WCAG-EM Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology*  
EMAG Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico  
*ADA American Disabilities Act*  
*COGA Cognitive and Learning Disabilities Accessibility*  
*TTML Timed Text Markup Language*  
*ACT Accessibility Conformance Testing*

*EARL Evaluation and Report Language*

*TLS Transport Layer Security*

OCDE Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

*SPA Single Page Applications*

SAEB Sistema de Avaliação da Educação Básica

*UML Unified Modeling Language*

## LISTA DE SÍMBOLOS



Ícone do aplicativo Fractus



Logo do aplicativo Fractus



Versão Monocromática da logomarca Fractus

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	20
1.2	OBJETIVOS	20
1.2.1	Objetivo Geral	20
1.2.2	Objetivos Específicos	20
1.3	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA	21
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	21
1.4.1	Delimitação Tecnológica	22
1.4.2	Aplicação do Protótipo	22
1.4.3	Interdisciplinaridade na Dissertação e Metodologias de Pesquisa	23
1.5	ADERÊNCIA AO PPGEGC	23
1.6	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	25
2	REVISÃO DA LITERATURA	27
2.1	FASES DA PESQUISA	33
2.2	RESULTADOS	36
2.2.1	Resultados da Primeira Fase	36
2.2.2	Resultados da Segunda Fase	38
2.2.3	Resultados da Terceira Fase	39
2.2.4	Discussão dos Resultados	45
3	EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS	50
3.1	EDUCAÇÃO UBÍQUA	50
3.2	TEORIA DA COGNIÇÃO SITUADA	51
3.2.1	Princípios da Cognição e Aprendizagem Situadas	52
3.2.2	A Cognição Distribuída	52
3.2.3	A Teoria da Cognição Situada e as TDIC's	53

3.3	A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E AS TECNOLOGIAS	53
4	OBJETOS DE APRENDIZAGEM	56
4.1	CLASSIFICAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM	58
4.2	CATÁLOGO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM	60
4.2.1	<i>LOM (Learning Object Metadata)</i>	60
4.2.2	<i>Dublin Core</i>	61
4.2.3	<i>SCORM</i>	63
4.3	A ONTOLOGIA OBBA	63
4.4	REPOSITÓRIOS DIGITAIS	64
4.5	METODOLOGIAS E ABORDAGENS DE DESENVOLVIMENTO	65
4.5.1	Metodologia PBTA	66
4.5.2	O Desenvolvimento para Dispositivos Móveis	66
4.5.2.1	Requisitos para o Desenvolvimento MLO	66
4.5.2.2	Camadas da Arquitetura MLO	68
4.5.3	Metodologia INTERA	70
4.5.4	<i>Design Thinking</i>	71
5	ACESSIBILIDADE <i>WEB</i> , INTEROPERABILIDADE E USABILIDADE	73
5.1	DIRETRIZES DE ACESSIBILIDADE <i>WEB</i>	75
5.1.1	<i>WCAG</i>	75
5.1.2	<i>WAI-ARIA</i>	82
5.2	FERRAMENTAS PARA ANÁLISE	83
5.3	INTEROPERABILIDADE COM <i>PWA</i>	86
5.4	USABILIDADE	88
5.5	ANÁLISE E DISCUSSÃO	92
6	DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO	93
6.1	O DESENVOLVIMENTO UTILIZANDO <i>DESIGN THINKING</i>	96

6.2	ANÁLISE	102
6.2.1	Escopo do Sistema	102
6.2.2	Requisitos Funcionais	102
6.2.3	Requisitos Não Funcionais	103
6.2.4	Diagramas	104
6.2.5	Arquitetura	111
6.3	DESENVOLVIMENTO	112
6.3.1	Identidade Visual	113
6.3.2	<i>Design System</i>	115
6.3.3	Protótipo	116
6.3.4	Ontologia OBBA	119
6.3.5	Desenvolvendo o <i>Software</i>	121
6.4	TESTES E IMPLEMENTAÇÃO	122
6.5	ANÁLISES, DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES	122
7	CONCLUSÃO	132
	REFERÊNCIAS	134
	APÊNDICE A - Configurações de Servidores	143
	APÊNDICE B - Lista de Objetos de Aprendizagem	144
	APÊNDICE C - Texto Sobre Frações	148
	APÊNDICE D - Lista de Exercícios	151
	ANEXO A – Relatório completo do ASES	153

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema educacional brasileiro passa por uma profunda crise agravada pela pandemia de Covid-19. No ano de 2020 o país permaneceu por 40 semanas com as escolas fechadas, conforme o Anuário da Educação Básica de 2021 (TODOS PELA EDUCAÇÃO B, 2021). Em 2020, uma nota técnica da mesma publicação já ressaltava a necessidade de uma educação digital para garantir a acessibilidade dos alunos e a continuidade dos processos educativos. No entanto, apenas 40% das residências de classes D e Modelinha tem acesso à Internet, aumentando assim a exclusão social e a necessidade de ferramentas tecnológicas que não necessitem de acesso contínuo à rede mundial de computadores. A educação remota foi fundamental para manter o aprendizado durante a pandemia, mas com limitações. Segundo este mesmo anuário, quase 10 milhões de estudantes estudam em escolas com problemas sérios de estrutura, incluindo aí a falta de acesso à Internet. Isto impossibilita a implementação de tecnologias educacionais nos processos de aprendizagem.

Por outro lado, dados do SAEB (2019) apud TODOS PELA EDUCAÇÃO (2021) no ano de 2019, revelaram que, dentre os alunos do 5º ano do ensino fundamental com níveis socioeconômicos mais baixos, apenas 29,7% tinham uma aprendizagem adequada na disciplina de Matemática, no 9º ano, a porcentagem de alunos com aprendizagem adequada caiu para 13,5% e no 3º ano do ensino médio a taxa cai para 4,9%. Vale lembrar que o SAEB considera como aprendizagem adequada em Matemática quando o aluno alcança, na aplicação dos exames da instituição, pelo menos 225 pontos para estudantes do 5º ano do ensino fundamental, 300 pontos ao menos no 9º ano e no mínimo 325 pontos para estudantes do 3º ano do ensino médio (QEDU, 2022).

O anuário, referenciado acima, em 2020, das escolas da educação básica no país, apenas 35,2% têm acesso a laboratórios de informática e 31,8% tem acesso à Internet, para uso dos estudantes, isto nos anos iniciais. Nos anos finais, a taxa de escolas com acesso a laboratórios de informática subiu para 54,8% e o acesso à Internet para 47,9% (TODOS PELA EDUCAÇÃO B, 2021).

Com o intuito de minimizar os prejuízos na educação, propõe-se um pesquisador sobre o desenvolvimento de recursos digitais, capazes de contribuir para melhorias no processo de aprendizagem dos estudantes.

## 1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A deficiência na aprendizagem nas escolas de educação básica é um problema grave de educação em Santa Catarina e no Brasil. Atualmente, a educação também passa por um processo de transformação, acelerado pela atual crise sanitária, econômica e social pela qual passamos. Nesse cenário, a utilização de Objetos de Aprendizagem (OAs) vem ao encontro da educação digital como forma de apoiar a aprendizagem dos alunos.

No desenvolvimento da pesquisa, realizada no LAMID (Laboratório de Mídias e Inclusão Social) vinculado ao departamento do EGC (Engenharia e Gestão do Conhecimento), procurou-se conceituar Objetos de Aprendizagem (OAs) no contexto do ensino de Matemática e identificar as metodologias de desenvolvimento de aplicações voltadas para a educação digital. De forma análoga, procurou-se definir a acessibilidade *web* e o desenvolvimento de OAs, utilizando-se como principal abordagem de desenvolvimento o *Design Thinking*, que se baseia em um processo colaborativo e centrado no ser humano para resolver problemas complexos (ELLWANGER, 2013). Na busca de minimizar os problemas na aprendizagem da Matemática, no ensino fundamental brasileiro, colocou-se a seguinte questão de pesquisa: Como desenvolver um aplicativo, através da abordagem do *Design Thinking*, utilizando Objetos de Aprendizagem para a aprendizagem de frações?

Restringiu-se o desenvolvimento ao conteúdo de frações, por ser este conteúdo, apontado por professores e alunos, como tendo um nível bastante alto de dificuldade.

## 1.2 OBJETIVOS

Para auxiliar a responder à pergunta de pesquisa, colocou-se os seguintes objetivos:

### 1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um aplicativo, utilizando Objetos de Aprendizagem, referente a aprendizagem de frações.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Empregar o *Design Thinking* como principal abordagem de desenvolvimento de OAs;

- Esboçar o *Design System* e também um protótipo de Objeto de Aprendizagem para ensino de frações, de baixa e alta fidelidade;
- Realizar testes unitários, de integração, aceitação e de acessibilidade *web* no aplicativo com, pelo menos, 3 ferramentas para análise de acessibilidade;
- Analisar os resultados da análise de acessibilidade, performance, boas práticas e portabilidade;

### 1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

Diante da demanda de alunos matriculados na educação básica e a atual situação gerada pela pandemia de Covid-19 que resultou no fechamento das escolas em 2020 e 2021, tornou-se importante considerar novas estratégias de educação para minimizar os impactos gerados. A principal justificativa para o desenvolvimento desta pesquisa é a nota técnica da organização TODOS PELA EDUCAÇÃO A, (2020), “Ensino a Distância na Educação Básica frente à pandemia da Covid-19”, para debater o uso de educação digital no enfrentamento da crise e manter assim as atividades de aprendizagem. Segundo o Anuário Brasileiro da Educação Básica de 2020, a educação digital necessita urgentemente de soluções inovadoras que garantam a acessibilidade *web* e a continuidade dos processos educativos. Logo, é necessário o estudo e desenvolvimento de novas ferramentas capazes de auxiliar na aprendizagem de conteúdos de Matemática e que tenham acessibilidade na *web*. Além disso, segundo Pillon *et al.*, (2020, p. 247), “A tecnologia “acoplada” à nossa realidade é apontada em todos os estudos como positiva quando utilizada como auxiliar ao processo educativo”.

### 1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O conhecimento abordado nesta pesquisa é explícito e documentado em artigos, teses e livros. A dissertação se restringe ao conteúdo de frações.

Este projeto foi desenvolvido utilizando a metodologia de pesquisa tecnológica, mais especificamente o *Design Science Research*, que de acordo com Sordi, Azevedo e Meireles, (2015), está voltado para a resolução de problemas a partir de novos conhecimentos científicos e de ordem pragmática. De acordo ainda com os autores, o objeto de estudo da metodologia

deve ser um artefato (SORDI, AZEVEDO, MEIRELES, tradução nossa, 2015). O *Design Science Research*, também pode ser considerado como,

“[...] uma ciência que busca desenvolver e projetar soluções para melhorar os sistemas existentes, resolver problemas ou mesmo criar novos artefatos que contribuam para um melhor desempenho humano, seja na sociedade ou nas organizações” (Dresch, Lacerda e Antunes Jr, tradução nossa, 2015, p. 56).

Ou ainda,

“[...] um paradigma de pesquisa no qual um designer responde a perguntas relevantes aos problemas humanos por meio da criação de artefatos inovadores, contribuindo assim com novos conhecimentos para o corpo de evidências científicas. Os artefatos projetados são úteis e fundamentais na compreensão desse problema” (HEVNER, CHATTERJEE, tradução nossa, 2010, p. 5).

Segundo Lacerda *et al.*, (2013), os resultados da pesquisa DSR podem ser expressos como constructos, modelos, métodos ou instanciações. Um constructo corresponde ao vocabulário de um domínio, modelos são um conjunto de proposições que expressam os relacionamentos entre os constructos, métodos são criações típicas das pesquisas e podem ser consideradas ainda como um conjunto de passos como um algoritmo, por fim, instanciação é a concretização de um artefato (MARCH, SMITH, 1995, p. 257-258) apud (LACERDA *et al.*, 2013).

#### **1.4.1 Delimitação Tecnológica**

Para o desenvolvimento deste projeto foi utilizado um conjunto de ferramentas, divididos em três áreas, o *Design UX/UI*, o desenvolvimento de *software* e tecnologia de servidores em nuvem com ferramentas de *DevOps*. Este conjunto de tecnologia foi escolhido por apresentar melhores configurações de acessibilidade e capacidade de interoperabilidade, além de maior integração entre as ferramentas.

#### **1.4.2 Aplicação do Protótipo**

O protótipo de alta fidelidade desenvolvido nesta pesquisa será testado por ferramentas de acessibilidade *web* e disponibilizado via *web* site. Após aprovação da pesquisa, será gerado uma versão final do *software* que será disponibilizado via *web*, para instalação em *desktop*<sup>1</sup> via *PWA* e versão *Mobile*<sup>2</sup>.

### 1.4.3 Interdisciplinaridade na Dissertação e Metodologias de Pesquisa

Este trabalho de pesquisa abrange diversos conhecimentos interdisciplinares, incluindo áreas como a aprendizagem digital, acessibilidade *web*, desenvolvimento de software e o *Design Thinking*. O conhecimento abordado na pesquisa é explícito e amplamente documentado e quanto à temporalidade, a pesquisa é transversal, pois o estudo é realizado sem a interação direta com a população amostral, para o caso dos testes de acessibilidade e de usuário. Além disso, os dados são coletados ao longo de um período determinado de tempo, que corresponde à fase final de desenvolvimento do protótipo. Ainda, quanto ao paradigma de Morgan (1980), a pesquisa pode ser considerada de paradigma funcionalista, pois este é de perspectiva pragmática e o pesquisador precisa se distanciar do fenômeno analisado a partir do rigor científico (MORGAN, 1980).

## 1.5 ADERÊNCIA AO PPGEGC

Esta dissertação trata do desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem (OAs) para a aprendizagem de frações, com acessibilidade *web*, usabilidade e interoperabilidade, utilizando o *Design Thinking* como abordagem principal de desenvolvimento, de modo a projetar, desenvolver e testar OAs. Está inserida nas áreas de concentração de Engenharia do Conhecimento e Mídias do Conhecimento e na linha de pesquisa Teoria e Prática em Engenharia do Conhecimento, principalmente devido ao estudo e aplicação de *Web Semântica*, *RDF* e *XML*, Ontologias como OBBA e Taxonomia de Bloom. No EGC, esta linha trata de abordar metodologias e tecnologias da Engenharia do Conhecimento e da Inteligência Computacional e suas relações com a gestão e com a mídia do conhecimento. Neste trabalho, realizado no âmbito do Laboratório de Mídias e Inclusão Social (EGC/LAMID), da

---

<sup>1</sup> Computador pessoal ou de mesa.

<sup>2</sup> Aplicativos em versões para uso em celulares.

Universidade Federal de Santa Catarina, foi realizado o desenvolvimento de um aplicativo, utilizando Objetos de Aprendizagem para a aprendizagem de frações com a utilização de *softwares* livre.

Para alcançar os objetivos colocados utilizou-se a metodologia do *Design Science Research* como uma abordagem teórico-prática e o *Design Thinking* como abordagem para desenvolvimento centrado no usuário. Os principais temas estudados no desenvolvimento desta dissertação foram os Objetos de Aprendizagem, a educação digital e ubíqua relacionadas a área de Matemática e a acessibilidade *web*.

No histórico do EGC, foram encontradas 3 dissertações e 2 teses de doutorado que guardam afinidade com o tema deste trabalho. Pode-se perceber que há trabalhos que têm o seu contexto de aplicação no mesmo setor da presente dissertação, como o trabalho de Binda (2018) e Busarello (2016), com suas diretrizes para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem acessíveis e Queiroz, (2017) com um trabalho direcionado a construção e compartilhamento do conhecimento através de Objetos de Aprendizagem. Já os trabalhos de Comarella (2015) e Furtado (2020), tratam da gestão de Objetos de Aprendizagem, tendo como abordagens o Vê de Gowin e o *Design Science Research*, respectivamente.

Observando-se o histórico de trabalhos do EGC, nota-se que a presente dissertação traz como contribuição específica a apresentação de métodos de desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem com acessibilidade *web* e que complementa os trabalhos anteriores, mais focados na gestão de Objetos de Aprendizagem e nas diretrizes de produção. Neste sentido, esta dissertação pode vir a ser subsídio para novas pesquisas em gestão e produção de Objetos de Aprendizagem, Educação Digital, estudos de acessibilidade *web* e Educação Matemática, que podem ser investigados a partir deste estudo. Na Tabela 1, estão destacados os trabalhos considerados de contexto mais próximo ao desta dissertação.

Tabela 1 – Aderência ao EGC.

**Tabela de Aderência ao EGC**

(continua)

<b>Ano</b>	<b>Autor</b>	<b>Título/Trabalho</b>	<b>T/D</b>
2015	COMARELLA, R. L.	<b>Gêneseis:</b> Gestão de objetos digitais de ensino aprendizagem: construindo um modelo. Florianópolis: UFSC, Biblioteca Universitária, 2015. Orientadora - Prof. Dr <sup>a</sup> Araci Hack Catapan.	Tese

**Tabela de Aderência ao EGC**

			(conclusão)
Ano	Autor	Título/Trabalho	T/D
2016	BUSARELLO, R. I.	<b>Gamificação em histórias em quadrinhos hipermédia:</b> diretrizes para construção de Objeto de Aprendizagem acessível. Florianópolis: UFSC, Biblioteca Universitária, 2016. Orientadora - Prof. Dr <sup>a</sup> Vania Ribas Ulbricht.	Tese
2020	FURTADO, R. G.	<b>Évora:</b> Gestão de objetos digitais de ensino aprendizagem. Florianópolis: UFSC, Biblioteca Universitária, 2020. Orientadora - Prof. Dr <sup>a</sup> Araci Hack Catapan.	Dissertação
2017	QUEIROZ, R. G.	<b>Construção e compartilhamento de conhecimento através do Objeto de Aprendizagem c'Artes.</b> Florianópolis: UFSC, Biblioteca Universitária, 2017. Orientadora - Prof. Dr <sup>a</sup> Vania Ribas Ulbricht.	Dissertação
2018	BINDA, R. de P.	<b>Artefato para representação interativa de diretrizes para produção de material educacional acessível.</b> Florianópolis: UFSC, Biblioteca Universitária, 2018. Orientadora - Prof. Dr <sup>a</sup> Vania Ribas Ulbricht.	Dissertação

Fonte: Autoria própria (2022).

## 1.6 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Esta dissertação apresenta uma divisão em sete capítulos, onde no capítulo de introdução são apresentados uma breve contextualização da pesquisa, seus objetivos, a justificativa, a delimitação e escopo do trabalho.

No próximo capítulo, tem-se a revisão da literatura, onde é detalhada, em quais bases foram realizadas as consultas, principais descritores, palavras-chave e tesouros utilizados, além dos parâmetros utilizados para inclusão e exclusão de textos e principais resultados.

No terceiro capítulo tem-se a apresentação de tópicos sobre educação e tecnologias.

O quarto capítulo trata dos Objetos de Aprendizagem, trazendo definições, características e padrões adotados. Ainda neste capítulo, são apresentadas descrições das principais metodologias de desenvolvimento de OAs e a abordagem do *Design Thinking*.

No capítulo cinco é abordado o assunto sobre a acessibilidade *web*, usabilidade e interoperabilidade, com definições, apresentação dos principais padrões adotados, além de métodos e técnicas para melhorar a performance de recursos digitais quanto a esta questão.

No capítulo seis é apresentado o trabalho de desenvolvimento do Objeto de Aprendizagem, utilizando a abordagem do *Design Thinking* e em seguida faz-se a análise e discussão do projeto de desenvolvimento OAs.

Finalmente, no capítulo sete temos a conclusão do trabalho de pesquisa e as principais sugestões para pesquisas futuras.



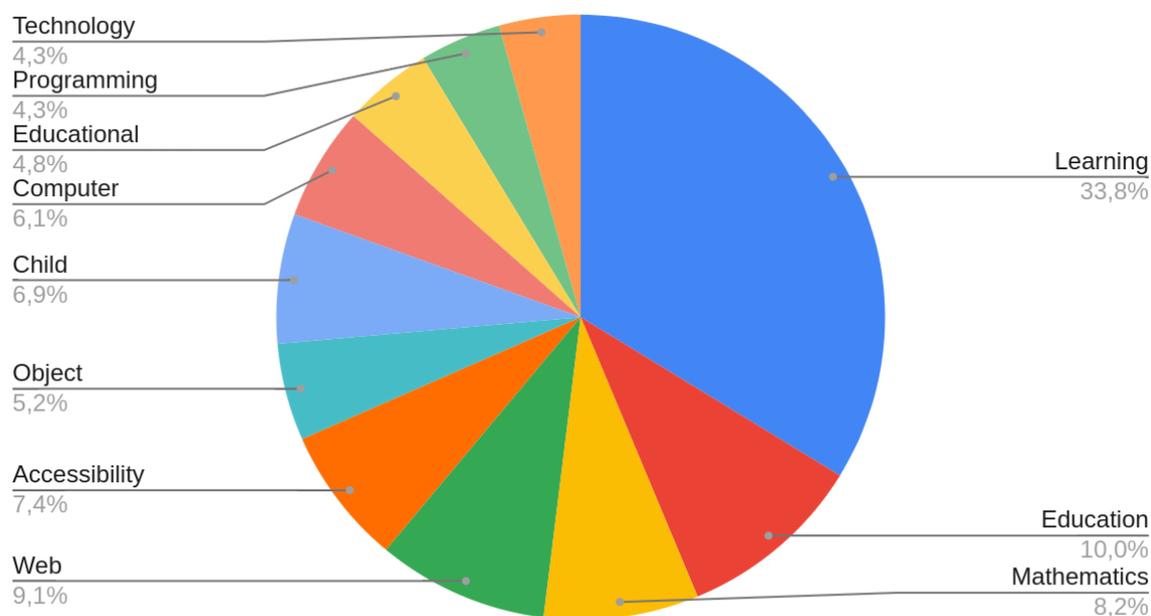
Tabela 2 - Termos mais utilizados.

<b>Termos Utilizados</b>	
<b>Keyword</b>	<b>Quant.</b>
<i>Learning</i>	78
<i>Education</i>	23
<i>Mathematics</i>	19
<i>Web</i>	21
<i>Accessibility</i>	17
<i>Object</i>	12
<i>Child</i>	16
<i>Computer</i>	14
<i>Educational</i>	11
<i>Programming</i>	10
<i>Technology</i>	10

Fonte: Aatoria própria (2022).

Na Figura 2 é apresentado um gráfico onde é mostrado a frequência com que os termos foram utilizados na pesquisa.

Figura 2 - Gráfico com a frequência de uso dos termos.



Fonte: Aatoria própria com uso do *software Google Sheets* (2022).

Foram selecionados os seguintes termos para a pesquisa e consulta dos descritores e tesouros nas plataformas DeCS e MeSH: *Learning, Education, Mathematics, Web, Accessibility*

e *object*. Os demais termos foram excluídos da pesquisa por serem redundantes ou não terem relação com a questão de pesquisa. Para selecionar os termos também foi utilizada a plataforma *Wikidata* para a consulta das definições dos termos em inglês e português, o que deu maior quantidade de informações necessárias para a tomada de decisão com respeito aos termos usados na pesquisa. A Tabela 3 apresenta o conjunto de termos, descritores e tesouros da DeCS.

Tabela 3 - Termos, descritores e tesouros DeCS.

<b>Palavras-chave e descritores utilizados - DeCS</b>			
			(continua)
<b>Nº</b>	<b>Termos</b>	<b>Descritores</b>	<b>Sinônimos</b>
1	<i>Learning</i>	<i>Education, Distance</i>	<i>Correspondence Course; Correspondence Courses; Course, Correspondence; Cyberlearning; Distance Education; Distance Learning; Education, Online; eLearning; Interactive Tele-Education; Learning, Distance; Learning, Online; Online Education; Online Educations; Online Learning; Tele-Education; Teletraining.</i>
2	<i>education</i>	<i>Education</i>	<i>Activities, Educational; Activity, Educational; Educational Activities; Educational Activity; Literacy Program; Literacy Programs; Program, Literacy; Program, Training; Programs, Literacy; Programs, Training; Training Program; Training Programs; Workshop; Workshops.</i>
3	<i>object</i>	Não encontrado	Não encontrado
4	<i>learning objects</i>	Não encontrado	Não encontrado
5	<i>Mathematics</i>	<i>Mathematics</i>	Não encontrado
6	<i>learning mathematics</i>	Não encontrado	Não encontrado

**Palavras-chave e descritores utilizados - DeCS**

(conclusão)

7	<i>Web</i>	<i>Internet Access</i>	<i>Access to Information through the Internet; Access, Internet; Access, Web; Connectivity for the Internet; Connectivity to the Internet; e-Connectivity; eConnectivity; Internet Access to Information; Internet and Access to Information; Internet Connectivity; On-Line Access to Information; Online Access to Information; Web Access</i>
8	<i>Accessibility</i>	Não encontrado	Não encontrado
9	<i>web accessibility</i>	Não encontrado	Não encontrado

Fonte: DeCS/MeSH Descritores em Ciências da Saúde.

A Tabela 4 apresenta os termos, descritores e tesouros retornados pela plataforma MeSH.

Tabela 4 - Termos, descritores e tesouros MeSH.

**Palavras-chave e descritores utilizados**

(continua)

**MeSH**

Nº	Termos	Descritores	Sinônimos
1	<i>Learning</i>	<i>Education, Distance</i>	<i>Distance Education; Distance Learning; Learning, Distance; Online Learning; Learning, Online; Online Education; Education, Online; Online Educations; Correspondence Courses; Correspondence Course; Course, Correspondence.</i>
2	<i>education</i>	<i>Education</i>	<i>Workshops; Workshop; Training Programs; Program, Training; Programs, Training; Training Program; Educational Activities; Activities, Educational; Activity, Educational; Educational Activity; Literacy Programs; Literacy Program; Program, Literacy; Programs, Literacy.</i>
3	<i>object</i>	Não encontrado	Não encontrado
4	<i>learning objects</i>	Não encontrado	Não encontrado
5	<i>Mathematics</i>	<i>Mathematic</i>	Não encontrado
6	<i>learning mathematics</i>	Não encontrado	Não encontrado

---

**Palavras-chave e descritores utilizados**


---

(conclusão)

**MeSH**

Nº	Termos	Descritores	Sinônimos
7	<i>Web</i>	<i>Internet Access</i>	<i>Access, Internet; Web Access; Access, Web.</i>
8	<i>Accessibility</i>	<i>Architectural Accessibility</i>	<i>Accessibility, Architectural; Ramps; Ramp; Physical Barriers; Barrier, Physical; Barriers, Physical; Physical Barrier; Barriers, Architectural; Architectural Barrier; Architectural Barriers; Barrier, Architectural; Facility Access; Access, Facility; Accesses, Facility; Facility Accesses.</i>
9	<i>web accessibility</i>	Não encontrado	Não encontrado

Fonte: DeCS/MeSH Descritores em Ciências da Saúde.

Na consulta dos termos nas plataformas DeCS e MeSH não foram encontrados os termos iniciais da pesquisa, como, *learning objects*, *web accessibility* e *learning mathematics*. Utilizou-se também a plataforma Wikidata para verificar as definições dos tesouros para selecionar apenas os que estavam de acordo com o contexto da pesquisa. Portanto, foram selecionados para a pesquisa os seguintes termos:

- *learning + object*,
- *Education, Distance + object*
- *education + mathematics*
- *learning + mathematics*
- *web + accessibility*

A partir da definição dos termos utilizados na pesquisa fez-se uma consulta às bases de dados *SciElo*, *IEEE Xplore*, *Web of Science* e *Scopus* com os algoritmos:

- *(learning object) AND (learning mathematics)*,
- *(distance education object) AND (education mathematics)*,
- *(learning object) AND (education mathematics)*,
- *(distance education object) AND (learning mathematics)*,
- *(web) AND (accessibility)*.

Verificou-se então o desempenho dos algoritmos em consultas realizadas nas bases de dados, sem a aplicação de nenhum critério de exclusão. A consulta nas bases *WoS* e *Scopus* foram realizadas na plataforma *OUCI*. Os resultados podem ser verificados na Tabela 5.

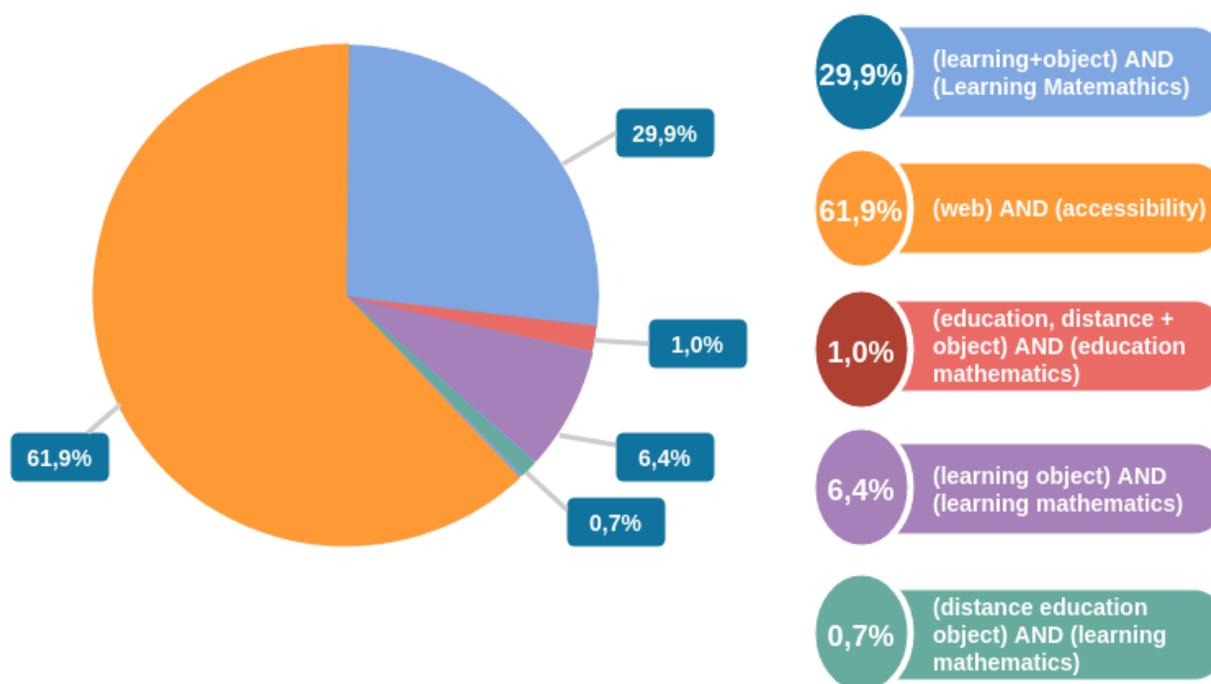
Tabela 5 - Análise de Desempenho

<b>Avaliação do Desempenho dos algoritmos</b>					
<b>Nº</b>	<b>Algoritmo</b>	<b>Quant. (SciElo)</b>	<b>Quant. (IEEE)</b>	<b>Quant. (WoS)</b>	<b>Quant. (Scopus)</b>
1	<i>(learning object) AND (learning mathematics)</i>	15	1327	43	59
2	<i>(distance education object) AND (education mathematics)</i>	1	49	0	0
3	<i>(learning object) AND (education mathematics)</i>	7	258	20	26
4	<i>(distance education object) AND (learning mathematics)</i>	0	33	0	0
5	<i>(web) AND (accessibility)</i>	54	1259	741	935

Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 3 é apresentado um gráfico com o resultado do desempenho dos algoritmos utilizados na consulta às bases de dados.

Figura 3 - Gráfico com o desempenho dos algoritmos.



Fonte: Autoria própria (2022).

## 2.1 FASES DA PESQUISA

Conforme a análise de desempenho de algoritmos feita anteriormente, para a consulta nas bases de dados *SciElo*, *IEEE Xplore*, *Scopus* e *Web of Science* decidiu-se utilizar o seguinte critério de busca: *(learning object) AND (learning mathematics)* e *(web) AND (accessibility)*. A pesquisa então seguiu-se por três fases, onde na primeira fase foram realizadas consultas nas bases de dados *SciElo*, *IEEE Xplore*, *Scopus* e *Web of Science*, esta última através da plataforma *OUCI*. Os resultados das consultas foram exportados em arquivos *.CSV* e importados para *softwares* de planilhas eletrônicas para nova filtragem e seleção. Nesta fase foram encontrados 2600 artigos nas bases de dados. Na segunda fase da pesquisa, ocorreu uma análise mais abrangente com a leitura de títulos, resumos, palavras-chaves e trechos dos artigos para seleção final. O resultado desta análise foi uma seleção de cinquenta e um artigos. Na terceira fase os textos foram lidos na íntegra e organizados em uma matriz de síntese para a construção do presente trabalho. Nesta última fase, dos cinquenta e um artigos, vinte e seis foram excluídos por não se enquadrarem nos requisitos de inclusão determinados ou, ainda, por estarem duplicados. Ao final desta fase, foram selecionados vinte e cinco artigos para compor o texto. Na Tabela 6 é apresentada uma lista de trabalhos sobre Objetos de Aprendizagem.

Tabela 6 - Lista de trabalhos de OAS selecionados na 3º fase.

<b>Lista de artigos sobre OAs</b>			
<b>Nº</b>	<b>Título/Trabalho</b>	<b>Autor</b>	<b>Ano</b>
1	<i>Integración de recursos audiovisuales y multimedia como objetos de aprendizaje en escuelas públicas de Costa Rica con acceso a computadoras XO</i>	<i>Mena Araya, Aáron</i>	2017
2	<i>What is to be Learned? Teachers' Collective Inquiry into the Object of Learning</i>	<i>Kullberg A., Mårtensson P., Runesson U.</i>	2016
3	<i>Blended learning, e-learning and mobile learning in mathematics education</i>	<i>Borba M.C., Askar P., Engelbrecht J., Gadanidis G., Llinares S., Aguilar M.S.</i>	2016
4	<i>Design of learning objects for concept learning: effects of multimedia learning principles and an instructional approach</i>	<i>Chiu T.K.F., Churchill D.</i>	2016
5	<i>Enhancing 21st century skills with AR: Using the gradual immersion method to develop collaborative creativity</i>	<i>Sanabria J.C., Arámburo-Lizárraga J.</i>	2017
6	<i>IPads in the mathematics classroom: Developing criteria for selecting appropriate learning apps</i>	<i>Harrison T.R., Lee H.S.</i>	2018
7	<i>Using EduTraceSys learning object in classroom activities</i>	<i>Tribeck P.M.A., Reinaldo F., Leite M.D.</i>	2018
8	<i>Inclusive model application using accessible learning objects to support the teaching of mathematics</i>	<i>Mourão A.B., Netto J.F.M.</i>	2019
9	<i>Digital information and communication technologies as a didactic resource in the mathematics curriculum</i>	<i>Homa-Agostinho I.R., Oliveira-Groenwald C.L.</i>	2020

Fonte: Autoria própria (2022).

Na Tabela 7 é apresentado os trabalhos sobre acessibilidade *web* selecionados na terceira fase da pesquisa.

Tabela 7 - Lista de trabalhos selecionados sobre acessibilidade *web* na 3º fase.

<b>Lista de artigos sobre acessibilidade <i>web</i></b>			
<b>Nº</b>	<b>Título/Trabalho</b>	<b>Autor</b>	<b>Ano</b>
1	<i>Evaluación de accesibilidad web de las universidades chilenas</i>	<i>Carvajal, C. M.</i>	2020

(continua)

---

**Lista de artigos sobre acessibilidade web**

(conclusão)

<b>Nº</b>	<b>Título/Trabalho</b>	<b>Autor</b>	<b>Ano</b>
2	<i>Empirical Studies on Web Accessibility of Educational Websites: A Systematic Literature Review</i>	<i>Campoverde-Molina; Luján-Mora; García</i>	2020
3	<i>Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities</i>	<i>Acosta-Vargas; Acosta; Luján-Mora</i>	2018
4	<i>Comparing Web Accessibility Evaluation Tools and Evaluating the Accessibility of Webpages: Proposed Frameworks</i>	<i>Abdullah Alsaedi</i>	2020
5	<i>Web accessibility investigation and identification of major issues of higher education websites with statistical measures: A case study of college websites</i>	<i>Abid Ismail, Kuppusamy</i>	2019
6	<i>Web accessibility in the argentine public university space</i>	<i>Laitano</i>	2015
7	<i>Accessibility of Turkish university Web sites</i>	<i>Kurt</i>	2017
8	<i>Universities of the Kyrgyz Republic on the Web: accessibility and usability</i>	<i>Ismailova, Kimsanova</i>	2017
9	<i>Exploring the relationships between web accessibility, web traffic, and university rankings: A case study of Jordanian universities</i>	<i>Al-Kabi</i>	2018
10	<i>The Relationship Between Web Content and Web Accessibility at Universities: The Influence of Social and Cultural Factors</i>	<i>Lorca, Andrés, Martínez</i>	2018
11	<i>Accessibility evaluation of top university websites: a comparative study of Kyrgyzstan, Azerbaijan, Kazakhstan and Turkey</i>	<i>Ismailova, Inal</i>	2018
12	<i>Evaluation of Web content accessibility in an Israeli institution of higher education</i>	<i>Laufer Nir, Rimmerman</i>	2018
13	<i>Web accessibility analysis of the universities and polytechnic schools of Ecuador applying the standard nte inen iso/iec 40500:2012</i>	<i>Campoverde-Molina, Luján-Mora, Valverde</i>	2019
14	<i>Evaluating web accessibility of educational websites</i>	<i>Shawar</i>	2015
15	<i>Accessibility of Indian universities homepages: An exploratory study</i>	<i>Ismail, Kuppusamy</i>	2018
16	<i>Accessibility analysis of higher education institution websites of Portugal</i>	<i>Ismail, Kuppusamy, Paiva</i>	2020

---

 Fonte: Autoria própria (2022).

## 2.2 RESULTADOS

Serão apresentados a seguir os resultados da revisão bibliográfica nas três fases da pesquisa.

### 2.2.1 Resultados da Primeira Fase

Na primeira fase da pesquisa foram selecionados somente trabalhos do tipo artigo de acesso público ou com acesso através das credenciais da Universidade Federal de Santa Catarina. O período considerado foi o de 2015 a 2020. Para isto foram utilizadas as bases de dados *SciElo*, *IEEE Xplore*, *Scopus* e *Web of Science*. As consultas na *Web of Science* foram realizadas na plataforma *OUCI*, utilizando a *WoS* como parâmetro para indexação. Os trabalhos selecionados foram exportados em arquivos .CSV ou planilhas para análise posterior dos títulos, palavras-chaves e resumos. A Tabela 8 apresenta os principais critérios para seleção de artigos.

Tabela 8 - Critérios de seleção.

<b>Critérios para Seleção de Artigos</b>
<b>Critério 1 (Abordam os assuntos)</b> <i>(Learning objects) e (Learning Mathematics)</i>
<b>Critério 2 (Abordam os assuntos)</b> <i>(Web Accessibility)</i> e (Análise de plataformas e recursos educacionais) e (descrição de ferramentas de análise)
<b>Critério 3</b> Período Considerado: 2015 a 2020.
<b>Critério 4</b> Acesso público ou através de credenciais fornecidas pela Universidade Federal de Santa Catarina.
<b>Critério 5</b> Consultas realizadas nas bases <i>SciElo</i> , <i>IEEE Xplore</i> , <i>Web of Science</i> (Através da plataforma <i>OUCI</i> usando <i>WoS</i> como parâmetro de indexação) e <i>Scopus</i> .
<b>Critério 6</b> Foram selecionados na pesquisa somente trabalhos do tipo “artigo”.

Fonte: Autoria própria (2022).

Foram utilizados nas consultas os filtros contidos nas plataformas de pesquisa para selecionar somente os trabalhos com os critérios estabelecidos na Tabela 8. As consultas então resultaram em um total de 2600 artigos, 38 da plataforma *SciElo*, 81 na *IEEE Xplore*, 2147 na *Scopus* e 334 na plataforma *OUCI* indexada pela *WoS*.

Após uma análise nos títulos, resumos e palavras-chaves, foram excluídos todos os artigos que não tratavam dos assuntos determinados como critérios de seleção conforme a Tabela 8, além de artigos repetidos, isto resultou num total de 2282 artigos excluídos. Este processo de filtragem foi possível devido ao uso de ferramentas de planilhas eletrônicas como o *Google Sheet* e o *Libreoffice Calc*, com uso de filtros para selecionar artigos que continham em seus títulos, resumos e nas palavras-chaves os assuntos tidos como critérios de seleção. Este trabalho de mineração resultou em um total de 318 artigos. Na Tabela 9 estão os resultados da primeira fase da pesquisa.

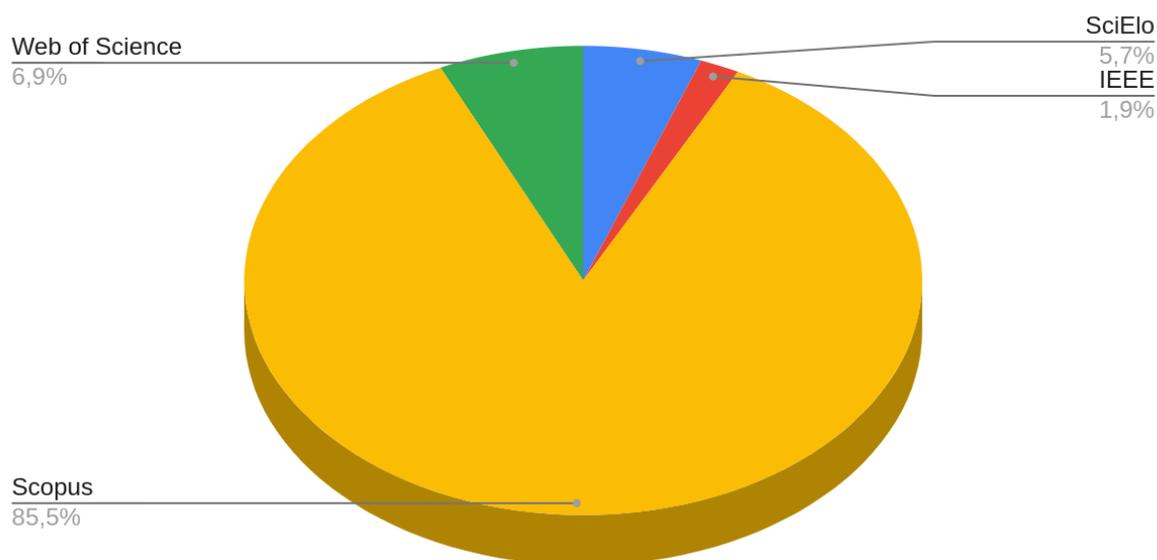
Tabela 9 – Resultados da primeira fase de pesquisa.

<b>Resultados da Primeira Fase após Filtragem de Dados</b>				
<b>Nº</b>	<b>Temas</b>	<b>Quant. Textos</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
1	<i>SciElo</i>	18	5,7%	318
2	<i>IEEE</i>	6	1,9%	
3	<i>Scopus</i>	272	85,5%	
4	<i>Web of Science</i>	22	6,9%	

Fonte: A autoria própria (2022).

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos nas consultas às bases de dados na primeira fase da pesquisa, após a filtragem realizada com recursos das planilhas eletrônicas utilizadas. O gráfico mostra as porcentagens obtidas por cada base de dados consultada, conforme indicado na tabela 9. Como é possível ver, a base com a maior porcentagem de resultados foi a *Scopus* com 85,5% de artigos selecionados.

Figura 4 – Gráfico com os resultados das consultas na primeira fase.



Fonte: Autoria própria (2022).

### 2.2.2 Resultados da Segunda Fase

Na segunda fase da pesquisa foi realizada a leitura de títulos, resumos, palavras-chaves e trechos dos artigos com o fim de selecionar somente os que tratavam dos assuntos dos critérios 1 e 2 conforme a Tabela 8. Essa seleção levou a um conjunto final de 51 artigos. Estes resultados podem ser vistos na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados da segunda fase de pesquisa.

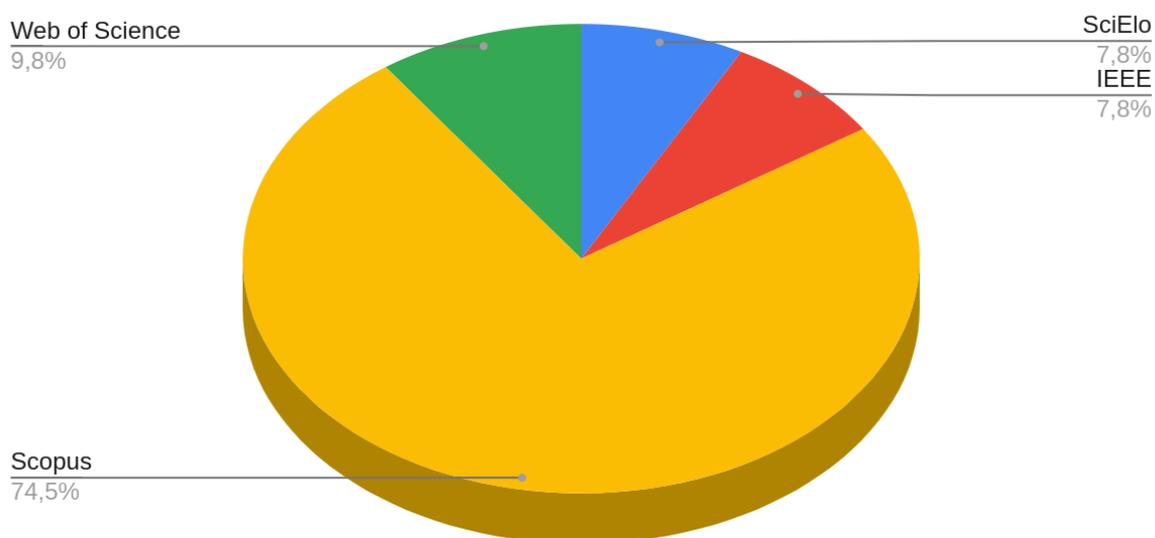
#### Resultados da Segunda Fase Após Leitura de Títulos, Resumos e Palavras-Chave

Nº	Temas	Quant. Textos	%	Total
1	SciELO	4	7,8%	51
2	IEEE	4	7,8%	
3	Scopus	38	74,5%	
4	Web of Science	5	9,8%	

Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 5 apresenta um gráfico com o resultado das consultas realizadas nas bases de dados na segunda fase da revisão.

Figura 5 – Gráfico com os resultados da segunda fase.



Fonte: Autoria própria (2022).

### 2.2.3 Resultados da Terceira Fase

Na terceira fase os artigos selecionados foram divididos em dois grupos, o primeiro relacionado ao assunto de educação digital de acordo com o critério 1 da Tabela 8 e o segundo grupo relacionado à acessibilidade conforme critério 2. Foi realizada então a leitura na íntegra dos textos e extraídos os dados necessários para a realização da pesquisa. Estes dados, por sua vez, foram organizados em uma matriz de síntese desenvolvida em planilhas eletrônicas. Os artigos selecionados, após a devida análise e tabulação foram utilizados para a construção do texto base da dissertação. A terceira fase resultou em vinte e cinco artigos, nove sobre Objetos de Aprendizagem e dezesseis sobre acessibilidade *web*. Os demais dezesseis artigos que foram excluídos da pesquisa não cumpriram os requisitos de inclusão, ou ainda, encontravam-se repetidos, o que foi verificado após a leitura na íntegra. A Tabela 11 apresenta os resultados da terceira fase da pesquisa.

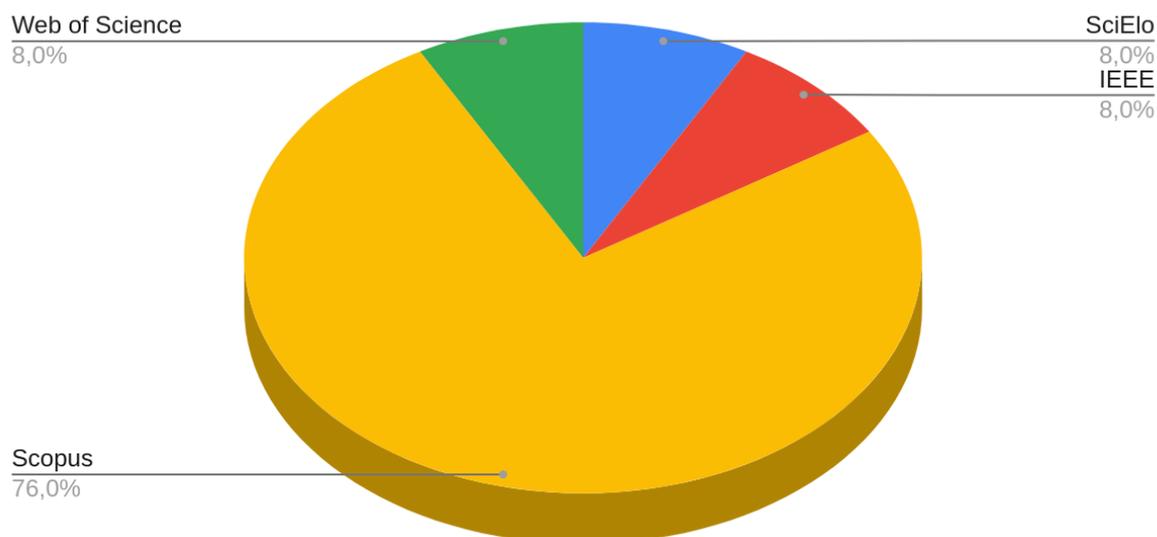
Tabela 11 – Resultados da terceira fase de pesquisa.

<b>Resultados da Terceira Fase</b>				
<b>Nº</b>	<b>Temas</b>	<b>Quant. Textos</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
1	<i>SciElo</i>	2	8,0%	25
2	<i>IEEE</i>	2	8,0%	
3	<i>Scopus</i>	19	76,0%	
4	<i>Web of Science</i>	2	8,0%	

Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 6 estão os resultados das consultas às bases de dados da terceira fase.

Figura 6 – Gráfico com os resultados das consultas na terceira fase.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na Tabela 12 estão os resultados organizados por temas na terceira fase da revisão.

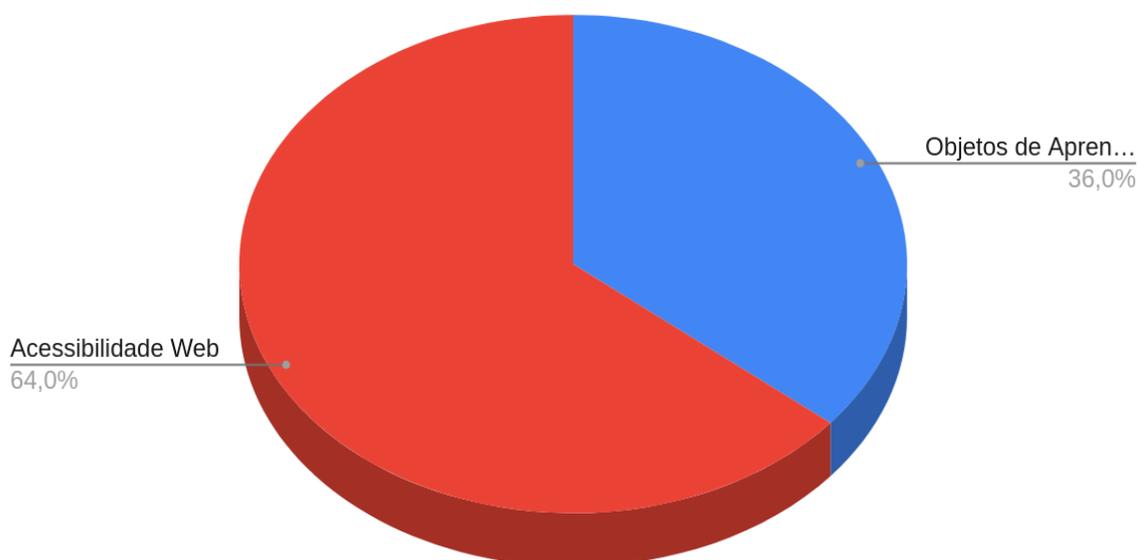
Tabela 12 – Resultados da terceira fase por temas.

<b>Resultados por Temas</b>				
<b>Nº</b>	<b>Temas</b>	<b>Quant. Textos</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
1	Objetos de Aprendizagem (OAs)	9	36,0%	25
2	Acessibilidade <i>Web</i>	16	64,0%	

Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 7 apresenta os resultados das consultas organizadas por temas.

Figura 7 – Gráfico com os resultados organizados por temas.



Fonte: Autoria própria (2022).

A Tabela 13 apresenta os resultados gerais organizados por ano.

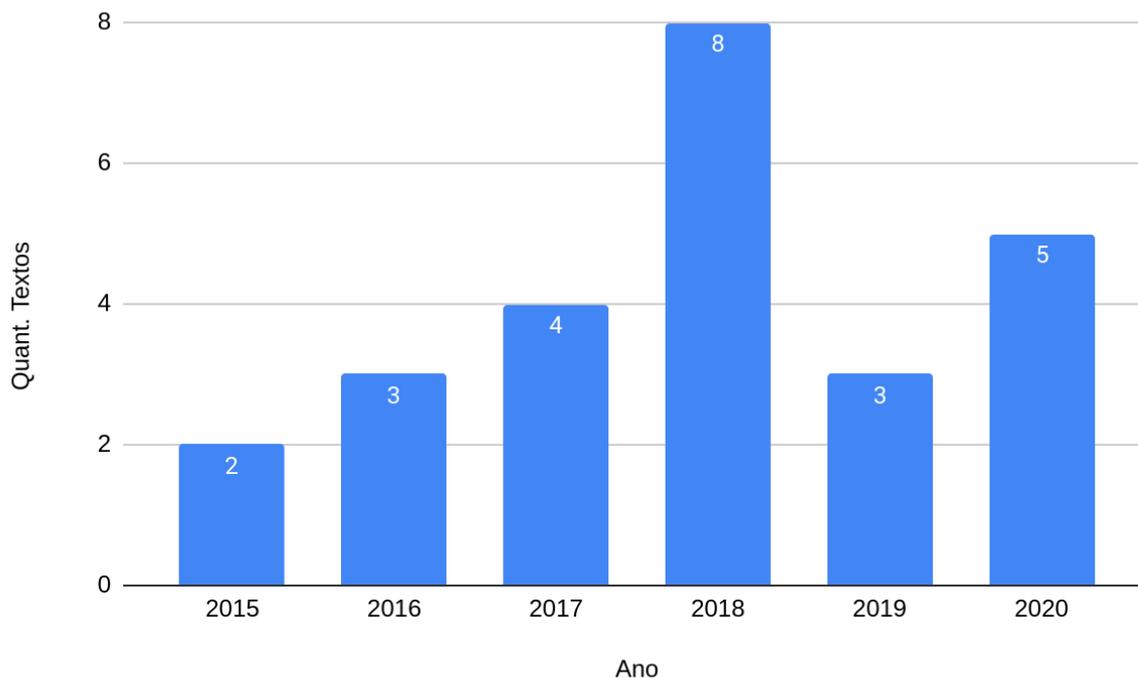
Tabela 13 – Número de publicações por ano.

<b>Publicações por Ano</b>				
<b>Nº</b>	<b>Ano</b>	<b>Quant. Textos</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
1	2015	2	8,0%	25
2	2016	3	12,0%	
3	2017	4	16,0%	
4	2018	8	32,0%	
4	2019	3	12,0%	
4	2020	5	20,0%	

Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 8 mostra um gráfico com o número de publicações realizadas por ano, onde pode-se constatar que em 2018 houve o maior número de publicações com cerca de oito no total.

Figura 8 - Gráfico de publicações por ano.



Fonte: Autoria própria (2022).

A Tabela 14 apresenta os resultados de publicações sobre OAs por ano.

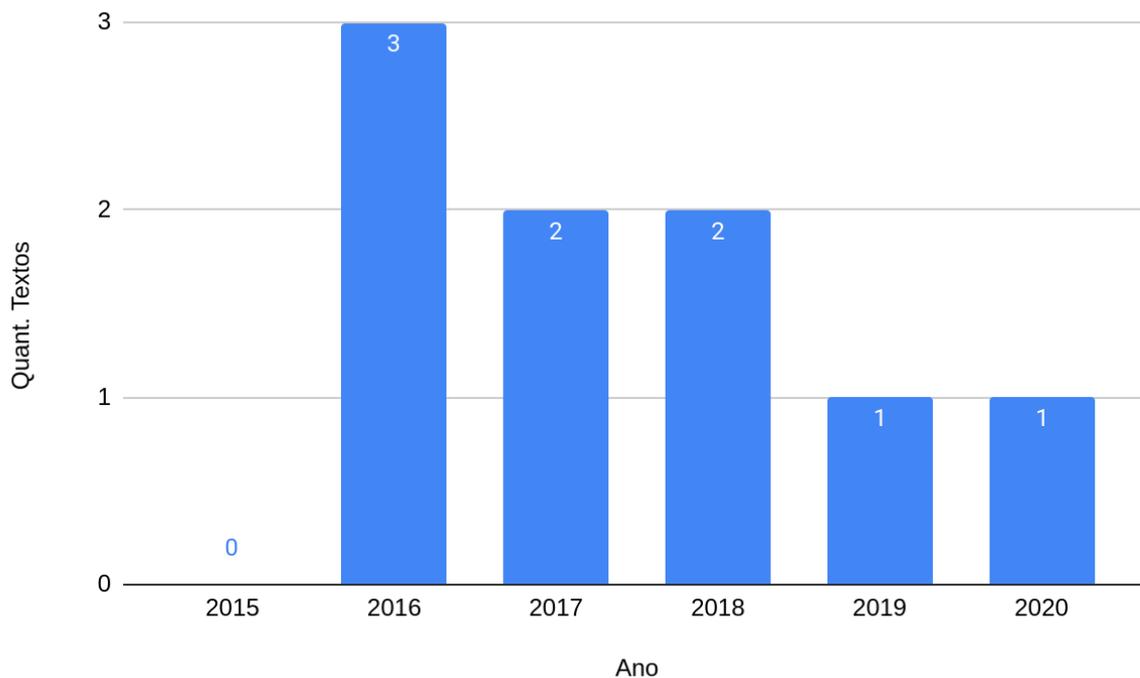
Tabela 14 - Número de publicações sobre OAs por ano.

<b>Publicações sobre Objetos de Aprendizagem por Ano</b>				
<b>Nº</b>	<b>Ano</b>	<b>Quant. Textos</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
1	2015	0	0,0%	9
2	2016	3	33,3%	
3	2017	2	22,2%	
4	2018	2	22,2%	
4	2019	1	11,1%	
4	2020	1	11,1%	

Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 9 mostra um gráfico com a quantidade de publicações sobre Objetos de Aprendizagem por ano.

Figura 9 - Gráfico de publicações de OAs por ano.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na Tabela 15 estão os resultados sobre acessibilidade *web* organizados também por anos.

Tabela 15 - Número de publicações sobre acessibilidade *web* por ano.

**Publicações sobre Acessibilidade Web por Ano**

Nº	Ano	Quant. Textos	%	Total
1	2015	2	12,5%	16
2	2016	0	0,0%	
3	2017	2	12,5%	
4	2018	6	37,5%	
4	2019	2	12,5%	
4	2020	4	25,0%	

Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 10 apresenta um gráfico com o número de publicações sobre acessibilidade *web* realizadas por ano.



A análise das palavras-chaves foi realizada a partir de um total de cento e quarenta e oito palavras encontradas nos artigos selecionados na terceira fase. As palavras foram organizadas em uma planilha eletrônica e normalizadas com a retirada de *Stopwords*<sup>3</sup>. Após a normalização foi exportado um arquivo .CSV com a lista de palavras-chaves e importada para análise no *PowerBI* que resultou na nuvem de palavras.

#### 2.2.4 Discussão dos Resultados

A consulta inicial às bases de dados retornou 2600 artigos, sendo que a maior parte dos trabalhos foram encontrados na plataforma da *Scopus*, ou seja, 82,6%. Após uma filtragem inicial utilizando filtros de planilhas eletrônicas, restaram 318 artigos, sendo 272 artigos, ou ainda 85,53% oriundos da *Scopus*. Após uma nova filtragem, foram selecionados 51 textos, sendo 4 da base de dados *SciElo*, 4 da *IEEE Xplore*, 5 da *WoS* e 38 da *Scopus*. Os textos foram divididos então em dois grupos, um sobre Objetos de Aprendizagem e outro sobre acessibilidade *web*. Os artigos sobre acessibilidade *web* foram organizados de modo a permitir uma coleta de dados sobre testes de acessibilidade realizados em plataformas educacionais com o objetivo principal de identificar dados sobre acessibilidade e principais ferramentas utilizadas. Já o grupo de textos sobre Objetos de Aprendizagem, no total de 16, ou ainda 31,4% serviram para entender o estado atual da arte e construir o texto base da dissertação. Após esta análise foram selecionados 25 artigos para compor o texto, sendo 9 sobre Objetos de Aprendizagem e 16 sobre acessibilidade *web*.

Em uma análise temporal da produção de textos sobre OAs e acessibilidade *web*, percebeu-se que, conforme a Tabela 13, houve um aumento crescente no interesse pelos temas de Objetos de Aprendizagem e acessibilidade *web* com um pico em 2018. A Tabela 16 mostra a lista de artigos selecionados para compor o trabalho sobre OAs.

---

<sup>3</sup> Lista de termos especiais ou ainda, palavras vazias que devem ser retiradas de um texto para realização de mineração de dados.

Tabela 16 - Lista de trabalhos selecionados sobre OAs.

<b>Lista de artigos sobre OAs</b>		
		(continua)
<b>Nº</b>	<b>Título/Trabalho</b>	<b>Assunto</b>
1	<i>Integración de recursos audiovisuales y multimedia como objetos de aprendizaje en escuelas públicas de Costa Rica con acceso a computadoras XO</i>	O artigo trata de um estudo sobre um projeto do Ministério da Educação Pública da Costa Rica e da Fundação Quiros Tanzi que desde 2012 implementam computadores XO em escolas primárias. O objetivo da pesquisa é saber se estes computadores potencializaram o uso de Objetos de Aprendizagem e coleta de informações para criação de conteúdos audiovisuais e multimídia.
2	<i>What is to be Learned? Teachers' Collective Inquiry into the Object of Learning</i>	O artigo trata da análise de um grupo de professores que investigou colaborativamente um Objeto de Aprendizagem.
3	<i>Blended learning, e-learning and mobile learning in mathematics education</i>	Este artigo trata de uma pesquisa bibliográfica com o intuito de identificar os avanços mais recentes na pesquisa em tecnologia educacional para o campo da educação matemática.
4	<i>Design of learning objects for concept learning: effects of multimedia learning principles and an instructional approach</i>	O artigo trata de um estudo que investigou os efeitos da abordagem instrucional no projeto de Objetos de Aprendizagem para ensino de Álgebra no ensino médio.
5	<i>Enhancing 21st century skills with AR: Using the gradual immersion method to develop collaborative creativity</i>	O artigo trata de um estudo sobre a implementação do Método de Imersão Continuada (GIM) em um projeto para aprimorar a criatividade colaborativa utilizando dispositivos interativos, isso inclui os Objetos de Aprendizagem no ensino de Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática ( <i>STEAM</i> ).
6	<i>iPads in the mathematics classroom: Developing criteria for selecting appropriate learning apps</i>	O estudo apresentado no artigo apresenta um conjunto de dezesseis critérios utilizados para avaliar o potencial de aplicativos para <i>iPad</i> em serem eficientes na aprendizagem matemática.
7	<i>Using EduTraceSys learning object in classroom activities</i>	O artigo apresenta um estudo sobre um recurso digital modelado como um Objeto de Aprendizagem para remediação de erros em Matemática.
8	<i>Inclusive model application using accessible learning objects to support the teaching of mathematics</i>	Este estudo apresenta um relato da experiência de aplicação de um modelo inclusivo para desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem para a disciplina de Matemática no ensino fundamental.

---

**Lista de artigos sobre OAs**

(conclusão)

Nº	Título/Trabalho	Assunto
9	<i>Digital information and communication technologies as a didactic resource in the mathematics curriculum</i>	O artigo apresenta os resultados de um projeto sobre educação matemática e de tecnologias digitais realizado no grupo de pesquisa de estudos curriculares da educação matemática (GECM) da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA ).

Fonte: Autoria própria (2022).

A Tabela 17 apresenta uma lista de textos selecionados para compor a seção sobre acessibilidade *web* e análise das ferramentas de testes de acessibilidade *web*.

Tabela 17 - Lista de trabalhos selecionados sobre acessibilidade *web*.

---

**Lista de artigos sobre acessibilidade *web***

(continua)

Nº	Título/Trabalho	Assunto
1	<i>Evaluación de accesibilidad web de las universidades chilenas</i>	Este artigo trata de um estudo que avaliou a acessibilidade <i>web</i> de universidades chilenas
2	<i>Empirical Studies on Web Accessibility of Educational Websites: A Systematic Literature Review</i>	Revisão sistemática que tem como objetivo analisar os métodos empíricos de avaliação da acessibilidade a sites educacionais.
3	<i>Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities</i>	Este trabalho de pesquisa identificou problemas de acessibilidade <i>web</i> em 348 sites de universidades da América Latina.
4	<i>Comparing Web Accessibility Evaluation Tools and Evaluating the Accessibility of Webpages: Proposed Frameworks</i>	Este estudo analisa dois frameworks de acessibilidade <i>web</i> e compara o desempenho destas ferramentas.
5	<i>Web accessibility investigation and identification of major issues of higher education websites with statistical measures: A case study of college websites</i>	O artigo analisa a acessibilidade <i>web</i> de sites afiliadas à <i>University of Kashmir</i> e <i>Cluster University Srinagar</i> na Índia e lista as principais barreiras de acessibilidade.
6	<i>Web accessibility in the Argentine public university space</i>	O artigo traz uma pesquisa sobre a acessibilidade <i>web</i> de universidades públicas da Argentina.
7	<i>Accessibility of Turkish university Web sites</i>	Estudo sobre a acessibilidade <i>web</i> .

---

---

**Lista de artigos sobre acessibilidade web**

(conclusão)

Nº	Título/Trabalho	Assunto
8	<i>Universities of the Kyrgyz Republic on the Web: accessibility and usability</i>	O estudo avalia a acessibilidade em sites de universidades na República do Quirguistão
9	<i>Exploring the relationships between web accessibility, web traffic, and university rankings: A case study of Jordanian universities</i>	O estudo avalia a acessibilidade web de sites de universidades da Jordânia e verifica as diferentes relações entre a acessibilidade web, o tráfego web e os rankings das universidades.
10	<i>The Relationship Between Web Content and Web Accessibility at Universities: The Influence of Social and Cultural Factors</i>	O artigo traz um estudo sobre classificações diferentes quanto ao nível de acessibilidade web de universidades de culturas variadas.
11	<i>Accessibility evaluation of top university websites: a comparative study of Kyrgyzstan, Azerbaijan, Kazakhstan and Turkey</i>	O trabalho de pesquisa tem como objetivo testar sites das melhores universidades do Quirguistão, Cazaquistão, Azerbaijão e Turquia.
12	<i>Evaluation of Web content accessibility in an Israeli institution of higher education</i>	Estudo sobre a implementação da acessibilidade no ensino superior israelense.
13	<i>Web accessibility analysis of the universities and polytechnic schools of Ecuador applying the standard nte inen iso/iec 40500:2012</i>	O objetivo deste artigo é avaliar a acessibilidade web dos portais de universidades do Equador.
14	<i>Evaluating web accessibility of educational websites</i>	O artigo investiga a acessibilidade web de conteúdos de sites educacionais.
15	<i>Accessibility of Indian universities homepages: An exploratory study</i>	O artigo apresenta um estudo sobre acessibilidade web em páginas de universidades da Índia.
16	<i>Accessibility analysis of higher education institution websites of Portugal</i>	Este artigo trata de um estudo sobre acessibilidade web em páginas de universidades de Portugal.

---

 Fonte: Aatoria própria (2022).

Além dos vinte e cinco artigos selecionados na pesquisa foram incluídos mais cinquenta e um trabalhos num total de setenta e seis textos selecionados para compor a dissertação. Entre os textos selecionados estão, sete textos de *sites* (com documentação citada pelos artigos da pesquisa ou provenientes de repositórios digitais), treze dissertações e teses

selecionados a partir de repositórios institucionais, incluindo os textos relacionados na aderência ao EGC, vinte e um artigos, sete livros, dois anuários e uma proposta curricular. Todos os textos foram considerados pertinentes ao trabalho de pesquisa por terem sido citados nos artigos selecionados como fonte primária ou por serem de autores tidos como referência na área estudada.

### 3 EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS

Nas últimas décadas percebeu-se a ocorrência de uma revolução digital com o surgimento de novas tecnologias acompanhadas de uma atualização constante e cada vez mais rápida. O surgimento das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) têm contribuído para um avanço em diversas áreas, assim também como na educação, o que permitiu o desenvolvimento do EAD. Podemos compreender o EAD como um processo de comunicação bidirecional com o intuito de substituição da assistência regular à aula por uma não convencional, onde a principal característica é a flexibilidade e autonomia dos alunos em relação à escolha de espaços e tempos para a realização dos estudos e onde os meios e multimeios estão presentes na estratégia de comunicação (VANZIN, 2005). Com esse avanço tecnológico as TDIC tornam-se necessárias nos processos de ensino-aprendizagem, pois de acordo ainda com Vanzin (p.47, 2005), “Os meios tecnológicos disponíveis permitem conferir, por esse método de ensino, a inserção social e cidadania às populações geograficamente dispersas ampliando a atuação das instituições de ensino”.

#### 3.1 EDUCAÇÃO UBÍQUA

Em meio a esta revolução digital, as transformações realizadas na educação alcançaram patamares irreversíveis, sendo necessário novas formas de concebê-la. Um termo bastante difundido neste cenário é o da ubiquidade, conceito relacionado a onipresença. Compreende-se à ubiquidade como uma,

“[...] construção social, está ligada à ideia de onipresença e é caracterizada como uma faculdade com nuances divinas e/ou como a qualidade de o indivíduo estar concomitantemente presente em diferentes lugares ou em toda parte, o tempo todo [...]” (LARA, p.3, 2019).

Este conceito tem a função de relacionar ideias como a “hipermobilidade” e o “ciberespaço”, cuja relação se dá através de dispositivos digitais. São consideradas como características da ubiquidade, as relações existentes entre as mediações tecnológicas e a pulverização de temporalidades, a ampliação e fusão de espaços como palco da vida social, a já comentada hipermobilidade, o conceito de multitarefa e, por fim as ideias como simultaneidade e a onipresença (LARA, 2019). Na educação ubíqua, tanto há a participação do

aluno em uma aprendizagem utilizando o ciberespaço como o próprio trabalho docente ubíquo. A ideia de educação ubíqua na aprendizagem do aluno e trabalho docente refere-se à ampliação do espaço de atuação de alunos e docentes mediado pela tecnologia digital (LARA, 2019).

São imensas as vantagens da educação ubíqua, pois estas diminuem a distância entre alunos e conhecimento, além de permitir aos professores um trabalho mais criativo e menos repetitivo. No entanto, em um estudo publicado pela Revista Brasileira de Educação, foi verificado que para 82,6% dos professores, as tecnologias digitais associadas ao trabalho permitem uma invasão a diferentes ocasiões e seus espaços de lazer, tornando de certa forma, a educação ubíqua inconveniente e degradante. A esta situação enfrentada por professores dá-se o nome de tecnoestresse, onde ocorre um trabalho excessivo associado à necessidade de se trabalhar constantemente, o que pode acarretar diversas doenças psicossomáticas e físicas (LARA, 2019). Este mesmo problema pode ser estendido à situação dos alunos que necessitam estudar cada vez mais e têm seu espaço e tempo invadidos por tarefas escolares devido ao uso de tecnologias digitais em sua educação.

Entretanto, são diversas as vantagens da educação ubíqua, como a redução das distâncias, maior facilidade de acesso ao conhecimento, otimização de tempo de trabalho e melhorias na comunicação entre pares, além de permitir a instauração de trabalhos não presenciais.

### 3.2 TEORIA DA COGNIÇÃO SITUADA

Segundo Santos (2004) apud Vanzin (2005), a Teoria da Cognição Situada é uma corrente de pensamento que tem como objetivo compreender e explicar os fundamentos do comportamento humano, ou seja, ela estuda os relacionamentos existentes entre agentes humanos ou informáticos, além dos elementos da situação, o que inclui a informação propriamente dita. O termo foi criado pela antropóloga Jean Lave e foi utilizado para descrever os processos cognitivos como decorrentes das relações entre a ação e o ambiente sociocultural que é identificado, caracterizado e reconhecido pelos indivíduos (VANZIN, 2005). Ainda conforme o autor, a principal contribuição da Teoria da Cognição Situada é a possibilidade de criação de um novo paradigma, o que permite rever e ampliar a concepção clássica da ação humana. Para esta pesquisa, é de grande importância a compreensão do relacionamento

existente entre agentes humanos, os alunos, e agentes informáticos, os Objetos de Aprendizagem, além dos elementos da situação que se concentram no conteúdo sobre frações.

### **3.2.1 Princípios da Cognição e Aprendizagem Situadas**

Segundo Vanzin (2005), o conceito de cognição situada, surge do argumento de que a cultura não é apenas uma acumulação de informações, mas sim, um conjunto de conhecimentos que se entrelaçam e permitem o surgimento de novos saberes. Já a aprendizagem pode ser considerada um fenômeno situado, pois resulta de um processo progressivo de participação em uma comunidade de prática. Logo, a aprendizagem situada, de acordo com o mesmo autor, pode ser apoiada por dois princípios básicos,

1. De que o conhecimento deve ser apresentado e aprendido em um contexto autêntico;
2. Para haver aprendizagem é necessário uma interação social e colaboração.

Ainda para Vanzin (2005, p. 34),

“A dinâmica da Cognição Situada representa um novo arsenal de recursos para implementação dos processos de abertura e integração da sala de aula na direção das comunidades de prática, quer através da aproximação do conhecimento da escola aos espaços profissionais, quer pela possibilidade de concepção de modelos de aprendizagem colaborativos baseado nas inovações tecnológicas. A respeito disso, a Cognição Situada abrange diretamente o domínio do ensino/aprendizagem e o domínio da Inteligência artificial”.

### **3.2.2 A Cognição Distribuída**

A Cognição Distribuída relaciona-se com o grupo, o ambiente de aprendizagem e o contexto geral em que este grupo está inserido. Além disso, ela forma com a Cognição Situada um só corpo, pois ambas se complementam através da ação na busca pelo aprendizado dentro de um contexto (VANZIN, 2005). Por fim, tanto a Cognição Situada como a Distribuída formam um sistema composto que se ocupa da estrutura do conhecimento e suas transformações, permitindo assim oferecer um quadro teórico e uma proposta metodológica, estabelecendo conceitos e analisando situações nas quais os indivíduos interagem com o meio

e artefatos tecnológicos, se beneficiando do compartilhamento de conhecimento daqueles que mais sabem (VANZIN, 2005).

### 3.2.3 A Teoria da Cognição Situada e as TDIC's

Para Vanzin (2005), o uso das Tecnologias de Comunicação e Informação (TDIC's) em processos de aprendizagem está relacionado a Cognição Distribuída, de tal maneira que esta permite que *softwares* voltados para educação, sirvam como potenciais ferramentas cognitivas. Ainda conforme o autor, as ferramentas de TDIC's facilitam a interação e a cooperação em comunidades de prática, que compreendem grupos de indivíduos com interesses comuns e que compartilham práticas negociadas como crenças, opiniões, valores, entre outros. Desta forma, as TDIC 's permitem a negociação dos significados durante os processos de comunicação.

## 3.3 A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E AS TECNOLOGIAS

Segundo a organização Todos pela Educação (2021), cerca de 51,5% dos estudantes que concluem o ensino fundamental 1 têm uma aprendizagem adequada em Matemática e cerca de 24,4% dos estudantes que concluem o ensino fundamental 2 possuem uma aprendizagem adequada na disciplina. Segundo Pillon *et al.* (2020), é muito comum os alunos do ensino fundamental terminarem seus estudos sem o conhecimento mínimo necessário para prosseguir com os estudos ou até mesmo ingressarem no mercado de trabalho.

Ainda assim, o total de estudantes matriculados na rede pública no ensino fundamental 1 e 2 em 2021 superou a marca dos 22 milhões de alunos, distribuídos em mais de 121 mil estabelecimentos de ensino em todo o país que comportam cerca de 402 mil docentes, ou ainda, cerca de 80% de professores da educação básica, de acordo com o anuário Brasileiro de Educação Básica (TODOS PELA EDUCAÇÃO, 2021). Com relação ao uso de tecnologias na educação, o anuário ainda revela uma infraestrutura inadequada, onde apenas 35,2% dos estabelecimentos de ensino possuem laboratórios de informática e 31,8% contam com acesso à Internet para os alunos, isto no ensino fundamental 1. Já no ensino fundamental 2 a situação melhora um pouco com 54,8% dos estabelecimentos contendo laboratórios de informática e 47,9% com acesso à Internet para os alunos (TODOS PELA EDUCAÇÃO, 2021).

A partir desta situação surge uma oportunidade de introdução da tecnologia de dispositivos móveis com novas possibilidades para o ensino de Matemática, o que leva a uma tendência de desenvolvimento tecnológico (BORBA *et al.*, 2016).

Além disso, o uso de dispositivos móveis é amplamente utilizado pelos estudantes e pode servir como uma ponte entre as experiências físicas e objetos concretos do mundo real com os conteúdos da disciplina de Matemática estudados em sala de aula (BORBA *et al.*, 2016). Para este autor, o uso de dispositivos móveis relacionados ao ensino e aprendizagem de Matemática é uma área de pesquisa emergente que está crescendo e expandindo continuamente e de forma rápida (BORBA *et al.*, 2016). Existe também uma demanda cada vez maior por métodos baseados em tecnologia que sirvam como apoio para a aprendizagem.

O uso de dispositivos móveis também pode servir como um meio de introdução de diversos outros recursos digitais, como por exemplo os Objetos de Aprendizagem, um recurso digital com aspectos pedagógicos e que pode ser reutilizado e dotado de metadados para apoiar a aprendizagem (BORBA *et al.*, 2016). Conforme Mourão e Netto (2019), o uso destes recursos tecnológicos geram impactos positivos na aprendizagem dos alunos e ainda, segundo Homa-Agostinho e Oliveira-Groenwald (2020), possui também um grande potencial de uso por parte dos docentes em sala de aula na educação básica e em cursos de formação de professores.

Os recursos digitais como Objetos de Aprendizagem podem também ser disponibilizados para uso em dispositivos móveis como aplicativos. Neste caso, de acordo com Harrison e Lee (2018), estes devem ter as seguintes características,

- Devem possuir interações significativas e qualidade de conteúdo para que professores criem mais facilmente tarefas matemáticas;
- Devem ser de uso fácil e não impor restrições desnecessárias, permitindo que professores foquem as atenções dos estudantes nos conceitos matemáticos e não na tecnologia;
- O aplicativo deve fornecer comentários relevantes, oportunos e deve ainda manter o entendimento do aluno para que ele tenha autonomia sobre o seu aprendizado;
- O aplicativo, embora eficiente, não substitui um ensino eficiente, mas pode torná-lo mais fácil.

Ainda, com relação a este tipo de recurso digital, conforme Tribeck, Reinaldo e Leite (2018), os aplicativos educacionais devem possuir um sistema de *feedback* direcionado ao erro e que deve ser apresentado aos alunos na execução de exercícios. Segundo ainda os autores, aspectos como a persistência no mesmo tipo de erro estão relacionados ao número de tentativas realizadas pelos alunos. Como solução, os autores ainda propõem que a apresentação da remediação ou *feedback* de sucesso ou fracasso, seja condicionada a ação do aluno, o que pode evitar situações de tentativa-erro. Os autores também sugerem a divisão das tarefas em etapas, sendo que em cada etapa seja apresentada a remediação ao erro, diminuindo assim a carga cognitiva do aluno. A sobrecarga cognitiva refere-se ao excesso de processamento cognitivo, o que faz com que os alunos percam o foco durante a aprendizagem. Logo os Objetos de Aprendizagem devem ser projetados para reduzir o risco de sobrecarga (CHIU, CHURCHILL, 2016).

Deve-se também intervir junto ao aluno quando este faz um raciocínio que leva ao erro (TRIBECK, REINALDO e LEITE 2018). Segundo Homa-Agostinho e Oliveira–Groenwald (2020), a elaboração de tarefas em Objetos de Aprendizagem deve possuir também um sistema de instruções para que os alunos entendam quais interações estão disponíveis e o que cada informação no aplicativo representa. Desta forma, ao desenvolver um Objeto de Aprendizagem, deve-se ter em mente a necessidade de um eficiente sistema de notificações que forneça aos alunos informações sobre o funcionamento do aplicativo, *feedback*, alertas e comentários significativos, com o intuito de reduzir a carga cognitiva do estudante.

#### 4 OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Não existe uma definição única para os Objetos de Aprendizagem, no entanto, podemos compreendê-los como unidades de aprendizagem que podem ser utilizados e reutilizados na educação, além de serem suportadas por tecnologias digitais. A definição mais aceita atualmente é a proposta pelo *IEEE LTSC*, (2010) apud Macedo, (2010, p. 81), para o qual os OAs podem ser considerados como, “[...] qualquer entidade digital, ou não digital, que pode ser utilizada, reutilizada, ou referenciada durante o aprendizado suportado pela tecnologia”. Para a *IEEE*, os Objetos de Aprendizagem são como superclasses que podem incluir qualquer tipo de objeto ou material instrucional (MACEDO, 2010). Para Wiley (2000, tradução nossa, p. 3), um Objeto de Aprendizagem pode ser definido como “[...] elementos de um novo tipo de instrução baseada em computador fundamentado no paradigma orientado a objetos da ciência da computação [...]”. Os OAs ainda podem ser compreendidos como,

“[...] quaisquer materiais eletrônicos que tragam informações destinadas à construção do conhecimento, explicitem seus objetivos pedagógicos e estejam estruturados de tal forma que possam ser reutilizados e recombinaados com outros OAs” (CARNEIRO, SILVEIRA, 2014, p. 239).

Outra definição de Objeto de Aprendizagem é a de Canto Filho *et al.* (2017, p. 725), em que um OA é “[...] um caminho, que pode ser utilizado por qualquer estudante que esteja no ponto de partida e deseje chegar ao ponto de chegada”. Para Araya (2017, p. 6), um Objeto de Aprendizagem é considerado como,

“[...] um recurso físico ou digital compilado, modificado ou criado pela pessoa docente para ser colocado à disposição do corpo estudantil, que se apropria do dito recurso, seja modificando, ampliando ou criando novos recursos a partir dele, e o utiliza como uma ferramenta para a troca dialógica de conhecimentos, habilidades e atitudes, em colaboração com seus pares e com a pessoa docente”.

Além disso, um Objeto de Aprendizagem é construído especificamente para um determinado grupo de aprendizes e reúne o que é necessário aprender para alcançar um objetivo de aprendizagem (KULLBERG, MARTENSSON, RUNESSON, 2016). De acordo com o contexto educacional,

“[...] um OA pode ser entendido como uma unidade didática digital independente projetada para atingir um objetivo de aprendizagem específico e para ser reutilizada em diferentes Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (TLVEs), bem como em diferentes contextos de aprendizagem [...]” (MALDONADO *et al.*, 2016, p. 2).

Portanto, para que um recurso digital seja considerado um Objeto de Aprendizagem, segundo estas definições, devem cumprir dois requisitos fundamentais. O primeiro se refere a reutilização destes recursos, o que nos garante a aplicação destes em múltiplos contextos educacionais, já o segundo princípio está ligado à aprendizagem, objetivo principal dos OAs (MACEDO, 2010). Para Felix e Salvi (2016, p. 38), os Objetos de Aprendizagem são, “[...] uma tecnologia que pode ser utilizada e reutilizada para auxiliar os processos de ensino e aprendizagem[...]”. Ainda de acordo com esse contexto, os OAs devem ser digitais, pequenos e focalizar em um objetivo de aprendizagem único (CASTRO-FILHO, 2007 apud FELIX, SALVI, 2016). Dessa forma, a finalidade dos OAs é atuar como recurso didático interativo (FELIX, SALVI, 2016).

Logo, qualquer recurso digital que não cumprir com estes princípios, e principalmente, que não tenha a aprendizagem como objetivo fundamental, não poderá ser considerado um Objeto de Aprendizagem. Outro ponto importante é a necessidade de se desenvolver e modelar Objetos de Aprendizagem ao ambiente de dispositivos móveis, o que nos leva a uma outra definição referente aos Objetos de Aprendizagem Móveis, ou *Mobile Learning Objects (MLO)*. Conforme ALVARADO *et al.* (2018, p. 57897),

“[...] um *MLO* é definido como um recurso digital educacional, interativo, adaptável e reutilizável em contextos diferentes, visando atingir um objetivo educacional, projetado para ser usado em um ambiente de aprendizagem móvel, e capaz de apoiar diferentes abordagens de aprendizagem e perspectivas de interação [...]”.

Outro conceito, um pouco mais específico referem-se aos ODEA (Objetos Digitais de Ensino-Aprendizagem), ou ainda, “[...] uma microunidade de ensino, que integra um conjunto de informações denominado metadados, que o descreve e o identifica, permitindo ser localizado, utilizado e reutilizado” (COMARELLA, 2015, p. 26). Segundo Furtado (2020), os Objetos Digitais de Ensino e Aprendizagem (ODEA), podem contribuir com as mudanças geradas pela evolução cultural que a educação vem sofrendo nos últimos anos.

O ciclo de vida de um ODEA envolve os processos de produção, aplicação e descarte. Seu uso se dá em AVEAs (Ambientes Virtuais de Ensino-Aprendizagem) que se diferencia de um AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem) por quatro pilares, a sistematização, a organização, a intencionalidade pedagógica e o caráter formal/institucional. Um AVEA ainda, deve conter funções de gerenciamento de cursos, alunos, conteúdo, avaliações e interações entre os atores que utilizam o ambiente (COMARELLA, 2015).

#### 4.1 CLASSIFICAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Para melhor organizar as variáveis relevantes de Objetos de Aprendizagem, foi desenvolvido a taxonomia, que é um modelo conceitual para classificação hierárquica (MACEDO, 2010). Segundo Wiley (2000), classifica-se os OAs de acordo com a qualidade das suas apresentações (MACEDO, 2010). Desta forma, Wiley (2000), apresenta cinco tipos de OAs:

- Fundamental: Esses Objetos de Aprendizagem oferecem apenas recursos individuais para funções únicas;
- Combinado-fechado: São Objetos de Aprendizagem pré-combinados, mas que individualmente não podem ser reutilizados;
- Combinado-aberto: São Objetos de Aprendizagem pré-combinados e individualmente reutilizáveis;
- Gerador de apresentação: Trata-se de uma combinação de recursos digitais para formar um novo Objeto de Aprendizagem;
- Gerador instrucional: Lógica e estrutura referente à combinação de Objetos de Aprendizagem dos tipos anteriores com interação por parte do usuário.

De acordo com Rohde (2004), classifica-se também os Objetos de Aprendizagem segundos suas principais características:

- Número de elementos: Refere-se à quantidade de Objetos de Aprendizagem combinados;
- Tipo de objetos contidos: Trata-se de Objetos de Aprendizagem que podem ser combinados com o intuito de formar novos objetos;

- Componentes de objetos reutilizáveis: Analisa a possibilidade de Objetos de Aprendizagem que formam outro objeto, poderem ou não ser tomados individualmente com o objetivo de formar um novo objeto;
- Função comum: Função em que Objetos de Aprendizagem são utilizados;
- Dependência de objetos extra: Refere-se a dependências funcionais e não-funcionais dos Objetos de Aprendizagem em relação a outros objetos;
- Tipo de lógica: Diz respeito a estrutura interna de algoritmos ou procedimentos;
- Potencial de reutilização inter-contextual: Trata da quantidade de diferentes contextos em que os Objetos de Aprendizagem podem ser empregados;
- Potencial de reutilização intra-contextual: Trata da quantidade de vezes em que os Objetos de Aprendizagem podem ser utilizados dentro de um mesmo contexto.

Existem diversos outros tipos de classificações para os Objetos de Aprendizagem, no entanto, como o objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de OAs que sejam compatíveis e possam se integrar corretamente com os diversos repositórios digitais existentes, esta dissertação limitar-se-á nas classificações adotadas por estes repositórios.

O Portal do Professor do MEC (BRASIL A, 2010), classifica os OAs como, Animação/Simulação, vídeo, experimento prático, áudio, mapa, *software* educacional, imagem e hipertexto. Para o Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem - BIOE (BRASIL B, 2008), os Objetos de Aprendizagem são classificados como, imagem, exercício, simulação, experimento, hipertexto, aplicativo, texto, áudio, vídeo e *slide*. Segundo a plataforma do MEC RED (BRASIL C. 2020), os Objetos de Aprendizagem são classificados de acordo com seu tipo de recurso e podem ser, animações, aplicativos móveis, apresentações, áudios, experimentos práticos, *software* educacional, texto, vídeo, *website* externo, entre outros.

## 4.2 CATÁLOGO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Segundo Wiley (2000), metadados podem ser considerados como dados sobre dados. Neste contexto são utilizados metadados para catalogar dados sobre um determinado Objeto de Aprendizagem (ROHDE, 2004). Os dados contidos em um arquivos de metadados podem ser diversos, como nome do desenvolvedor, título do objeto, tamanho, versão, informações sobre a aplicação entre outros, que são utilizados por repositórios digitais a fim de serem catalogados, armazenados e consultados por sistemas de busca como por exemplo em um *LMS (Learning Management System)*, que podem ser definidos como sistemas de gerenciamento de diversos recursos digitais contendo funcionalidades que promovem o aprendizado (SILVA, 2007). Existem diversos padrões para escrita e criação de arquivos de metadados para Objetos de Aprendizagem, dentre um dos mais importantes padrões para desenvolvimento de metadados está o desenvolvido através da norma *IEEE 1484.12.1 Standard for learning Object Metadata (LOM)* pela *LTSC-IEEE* (ROHDE, 2004). Vale lembrar também que,

“A descrição dos metadados de um OA, dado um padrão, não necessariamente precisa estar fisicamente junto ao conteúdo e podem ser armazenados de diferentes formas. A descrição de metadados pode ser realizada diretamente pelo autor do OA e também existe a possibilidade do autor utilizar ferramentas de autoria disponíveis no mercado, que fazem a geração automática dos metadados” [...] (VIAN, 2010, p. 28).

### 4.2.1 *LOM (Learning Object Metadata)*

O padrão *LOM* é um dos mais aceitos e utilizados no mundo atualmente no desenvolvimento de OAs, inclusive sendo utilizado dentro do padrão *IMS (Learning Resource Metadata Information Model)* e também o padrão *ADL SCORM* (ROHDE, 2004). Conforme Macedo (2010), o padrão *LOM* é formado por nove categorias de metadados, são eles:

- Geral (*General*): Descrevem características gerais dos OAs;
- Educacional (*Educational*): Referem-se a características pedagógicas dos OAs;
- Ciclo de vida (*LifeCycle*): Descrevem características referentes à evolução dos OAs, além de pessoas, organizações e desenvolvedores responsáveis por essa evolução;

- Meta-metadados (*Metadata*): São um conjunto de informações sobre os metadados;
- Técnica (*Technical*): Descrevem características técnicas dos OAs;
- Direitos (*Rights*): Refere-se aos direitos de propriedade intelectual;
- Relação (*Relations*): Descreve relações entre objetos;
- Anotações (*Annotations*): São anotações ou comentários sobre os OAs;
- Classificação (*Classification*): Descreve a classificação do objeto em relação a um sistema.

Em diversos sistemas, para melhor integração entre os Objetos de Aprendizagem e os repositórios digitais, os arquivos de metadados são desenvolvidos usando a linguagem *XML - Extensible Markup Language* e *RDF Resource Description Framework*, de acordo com o padrão proposto pelo *LOM* (ROHDE, 2004).

#### 4.2.2 *Dublin Core*

Desenvolvido pelo *DCMI (DublinCore Metadata Initiative)*, o padrão de metadados *DC (DublinCore)* busca desenvolver padrões para uso de metadados com o uso de vocabulários especializados tendo como principal objeto a interoperabilidade entre sistemas, facilitação de processos de busca em repositórios digitais, além do compartilhamento e gerenciamento de Objetos de Aprendizagem (MACEDO, 2010). O *DC* possui cerca de vinte e dois elementos em seu padrão, são eles:

- *title*;
- *identifier*;
- *subject*;
- *description*;
- *type*;
- *source*;
- *relation*;
- *coverage*;
- *creator*;

- *publisher;*
- *contributer;*
- *rights;*
- *date;*
- *format identifier;*
- *language;*
- *audience;*
- *provenance;*
- *right holder;*
- *instructional method;*
- *accrual method;*
- *accrual periodicity e finalmente;*
- *accrual policy.*

Para descrever seus elementos, o *DC* utiliza dez atributos em cada elemento, de acordo com a ISO IEC 11.179 (MACEDO, 2010). Segundo Macedo (2010), os atributos são os seguintes:

- nome do elemento;
- identificador obrigatório;
- versão;
- autoridade;
- língua;
- definição do conceito;
- obrigatoriedade;
- tipo de dado;
- máxima repetição;
- comentários.

### 4.2.3 SCORM

O SCORM é compreendido como, “[...] um conjunto de padrões para a criação de conteúdo de e-learning compatível com a maioria dos LMS existentes [...]” (RUANO *et al.*, 2016, p. 6353). O SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) possui várias versões, dentre as mais importantes temos o SCORM 1.2 e o SCORM 2004 (RUANO *et al.*, 2016). O padrão SCORM foi desenvolvido pela ADL (*Advanced Distributed Learning*) em cooperação com diversas instituições, entre elas, o IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc*), o consórcio IMS GLC (*Instructional Management Systems Project, Global Learning Consortium*), o AICC CBT da indústria aeronáutica e o ARIADNE (*Foundation for the European Knowledge Pool*), com o objetivo de fornecer normas, padrões, recomendações e especificações, de modo a atender as necessidades para desenvolvimento de recursos digitais, atendendo a requisitos como, a acessibilidade, reutilização, interoperabilidade e durabilidade. O SCORM possui ainda um modelo de estrutura linear, hierárquico, em grade, *web* e empírico (MACEDO, 2010). Sua estrutura ainda é disposta em três tópicos que podem ser considerados como livros que podem ser acessados individualmente, são eles, o *Content Aggregation Model (CAM)* que faz a montagem e indexação de conteúdo, o *Run-Time Environment (RTE)* que define parâmetros de comunicação entre LMS e Objetos de Aprendizagem, além do *Sequencing and Navigation (SN)* que realiza o sequenciamento e organiza a navegação (MACEDO, 2010). Existe ainda um quarto livro conhecido como *Overview*, que permite uma visualização dos conceitos do SCORM (ROHDE, 2004). O CAM também divide o conteúdo em SCOs, as menores unidades de informação que podem ser agregadas por um LMS e os *Assets*, que são consideradas as menores unidades de aprendizagem, como por exemplo, textos, imagens, sons, entre outras mídias (MACEDO, 2010).

### 4.3 A ONTOLOGIA OBBA

O padrão OBBA (Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes) foi desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) para garantir a interoperabilidade entre diferentes plataformas baseado na realidade da educação em nosso país (AMORIM JÚNIOR, 2015). O OBBA utiliza o padrão LOM da IEEE como base para seus metadados, com a agregação de novos elementos nas

categorias *Technical* e também *Educational*, além da adição de duas novas categorias, *Accessibility*, *Segment Information Table*. Sua finalidade é prover uma padronização e utilização de Objetos de Aprendizagem para diversas plataformas como *web*, *mobile* e televisão digital (COMARELLA, 2015). O mais interessante na proposta da ontologia OBBA para este trabalho é o incremento de metadados de acessibilidade que permitem o armazenamento de informações sobre os usuários, atendendo a requisitos como áudio para deficientes visuais, legenda para deficientes auditivos, idiomas, entre outros (VICARI et al., 2010).

#### 4.4 REPOSITÓRIOS DIGITAIS

Os repositórios digitais são plataformas responsáveis pelo depósito de diversos recursos digitais como os Objetos de Aprendizagem. Podem ainda ser definidos como,

“[...] bancos de dados online onde se armazenam recursos educacionais, respeitando padrões de organização e detalhamento dos objetos. Estes padrões incluem a descrição de informações, como autores, palavras-chave, conteúdo, objetivo, tipo de mídia, nível de ensino, e são conhecidos como metadados” (ZARPELON *et al.*, 2018, p. 52).

O Portal do Professor do MEC é um repositório digital responsável pelo armazenamento de diversos recursos digitais que são disponibilizados a professores de todo o Brasil. Além de Objetos de Aprendizagem, o Portal do Professor também fornece diversos outros recursos aos professores como planos de aula, material de apoio e notícias sobre educação. O Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem - BIOE, ligado ao MEC, também é um dos principais repositórios digitais encontrados no país e possui conteúdos que abordam todos os níveis de ensino. A plataforma pode ser acessada nos idiomas Português e Espanhol. A plataforma do MEC RED é um grande repositório digital onde professores que desenvolvem objetos de ensino e aprendizagem podem armazenar, compartilhar e consumir estes recursos, além de ter acesso a diversos outros recursos educacionais dos principais portais que estão integrados à plataforma.

#### 4.5 METODOLOGIAS E ABORDAGENS DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento de OAs tem características pedagógicas e técnicas que o tornam um grande desafio no ambiente educacional, pois “[...] é uma área interdisciplinar e não pode ser considerado um processo trivial [...]” (BRAGA, 2015, p. 24). De acordo ainda com Braga, (2015), a maior parte dos OAs vem sendo desenvolvidos sem o uso de uma metodologia que garanta a qualidade, o que leva ao surgimento de diversas dificuldades tanto na utilização, quanto no reuso de OAs, que são: dificuldades didático-pedagógicas, devido a não terem um objetivo claro para professores e alunos, a falta de contextualização dos OAs, dificuldades de recuperação causados por catalogação e disponibilização inadequadas, problemas de instalação, entre diversos outros.

Segundo Longmire (2000), outro desafio refere-se à escrita técnica dentro de um ambiente de desenvolvimento em OAs que vai contra as boas práticas de redação aprendidas por desenvolvedores ao longo de seus estudos. O conteúdo no objeto não flui de modo a se comportar como um argumento ou conhecimento cumulativo e o conteúdo cronológico precisa ser negociado pelo conteudista ou admitir soluções via modelos com os *templates*. O conteudista de OAs precisa ainda saber fazer referências a informações sem causar violação de modularidade e não deixar ainda a aprendizagem entediante para o aluno.

Devido a estes fatos, será abordado neste capítulo, duas metodologias de desenvolvimento de OAs com o objetivo de solucionar as dificuldades técnicas existentes na área, o *MLO (Mobile Learning Objects)*, utilizado no desenvolvimento de OAs para dispositivos mobile e o *INTERA*, metodologia criada na Universidade Federal do ABC (UFABC). Por fim, apresentar-se-á o *Design Thinking*, uma abordagem para desenvolvimento centrado no usuário.

Para solucionar os desafios pedagógicos, Canto Filho (2017) sugere a adoção, em projeto para desenvolvimento de OAs, da metodologia conhecida como *PBTA*, ou ainda, *Projeto Baseado em Trajetórias de Aprendizagem* que é baseado na teoria de Ausubel sobre aprendizagem significativa. Segundo Ausubel *et al.* (1978, p. 153) apud (Canto Filho *et al.* 2017, p. 725), a aprendizagem significativa é definida como, “[...] o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva à estrutura cognitiva do estudante”. Este relacionamento se dá através do subsunção, ou um conteúdo já pré-existente na estrutura cognitiva do sujeito e que serve como pré-requisito

para a aprendizagem de um novo conceito. Desta forma podemos compreender o PBTA como uma metodologia que utiliza como uma de suas premissas fundamentais a ideia de subsunção e tem como objetivo o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem significativa.

#### **4.5.1 Metodologia PBTA**

A metodologia de PBTA envolve a ideia de tempo de projeto, quando são definidos os subsunções relacionadas às novas proposições propostas pelo OAs. Para avaliar os estudantes e verificar se estes possuem realmente em suas estruturas cognitivas os subsunções adequados, o PBTA sugere a aplicação de testes, onde, a partir de seus resultados, poder-se-á apresentar novos conceitos através de um OAs, ou direcioná-los para outro OAs de modo a aprender os conceitos faltantes (CANTO FILHO *et al.*, 2017).

Um dos princípios fundamentais do PBTA é o princípio do ajuste de ritmo. De acordo com este princípio, os Objetos de Aprendizagem devem permitir que o estudante ajuste o ritmo de execução da tarefa conforme o seu próprio ritmo de aprendizagem. São conceitos importantes para o PBTA: os mapas conceituais, o ponto de partida, passagem e chegada, além da segmentação de Inter objetos, sequências de proposição e ordem de apresentação.

#### **4.5.2 O Desenvolvimento para Dispositivos Móveis**

O desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis apresenta certos desafios e pouca literatura de referência. Em seu trabalho no artigo, *Layered Software Architecture for the Development of Mobile Learning Objects With Augmented Reality*, Alvarado *et al.*, (2018) faz uma contribuição importante para esclarecer os processos que envolvem o desenvolvimento de OAs para estes dispositivos. O conceito de *MLO* ou *Mobile Learning Objects*, pode ser definido como um recurso digital educacional, interativo, adaptável e reutilizável em diferentes contextos, com um objetivo educacional e projeto para ser utilizado em um ambiente de aprendizagem móvel (ALVARADO *et al.*, 2018).

##### *4.5.2.1 Requisitos para o Desenvolvimento MLO*

Apresentar-se-á os principais requisitos para desenvolvimento *MLO*, de acordo com Alvarado *et al.* (2018).

- Visualização do conteúdo: Os OAs devem permitir ao aluno visualizar a teoria que será tratada.
- Visualização de exemplos: Os OAs devem permitir ao aluno visualizar exemplos.
- Exercícios de resolução: Os OAs devem apresentar atividades relacionadas ao assunto que deverão ser realizadas pelos alunos.
- Realizar avaliação: Os alunos devem realizar as avaliações propostas.
- Interatividade: Os OAs precisam permitir a incorporação de tecnologia de realidade aumentada como conteúdo interativo de uma aprendizagem complementar.
- Personalização: Os OAs devem apresentar diferentes estilos de aprendizagem e apresentar conteúdos de acordo com o estilo de aprendizagem do aluno.
- Acessibilidade: O recurso digital deve conter arquivos de metadados que permitam a acessibilidade ao objeto em repositórios digitais.
- Conteúdo padronizado: Deve haver modelos de Objetos de Aprendizagem homogêneos.
- Granularidade: O assunto dos OAs devem ser os menos divisíveis possível para serem utilizados em diferentes contextos.
- Reutilização: Capacidade que os OAs possuem de serem utilizados em diferentes contextos de ensino.
- Portabilidade: Capacidade dos OAs de serem armazenados em diferentes plataformas sem mudança em sua estrutura.
- Durabilidade: Os OAs devem ser apoiados por um repositório que permita a incorporação de novos conteúdos e componentes, além da atualização dos já existentes.
- Usabilidade: Os OAs devem ser eficazes, eficientes e satisfazer os usuários, de acordo com o objetivo de aprendizagem.
- Autocontido: O Objeto de Aprendizagem deve ser capaz de atingir o objetivo de aprendizagem sem o uso de complementos.
- Autoria: Incorpora fontes de recursos e conteúdo de terceiros.

#### 4.5.2.2 Camadas da Arquitetura MLO

A existência de informações a respeito de arquiteturas para desenvolvimento MLO é relativamente rara na literatura. Os conceitos aqui apresentados ainda são escassos e não esclarecem todos os desafios existentes na produção de OAs para dispositivos móveis, mas nos indicam um caminho a seguir neste processo. A primeira camada da arquitetura é a camada de persistência, que trata da manipulação e armazenamento de dados do *MLO*. A camada de persistência de dados é formada por três outros componentes, de acordo com (Alvarado *et al.*, 2018).

- Repositório de recursos: É o componente responsável pelo gerenciamento de recursos multimídia.
- Banco de dados: Gerencia a estrutura de dados primários dos OAs.
- Cache: Preserva informações na seção do Objeto de Aprendizagem para o caso de uma possível interrupção em uma tarefa.

A segunda camada de um MLO é conhecida como camada de personalização e fornece conteúdo para apresentar nas seções do Objeto de Aprendizagem com base em um conjunto de informações. As informações são,

- Tipo de aprendizagem, ou seja, um componente capaz de identificar o estilo de aprendizagem do aluno para decidir que tipo de conteúdo e quantidade ofertar ao aluno.
- Contexto que obtém as características do aluno e do ambiente em que o mesmo se encontra para decidir que tipo de conteúdo apresentar.
- Interatividade controla a interação dos OAs com os alunos e é formada pelos seguintes componentes, conforme (Alvarado *et al.*, 2018):
  - Recursos: fusão e manipulação de conteúdos feitos por meio de pontos de interação no dispositivo.
  - Eventos de interação: componente que gerencia as ações do dispositivo.
  - Realidade aumentada: Subcamada responsável pela aplicação de realidade aumentada e interação na aprendizagem, que consiste no rastreamento feito pelo dispositivo, o que implica na manipulação de funções nativas do

dispositivo como acelerômetro, *GPS*, entre outros e do reconhecimento, também realizado pelas funções nativas do dispositivo, como o uso da câmera e leitores de código por exemplo.

A camada de interatividade pode ser acessada somente através de plataformas nativas como o *Android Studio* que se trata de um ambiente de desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis baseados no sistema operacional *Android* e mantido pela *Google*, ou ainda, o *Xcode*, um ambiente de desenvolvimento para dispositivos *Apple* com sistema operacional *Mac OS X*. Outras plataformas também são utilizadas por ambientes de desenvolvimento híbrido para garantir o uso das funções nativas dos dispositivos, como exemplos temos o *Apache Cordova* e o *PhoneGap*, pertencentes hoje à gigante de *software*, a *Adobe Systems*. A realidade aumentada (RA) é utilizada em um conjunto de soluções que envolvem plataformas para acesso nativo às funções do dispositivo, bibliotecas de RA e uso de dispositivos periféricos como óculos de realidade aumentada, por exemplo.

Uma outra camada conhecida como a camada de estrutura geral, responsável pela estrutura das diferentes seções do Objeto de Aprendizagem, além do controle das informações descritivas que devem ser incluídas para uso e gerenciamento em repositórios digitais. Esta camada é formada pelos seguintes componentes, segundo (Alvarado *et al.*, 2018):

- Conteúdo: Apresentação de recursos que são as seções.
- Metadados: Definição de informações referentes a especificação do Objeto de Aprendizagem. São estas informações categorizadas e organizadas de acordo com padrões como o *DublinCore* e o *LOM* da *IEEE* por meio da linguagem *XML (Extensible Markup Language)*.

A última camada do *MLO* é a camada de padrões. Esta camada inclui padrões de funcionalidades como a correta estruturação de conteúdo de OAs e a possibilidade de reutilização dentro de *LMS*. Para alcançar estes requisitos são utilizados nesta camada o *SCORM* e o padrão *LOM* da *IEEE* (ALVARADO *et al.*, 2018).

Apesar das contribuições importantes de Alvarado *et al.* (2018), muitos detalhes importantes do desenvolvimento de OAs para dispositivos móveis não são encontrados e resolvidos na literatura, como por exemplo a forma de disponibilizar os OAs em plataformas

como lojas virtuais como o *Google Play Store* e *Apple Store*, que são atualmente as mais utilizadas entre usuários de aplicações *Mobile* e que não apresentam muita compatibilidade com padrões de OAs conhecidos como *LOM*, *SCORM* e *DublinCore*. Existem também outros problemas inerentes à produção de *MLO* como conflitos resultantes das diferentes arquiteturas propostas por ambientes de desenvolvimento *Mobile* e *frameworks*.

Entende-se por *framework* como um pacote que representa o esqueleto de uma aplicação e pode ser utilizado por desenvolvedores para desenvolver novas aplicações, além disso o *framework* também deve ser especializado em um determinado domínio. A inversão de fluxo é uma característica importante destes pacotes que fornecem o fluxo de controle da aplicação. Bibliotecas diferenciam-se dos *frameworks* devido à falta de uma inversão de fluxo e não possuir classes especializadas em um domínio específico. O mesmo ocorre com os padrões de projeto, mais abstratos e menores que um *framework* (FERREIRA, 2005).

No entanto, estas soluções tecnológicas não oferecem muitos recursos para compatibilidade de padrões e ainda se tornam confusas devido ao uso de componentes de manifesto próprios como os arquivos *manifest.xml* gerados pelo *Android Studio* e que trazem especificações próprias de sua arquitetura. Estes são alguns dos diversos desafios enfrentados pelos desenvolvedores de recursos digitais como o *MLO*.

### 4.5.3 Metodologia INTERA

A metodologia INTERA (Inteligência, Tecnologias Educacionais e Recursos Acessíveis) foi desenvolvida pela Universidade Federal do ABC (UFABC). Atualmente é de domínio público e foi desenvolvida devido às dificuldades existentes nos processos de desenvolvimento tecnológicos dos OAs. Estas dificuldades estão relacionadas à falta de conhecimento técnico do professor para a produção de OAs, assim como a falta de conhecimento pedagógico por parte de técnicos e desenvolvedores de *software* e *games*, além de problemas técnicos e de arquitetura de *software* que impedem a reutilização dos OAs. Portanto, a metodologia INTERA fornece um guia para o processo de desenvolvimento de OAs com qualidade, de modo a torná-lo reutilizável, unificando o conhecimento técnico ao pedagógico e pode ser considerado um complemento ao processo de desenvolvimento de *software* e *games* para a educação. O INTERA foi ainda inspirado na metodologia *ADDIE* (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) para *design* de produtos e se

baseia no guia *PMBOK (Project Management Body of Knowledge)* para gerenciamento de projetos (BRAGA, 2013).

Para esta pesquisa, o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem utilizou a abordagem do *Design Thinking* para produção de aplicativos com foco no aluno, de maneira a satisfazer as suas necessidades educativas em um processo iterativo e centrado no usuário.

#### 4.5.4 *Design Thinking*

O *Design Thinking* não é na verdade uma metodologia, mas sim, uma abordagem para desenvolvimento de produtos e serviços centrado no usuário, de modo que protótipos de artefatos desenvolvidos a partir desta abordagem possuam uma proposta de valor capaz de satisfazer os usuários e “anestesiá-los” suas “dores”. A abordagem é iterativa e possui diversas ferramentas que ajudam o *designer* a descobrir as reais necessidades dos usuários e propor soluções que podem ser prototipadas e testadas com interação e *feedback* constante dos usuários. De acordo com Hsiao *et al.* (2017), também podemos definir o *Design Thinking* como um processo de análise perceptual, que possui seu foco na experiência das pessoas.

O *Design Thinking* é formado por cinco etapas que conforme Hsiao *et al.* (2017) são,

1. Empatia: Nesta etapa são conhecidas e experimentadas as dores dos usuários;
2. Definir: Quando os problemas são definidos após a realização das pesquisas;
3. Idealizar: Esta é a etapa em que o *designer* deve implementar o *Design Thinking* e propor soluções baseadas em suas experiências;
4. Protótipo: Nesta etapa ocorre o desenvolvimento do protótipo;
5. Teste: Na etapa final o protótipo é testado para verificar se está de acordo com os requisitos e se é adequado ou não ao usuário.

Existem uma variedade de ferramentas a disposição do *designer*, entre estas temos os *storyboards*, *softwares* de prototipagem, *Blueprint*, diagrama da jornada do usuário, diagrama de duplo diamante, *storytelling*, a etnografia, entre outros. Não há a necessidade de utilização de todas as ferramentas em um projeto, ficando a critério do *designer* a escolha das ferramentas mais apropriadas para realizar a busca da solução de um problema.

O *Design Thinking*, é claro, não é uma abordagem ou processo voltado ao desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem, mas seu uso no desenvolvimento de OAs é encorajado por especialistas. Conforme Queiros *et al.* (2016), a utilização do *Design Thinking* como um método para desenvolver Objetos de Aprendizagem focados na inovação é fundamental.

## 5 ACESSIBILIDADE *WEB*, INTEROPERABILIDADE E USABILIDADE

Tem-se atualmente no mundo cerca de 1 bilhão de pessoas com algum tipo de deficiência, o que corresponde a 15% de toda a população mundial, o que torna a acessibilidade *web* um tema de significativo interesse acadêmico, devido ao grande número de pessoas beneficiadas (ISMAIL, KUPPUSAMY, 2018).

É importante compreender que a acessibilidade *web* está associada à capacidade de oferecer produtos e serviços capazes de atender indivíduos com características e habilidades diversificadas, promovendo assim uma equidade em todos os âmbitos de nossa sociedade (SOUZA, CARDOSO, PERRY, 2019).

A acessibilidade *web* também pode ser considerada como uma medida de facilidade e conforto da qual uma pessoa com deficiência poderia acessar os recursos da *web* da mesma forma que um usuário típico (ISMAIL; KUPPUSAMY, 2018).

Além disso, têm-se como objetivo fazer com que *websites* e plataformas *web* sejam mais acessíveis e utilizáveis por um maior número de pessoas, independentemente de suas habilidades, conhecimentos e características técnicas (CAMPOVERDE-MOLINA; LUJÁN-MORA; GARCÍA, 2020). Segundo a definição da *World Wide Web Consortium (W3C)*, a acessibilidade *web* é composta por características que permitem às pessoas com deficiência perceberem, entenderem, navegarem e interagirem com a *web* (ISMAILOVA; KIMSANOVA, 2017).

Para Ferraz (2020, p.1), “acessibilidade na *web* está relacionada diretamente com a eliminação de barreiras em páginas para que pessoas com deficiência tenham autonomia na rede”. Entende-se como barreiras situações que podem impedir uma pessoa com deficiência de acessar uma determinada informação em uma plataforma *web* ou mesmo, interagir com ela (FERRAZ, 2020). A acessibilidade *web* também pode beneficiar pessoas de idade avançada que viram suas habilidades serem reduzidas em consequência dos anos (CAMPOVERDE-MOLINA; LUJÁN-MORA; VALVERDE, 2019).

Uma *web* realmente acessível deve permitir a participação de todas as pessoas em condições igualitárias, o que vai além de suas condições físicas, psíquicas, culturais, geográficas e econômicas (LAITANO, 2015). Sabe-se que há imensos benefícios da acessibilidade *web* em *sites* e aplicações *web*, principalmente no que se refere a aplicações educacionais. Segundo Ismailova e Inal (2017), o uso de tecnologias assistivas é um dos fatores que afetam o sucesso

acadêmico de estudantes com deficiência, pois permite que estes se encarreguem mais efetivamente de atividades com o uso de tecnologias auxiliares. Ainda sobre os benefícios da implementação de acessibilidade em *websites*, pode-se citar uma melhora considerável da classificação em motores de busca, pois são mais fáceis de encontrar e utilizar, além do custo decrescente, o que inclui manutenção e atualização para novas tecnologias (SHAWAR, 2015).

No entanto, atualmente, a maior parte das plataformas digitais não oferecem acessibilidade ou apresentam recursos que não estão adequados ao uso de tecnologias assistivas, conforme os padrões recomendados pela *W3C* (SOUZA, CARDOSO, PERRY, 2019). Para Kurt, (2017), a não ser que os *sites* e plataformas *web* implementem princípios de *design* para facilitar o uso de tecnologias assistivas, o valor dessas tecnologias será limitado. Ainda segundo o autor, tecnologias de leitores de tela só respondem a formatos de texto, portanto, imagens devem possuir descrições de texto (texto alternativo) para serem compreendidas por pessoas com deficiência visual que se utilizam de leitores de tela. Outros fatores que podem afetar a acessibilidade *web*, além do conteúdo dos sites são o uso de navegadores acessíveis, ferramentas de autoria entre outros agentes de usuário (ACOSTA-VARGAS; ACOSTA; LUJÁN-MORA, 2018). Na Figura 12 tem-se o exemplo de um código *HTML5* para publicação de imagem de acordo com padrões estabelecidos pela *W3C*.

Figura 12 - Exemplo de código *HTML* para imagens conforme padrões *W3C*.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<body>

<h1>The figure and figcaption element</h1>

<figure>
  
  <figcaption>Fig.1 - Trulli, Puglia, Italy.</figcaption>
</figure>

</body>
</html>
```

Fonte: *W3schools* A (2022).

Sabe-se que muitos dos projetos de *design* e conteúdos desenvolvidos não contemplam requisitos de acessibilidade, o que exclui digitalmente diversos grupos de pessoas com deficiência, acarretando um grave erro de análise e engenharia de *software* (SOUZA, CARDOSO, PERRY, 2019). Para Ismail e Kuppusamy (2019), as necessidades que a acessibilidade *web* visa abordar devem incluir deficiências visuais, motoras, auditivas, cognitivas, intelectuais ou até mesmo as convulsões. Embora isto ocorra em diversos projetos

*web*, muitas são as iniciativas de projetos que visam desenvolver melhorias de acessibilidades, como leitores de tela, *plugins* para acessibilidade e *frameworks* que apostam em bibliotecas de acessibilidade para aplicações móveis, como é o caso do *framework* desenvolvido pelo Facebook, *React Native*, extremamente popular entre a comunidade de desenvolvedores em todo mundo. Há também um grande número de *plugins* disponíveis para plataformas *CMS*, como o *Real Accessibility* e o *Hand Talk*, com compatibilidade para o *Wordpress*, *Joomla*, entre outras plataformas *CMS*. No entanto é necessário um maior investimento em projetos de acessibilidade, com extensões, bibliotecas, pacotes e *frameworks* de código aberto, com licença *GPL*, o que permitirá a contribuição da comunidade de desenvolvedores que darão continuidade aos projetos e evolução ao código e recursos, o que está de acordo com as sugestões de trabalhos futuros feitas por Furtado (2020). Há também uma preocupação cada vez maior com o treinamento e aperfeiçoamento de desenvolvedores e *web designers*, pois entende-se que o domínio de conhecimentos sobre acessibilidade, o seu escopo e impacto, podem torná-los melhores profissionais (ISMAIL, KUPPUSAMY, PAIVA, 2020).

## 5.1 DIRETRIZES DE ACESSIBILIDADE *WEB*

As diretrizes de acessibilidade *web* são documentos que orientam desenvolvedores, *designers*, analistas e engenheiros a construir plataformas *web*, *softwares*, sistemas e aplicações de modo a identificarem e eliminarem as barreiras de acessibilidade (FERRAZ, 2020). Servem, portanto, como um guia para o desenvolvimento acessível de plataformas *web* e *mobile*. A seguir apresentar-se-á as principais diretrizes de acessibilidade *web*.

### 5.1.1 *WCAG*

A *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)* é o principal documento de acessibilidade *web* que contém diversas diretrizes de acessibilidade para conteúdo *web* (FERRAZ, 2020). Este documento fornece critérios de sucesso testáveis que detalham ações necessárias para alcançar a acessibilidade. Os critérios são divididos em três níveis de conformidade cumulativos: A (o nível mais baixo), AA (nível médio) e AAA (o nível mais alto). O primeiro nível A corresponde às necessidades mais básicas de acessibilidade, o nível AA representa as recomendações de acessibilidade e por fim, o nível AAA inclui as

necessidades opcionais de acessibilidade *web* (NIR; RIMMERMAN, 2018). De acordo com Ferraz (2020), são quatro os princípios que formam a base da acessibilidade *web* para a *WCAG*, são elas:

- Perceptível: Conjunto de informações e componentes da interface de usuário que devem ser apresentadas de maneira que possam ser percebidas pelo usuário;
- Operável: Componentes de interface e navegação devem ser operáveis;
- Compreensível: Informações e a operação da interface devem ser compreensíveis;
- Robusto: O conteúdo da interface de usuário deve ser robusto para que possa ser interpretado de forma confiável, o que inclui tecnologias assistivas.

A primeira versão do *WCAG* (*WCAG 1.0*) foi lançada em 1999 e consistia de 14 diretrizes com diversos pontos de verificação num total de 65 pontos, sendo que cada ponto possui os três níveis de prioridade A, AA e AAA, já explicados anteriormente. A segunda versão do *WCAG* (*WCAG 2.0*) foi lançada em 2008 e consistia de 12 diretrizes com 61 pontos de verificação no total (AL-KABI, 2018). Uma nova versão do *WCAG* (*WCAG 2.1*) foi lançada em 2018 e trata-se de uma atualização da versão 2.0 que traz novas técnicas, diretrizes e critérios relacionados a novas formas de acesso, deficiências cognitivas e de aprendizagem, além de contemplar os dispositivos móveis (FERRAZ, 2020). Em 21 de maio de 2021, a *W3C* lançou uma nova atualização da documentação, agora em sua versão *WCAG 2.2*. Esta atualização traz novos critérios de sucesso, definições para apoiá-los, além de diretrizes para organizar as adições realizadas (*WCAG 2.2, 2021*).

*Sites* que seguem as diretrizes do *WCAG* garantem maior acessibilidade *web* (AL-KABI, 2018). No entanto, segundo Lorca, Andrés e Martínez (2018), estas métricas não podem ser consideradas suficientes para determinar o nível de acessibilidade de uma aplicação.

A *WCAG* possui também diretrizes que fornecem os objetivos básicos que devem ser satisfeitos para cada princípio do documento e que agregam temas específicos, como por exemplo orientações sobre componentes (FERRAZ, 2020). A seguir temos a lista de diretrizes do *WCAG* de acordo com Ferraz (2020):

1. **Alternativas em texto:** Deve-se fornecer alternativas para conteúdos não-textuais;
2. **Acessível por teclado:** Funcionalidades devem ser acessíveis via teclado;
3. **Legível:** Conteúdo deve ser legível e compreensível;
4. **Compatível:** Deve haver compatibilidade entre usuários, o que inclui tecnologias acessíveis.

Em sua versão 2.0 lançada em 2008, o documento da *WCAG* traz uma lista de critérios de sucesso para avaliação de acessibilidade *web*. Este documento se tornou padrão ISO em 2012. De acordo com Ferraz (2020), temos a seguir a lista de critérios com seus níveis de conformidade:

- **Conteúdo não textual (A)** - Uso de textos alternativos para elementos não textuais;
- **Apenas áudio e vídeo (pré-gravado) (A)** - Uso de áudios e vídeos pré-gravados;
- **Legendas (pré-gravadas) (AA)** - Fornecer legendas para conteúdo de áudio pré-gravado;
- **Audiodescrição ou mídia alternativa (pré-gravada) (AA)** - Fornecer audiodescrição para vídeos;
- **Língua de sinais (pré-gravada) (AAA)** - Interpretação de língua de sinais;
- **Audiodescrição estendida (pré-gravada) (AAA)** - Quando as pausas no vídeo são insuficientes para realizar a descrição;
- **Mídia alternativa (pré-gravada) (AAA)** - Alternativa para conteúdo audiovisual;
- **Apenas áudio (ao vivo) (AAA)** - Alternativa para conteúdo em áudio;
- **Informações e relações (A)** - Transmissão por código das relações e informações;
- **Sequência com significado (A)** - Quando a sequência de leitura altera o significado;
- **Características sensoriais (A)** - A informação não pode depender de características sensoriais;

- **Utilização de cores (A)** - Não utilizar a cor para transmitir informação unicamente;
- **Controle de áudio (A)** - Alternativa para interrupção de áudio automático;
- **Contraste (mínimo) (AA)** - Grau mínimo de contraste para evitar barreiras;
- **Redimensionar texto (AA)** - Redimensionamento de texto sem comprometimento da informação;
- **Imagens de texto (AA)** - Como utilizar imagens que possuam texto;
- **Contraste (melhorado) (AAA)** - Grau ampliado do contraste de conteúdos;
- **Áudio de fundo baixo ou sem áudio de fundo (AAA)** - Como lidar com áudio de fundo;
- **Apresentação visual (AAA)** - Como apresentar conteúdo;
- **Imagens de texto (sem exceção) (AAA)** - Imagens de texto com fins decorativos;
- **Teclado (A)** - Tornar conteúdo acessível por teclado;
- **Ajustável por temporização (A)** - Como garantir a acessibilidade *web* em aplicações com limite de tempo;
- **Colocar em pausa, parar, ocultar (A)** - Como lidar com conteúdo dinâmico;
- **Sem temporização (AAA)** - Conteúdo sem temporização;
- **Interrupções (AAA)** - Possibilidade de interrupções;
- **Nova autenticação (AAA)** - Sem perda de dados em uma nova autenticação;
- **Três flashes ou abaixo do limite (A)** - Evitar conteúdos que piscam na tela ou limitar *flashes*;
- **Três flashes (AAA)** - Evitar conteúdos que piscam;
- **Ignorar blocos (A)** - Fornecer formas de pular blocos;
- **Página com título (A)** - Páginas com título que descrevam sua finalidade;
- **Ordem do foco (A)** - Ordem dos elementos;
- **Finalidade do link (em contexto) (A)** - determinar o significado do *link*;
- **Várias formas (AA)** - Fornecer várias formas para localização de conteúdo;
- **Cabeçalhos e rótulos (AA)** - Cabeçalhos e rótulos devem descrever a funcionalidade;
- **Foco visível (AA)** - Elementos interativos devem ter o foco visível ao se navegar por teclado;
- **Localização (AAA)** - Informações sobre localização na aplicação;

- **Finalidade por *link* (apenas o *link*) (AAA)** - Mecanismo para determinar a finalidade do *link*;
- **Cabeçalhos da seção (AAA)** - Uso de cabeçalhos em seções;
- **Idioma da página (A)** - definição do idioma;
- **Idioma das partes (AA)** - Definir o idioma de partes da página;
- **Palavras incomuns (AAA)** - Utilizar formas de ajudar o usuário na compreensão de palavras incomuns;
- **Abreviaturas (AAA)** - Apresentar formas de identificar o significado de abreviaturas;
- **Nível de leitura (AAA)** - Alternativas para compreensão de um texto que exigem maior nível de educação;
- **Pronúncia (AAA)** - Proporcionar um mecanismo para determinação da pronúncia das palavras;
- **Em foco (A)** - Para quando um elemento recebe o foco sem alteração de contexto;
- **Em entrada (A)** - Alteração da definição de componentes de interface de usuário sem alteração de contexto;
- **Navegação consistente (AA)** - Proporcionar uma navegação confortável;
- **Identificação consistente (AA)** - Identificação de componentes com mesma funcionalidade de forma consistente;
- **Alteração mediante solicitação (AAA)** - Alterações de contexto devem ser iniciadas somente com a permissão do usuário;
- **Identificação do erro (A)** - Quando um erro acontece, o usuário precisa ser notificado;
- **Rótulos ou instruções (A)** - Rótulos ou instruções devem ser fornecidos quando o conteúdo exigir uma entrada de dados;
- **Sugestão de erro (AA)** - Devem ser apresentadas sugestões de como solucionar um erro;
- **Prevenção de erros (Legal, financeiro, dados) (AAA)** - Como lidar com documentos e questões legais;
- **Ajuda (AAA)** - Disponibilização de ajuda ao usuário;

- **Prevenção de erros (todos) (AAA)** - Deve-se fornecer formas de prevenção de erros;
- **Análise (A)** - Desenvolvimento de aplicações baseados nas especificações corretas;
- **Nome, função, valor (A)** - Definição de nomes, função e valor das aplicações com acessibilidade *web*.

Em 2018 a *W3C* lançou uma atualização da documentação, a *WCAG 2.1* que traz novas técnicas, diretrizes e critérios de sucesso com o objetivo de melhorar condições de acessibilidade voltadas a formas de acesso, deficiências cognitivas e de aprendizagem (FERRAZ, 2020). Apresentar-se-á uma lista dos novos critérios de sucesso na versão 2.1, de acordo com Ferraz (2020):

- **Orientação (AA)** - Diz respeito a orientação horizontal e vertical do dispositivo;
- **Identificar o objeto de entrada (AA)** - Definições dos propósitos dos campos de formulário;
- **Identificar o objetivo (AAA)** - Identificar os propósitos dos elementos de cada página;
- **Realinhar (AA)** - Reorganização de conteúdo;
- **Contraste não-textual (AA)** - Contraste para conteúdos não-textuais;
- **Espaçamento de texto (AA)** - Relativo ao espaçamento dos textos;
- **Conteúdo em foco por mouse ou teclado (AA)** - Relativos ao comportamento de ações por mouse e teclado;
- **Atalhos de teclado por caractere (A)** - Refere-se a atalhos de teclado;
- **Limites de tempo (AAA)** - O que fazer quando uma aplicação necessita de *timeout*;
- **Animação de interações (AAA)** - Relativo à interatividade em animações;
- **Gestos de acionamento (A)** - Relativo a ponteiros;
- **Cancelamento de acionamento (A)** - Cancelamento de ponteiro;
- **Rótulo em nome acessível (A)** - Rótulos de nome;
- **Atuação em movimento (A)** - Acessibilidade em interfaces interativas em movimento;

- **Tamanho da área clicável (AAA)** - Tamanho do ponto de interatividade;
- **Mecanismos de entrada simultâneos (AAA)** - Referentes a mecanismos de entrada concorrentes;
- **Mensagens de status (AA)** - Como tratar a acessibilidade de mensagens de status das aplicações.

A *WCAG 2.2* foi lançada em 2021 e traz novos critérios de sucesso, de acordo com *WCAG 2.2* (2021), são eles:

- **Autenticação Acessível (A)** - Em cada etapa de um processo de autenticação que dependa de uma função cognitiva, deve haver pelo menos um outro método disponível;
- **Movimentos de Arrastamento (AA)** - Funcionalidades que utilizam movimento de arrastar podem ser obtidas por um único ponteiro;
- **Ajuda Consistente (A)** - Aplicação deve fornecer maneiras de encontrar ajuda, seja de detalhes ou mecanismos de ajuda humana, opções de auto ajuda, além de ajuda automatizada;
- **Navegação de quebra de página (A)** - Para conteúdos com localizadores de quebra de página, deve existir um mecanismo para navegar para cada localizador;
- **Aparência de foco (mínimo) (AA)** - Quando os componentes de interface recebem o foco são válidos os itens: área de contraste para taxa de 3:1 entre cores nos estados foco e desfocado, área mínima de 1 *pixel* no contorno, linha com espessura de 4 *pixels* e não mais fina que 2 *pixels*, Contraste adjacente com taxa de 3:1 e não totalmente obscurecido onde o item em foco não está oculto pelo conteúdo criado pelo autor;
- **Aparência de foco (aprimorado) (AAA)** - Quando os componentes de interface recebem o foco são válidos os itens: área de contraste para taxa de 3:1 entre cores nos estados foco e desfocado, área mínima de 1 *pixel* no contorno, linha com espessura de 4 *pixels* e não mais fina que 2 *pixels* e não totalmente obscurecido onde o item em foco não está oculto pelo conteúdo criado pelo autor;

- **Controles Visíveis (AA)** - Referentes à ativação dos componentes de interface quando da passagem do ponteiro do mouse ou o foco é ativado;
- **Tamanho alvo (mínimo) (AA)** - área mínima de 24 *pixels*;
- **Entrada redundante (A)** - Refere-se a informações inseridas ou fornecidas ao usuário e que devem ser fornecidas novamente no mesmo processo e na mesma sessão.

### 5.1.2 *WAI-ARIA*

A *Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA)* é a documentação de acessibilidade *web* desenvolvida para lidar com conteúdos dinâmicos nas aplicações *web*. A *WAI-ARIA* fornece ontologias e regras para tornar as aplicações mais acessíveis. Os atributos são divididos em duas categorias, *role* (que são papéis ou funções) e *States and properties* (são os estados e propriedades) (FERRAZ, 2020).

De acordo ainda com o autor, além das diretrizes de acessibilidade *web* aqui apresentadas na literatura foram encontradas outras, tais como,

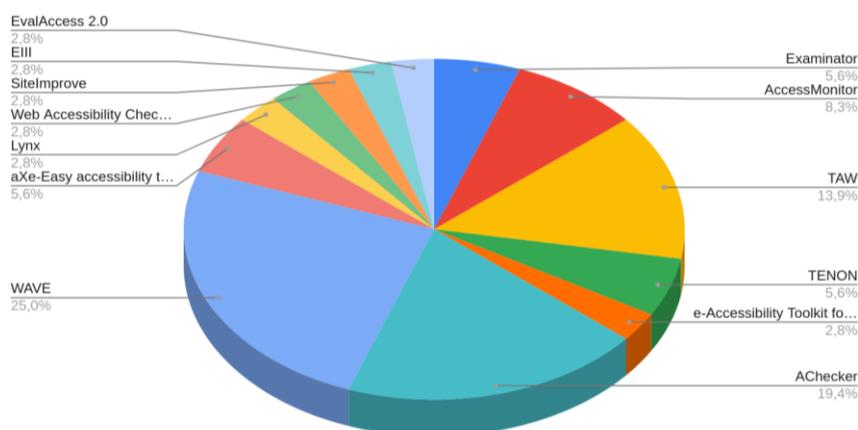
- *Authoring Tool Guidelines (ATAG)*, uma documentação de acessibilidade *web* para criação de ferramentas de autoria e que gerem conteúdos que devem ser acessíveis para pessoas com deficiência;
- O documento *User Agent Accessibility Guidelines (UAAG)* fornece diretrizes para desenvolvimento de agentes de usuários, como navegadores ou tecnologia assistiva para *web*;
- A *Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM)* que é o documento que fornece as orientações acerca da avaliação de conformidade com as diretrizes da *WCAG*;
- EMAG, O modelo de acessibilidade de governo eletrônico brasileiro que obrigava até 2005 a implementação de acessibilidade *web* nos *sites* e portais da administração pública e foram baseadas nos documentos da *W3C*;
- *SECTION 508*, a Lei de reabilitação que exigia a garantia de acesso à tecnologia digital pelo governo americano, o que obrigava os sistemas a serem acessíveis para os funcionários do governo e população em geral;

- *ADA*, um documento criado em 2010 pelo Departamento de Justiça Americano e traz uma série de padrões com o objetivo de garantir a acessibilidade em diversas áreas, incluindo serviços *onlines* de *websites*. O documento menciona a Seção 508 e as diretrizes da *W3C*;
- *A Cognitive and Learning Disabilities Accessibility (COGA)*, um documento que aborda técnicas de acessibilidade para garantir o acesso de pessoas com deficiência neurológica a sistemas *web*;
- *TTML*, um documento padrão para legendagem de vídeos na *web*. A versão mais recente é a 2.0 e o documento *Timed Text Markup Language* traz diversas orientações para criação de legendas acessíveis;
- *Mobile Accessibility*, diretrizes de acessibilidade *web* focadas em dispositivos móveis;
- *ACT*, o documento *Accessibility Conformance Testing* traz diversas regras e técnicas para testes de acessibilidade *web*, seja para testes automatizados, semi automatizados ou mesmo manuais;
- *EARL*, *Evaluation and Report Language (EARL)* é um documento no formato legível por máquina para expressar os resultados de testes de acessibilidade *web*;
- *Game Accessibility Guidelines*, um documento com diretrizes de acessibilidade para desenvolvimento de jogos na *web*, de modo que estes não criem barreiras para pessoas com deficiência.

## 5.2 FERRAMENTAS PARA ANÁLISE

Através da revisão da literatura sobre acessibilidade *web*, pode-se realizar um levantamento das principais ferramentas utilizadas em pesquisas semelhantes para avaliar plataformas educacionais. Estas ferramentas são classificadas em dois grupos, o primeiro é constituído por ferramentas de análises mais gerais, ou seja, avaliam quase todas as diretrizes de acessibilidade *web* como *Taw 3.0*, *Wave*, *SiteImprove*, *AChecker*, entre outras. O segundo grupo é formado por ferramentas que avaliam aspectos mais específicos como contraste de cores, por exemplo, é o caso do *Contrast Checker* (ALSAEEDI, 2020). A Figura 13 apresenta as frequências destas ferramentas, de acordo com o estudo realizado.

Figura 13 - Gráfico das principais ferramentas de análise de acessibilidade *web*.



Fonte: Autoria própria (2022).

A Tabela 18 apresenta as principais ferramentas de análise da acessibilidade *web*.

Tabela 18 - Principais ferramentas de análise de acessibilidade *web*.

#### Ferramentas de Análise de Acessibilidade

Nº	Ferramenta	Quantidade
1	<i>Examinator</i>	2
2	<i>AccessMonitor</i>	3
3	<i>TAW</i>	5
4	<i>TENON</i>	2
5	<i>e-Accessibility Toolkit for Policy Makers</i>	1
6	<i>AChecker</i>	7
7	<i>WAVE</i>	9
8	<i>aXe-Easy accessibility testing tool</i>	1
9	<i>Lynx</i>	1
10	<i>Web Accessibility Checker.</i>	1
11	<i>SiteImprove</i>	1
12	<i>EIII</i>	1
13	<i>EvalAccess 2.0</i>	1

Fonte: Autoria própria (2022).

As ferramentas *Examinator* e *AccessMonitor* fornecem uma orientação específica para autores e avaliadores com respeito ao cumprimento dos critérios da *WCAG*, isto inclui exemplos de códigos, recursos e testes. A maior limitação do *Examinator* está na incapacidade de avaliar páginas *web* cuja *URL* é baseada no protocolo seguro *HTTPS*. Com relação à ferramenta *AccessMonitor*, não ocorre esta limitação, sendo possível a análise de páginas *web* com protocolo *HTTPS* (CAMPOVERDE-MOLINA; LUJÁN-MORA; VALVERDE, 2019). A ferramenta *TAW*, por sua vez, faz uma análise completa das páginas *web* em função da versão

*WCAG 2.0* e gera um relatório detalhado com erros e advertências para cada página analisada, tendo como base os quatro princípios da acessibilidade *web* (CARVAJAL, 2020). TENON, assim como o *TAW*, realiza uma análise das páginas tendo como base a *WCAG 2.0* (CAMPOVERDE-MOLINA; LUJÁN-MORA; VALVERDE, 2019). A ferramenta de análise de acessibilidade *web e-Accessibility Toolkit for Policy Makers* foi desenvolvida para medir a acessibilidade de páginas tanto para pessoas com deficiência quanto sem nenhum tipo de deficiência (ISMAIL; KUPPUSAMY, 2018). *AChecker* também realiza a análise de acessibilidade para todos os níveis de conformidade baseada na *WCAG 2.0* (ISMAIL; KUPPUSAMY; PAIVA, 2019). Já a ferramenta *WAVE* checa o conteúdo das páginas avaliando os critérios da *WCAG*, identificando erros e fornecendo notificações visuais de não-conformidade das páginas (NIR; RIMMERMAN, 2018). O *Lynx* aparece na pesquisa, mas na verdade não se trata de uma ferramenta de análise, mas sim de um navegador somente de texto, especialmente apropriado para uso com leitores de tela (KURT, 2017). Por sua vez, a ferramenta *aXe-Easy accessibility testing tool* é gratuita e fornece informações detalhadas sobre a análise com listas de erros, informações sobre severidade dos problemas e quais as diretrizes foram violadas (ISMAIL; KUPPUSAMY, 2019). As demais ferramentas, *Web Accessibility Checker*, *SiteImprove*, *EIII* e *EvalAccess* também realizam a análise da acessibilidade *web*.

A maior parte destas ferramentas utiliza uma métrica de análise de acessibilidade *web* baseada na seguinte fórmula matemática<sup>4</sup>,

$$\text{Taxa de Falha } (TF_n) = \frac{E_n}{P_n} \quad (1)$$

Onde, *TF* é a taxa de erros de acessibilidade *web*, *n* o índice para determinar a página *web* analisada, *E<sub>n</sub>* o total de erros de acessibilidade *web* para a página *web n* analisada e *P<sub>n</sub>* é a variável referente ao número total erros em potencial para a página *n* analisada. Vale lembrar que esta métrica é muito utilizada em avaliações de acessibilidade *web* com base nas diretrizes da *WCAG*, mas que algumas ferramentas podem utilizar metodologias e *frameworks* diferentes em suas análises, com algoritmos um pouco mais sofisticados, mas que não mencionaremos aqui.

---

<sup>4</sup> Equação adaptada de ALSAEEDI (2020).

### 5.3 INTEROPERABILIDADE COM *PWA*

O *Progressive Web Apps (PWA)* é um paradigma de desenvolvimento de aplicações progressivas, em que estas aplicações devem estar disponíveis para todos os usuários, independente do dispositivo que utilize, do uso de navegadores atualizados ou obsoletos, ou ainda com conexão de Internet ou não (PONTES, 2018). Estas características da *PWA* satisfazem as necessidades levantadas pela nota técnica do “Todos pela Educação” de 2020, lembrando, “[...] a necessidade de uma educação digital para garantir a acessibilidade dos alunos e a continuidade dos processos educativos” (TODOS PELA EDUCAÇÃO A, 2020). Além disso, conforme será visto no próximo capítulo, uma aplicação no formato de um Objeto de Aprendizagem precisa ter interoperabilidade, ou seja, a aplicação de OAs deve estar disponível ao usuário final, independentemente da plataforma ou dispositivo. Neste sentido, o paradigma de *PWA* surge como uma possibilidade para satisfazer as condições exigidas para desenvolvimento de OAs e que vai de encontro aos atuais desafios enfrentados pela educação e suas tecnologias. No entanto, para aplicar o paradigma de *PWA* no desenvolvimento de aplicações é necessário satisfazer alguns requisitos, que de acordo com Pontes (2018) são:

- Aplicação deve implementar um *Service Worker*: O *Service Worker* é uma especificação *W3C* que permite a execução de código *JS*<sup>5</sup> de forma contínua, além de permitir a implementação de recursos *offline* e organização do cache;
- Respostas de requisições com *status 200*, mesmo estando *offline*: O retorno de *status 200* em uma requisição *HTTP* significa sucesso na solicitação. Em uma aplicação progressiva o *status 200* deve ser simulado para situações em que a aplicação esteja *offline*. No *PWA* isso pode ser feito organizando o cache da aplicação;
- Deve exibir o conteúdo mesmo quando *JavaScript* estiver desativado: Isso pode ser resolvido programando resposta para esta situação ou ainda utilizando *frameworks* como o *Next.js*<sup>6</sup>, que permite a entrega de uma aplicação estática em que não é necessário ter o *JavaScript* habilitado no navegador para retornar o conteúdo da aplicação;

---

<sup>5</sup> Acrônimo para JavaScript.

<sup>6</sup> Framework JavaScript para desenvolvimento com biblioteca React.js.

- Aplicação deve utilizar protocolo *HTTPS*: A aplicação deve ser segura para transmissão de dados entre a aplicação cliente (*frontend*<sup>7</sup>) e a aplicação do servidor (*backend*<sup>8</sup>);
- O conteúdo via *HTTP* deve ser redirecionado para o protocolo *HTTPS*: A aplicação que roda em protocolo *HTTP* utiliza a porta 80, normalmente sem criptografia, no entanto esta deve ser redirecionada para a porta 443 sob o protocolo *TLS*<sup>9</sup> que estabelece um canal criptografado entre o navegador e o servidor *web*;
- Aplicação deve carregar utilizando tecnologia 3G: as aplicações devem rodar em dispositivos que utilizam no mínimo a tecnologia 3G e que possuam um tempo de resposta inferior a 10 segundos, no entanto, pode-se considerar como o ideal o tempo inferior a 3 segundos;
- Usuário deve ser questionado se desejar instalar a aplicação no seu dispositivo: Com o *PWA* isso é possível, pois este paradigma implementa um ícone na barra de endereços do navegador que permite a instalação no dispositivo;
- Deve possuir uma página de *splash screen* (tela de abertura): Uma página *splash* deve ser implementada enquanto a aplicação é carregada no navegador;
- Deve colorir a barra de endereço do navegador com as cores de sua identidade visual: embora tenha menor relevância, é importante manter a coerência da identidade visual;
- A aplicação deve implementar a *metatag viewport*: O uso desta *tag* melhora a visualização do usuário em dispositivos móveis. O *viewport* refere-se a área visível em uma página e pode ser implementada com o código da Figura 14;
- Aplicação deve ser responsiva: A responsividade é uma boa prática que se refere a auto-organização na construção de páginas de acordo com o seu *viewport*, para isto deve-se dispor corretamente as *tags HTML*, utilizar *CSS* e *@media queries*<sup>10</sup>;

---

<sup>7</sup> Diz respeito ao desenvolvimento da interface de usuário.

<sup>8</sup> Diz respeito ao desenvolvimento de aplicações para gerenciar banco de dados, garantir a segurança, o armazenamento, envio e recebimento dos dados do sistema.

<sup>9</sup> Transport Layer Security.

<sup>10</sup> Trecho de código CSS que permite adequar o estilo CSS de acordo com o viewport.

- A aplicação *web* deve ser *cross-browser*: Isto significa tornar a aplicação compatível com vários navegadores;
- Transições entre as páginas não podem ser sensíveis à velocidade de conexão: Em aplicações modernas costuma-se usar o conceito de *Single Page Application (SPA)*<sup>11</sup>, o que significa que as aplicações devem ser desenvolvidas com páginas únicas e o carregamento dos componentes que devem ser renderizados na tela deve ocorrer sem o carregamento completo da página;
- Cada página da aplicação deve possuir uma *URL*: Cada página deve ter uma *URL* específica, no entanto esta é uma situação complexa de resolver em uma *SPA*, pois a transição é realizada entre as páginas sem o carregamento das mesmas. Esta situação pode ser resolvida no *React* com o uso do *framework React Router* que foi desenvolvido para organizar as rotas das páginas em uma aplicação.

Figura 14 - Exemplo de implementação da *metatag viewport*.

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <title>Bootstrap Example</title>
  <meta charset="utf-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
  <link rel="stylesheet" href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@4.6.1/dist/css/bootstrap.min.css">
  <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/jquery@3.5.1/dist/jquery.slim.min.js"></script>
  <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/popper.js@1.16.1/dist/umd/popper.min.js"></script>
  <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@4.6.1/dist/js/bootstrap.bundle.min.js"></script>
</head>
<body>
  <div class="container">
    <h1>My First Bootstrap Page</h1>
    <p>This part is inside a .container class.</p>
    <p>The .container class provides a responsive fixed width container.</p>
  </div>
</body>
</html>
```

Fonte: w3schools B (2022).

## 5.4 USABILIDADE

A usabilidade é outro fator importante que pode influenciar na acessibilidade web, pois muitos dos seus conceitos estão relacionados a critérios de sucesso do *WCAG*. Sua origem está no ramo da ergonomia responsável pelo desenvolvimento de interfaces computacionais (SANTOS, 2016). De acordo ainda com o autor, o termo usabilidade pode ser definido como a facilidade com que usuários têm de manusear objetos, ou mesmo aplicações, de uma maneira eficiente, intuitiva, evitando erros operacionais e proporcionando maior satisfação aos usuários

<sup>11</sup> Aplicações de página única.

(SANTOS, 2016). Para Nielsen e Loranger, (2007), a usabilidade é um atributo de qualidade que se refere a facilidade em usar algo, ou ainda, a rapidez com que usuários podem aprender a usar algo e ser eficiente em usá-lo, o quanto lembram disto, seu grau de propensão a erros e o quanto gostam de utilizá-lo.

Para avaliar a usabilidade em sistemas, ainda de acordo com o autor, existem três técnicas:

- Técnicas prospectivas: é uma técnica em que se busca a opinião do usuário sobre a experiência e interação com o sistema;
- Técnicas preditivas/analíticas: Técnica de prevenção de erros, a interface é desenvolvida sem participação do usuário final;
- Técnicas objetivas/empíricas: Técnica onde as informações a respeito de problemas na interface são obtidas observando o usuário interagindo com o sistema.

Neste trabalho de pesquisa optou-se pelo uso de técnicas preditivas, sem envolver um usuário na avaliação, neste caso, é necessário implementar uma avaliação heurística do *software*. Conforme Santos (2016), a avaliação heurística identifica possíveis erros e barreiras que possam surgir na interação do usuário com a aplicação, além de ser contínua e de baixo custo. A teoria foi desenvolvida por Jakob Nielsen e propõem avaliar objetos e aplicações de modo a encontrar problemas de utilização na concepção e resolvê-los em um processo iterativo (SANTOS 2016). Estas regras de avaliação são chamadas de heurísticas porque são mais gerais, não se constituindo em diretrizes específicas de usabilidade e devem ser aplicadas por um grupo pequeno de avaliadores (SANTOS, 2016). Para cada problema deve ser atribuído um valor de gravidade, conforme a escala desenvolvida por Nielsen e Mack (1994 apud SANTOS, 2016). Conforme ainda o autor, é apresentado uma lista de valores da escala com o seu significado:

- 0 - Não é considerado um problema de usabilidade;
- 1 - Problema estético: Sem necessidade de correção. A correção pode ser realizada se houver tempo no projeto;
- 2 - Problema menor de usabilidade: Baixa prioridade de correção;
- 3 - Problema maior de usabilidade: Alta prioridade na correção;
- 4 - Catástrofe de usabilidade: A correção é obrigatória.

Para realizar a avaliação, conforme Santos (2016), o grupo de avaliadores deve seguir as seguintes etapas:

1. Preparação;
2. Sessões curtas de avaliação individual;
3. Consolidação das avaliações individuais;
4. Priorização dos problemas encontrados;
5. Relatório final.

A lista das dez heurísticas de Nielsen, de acordo com Santos (2016), está assim descrita:

1. **Visibilidade do sistema:** Deve-se manter os usuários informados sobre o que está acontecendo no sistema com *feedback* contínuo e no momento certo;
2. **Correspondência entre o sistema e o mundo real:** Utilizar conceitos familiares aos usuários;
3. **Controle e liberdade de usuário:** O sistema deve fornecer alternativas para o usuário como, saídas, possibilidades de voltar e refazer a tarefa;
4. **Consistência e padronização:** Palavras, situações e ações que sejam semelhantes devem possuir significados de conceitos ou operações também semelhantes. Convenções e requisitos de ambiente e plataforma também devem ser obedecidos;
5. **Prevenção de erro:** Os usuários devem ser alertados da possibilidade de erro em suas ações ou até mesmo, impedidos de seguir uma operação que leve a um erro;
6. **Ajuda aos usuários para reconhecerem, diagnosticarem e se recuperarem de erros:** As mensagens de erro devem ser exibidas em uma linguagem simples, indicando o problema e sugerindo um caminho para a resolução. Deve-se evitar o uso de códigos que são apenas úteis para desenvolvedores, não para o usuário final;

7. **Reconhecimento:** Objetos, ações e opções devem ser visíveis e compreensíveis. Deve-se evitar que o usuário seja obrigado a memorizar procedimentos e conceitos;
8. **Flexibilidade e eficiência de uso:** Ofereça caminhos alternativos aos usuários para uma mesma tarefa;
9. **Design estético e minimalista:** Deve-se evitar informações irrelevantes na aplicação;
10. **Ajuda e documentação:** A ajuda deve ser fácil de encontrar na aplicação, o foco deve ser no domínio e tarefa do usuário. Os passos necessários para atingir a resolução de um problema devem ser concretos e atingir os objetivos.

Este tipo de avaliação deve seguir um procedimento que é dividido em quatro etapas, de acordo com Santos (2016):

1. **Determinação da proposta de *design*:** A proposta é realizada através de protótipos ou produto final e uma verificação é realizada;
2. **Navegação geral pelo sistema (ou sua representação):** Determinação do sentido geral que o avaliador dará ao sistema;
3. **Determinação do perfil dos usuários:** Determinação de que tipo de usuário utilizará o sistema, quais as suas características, objetivos e contextos individuais, sociais e culturais.
4. **Determinação de cenários de uso:** Determinar quais as situações que os usuários poderiam encontrar-se quando da utilização do sistema.

Nas sessões de avaliações, o grupo de avaliadores realiza avaliações individuais e examinam as divergências encontradas. Deve ser criada uma lista de heurísticas que foram violadas, cada uma com seu respectivo grau de severidade. São também determinados os procedimentos para realizar as correções e um relatório final é gerado (SANTOS, 2016). Uma alternativa para avaliação de usabilidade e geração de relatórios é o uso de ferramentas digitais como *plugins* que facilitam a análise heurística.

## 5.5 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Na pesquisa realizada foi desconsiderado o uso das ferramentas *e-Accessibility Toolkit for Policy Makers*, *Web Accessibility Checker*, *SiteImprove*, *EIII*, *AccessMonitor*, *aXe-Easy accessibility testing tool* e *EvalAccess* devido à baixa frequência no uso destas ferramentas em análise de páginas *web* nas pesquisas estudadas. O navegador *Lynx* também foi deixado de fora da seleção de ferramentas por se tratar de um navegador específico para uso com leitores de tela e não uma ferramenta de análise. Já o *Examinator* foi excluído por não conseguir realizar uma análise de páginas com protocolo *HTTPS*, o que representa um grave problema para Objetos de Aprendizagem que fazem uso de tecnologia *PWA*, que tem como requisito fundamental o uso do protocolo *HTTPS*. Esta característica deve ser levada em consideração, pois seu objetivo é o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem com características de interoperabilidade e a tecnologia *PWA* é fundamental para o desenvolvimento destas aplicações. Portanto, para realizar a análise das páginas *web* de Objetos de Aprendizagem oriundos desta pesquisa, foram selecionadas as seguintes ferramentas de acessibilidade *web*:

- *TAW*;
- *AChecker*;
- *WAVE*.

Estas ferramentas foram selecionadas porque realizam uma análise mais completa das diretrizes de acessibilidade da *WCAG* e por terem aparecido com mais frequência na maior parte das pesquisas realizadas em plataformas de educação, o que demonstra serem estas, mais amplamente consideradas em estudos semelhantes. Também foram considerados para avaliação de acessibilidade *web*, entre outras características importantes da aplicação, as ferramentas *ASES* (Avaliador e Simulador de Acessibilidade em Sítios), desenvolvido pelo governo federal do Brasil e o *Lighthouse*, utilizada para testar performance, Acessibilidade, boas práticas, *SEO* ou *Search Engine Optimization* (otimização de mecanismos de busca) e capacidade de implementar o *PWA* (*Progressive Web Apps*), característica esta que permitirá uma maior interoperabilidade do Objeto de Aprendizagem.

## 6 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

O aplicativo Fractus é um Objeto de Aprendizagem do tipo gerador de apresentação, ou seja, trata-se de uma combinação de recursos que formam um novo objeto de aprendizagem. Os recursos utilizados pelo aplicativo são também Objetos de Aprendizagem do tipo combinado-aberto, pois são pré-combinados e reutilizáveis em outros contextos de aprendizagem. De acordo com as seções apresentadas pelo aplicativo temos a seguinte combinação de OAs:

### 1) Conceitos Básicos:

- OAs-1: Definição de frações com exemplo;
- OAs-2: Frações próprias;
- OAs-3: Frações impróprias;
- OAs-4: Frações aparentes;
- OAs-5: Frações mistas.

### 2) Frações com Pizza:

- OAs-6: Apresentação da pizza como um inteiro;
- OAs-7: Dividindo a pizza pela metade;
- OAs-8: Questão 1;
- OAs-9: Resposta da questão 1;
- OAs-10: Questão 1 com dica;
- OAs-11: Resposta da questão 1 após a dica.

### 3) Frações com Laranja:

- OAs-12: Apresentação das frações com laranja;
- OAs-13: Laranja dividida em  $\frac{1}{4}$ ;
- OAs-14: Questão 2;
- OAs-15: Resposta da questão 2;

- OAs-16: Questão 2 com dica;

#### **4) Frações com Chocolate:**

- OAs-17: Apresentação de frações com chocolate;
- OAs-18: Questão 3;
- OAs-19: Retorno da questão 3 para o caso de erro;
- OAs-20: Questão 3 com dicas 1;
- OAs-21: Retorno da dica 1;
- OAs-22: Dica 2 da questão 3;
- OAs-23: Dica 3 da questão 3;
- OAs-24: Questão 3 após as dicas;
- OAs-25: Resposta da questão 3;
- OAs-26: Retorno da questão 3 para o caso de erro;
- OAs-27: Dica 4;
- OAs-28: Dica 5;
- OAs-29: Resposta da questão 3 após as dicas.

#### **5) Adição e Subtração:**

- OAs-30: Operação de soma com frações;
- OAs-31: Soma de frações utilizando o MMC;
- OAs-32: MMC dos denominadores;
- OAs-33: MMC (Multiplicando os valores);
- OAs-34: Dividindo e multiplicando o resultado pelo denominador (1);
- OAs-35: Dividindo e multiplicando o resultado pelo denominador (2);
- OAs-36: Dividindo e multiplicando o resultado pelo denominador (3);
- OAs-37: Expressão final;
- OAs-38: Resultado da soma de frações;
- OAs-39: Subtração.

**6) Multiplicação e Divisão:**

- OAs-40: Multiplicação de frações;
- OAs-41: Simplificando as frações;
- OAs-42: Operação com frações mistas;
- OAs-43: Resultado da operação;
- OAs-44: Transformando o resultado em funções mistas;
- OAs-45: Divisão de frações;
- OAs-46: Finalizando a divisão.

**7) Textos:**

- OAs-47: Texto1.

**8) Exercícios:**

- OAs-48: Exercícios-de-frações1.

O aplicativo Fractus é formado então por 8 Objetos de Aprendizagem que por sua vez são compostos por outros OAs. Na aplicação o aluno tem acesso a um menu com opções de quais OAs escolher. Estes OAs podem conter questões que o aluno deverá responder, se a resposta for positiva o aluno segue navegando pelos OAs, caso contrário é apresentado dicas sobre a questão que o aluno deverá tentar responder novamente. Se mesmo com as dicas e explicações o aluno não conseguir acertar, ele é encaminhado novamente ao menu onde poderá escolher outro OAs para continuar com seu aprendizado.

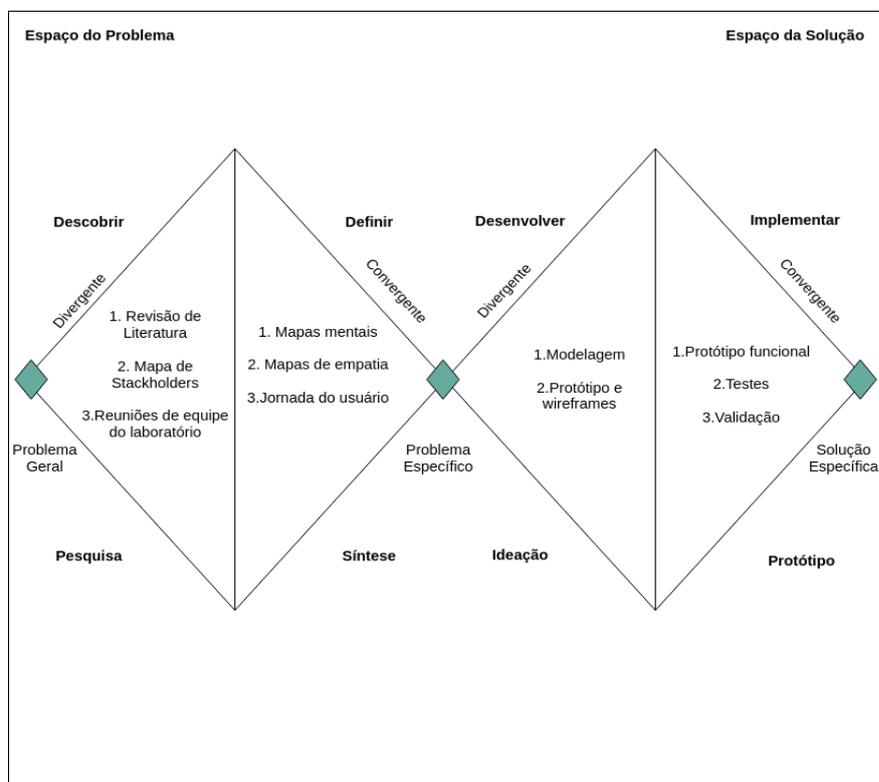
O aplicativo ainda faz uso de objetos do cotidiano através de seus Objetos de Aprendizagem de modo a situar a aprendizagem dos estudantes em determinados contextos sociais. Os professores podem ainda introduzir estes Objetos de Aprendizagem em contextos diversos e individualmente, de modo a incentivar a socialização e colaboração entre os alunos, tanto em sala de aula quanto de forma remota. O aplicativo ainda permite que os alunos avancem na aprendizagem conforme seu próprio ritmo, de maneira visual e interativa.

O OAs também está relacionado com o paradigma da cognição distribuída como um ambiente virtual de aprendizagem, assim como o contexto dentro do qual o aluno está inserido e forma com a cognição situada um só corpo na busca pela aprendizagem contextualizada. No apêndice do trabalho é apresentado uma lista completa dos OAs com os respectivos endereços eletrônicos utilizados no aplicativo, assim como o texto com o conteúdo sobre frações e a lista de exercícios.

## 6.1 O DESENVOLVIMENTO UTILIZANDO *DESIGN THINKING*

Neste capítulo apresentar-se-á o processo de desenvolvimento do aplicativo Fractus, de acordo com a abordagem do *Design Thinking*, além do uso de algumas ferramentas de modelagem de *software* que auxiliarão no processo. Tendo em mente a necessidade do desenvolvimento de um aplicativo no formato de um Objeto de Aprendizagem voltado à aprendizagem de frações, foi construído o diagrama de duplo diamante e o diagrama de etapas, de modo a guiar o processo de acordo com a abordagem proposta. A Figura 15 apresenta o diagrama de duplo diamante.

Figura 15 - Diagrama de Duplo Diamante do *Design Thinking*.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 16 é apresentada as etapas do projeto de desenvolvimento do Fractus de acordo com a abordagem do *Design Thinking*.

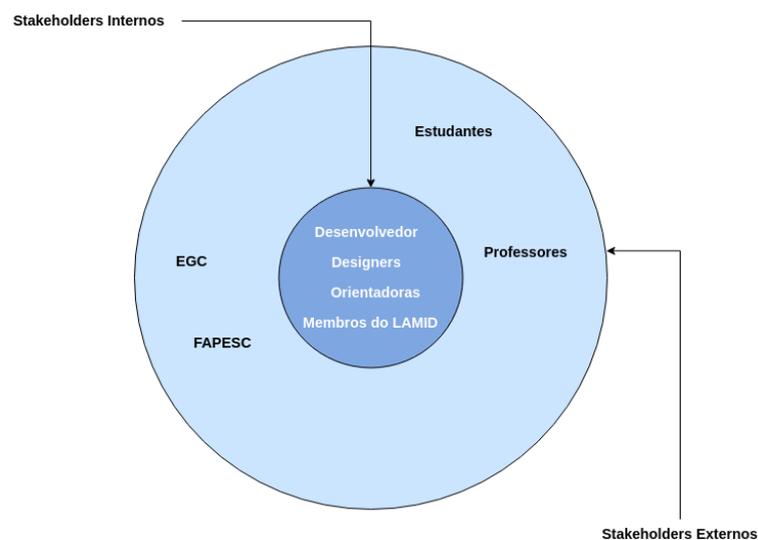
Figura 16 - Diagrama de etapas do projeto.



Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo ainda com a abordagem proposta, foram desenvolvidos também um mapa de *Stakeholders*<sup>12</sup> com os principais interessados no projeto, o diagrama de jornada do usuário e um mapa mental com os principais conteúdos abordados no estudo de frações. A Figura 17 mostra o diagrama de *Stakeholders* do projeto.

Figura 17 - Mapa de *Stakeholders*.

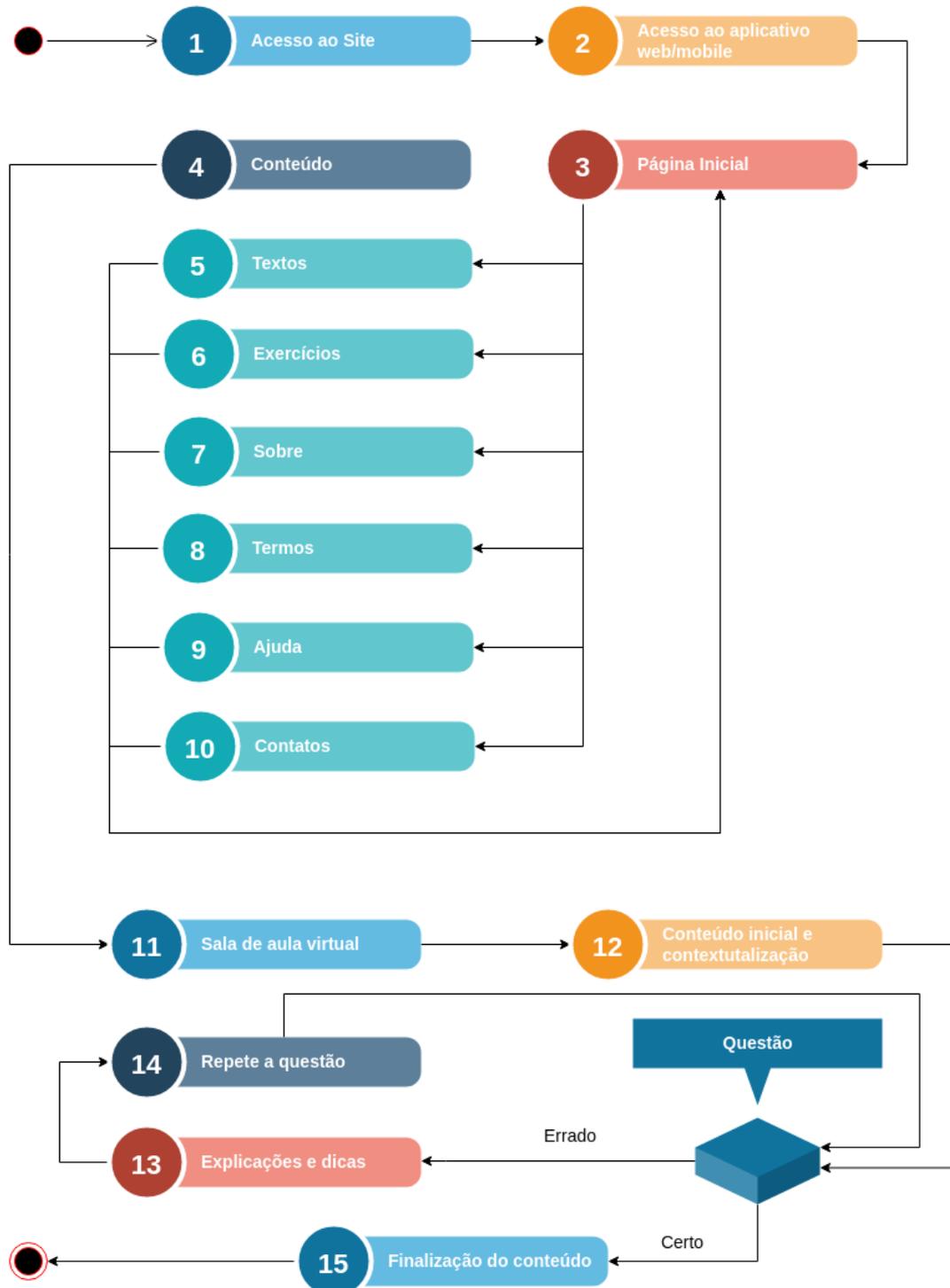


Fonte: Autoria própria (2022).

<sup>12</sup> Todos aqueles que estão envolvidos no projeto e por isso possuem algum interesse no produto ou serviço que será desenvolvido.

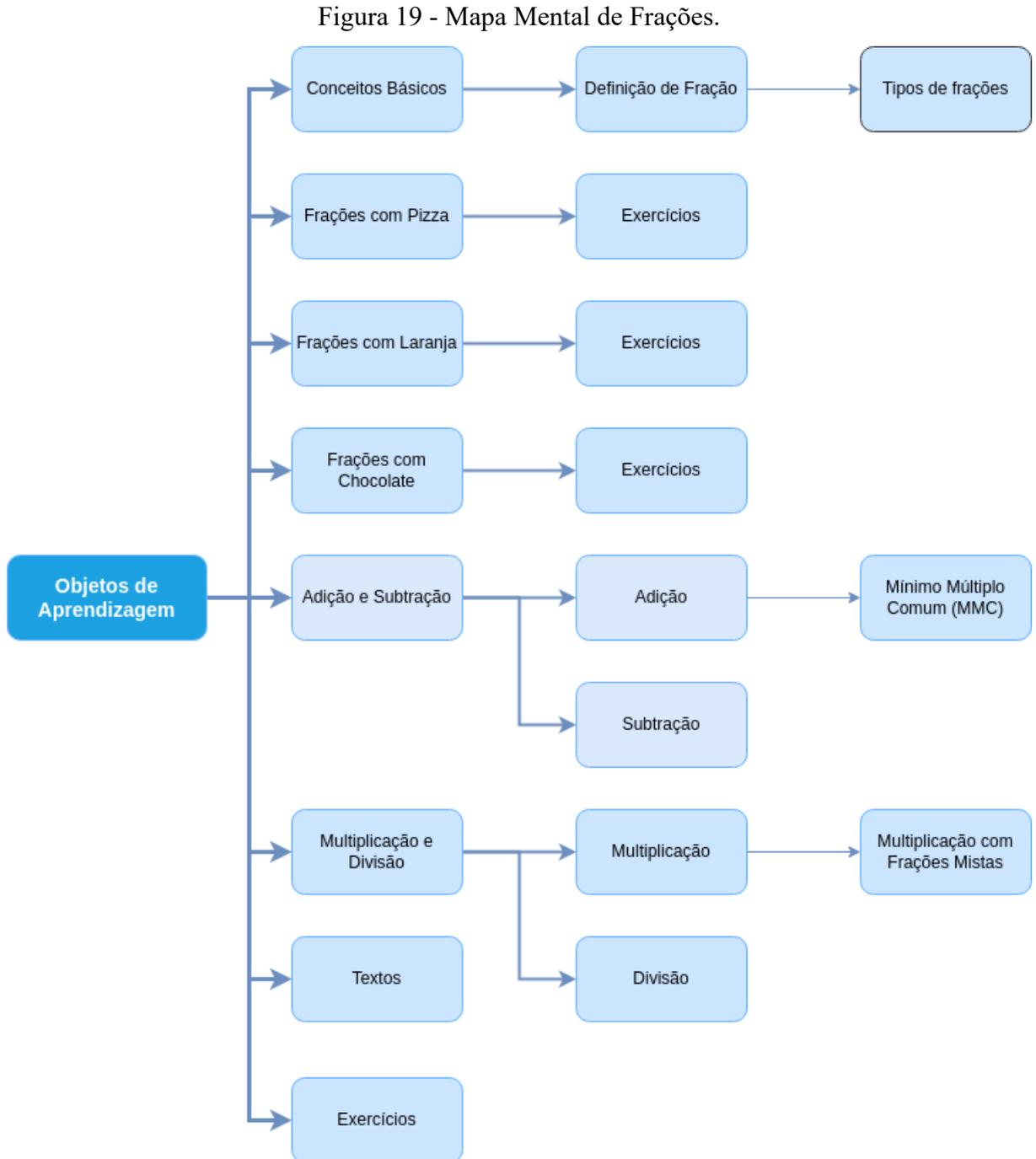
Na Figura 18, apresentar-se-á a jornada do usuário, uma ferramenta do *Design Thinking*.

Figura 18 - Jornada do usuário.



Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 19 mostra um mapa mental das frações da maneira como é apresentada no aplicativo.



Fonte: Autoria própria (2022).

A proposta da utilização do Fractus é fazer com que os alunos aprendam as frações utilizando-se de Objetos de Aprendizagem com elementos do seu cotidiano, criando assim um contexto para o conteúdo a ser ensinado. Os diagramas propostos serviram para guiar o desenvolvimento do aplicativo Fractus e compreender melhor o fluxo de ações dentro do projeto. Fez-se uma análise da condição do aluno perante o método tradicional de ensino de frações no ensino fundamental com o suporte do diagrama de mapa de empatia.

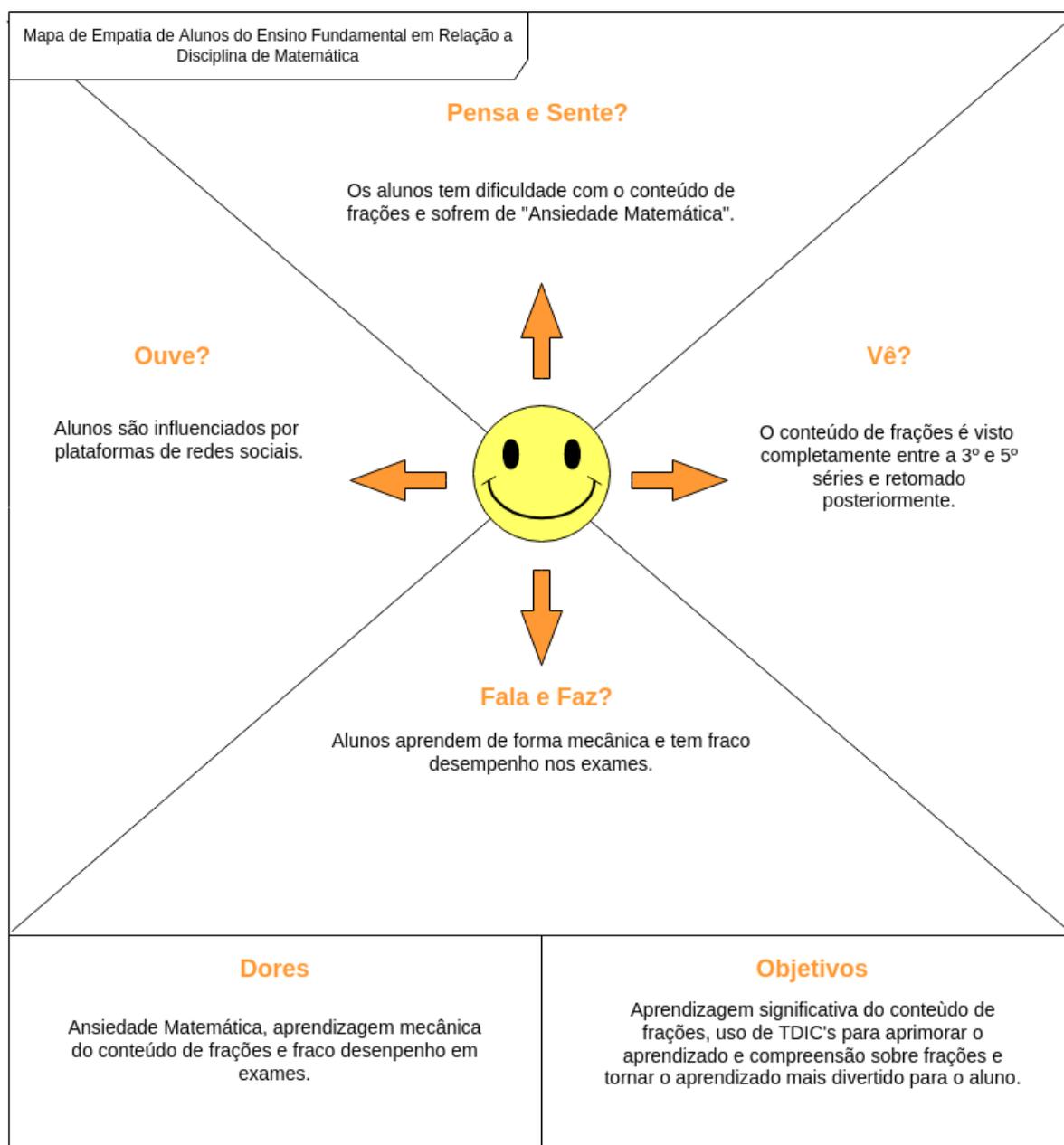
Primeiramente, é preciso saber que na forma como é realizado o ensino de Matemática no ensino fundamental, as crianças começam a aprender frações na 3ª série e o assunto é completamente esgotado na 5ª série, onde são ensinados os conceitos, propriedades e as operações (COSTA, 2001). Os alunos acabam não aprendendo uma boa parte do conteúdo e permanecem com dificuldades na matéria até o ensino médio, pois apreendem de forma mecânica os conceitos. Conseqüentemente, o ensino e aprendizagem de funções no ensino médio também é afetado, já que para uma melhor compreensão desta disciplina exige-se o conhecimento prévio de frações.

De acordo ainda com a autora, o conteúdo de frações é abordado pelas escolas e livros didáticos, inicialmente com as definições, classificação, número misto, equivalência e operações. Conforme Zanela, Barcelos e Machado (2016), na proposta curricular do município de Florianópolis, nos primeiros anos (1º, 2º e 3º anos) o foco é no letramento dos alunos e a Matemática é tida como um componente da alfabetização, nos 4º e 5º anos ocorrem a ampliação e formalização da linguagem Matemática, onde os conteúdos são retomados na 6ª e 7ª anos para maior consolidação dos conceitos aprendidos, de forma que os alunos possam adquirir maior protagonismo nas séries finais.

Portanto, a aprendizagem dos conceitos e operações com frações se inicia na 3ª série e é finalizada no 5º ano, para serem retomados e consolidados nas séries seguintes. No entanto isto pode estar longe de ocorrer e torna-se muito comum os estudantes terminarem o ensino fundamental sem conhecimentos básicos em Matemática, como mostram os dados do PISA de 2018, onde o Brasil possui média muito inferior aos países da OCDE com apenas 384 pontos (PILLON *et al.*, 2020). Outro fator que pode colaborar para o fracasso de estudantes na disciplina de Matemática é o que Kaba e Sengul (2018) apud (Pillon *et al.*, 2020) denomina de “ansiedade Matemática”, como uma atitude negativa de alunos em relação à disciplina devido ao medo de fracassar, falta de autoconfiança e ainda a pressão que sofrem em momentos de exame.

Para Pillon *et al.* (2020), existe uma incidência constante da busca para tornar a aprendizagem mais prazerosa para o aluno e o uso de TDIC's<sup>13</sup> pode aprimorar o aprendizado e a compreensão dos diferentes conteúdos de Matemática. O mapa de empatia (Figura 20), uma ferramenta do *Design Thinking* permite compreender melhor de maneira gráfica a situação dos estudantes perante o modo como é ensinado o conteúdo de frações no ambiente escolar.

Figura 20 - Mapa de Empatia.



Fonte: Autoria própria (2022).

<sup>13</sup> Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

## 6.2 ANÁLISE

Para realizar o desenvolvimento do sistema Fractus foi necessário um levantamento de requisitos funcionais e não-funcionais, elaboração de diagramas de caso de uso, arquiteturas e definição de escopo do sistema. Para a realização da modelagem fez-se uso da linguagem *UML (Unified Modeling Language)*, ou ainda, Linguagem de Modelagem Unificada, uma linguagem utilizada para modelar *softwares* através do paradigma de orientação a objetos, de propósito geral e que pode ser aplicada a todos os domínios de um sistema (GUEDES, 2018).

### 6.2.1 Escopo do Sistema

O sistema Fractus foi desenvolvido com uma arquitetura formada por uma aplicação *web/mobile*, com tecnologia *PWA*, o que permite que funcione na *web* e em qualquer outro dispositivo como *smartphones*, *tablet's* e televisores. O *PWA* permite a instalação em dispositivos *desktop* e armazena o cache da aplicação de modo que este pode funcionar mesmo *offline*. O sistema também possui uma *API REST* capaz de armazenar, distribuir e gerenciar os dados referentes aos conteúdos das aulas, além do tratamento de metadados *XML* e distribuição via aplicação *web*. Os dados serão armazenados em banco de dados não-relacionais como o *MongoDB* e arquivos de metadados em *XML* utilizando o *framework RDF*. O propósito do sistema é fornecer o conteúdo de diversas aulas armazenadas em banco de dados para a aplicação e garantir a conformidade da aplicação, desenvolvida no formato de Objetos de Aprendizagem, com padrões internacionalmente aceitos como o *LOM* da *IEEE*, utilizando a ontologia *OBBA*. O objetivo principal do desenvolvimento do Objeto de Aprendizagem Fractus é melhorar a qualidade e aceitação de Objetos de Aprendizagem por parte dos usuários (professores e alunos do ensino fundamental) utilizando a abordagem do *Design Thinking*, além de contribuir para melhorias no ensino e aprendizagem de frações na educação básica.

### 6.2.2 Requisitos Funcionais

Apresenta-se o conjunto de requisitos funcionais do sistema Fractus.

1. Apresentar o conteúdo de frações no formato de objetos de aprendizagem;
2. Apresentar política de uso e privacidade de acordo com a legislação atual;

3. Disponibilizar informações sobre o aplicativo, sistemas de ajuda e documentação por meio de contato para tirar dúvidas de usuários, seção de perguntas frequentes como *Faq (Frequently Asked Questions)*, entre outros;
4. Disponibilizar textos e listas de exercícios para *download* por parte do usuário.

É importante lembrar que a maior parte dos aplicativos existentes no mercado em lojas virtuais de aplicativos funcionam como calculadoras, apenas alguns aplicativos como o *Slice Fractions* e *Matemática: A fração simples*, cobrem alguns dos requisitos funcionais do Fractus, como apresentação de objetos de aprendizagem, textos e seções de documentação e ajuda ao usuário.

### 6.2.3 Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais foram organizados de acordo com oito categorias conforme temos a seguir:

1. **Usabilidade:** No desenvolvimento do sistema adotou-se a técnica preditiva/analítica para avaliação de usabilidade e prevenção de erros. A análise nesta abordagem é realizada sem a participação do usuário final. Os testes de usabilidade devem seguir as heurísticas de Nielsen;
2. **Confiabilidade:** A confiabilidade do sistema pode ser determinada pelos seguintes indicadores, Disponibilidade ou *Uptime* de 99,5% (capacidade de se manter disponível ao usuário); Tempo médio de reparo (MTTR) = 2 semanas; Exatidão, neste caso a resolução depende do dispositivo utilizado, pois sistema é responsivo e a exatidão depende das configurações de dispositivos realizadas na plataforma de desenvolvimento; Taxa máxima de erros, onde o projeto é realizado em *software* de desenvolvimento com baixo índice de erros.
3. **Desempenho:** O desempenho é medido pelos seguintes indicadores, o tempo de resposta, onde uma transação deve ter um tempo menor que 5 segundos, considerando que a aplicação é um protótipo e encontra-se publicado em servidores *Heroku* e *AWS (Amazon Web Server)*, sem *IP* dedicado e com alta taxa de latência; Aplicação deve ser escalável, tanto a nível de servidor de

serviços (*Heroku*), quanto à nível de *Big Data* (*MongoDB Atlas*); Modos de degradação, neste caso o sistema será disponibilizado em domínio específico, com backup e capacidade de versionamento; O sistema será disponibilizado em 3 servidores diferentes, um servidor de *e-mails*, um subdomínio para armazenamento de mídia e *site*, servidor *MongoDB Atlas* para armazenamento de dados em *Big Data* e servidor em *Cloud Heroku* para disponibilização de serviços de aplicações *web* (configurações de servidor pode ser vista com maiores detalhes no apêndice);

4. **Suportabilidade:** Projeto deve ser desenvolvido seguindo padrões da *W3C*, *WCAG*, *LOM* e *OBBA*;
5. **Restrições de *Design*:** O projeto deve seguir padrões de *Design* determinados em documentação de *Design System*, protótipo *UX* e biblioteca *UI* (neste projeto foi adotada como biblioteca padrão de *UI* o *Material UI 5.0.0*);
6. **Ajuda e Documentação:** A documentação de usuário será composta de *Faq* e instruções de ajuda contidas no *site*.
7. **Componentes comprados:** Os componentes de terceiros utilizados no projeto são compostos por servidores e serviços de extensões como *Papertrail*, *Dynos* e *Librato* para gerenciamento de *logs* e melhorias de performance no servidor *Heroku*, além de servidores *AWS* para armazenamento de banco de dados *MongoDB* e servidor compartilhado, com subdomínio para repositório de mídia, servidor de *e-mails* e sistema criador de sites da *Hostgator*;
8. **Interfaces de Usuário:** Interfaces de usuário devem ser projetadas utilizando do *software Figma* e de acordo com padrões definidos pelo *Design System*.

#### 6.2.4 Diagramas

Para melhor compreensão do contexto do sistema foi necessário a elaboração de um caso de uso para descrever as ações do sistema e utilização do aplicativo por parte do usuário. Na Tabela 19 encontra-se a especificação do caso de uso.

Tabela 19 - Especificação de Caso de Uso.

<b>Caso de Uso</b>	
<b>Nome</b>	UC001 - App Fractus
<b>Ator Principal</b>	Aluno
<b>Ator Secundário</b>	Sistema
<b>Resumo</b>	Caso de uso descreve as etapas seguidas pelo aluno para acessar o aplicativo e o conteúdo das aulas.
<b>Pré-Condições</b>	O aluno precisa ter acesso à Internet para acessar e baixar o aplicativo, além de acessar o conteúdo em um primeiro momento, depois deste primeiro acesso, o aplicativo realiza o cache das informações permitindo o uso <i>off-line</i> .
<b>Pós-Condições</b>	

Fonte: Autoria própria (2022).

Na Tabela 20 é apresentado o cenário principal do caso de uso.

Tabela 20 - Especificação de Caso de Uso (Cenário principal).

<b>Cenário principal</b>	
<b>Ações do Ator</b>	<b>Ações do Sistema</b>
1. Acessar o Site para acessar o aplicativo.	2. Disponibiliza site e aplicativo.
2. Realizar o <i>download</i> do aplicativo	4. Disponibiliza o <i>download</i> do aplicativo via <i>PWA (Progressive Web Apps)</i>
5. Acessar o aplicativo	
6. Aceitar <i>Cookies</i>	7. Gerenciar <i>Cookies</i>
8. Aceitar Termos	9. Disponibilizar os Termos de Uso
	10. Gerenciar conteúdos
11. Acessar conteúdo	
12. Acessar textos	
13. Imprimir textos	
14. Acessar Listas de exercícios	
15. Imprimir Listas de exercícios	16. Gerenciar Servidor de <i>e-mails</i>
17. Enviar mensagens	
	18. Disponibilizar ajuda
19. Acessar <i>Faq</i>	

Fonte: Autoria própria (2022).

A Tabela 21 mostra um cenário de exceção do caso de uso.

Tabela 21 - Especificação de Caso de Uso (Cenário de exceção).

Cenário de Exceção	
Ações do Ator	Ações do Sistema
1. Acessar o <i>Site</i> para acessar o aplicativo.	2. Disponibiliza <i>site</i> e aplicativo.
2. Realizar o <i>download</i> do aplicativo	4. Disponibiliza o <i>download</i> do aplicativo via <i>PWA (Progressive Web Apps)</i>
5. Acessar o aplicativo	
6. Não aceitar <i>Cookies</i>	7. Gerenciar <i>Cookies</i>
8. Não aceitar Termos	9. Disponibilizar os Termos de Uso
	10. Gerenciar conteúdos
11. Acessar conteúdo	
12. Acessar textos	
13. Imprimir textos	
14. Acessar Listas de exercícios	
15. Imprimir Listas de exercícios	16. Gerenciar Servidor de <i>e-mails</i>
17. Enviar mensagens	
	18. Disponibilizar ajuda
19. Acessar <i>Faq</i>	

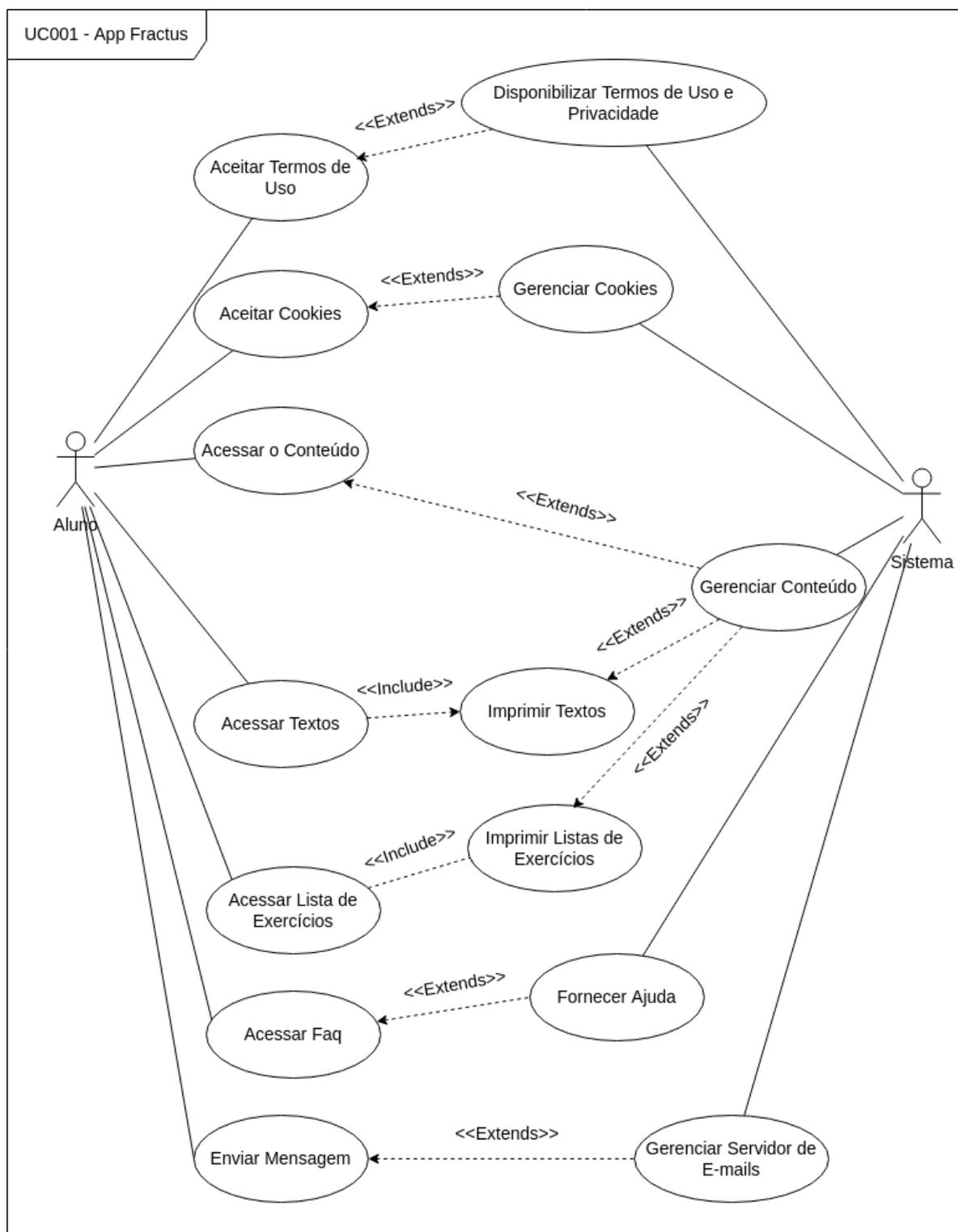
Fonte: Autoria própria (2022).

Por fim, tem-se a modelagem dos requisitos funcionais através dos casos de uso.

- Aceitar os termos de uso;
- Aceitar *Cookies*;
- Acessar o conteúdo;
- Acessar textos;
- Acessar listas de exercícios;
- Acessar *faq*;
- Enviar mensagens;
- Disponibilizar termos de uso e privacidade;
- Gerenciar *Cookies*;
- Gerenciar conteúdo;
- Imprimir textos;
- Imprimir listas de exercícios;
- Fornecer ajuda;
- Gerenciar servidor de *e-mails*.

A Figura 21 mostra o diagrama de caso de uso.

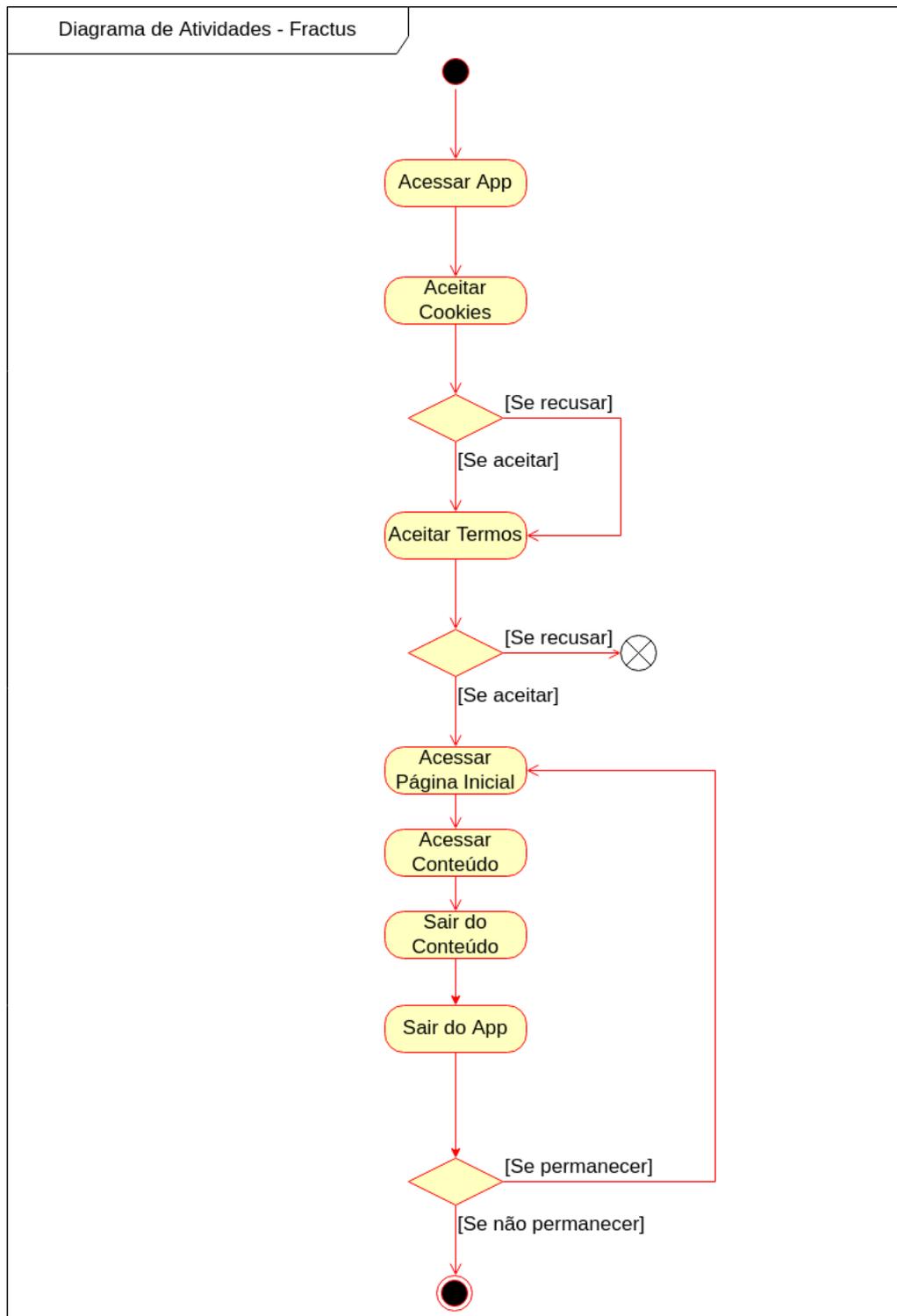
Figura 21 - Diagrama de Caso de Uso do Fractus.



Fonte: Autoria própria (2022).

Também foi elaborado o diagrama de atividades apresentado na Figuras 22.

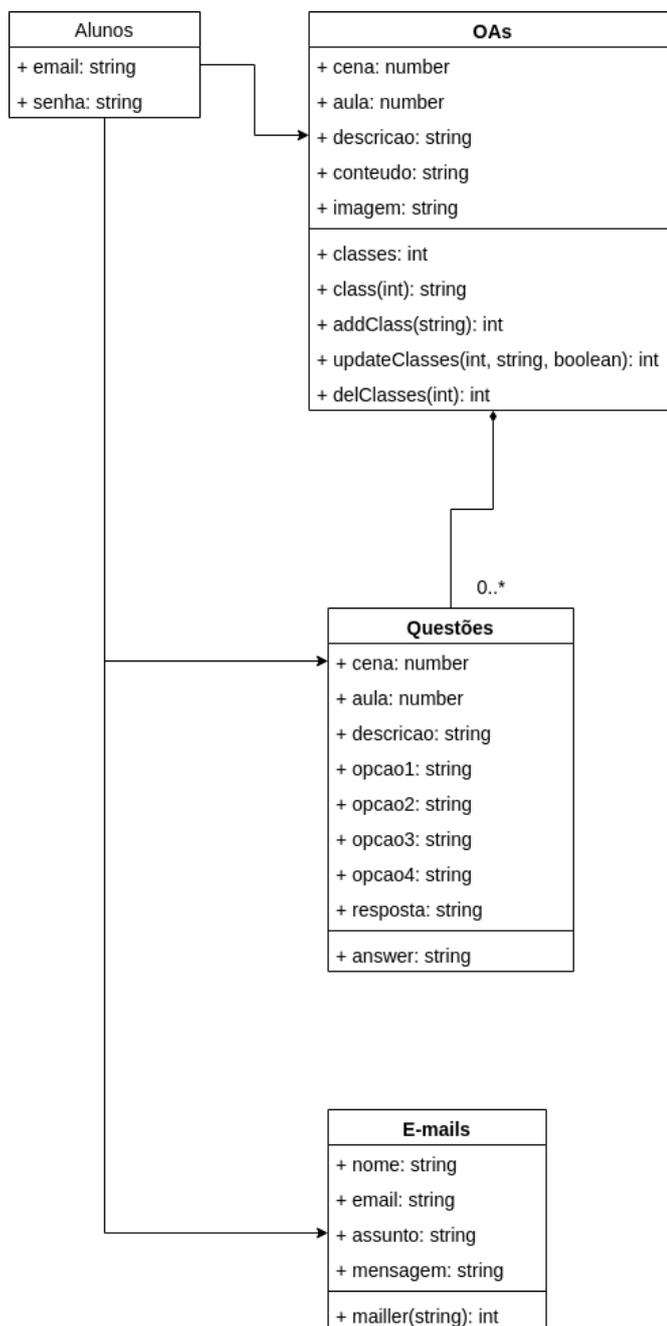
Figura 22 - Diagrama de Atividades.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 23 é apresentado o modelo de domínio através de um diagrama de classes com seus relacionamentos.

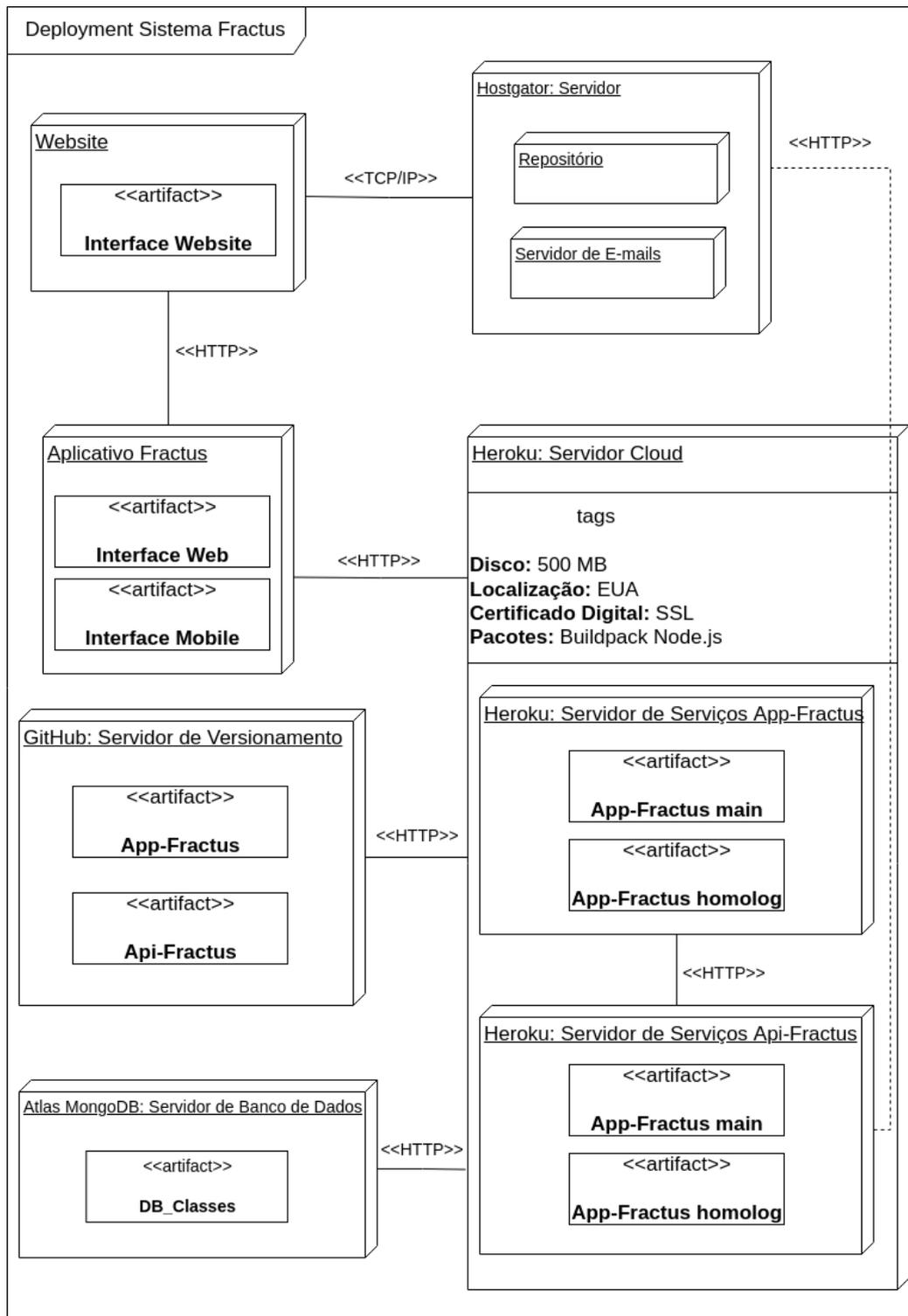
Figura 23 - Diagrama de Classes.



Fonte: Autoria própria (2022).

Finalizando o processo de modelagem do sistema, apresentar-se-á o diagrama de implantação do sistema na Figura 24.

Figura 24 - Diagrama de implantação do sistema.



Fonte: Autoria própria (2022).

### 6.2.5 Arquitetura

A arquitetura dos sistemas foi projetada com 3 camadas, a primeira formada pelo banco de dados e repositório com os metadados da aplicação. Esta camada é a mais interna do sistema e utiliza conceitos de *big data*<sup>14</sup> para armazenamento, distribuição e gerenciamento dos dados da aplicação. A tecnologia de banco de dados utilizada no sistema é o *MongoDB*<sup>15</sup> e o arquivo de metadados é armazenado em uma pasta do servidor no formato *XML*. A segunda camada do sistema é formada por uma *API*<sup>16</sup> no formato *REST*<sup>17</sup>, que corresponde a um padrão para desenvolvimento *web* com protocolo *HTTP*. A *API* tem duas funções básicas no sistema, primeiro é o de consumir os dados do arquivo *manifest.xml* e converter os dados em *JSON* para consumo da interface de aplicação.

A segunda função é o de gerenciar os dados de conteúdos armazenados no banco de dados e distribuí-los para as aplicações conectadas à *API*. A *API* foi desenvolvida usando tecnologia *Next.js*, um *framework* para desenvolvimento *web* com *React.js* e *Node.js* e implementado em um servidor com *Docker Container*<sup>18</sup>.

A terceira e última camada de *software* é formada pela aplicação *web* em si que provê uma interface gráfica e consome os dados de metadados e conteúdos das aulas oriundos da *API*. Esta camada também configura uma *Progressive Web Application (PWA)*, que permitirá a instalação em qualquer dispositivo e armazenamento de dados mesmo *offline* com a utilização de cache. A aplicação também irá prover os metadados no formato *JSON* a partir de uma aplicação *API*. A Figura 25 apresenta um diagrama da arquitetura do sistema.

---

<sup>14</sup> Área da tecnologia que trata do estudo do tratamento, análise e obtenção de informações a partir de um grande volume de dados.

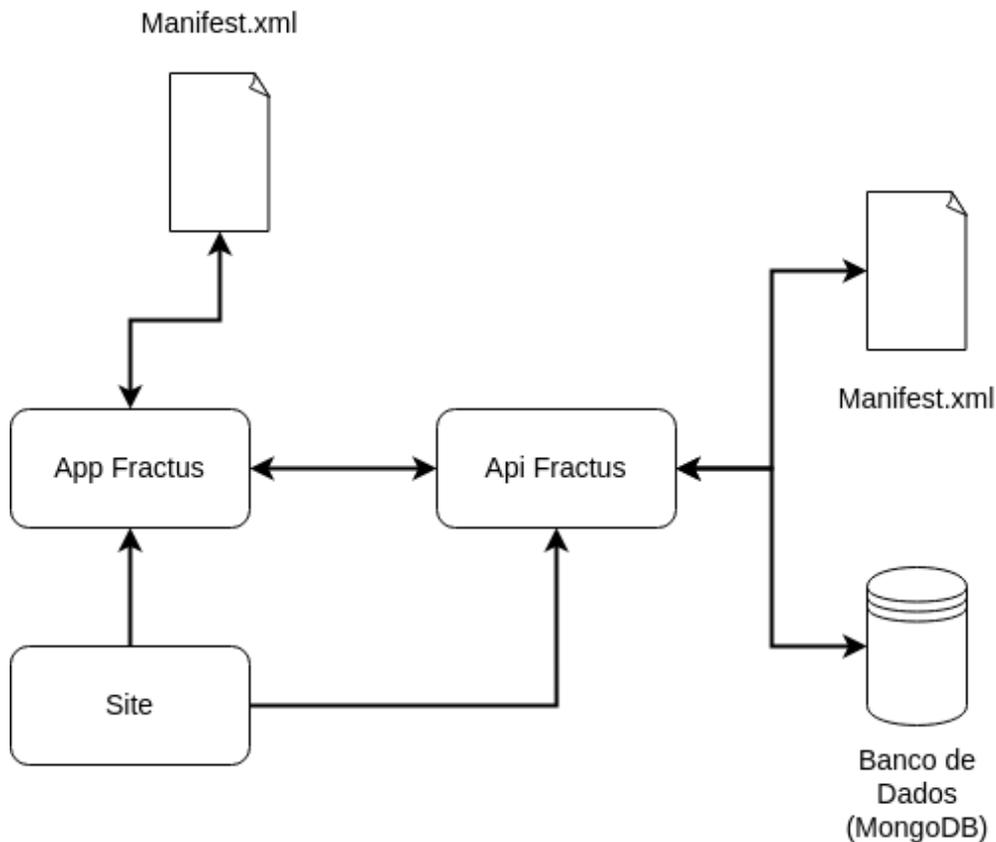
<sup>15</sup> Banco de dados não-relacional e de código aberto utilizado na área de *big data* para armazenar dados no formato *JSON*.

<sup>16</sup> *Application Programming Interface (API)* é uma camada que conecta a interface da aplicação ao banco de dados e promove o gerenciamento de dados do sistema. É formada por um conjunto de rotinas e padrões para acesso ao sistema.

<sup>17</sup> Interface de programação que implementa o padrão *REST (Representational State Transfer)* para o protocolo *HTTP*. Também chamada de *API RESTful* quando se refere a capacidade de implementação do padrão *REST*.

<sup>18</sup> Tecnologia usada para prover serviços *web* em uma plataforma com virtualização de imagens contendo partes de um sistema operacional em pacotes chamados *containers*.

Figura 25 - Diagrama da arquitetura do sistema.



Fonte: Autoria própria (2022).

### 6.3 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento da aplicação Fractus foi realizado em etapas, primeiramente com o desenvolvimento da identidade visual para implementação dos conteúdos. Os artefatos produzidos nestas etapas foram utilizados no desenvolvimento do *Design System* da aplicação. No caso do desenvolvimento do *software*, foi necessário em uma etapa anterior o desenvolvimento de um pacote de *software* capaz de satisfazer os requisitos da aplicação como um Objeto de Aprendizagem, com capacidade de reutilização, objetivo de aprendizagem, interoperabilidade e metadados associados de acordo com a ontologia OBBA. Vale ressaltar também que, mesmo distintas, algumas etapas ocorreram simultaneamente no desenvolvimento do Fractus. A descrição do processo de desenvolvimento destes artefatos, segundo a metodologia de *Design Science Research* é apresentada no item 6.2.1.

### 6.3.1 Identidade Visual

Para desenvolver a identidade visual da aplicação Fractus foi criada uma ilustração de um gráfico de pizza para representar a letra “C” do nome dado ao *software*. Foi desenvolvido então 2 versões da logomarca para uso em diferentes circunstâncias, como uma versão no formato horizontal e 1 no formato vertical, além das versões coloridas e monocromáticas selecionadas no processo do *design*. A Figura 26 apresenta a versão colorida da logomarca.

Figura 26 - Versão colorida da logomarca.

The logo consists of the word "Fractus" in a bold, blue, sans-serif font. The letter 'C' is replaced by a circular pie chart divided into six segments of different colors: red, purple, green, orange, blue, and white.

Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 27 é apresentada a versão monocromática da logomarca.

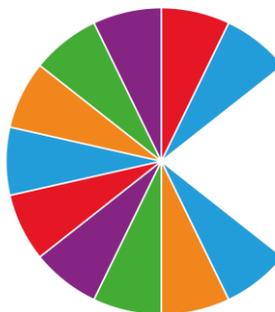
Figura 27 - Versão monocromática da logomarca.

The logo consists of the word "Fractus" in a bold, black, sans-serif font. The letter 'C' is replaced by a circular pie chart divided into six segments of different shades of gray.

Fonte: Autoria própria (2022).

Na construção das ilustrações das aulas houve uma pequena modificação na versão horizontal da logomarca com um leve aumento do círculo interno por razões de *design*. Também desenvolvido para a identidade visual do Fractus um *favicon* para uso na aplicação. A Figura 28 mostra a versão do *favicon* da aplicação Fractus.

Figura 28 - Favicon do Fractus.



Fonte: Autoria própria (2022).

O esquema de cores da identidade visual foi criado com 5 cores diferentes, proporcionando maior contraste e possibilidades de uso. Para o *Design System* da aplicação foi adotado também um esquema de cores primárias, secundárias e neutras, que será visto mais adiante. Na Figura 29 colocou-se a paleta de cores adotada na identidade visual.

Figura 29 - Paleta de cores do Fractus.



Fonte: Autoria própria (2022).

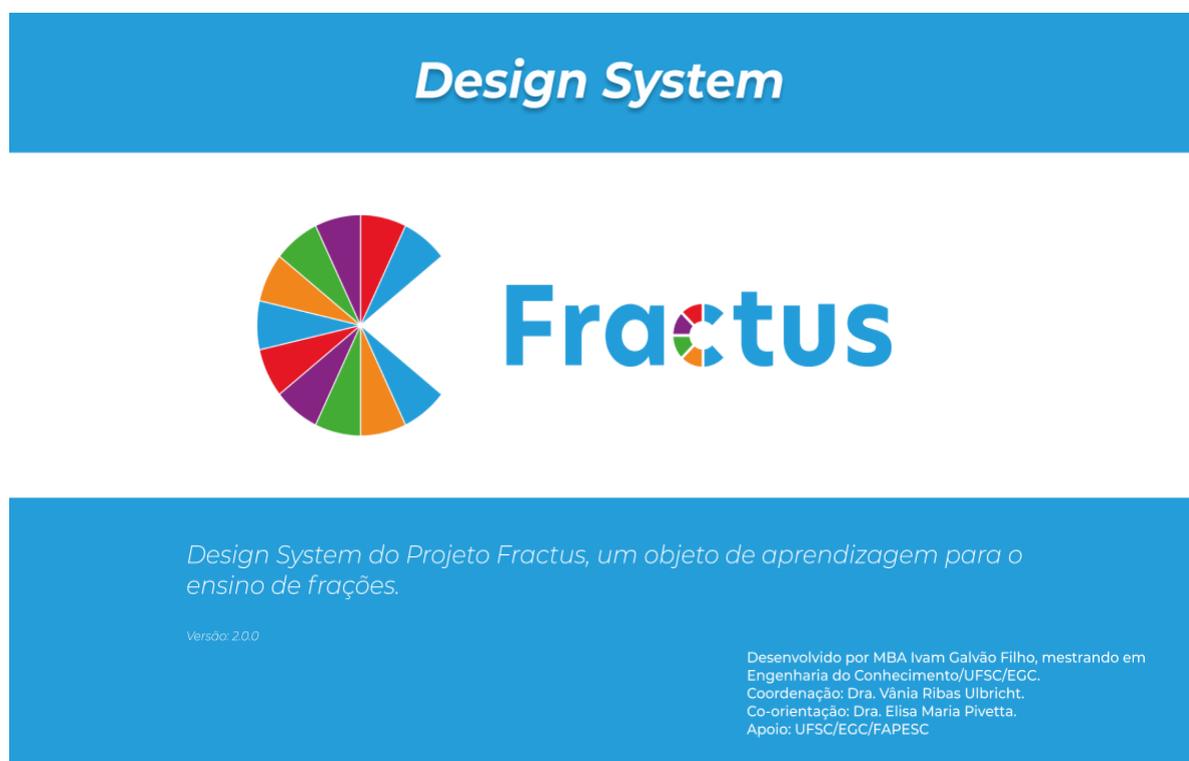
Em relação a tipografia adotada na criação da identidade visual, deu-se preferência a fonte *Hero New*, com *Hero New Bold* para a marca e *Hero New Medium* para o *Slogan*<sup>19</sup>. Para o aplicativo optou-se por fontes *Sans Serif* por questões de resolução e maior facilidade de leitura.

<sup>19</sup> Palavra ou frase curta utilizada em comerciais.

### 6.3.2 *Design System*

O *Design System* é uma coleção de componentes reutilizáveis, guiados por padrões claros, que podem ser utilizados em conjunto para desenvolver inúmeras aplicações (SUAREZ *et al.*, [ca. 2020]). É algo como um guia de comunicação visual que facilita o desenvolvimento de produtos digitais. No projeto do aplicativo Fractus foi desenvolvido um *Design System* para facilitar a criação de artefatos como o protótipo *UX*, bibliotecas de componentes *UI* e o aplicativo no formato de Objeto de Aprendizagem. Na Figura 30 colocou-se a capa do *Design System*.

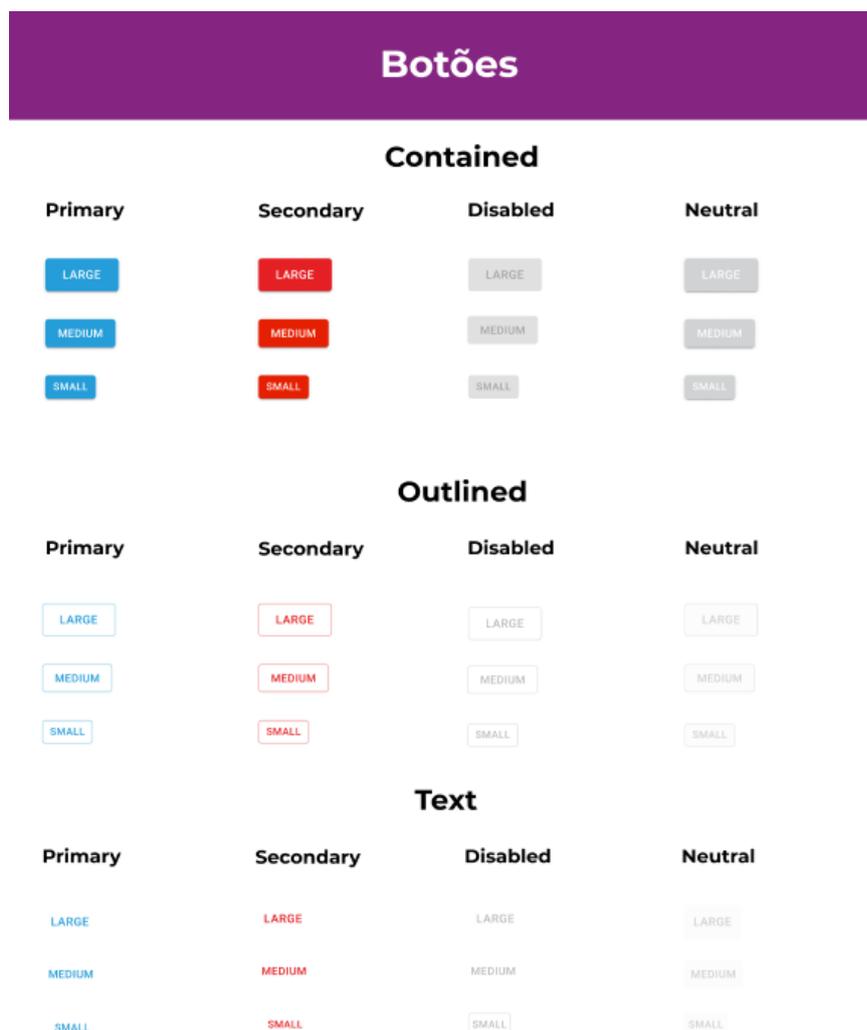
Figura 30 - Capa do *Design System*.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 31 é apresentado um exemplo dos tipos de botões utilizados na construção do protótipo e aplicativo. Estes modelos foram construídos com base na biblioteca *Material UI* e estão no *Design System* do projeto.

Figura 31 - Exemplo de botões utilizados na construção dos artefatos.



Fonte: Autoria própria (2022).

### 6.3.3 Protótipo

A partir da identidade visual, artefatos que compõem o *Design System* do projeto, pode-se desenvolver os protótipos da aplicação. Utilizou-se, para tal, o *software web Figma*. A primeira versão do protótipo de baixa fidelidade foi desenvolvido com o uso do *software* de desenhos vetoriais *Corel Draw*.

O protótipo de alta fidelidade foi desenvolvido com o *software Figma* e a ele foi incorporado a documentação da biblioteca *Material UI* para desenvolvimento do documento de componentes e protótipo. As Figuras 32 mostra a tela inicial do protótipo Fractus.

Figura 32 - Tela inicial do Fractus.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 33 mostra-se a tela inicial do conteúdo de frações do aplicativo Fractus desenvolvido com o software *Figma*.

Figura 33 - Tela do Objeto de Aprendizagem no Fractus.



Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 34 mostra uma simulação tela do Objeto de Aprendizagem do aplicativo Fractus sendo executada em um ambiente de dispositivo móvel.

Figura 34 - Tela do OAs no Fractus.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 35 vemos outra simulação do aplicativo Fractus sendo executado em ambiente de dispositivo móvel.

Figura 35 - Tela do aplicativo Fractus.



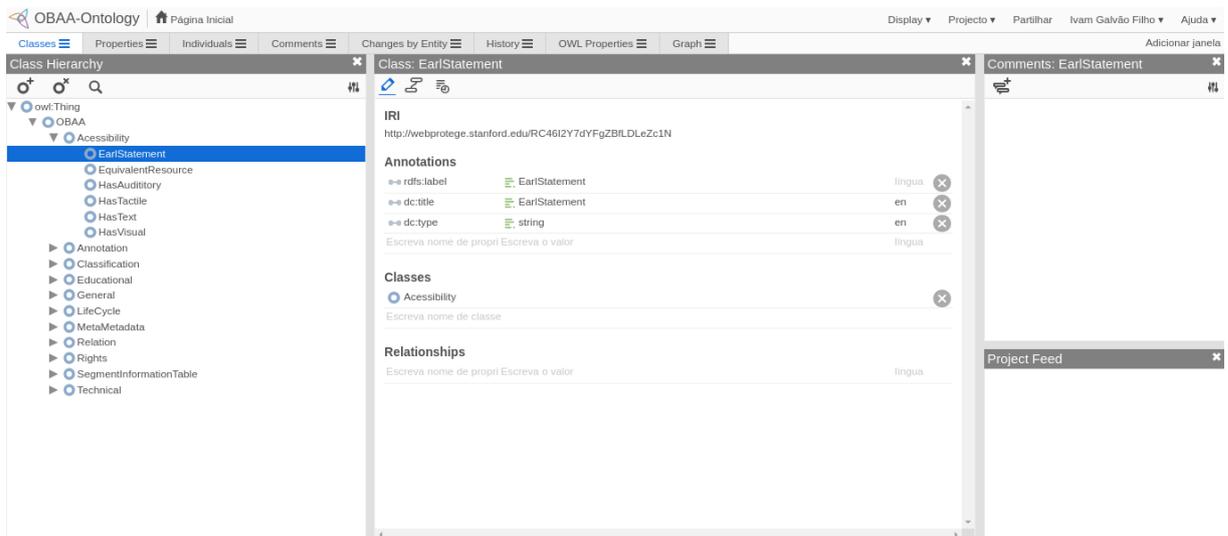
Fonte: Autoria própria (2022).

#### 6.3.4 Ontologia OBBA

O sistema também é contemplado por uma *API REST* que consome os metadados vindos de um arquivo *manifest* em *XML*. O arquivo de metadados foi desenvolvido baseado na ontologia OBBA e desta forma a *API* consome e expõe estes dados no formato *JSON* para uso em aplicações externas, de forma a integrar-se mais facilmente a diversas plataformas. Para criar o arquivo *manifest* em *XML* foi utilizado o *software Protégé*, desenvolvido e mantido pela universidade de *Stanford*. A ontologia foi então replicada no *software* e exportada no formato *OWL*, este arquivo foi utilizado para criar um arquivo de metadados em *XML* e *RDF* para consumo interno do *software* pela *API REST*. Na aplicação foi também mantido um arquivo *manifest* original para consumo de *API's* que se utilizam de *OWL*.

Os metadados em *XML* estão publicados no endereço eletrônico <https://api-fractus.orkneytech.com.br/metadata/manifest.xml>. A Figura 36 apresenta o desenvolvimento dos metadados no *software Protégé*.

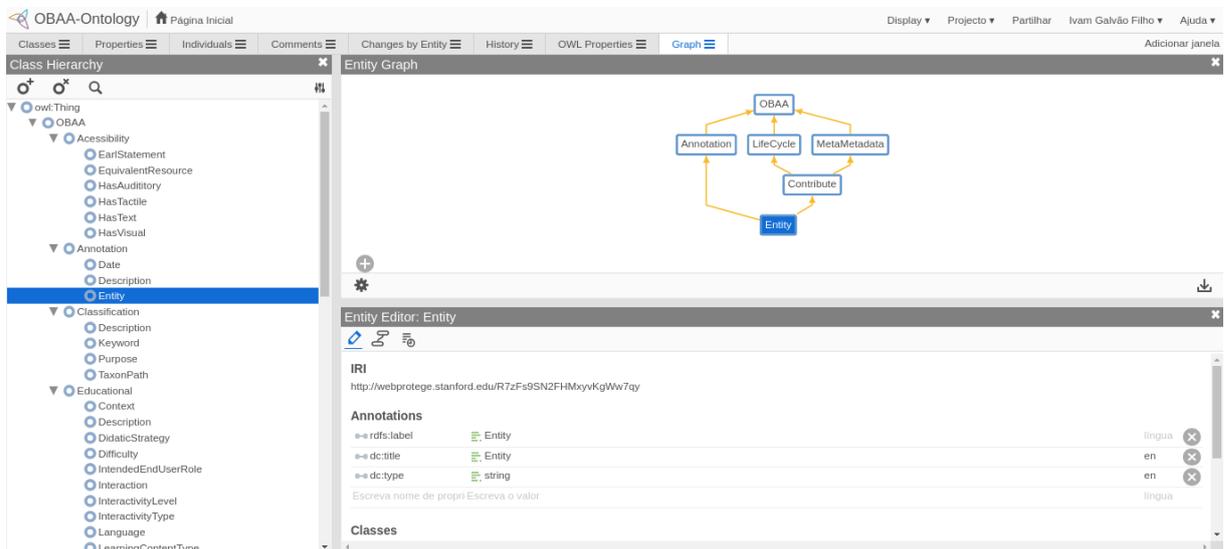
Figura 36 - Desenvolvimento dos metadados usando a ontologia OBBA.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 37 é apresentada a seção *Annotations* da ontologia sendo desenvolvida em *Protégé*.

Figura 37 - Diagrama da seção *Annotations* da ontologia OBBA.



Fonte: Autoria própria (2022).

Por fim, procurou-se também desenvolver neste pacote uma biblioteca de componentes de interface com configurações próprias para aumento da acessibilidade *web* baseado na biblioteca *Material UI*, versão 4.0. Posteriormente com o lançamento da versão 5.0.6 do *Material UI*, conhecido agora como *MUI*, este foi adicionado ao pacote. O pacote de

*software* também possui maior interoperabilidade com a adição da tecnologia de *PWA*, podendo este ser utilizado na *web* ou baixado e instalado em computadores *desktop*, *notebook* e dispositivos móveis em geral, como um *smartphone*.

### 6.3.5 Desenvolvendo o *Software*

O desenvolvimento do *software* Fractus foi realizado tendo como base tecnologias como, o *React.js*, *Next.js*, *Node.js* e linguagem *TypeScript*, *XML*, *RDF* e *JSON*. Além destas, foram utilizadas as bibliotecas *Material UI* e *Jest* para os testes unitários. Para isto foi criado um projeto na plataforma de repositórios de códigos e versionamento *GitHub*. A partir disto o projeto foi clonado e utilizado para desenvolvimento no computador. A partir do protótipo de alta fidelidade e guia de estilos, desenvolveu-se as telas da aplicação, considerando sempre a metodologia de *Mobile First*. O projeto foi então testado com *Jest*, o que permitiu a criação de *scripts* dos testes unitários e testes automatizados. Em seguida foram realizados testes de integração manual, testes de qualidade com *Lighthouse* para testar as configurações de *PWA* e demais ferramentas de avaliação da acessibilidade, como já mencionado anteriormente. Após a realização dos testes foi realizado o *build*<sup>20</sup> do projeto e *deploy*<sup>21</sup> para o servidor onde a aplicação foi publicada. O aplicativo Fractus encontra-se publicado nos servidores em nuvem *Heroku* e *Azure* da *Microsoft* nos seguintes endereços eletrônicos:

- App 1 (*Heroku*): <https://fractus.herokuapp.com/>;
- App 2 (*Azure*): <https://app-fractus.azurewebsites.net/>.

Trata-se da mesma aplicação, no entanto estão hospedados em diferentes serviços de nuvem. Caso houver alguma falha em um dos serviços, o outro permanecerá ativo.

---

<sup>20</sup> Processo de desenvolvimento onde o conjunto de arquivos que fazem parte do projeto é minificado e preparado para a publicação e distribuição.

<sup>21</sup> Processo de desenvolvimento onde ocorre um upload do projeto final de *software* para o servidor onde este é finalmente publicado e/ou atualizado.

## 6.4 TESTES E IMPLEMENTAÇÃO

Para os testes unitários foi utilizado a biblioteca *Jest* para os componentes do *React.js*. Os testes de integração foram realizados de modo manual, enquanto que os testes de interoperabilidade e acessibilidade *web* foram desenvolvidos com o *Lighthouse*. O teste de aceitação foi realizado via *Google Meet* em reunião com os demais integrantes do projeto, a Professora Dr<sup>a</sup>. Vania Ribas Ulbricht e a Coorientadora Professora Dr<sup>a</sup>. Elisa Maria Pivetta. Na reunião foi apresentado a aplicação desenvolvida além dos demais artefatos, como protótipos, o *Design System* e a aplicação Fractus. Por fim, também foi realizado um pré-teste com o usuário final da aplicação para melhor avaliação do artefato. Este teste não seguiu nenhum protocolo e também não foi realizado em ambiente controlado, mas sim no ambiente natural do usuário para verificar a aceitação de seu *design* e conteúdo, na forma como é abordado. Testes de usuário mais rígidos deverão ser realizados em pesquisas futuras do laboratório LAMID.

## 6.5 ANÁLISES, DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES

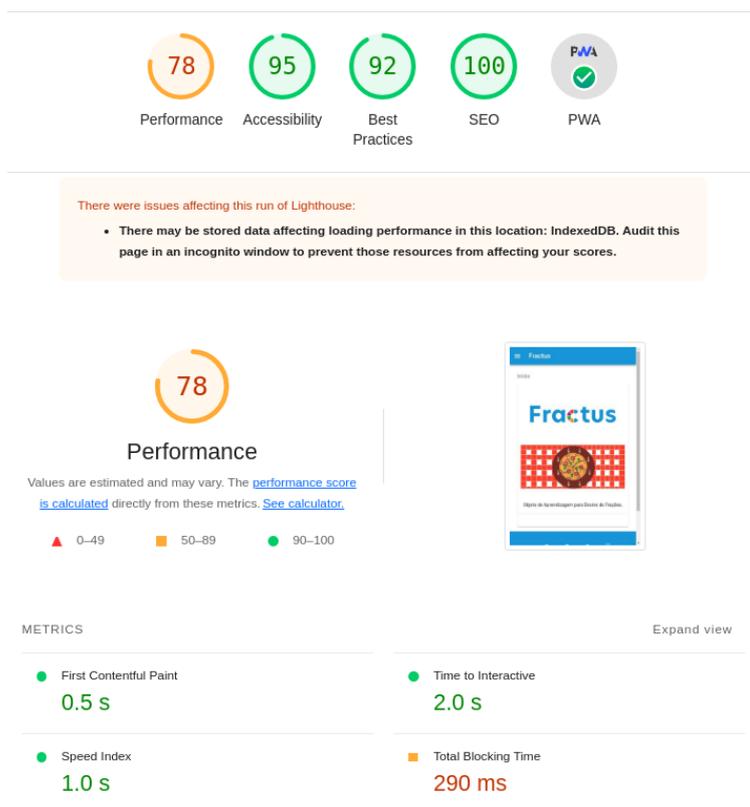
Foram realizados testes com o *Lighthouse* para verificar parâmetros como performance, acessibilidade *web*, boas práticas de desenvolvimento de *software*, uso de *SEO*<sup>22</sup> para otimização em sistemas de busca e aplicação de *PWA*, o que permite maior interoperabilidade do aplicativo. Os testes foram realizados com o aplicativo rodando diretamente em uma máquina local e foram testadas as versões para *desktop* e *mobile*. A ferramenta de testes analisou também uma sequência de várias páginas do fluxo inicial da aplicação e que tem como objetivo levar o usuário até a página principal.

Seguem os resumos dos relatórios de testes para as duas versões. Na Figura 38 é apresentado um resumo dos testes na ferramenta *Lighthouse*.

---

<sup>22</sup> *Search Engine Optimization*.

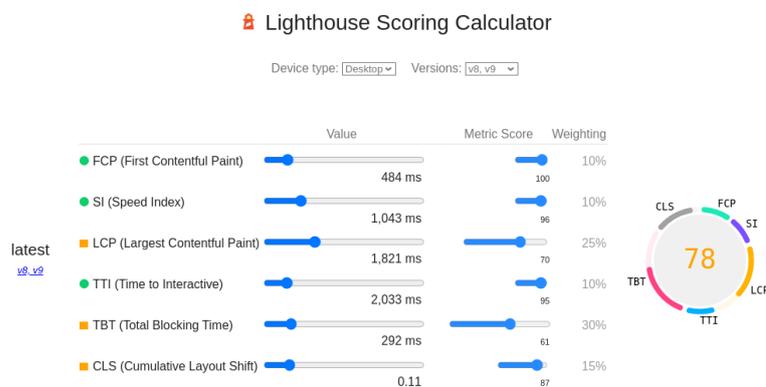
Figura 38 - Imagem do teste realizado no *Lighthouse* para *desktop*.



Fonte: Elaborado com a extensão *Lighthouse* (2022).

A Figura 39 mostra um relatório do *score* de performance obtido através da calculadora de *score* da ferramenta.

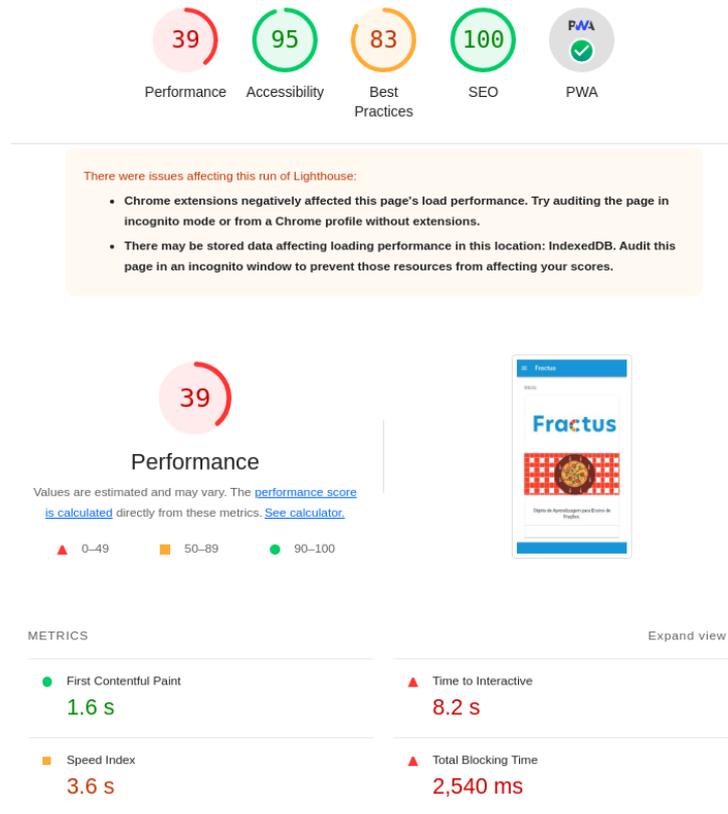
Figura 39 - Calculadora de *Score* no *Lighthouse* para *desktop*.



Fonte: Elaborado com a extensão *Lighthouse* (2022).

A Figura 40 mostra um resumo dos testes no *Lighthouse* para a versão *mobile*.

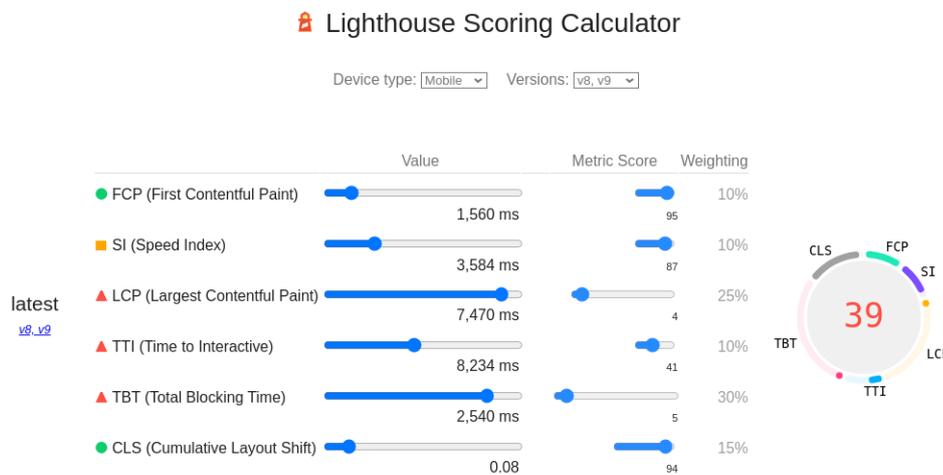
Figura 40 - Imagem do teste realizado no *Lighthouse* para *mobile*.



Fonte: Elaborado com a extensão *Lighthouse* (2022).

A Figura 41 apresenta um relatório do *score* de performance obtido através da calculadora de *score* da ferramenta.

Figura 41 - Calculadora de *Score* no *Lighthouse* para *Mobile*.



Fonte: Elaborado com a extensão *Lighthouse* (2022).

Durante os testes foram verificadas flutuações de performance que podem ter sido ocasionadas por diferentes motivos, tais como, oscilações na velocidade local de Internet, latência dos servidores que podem apresentar lentidão nas requisições devido não possuírem *IP* e *CPU* dedicados. Todos os servidores utilizados na implantação do sistema são compartilhados por uma questão de custo inicial de projeto, mas são altamente escaláveis, de acordo com a necessidade das aplicações e o estágio de implementação. Também vale ressaltar que os testes na versão *mobile* foram realizados em um computador e que testes realizados diretamente de celulares podem apresentar melhores resultados. De qualquer forma, nos testes com o *Lighthouse* na versão *desktop* foram obtidos os seguintes resultados:

- Performance: 78%;
- Acessibilidade *web*: 95%;
- Boas práticas em desenvolvimento: 92%;
- *SEO*: 100%;
- *PWA*: 100%.

Para a versão *mobile* foram obtidos os seguintes resultados:

- Performance: 39%;
- Acessibilidade *web*: 95%;
- Boas práticas em desenvolvimento: 83%;
- *SEO*: 100%;
- *PWA*: 100%.

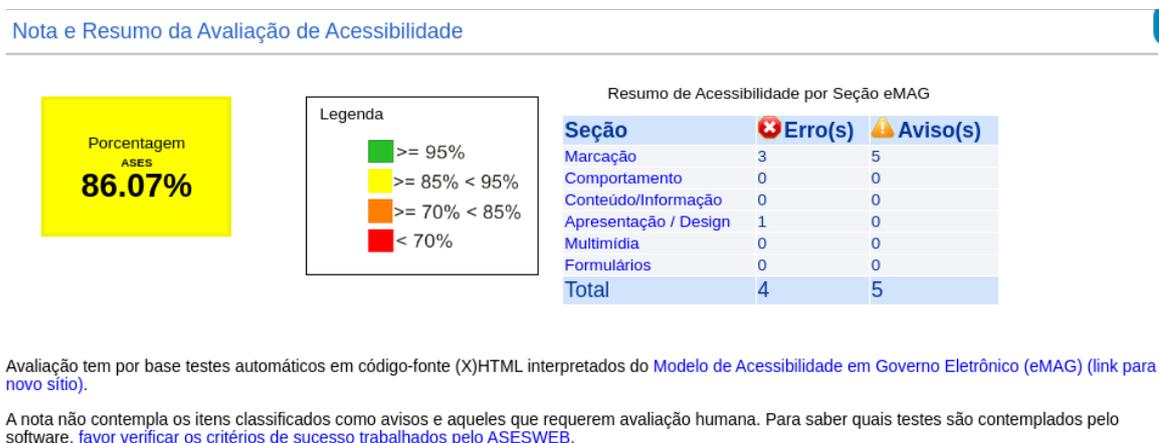
Na versão *desktop*, somente o parâmetro de performance ficou um pouco abaixo do esperado. Todos os demais parâmetros tiveram bons resultados acima de 90%. Na versão *mobile* os parâmetros de performance e boas práticas ficaram abaixo do esperado. Sugere-se para versões futuras o desenvolvimento de uma versão *mobile* com o uso da biblioteca *React Native*, de modo que o aplicativo possa acessar as funções nativas de um aparelho celular, aumentando assim a acessibilidade *web* e questões de performance e boas práticas.

A Figura 42 mostra um resumo do relatório de testes realizado com a ferramenta ASES disponibilizada pelo governo eletrônico. Nestes testes foram verificados somente a

acessibilidade *web* com um resultado de 86,07% de acessibilidade. Os resultados dos testes apresentaram 3 erros referentes à marcação de textos, 1 erro de *Design* e um total de 4 erros. O teste também apresentou um total de 5 alertas de potenciais problemas referentes à marcação de texto.

O que ocorreu neste caso é que a ferramenta ASES realiza uma análise no arquivo *HTML* procurando por *tags* de âncoras para criação de *links* como a *tag* “<a></a>” e após a verificação não encontra nenhuma âncora. Isto acontece porque, tanto páginas quanto componentes são internas e estruturas que permitem a “linkagem” também o são. Além disso, a biblioteca *React* não se utiliza destas *tags*, mas sim de componentes próprios herdados da biblioteca *React-Router-Dom*<sup>23</sup>, uma biblioteca desenvolvida para a criação de rotas dinâmicas nas aplicações. Logo, as *tags* de âncoras comuns no *HTML* não podem ser utilizadas para roteamento interno da aplicação, mas somente para criar rotas externas a esta. O relatório completo do teste com o ASES pode ser encontrado no anexo A.

Figura 42 - Teste de acessibilidade *web* realizado através do ASES.

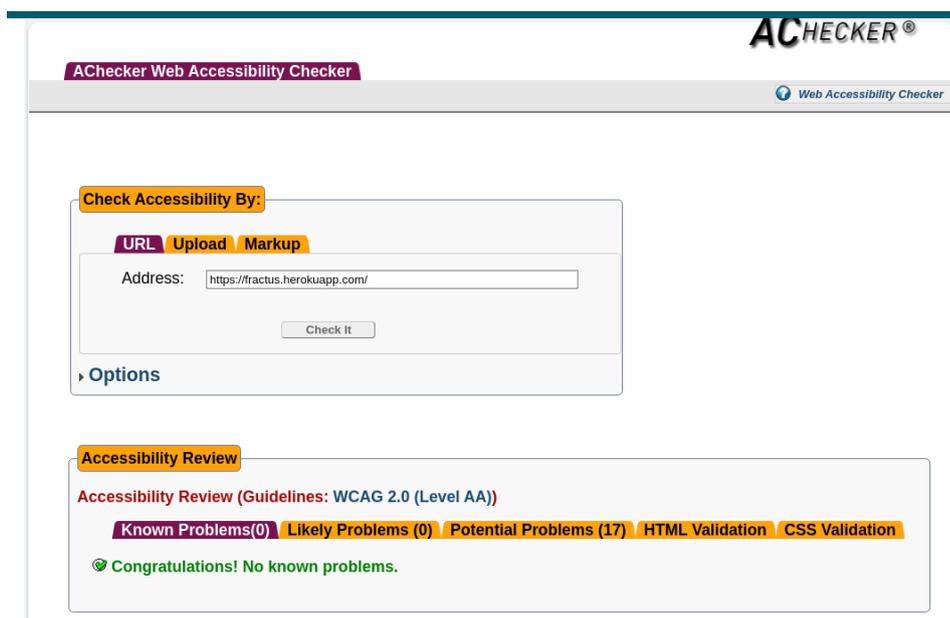


Fonte: <https://asesweb.governoeletronico.gov.br/> (2022).

Foram também realizados testes com as ferramentas levantadas na revisão de literatura como o *AChecker*, o *Wave* e o *Taw*. Todos estes não retornaram nenhuma porcentagem de acessibilidade *web* alcançada, somente alertas, avisos e mensagens de erro. No *Achecker* os testes não apresentaram nenhum erro por parte da aplicação, mas foram retornados avisos de 17 problemas em potencial que podem vir a prejudicar a acessibilidade da aplicação. Um resumo do relatório pode ser visto na Figura 43.

<sup>23</sup> Biblioteca de funções para roteamento dinâmico no *React*.

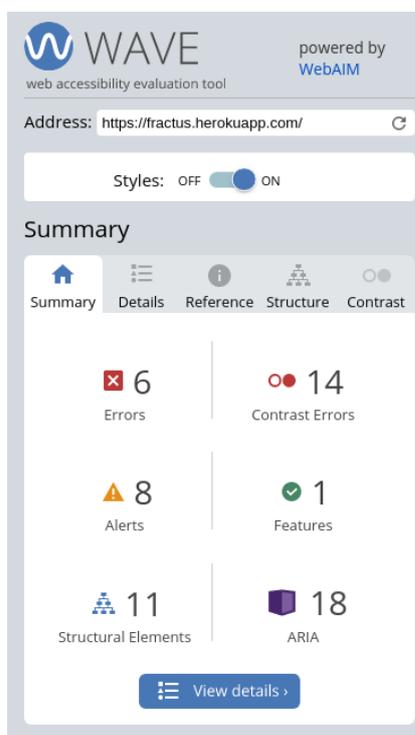
Figura 43 - Imagem do teste de acessibilidade *web* realizado no *Achecker*.



Fonte: <https://achecker.achecks.ca/checker/index.php> (2022).

Os testes realizados na ferramenta *Wave* retornaram um total de 6 erros de código, 14 erros de contraste e 8 alertas. Um resumo deste teste pode ser visto na Figura 44.

Figura 44 - Teste de acessibilidade *web* realizado no *Wave*.



Fonte: <https://wave.webaim.org/report#/https://fractus.herokuapp.com/> (2022).

Os testes realizados com a ferramenta *TAW* fizeram uma avaliação dos quatro princípios do *WCAG*, perceptível, operável, compreensível e robusto. Para o princípio de perceptível a ferramenta retornou um aviso em uma imagem sem descrição e um erro de semântica, pois a ferramenta não identificou nenhuma *tag* h1 na página inicial. Um resumo dos testes para este princípio pode ser visto na Figura 45. O resultado pode ser explicado pelo método utilizado pela biblioteca *React* ao gerar um código transpilado e minificado, ou seja, ao gerar o *Build* (construção) da aplicação, executa a operação de converter o código *TypeScript* (ação de transpilar) para uma versão mais antiga do *ECMAScript*, a versão 5, além de comprimir o arquivo, eliminando, por exemplo, linhas e espaços em branco do arquivo (processo de minificação).

Este processo permite que o código gerado pela aplicação rode na maioria dos navegadores conhecidos. Logo, neste processo, todo o código contido em páginas e componentes é escondido dentro de uma *tag* de *html* e só podem ser acessados navegando pelas rotas da aplicação, não somente na página inicial. Além disso, as imagens neste arquivo são apenas referenciadas, não apresentando componentes com todos os parâmetros necessários para permitir maior acessibilidade. Os componentes de imagens com os atributos necessários à acessibilidade *web* podem ser acessados internamente na aplicação durante a navegação do usuário utilizando suas rotas. Com relação aos demais requisitos, estes não retornaram resultados na avaliação.

Figura 45 - Imagem do teste de acessibilidade *web* realizado no *TAW* (Perceptível).

Perceivable				
Information and user interface components must be presentable to users in ways they can perceive.				
Tipologia	Comprovação	Técnicas	Resultado	Incidências
<b>1.1.1-Non-text Content</b>				
Imagens	Images that may require a long description 	H45		1
<b>1.3.1-Info and Relationships</b>				
Estrutura e semântica	None h1 element in the document 	H42		1
<b>1.3.3-Sensory Characteristics</b>				
Apresentação	Sensory Characteristics 	G96		1
<b>1.4.1-Use of Color</b>				
Apresentação	Information using color 	G14 G122 G182 G183		1
<b>1.4.3-Contrast (Minimum)</b>				
Apresentação	Contrast 	G18 G148 G174		1
	Contrast for large fonts 	G145 G148 G174		1
<b>1.4.5-Images of Text</b>				
Imagens	Images that can be replaced by markup language 	G22 G30 G140		1

Fonte: <https://www.tawdis.net/> (2022).

Na avaliação do princípio operável, os testes retornaram 2 alertas e um erro referente à navegação. A Figura 46 mostra o relatório do teste com este princípio. Com relação aos demais requisitos, estes também não retornaram resultados na avaliação.

Figura 46 - Imagem do teste de acessibilidade *web* realizado no *TAW* (Operável).

Operable					
User interface components and navigation must be operable.					
Tipologia	Comprovação	Técnicas	Resultado	Incidências	Números de Linhas
<b>2.1.1-Keyboard</b>					
Scripts	Automatic movement of the focus	<a href="#">G90</a>		1	
<b>2.1.2-No Keyboard Trap</b>					
Página web	Changing focus with the keyboard	<a href="#">G21</a>		1	
<b>2.2.1-Timing Adjustable</b>					
Página web	Session time limit	<a href="#">G133</a> <a href="#">G138</a>		1	
	Limit of time controlled by a script	<a href="#">G138</a> <a href="#">G180</a> <a href="#">SCR16</a>		1	
	Reading texts on the move	<a href="#">G4</a> <a href="#">G138</a> <a href="#">SCR33</a> <a href="#">SCR36</a>		1	
<b>2.2.2-Pause, Stop, Hide</b>					
Página web	Moving or blinking content	<a href="#">G4</a> <a href="#">SCR33</a> <a href="#">G187</a> <a href="#">G192</a> <a href="#">SCR22</a> <a href="#">G186</a> <a href="#">G191</a>		1	
<b>2.3.1-Three Flashes or Below Threshold</b>					
Apresentação	Flashes below threshold	<a href="#">G13</a> <a href="#">G176</a> <a href="#">G13</a>		1	
<b>2.4.1-Bypass Blocks</b>					
Navegação	Skip repeated blocks of content	<a href="#">G1</a> <a href="#">G123</a> <a href="#">G124</a>		1	
	Blocks of content	<a href="#">H90</a> <a href="#">H70</a> <a href="#">SCR28</a>		1	
Estrutura e semântica	None h1 element in the document	<a href="#">H82</a>		1	
<b>2.4.2-Page Titled</b>					
Página web	Descriptive title	<a href="#">G88</a>		1	1
<b>2.4.3-Focus Order</b>					
Navegação	Logical sequence of navigation	<a href="#">G99</a> <a href="#">H4</a> <a href="#">SCR26</a> <a href="#">SCR37</a> <a href="#">SCR27</a>		1	
<b>2.4.4-Link Purpose (In Context)</b>					
Navegação	Empty links	<a href="#">F89</a>		5	1 1 1 1 1
<b>2.4.5-Multiple Ways</b>					
Site web	Multiple ways of localization	<a href="#">G125</a> <a href="#">G64</a> <a href="#">G03</a> <a href="#">G161</a> <a href="#">G126</a> <a href="#">G185</a>		1	
<b>2.4.7-Focus Visible</b>					
Scripts	Changing focus with the event 'onFocus'	<a href="#">F53</a>		1	

Fonte: <https://www.tawdis.net/> (2022).

Para o princípio compreensível, os testes não retornaram resultados, mas também não apresentaram nenhum erro ou alerta.

A Figura 47 apresenta, com detalhes, o relatório de testes no *TAW*.

Figura 47 - Imagem do teste de acessibilidade *web* realizado no *TAW* (Compreensível).

Understandable					
Information and the operation of user interface must be understandable.					
Tipologia	Comprovação	Técnicas	Resultado	Incidências	Números de Linhas
3.1.2-Language of Parts					
Página web	Changes in language 	H88	?	1	
3.2.1-On Focus					
Scripts	Changing content with the event "onfocus" 	G107	?	1	
	Changing focus with the event "onfocus" 	F55	?	1	
	Opening a new window with the event "onfocus" 	G107	?	1	
	Opening a new window with the event "onload" 	F52	?	1	
Página web	Changing content 	G107	?	1	
3.2.2-On Input					
Formulários	Changes caused by the event "onchange" in a selector 	H84	?	1	
3.2.3-Consistent Navigation					
Site web	Consistent navigation 	G61	?	1	
3.2.4-Consistent Identification					
Site web	Consistent denomination 	G107	?	1	

Fonte: <https://www.tawdis.net/> (2022).

Por fim, os testes de robustez e a ferramenta não trouxeram nenhum erro ou alerta. O resultado pode ser visto na Figura 48.

Figura 48 - Imagem do teste de acessibilidade *web* realizado no *TAW* (Robusto).

Robust					
Content must be robust enough that it can be interpreted reliably by a wide variety of user agents, including assistive technologies.					
Tipologia	Comprovação	Técnicas	Resultado	Incidências	Números de Linhas
4.1.2-Name, Role, Value					
Página web	Name, role and value 	G108 SCR21 G135 G10	?	1	

Fonte: <https://www.tawdis.net/> (2022).

Como resultado final dos testes na ferramenta *TAW*, obtivemos um total de 2 erros e 3 avisos para os testes realizados na página inicial da aplicação. Vale ressaltar, em relação aos testes, que a aplicação gerada pela biblioteca *React* possui apenas uma página *HTML* e todo o conteúdo é renderizado a partir da *tag* de *HTML* identificada com o atributo identificador (*id*) de “*root*”. A partir desta *tag* renderiza-se páginas e componentes internos em uma metodologia de desenvolvimento conhecida como *Single Page Application*, ou simplesmente *SPA*, um requisito fundamental para aplicações *PWA*. Fica a sugestão de que em trabalhos futuros possa-se utilizar uma solução de *Build* como o *Webpack*<sup>24</sup>, de modo que se possa controlar melhor os resultados dos produtos gerados no processo de empacotamento do código fonte. Com esta

<sup>24</sup> Empacotador de módulos utilizado para gerar o *build* das aplicações.

solução poder-se-ia resolver mais facilmente os problemas identificados nos testes com as ferramentas *Wave* e *TAW*. Esta solução também poderá ser implementada para resolver problemas identificados nos avisos encontrados nos testes com o *Achecker* e também para os avisos e erros encontrados no relatório gerado pela ferramenta ASES.

Por fim, o Objeto de Aprendizagem Fractus foi aprovado em teste de aceitação pela equipe do laboratório LAMID e publicado na plataforma MEC de recursos educacionais digitais (MEC RED) como um aplicativo para *web* e dispositivos móveis no formato de um Objeto de Aprendizagem.

## 7 CONCLUSÃO

O trabalho realizado pela organização TODOS PELA EDUCAÇÃO apresentado no anuário Brasileiro da Educação Básica de 2020 e 2021 trouxe à tona diversos problemas que ocorrem há anos na educação básica e que foi agravado durante a pandemia. Um dos maiores problemas é relativo à aprendizagem de Matemática que está muito abaixo do aceitável. O trabalho também de outros pesquisadores apresentados nesta pesquisa reforça a dificuldade que os alunos da educação básica têm com a disciplina, principalmente no que se refere ao conteúdo de frações.

Como mencionamos no primeiro capítulo deste trabalho, a organização já mencionada no parágrafo anterior emitiu uma nota técnica ressaltando a necessidade do desenvolvimento de recursos digitais acessíveis, com capacidade de operar em diversas plataformas e que não necessitem de acesso contínuo à Internet.

Por isso levantou-se a questão da pesquisa: Como desenvolver um aplicativo, através da abordagem do *Design Thinking*, utilizando Objetos de Aprendizagem para a aprendizagem de frações?

Para responder a esta questão, procurou-se descrever o que são Objetos de Aprendizagem, suas características e metodologias de desenvolvimento, embora tenha-se escolhido o *Design Thinking* e suas ferramentas como abordagem principal de desenvolvimento. Fez-se também uma descrição da acessibilidade *web*, usabilidade e interoperabilidade. Isto levou ao desenvolvimento inicialmente de um pacote de *software* com muitos componentes que mais tarde seriam utilizados na criação de um sistema de *software*. O pacote inicial de *software*, por fim, acabou sendo abandonado, mas muitos dos seus componentes foram reutilizados na confecção do sistema, como por exemplo os metadados elaborados segundo a ontologia OBBA e que foi incluído no desenvolvimento do aplicativo Fractus e sua *API*.

A partir da finalização do projeto de desenvolvimento do sistema de *software*, foi possível realizar os testes que haviam sido previstos anteriormente. Foram realizados testes unitários com a biblioteca *Jest*, testes de integração manuais, testes de acessibilidade *web*, boas práticas de programação, performance, além de *SEO* e *PWA*. O resultado principal da pesquisa foi o desenvolvimento de uma *API* para fornecer dados e metadados ao aplicativo a partir da conexão desta com um banco de dados semiestruturado como o *MongoDB*. O banco de dados é servido à aplicação a partir da plataforma *Atlas MongoDB* e hospedada em servidor *AWS*.

Também foram desenvolvidos, um *Design System*, para guiar o desenvolvimento dos artefatos, um protótipo de alta fidelidade e um *website* para permitir o acesso ao aplicativo e fornecer informações importantes aos seus usuários. O *website* foi hospedado em servidor compartilhado da *Hostgator*. Por fim, obteve-se o principal produto da presente pesquisa que foi o desenvolvimento do aplicativo Fractus, de acordo com os principais requisitos levantados neste trabalho.

O aplicativo foi colocado à prova através de diversos testes, inclusive os testes de aceitação através de reuniões do laboratório LAMID, onde os artefatos foram apresentados ao grupo de interessados.

Apesar dos excelentes resultados obtidos na maior parte dos testes, alguns erros de projeto e alertas foram retornados pelas ferramentas de testes, o que leva às seguintes sugestões de melhorias futuras: a inclusão no projeto de ferramentas como *Webpack*, para melhorar o processo de *build* da aplicação, corrigindo alguns problemas encontrados nos testes, além de melhorias em *design*, o que inclui a utilização de tonalidades de cores que melhoram o contraste, requisito importante para alcançar maiores níveis de acessibilidade.

Outras sugestões levantadas nos testes de aceitação são: melhorias em termos de planejamento da estrutura de dados para permitir a inclusão de Inteligência Artificial e com isso fazer evoluir as estratégias de aprendizagem, a adição de bibliotecas de sons para ressaltar efeitos visuais após ações por parte do usuário, audiodescrição, animações nas ilustrações e a inserção de um sistema de ranqueamento, que poderá ser feito com a adição de um sistema de autenticação do usuário.

Para trabalhos futuros, além das recomendações acima, sugere-se a inclusão de testes com usuários, tanto com alunos quanto com professores para verificar a aceitação e satisfação nos processos de ensino-aprendizagem. Utilização de estudos de Neurociência para realização de aplicação, análise e discussão dos resultados dos testes com usuários. Para isto também deverá ser realizada a integração do aplicativo com ferramentas de monitoramento, como por exemplo, o *Google Analytics*, para que com estas informações seja possível a elaboração de *blueprints* e diagramas como a jornada de usuários. Estes podem ser comparados aos diagramas desenvolvidos neste projeto para que, a partir disso, possa se retirar conclusões assertivas e com isto melhorar ainda mais o fluxo da aplicação e experiência do aluno no uso do aplicativo e aprendizagem de frações.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA-VARGAS, Patricia; ACOSTA, Tania; LUJÁN-MORA, Sergio. Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities. **IEEE Access**. Nova York, [s. l.], v. 6, p. 36500-36508, 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8388714>. Acesso em: 5 nov. 2021.
- AL-KABI, Mohammed N. Exploring the relationships between web accessibility, web traffic, and university rankings: a case study of Jordanian universities. **International Journal of High Performance Computing and Networking**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 235-250, 2018. Disponível em: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJHPCN.2018.094955>. Acesso em: 5 nov. 2021.
- ALVARADO, Luis Antonio Rivera; DOMÍNGUEZ, Eduardo López; VELÁZQUEZ, Yesenia Hernández; ISIDRO, Saúl Domínguez; TOLEDO, Cora Beatriz Excelente. **Layered software architecture for the development of mobile learning objects with augmented reality**. IEEE ACCESS, Xalapa, 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8485281>. Acesso em: 08 jan. 2021.
- ALSAEEDI, Abdullah. Comparing Web Accessibility Evaluation Tools and Evaluating the Accessibility of Webpages: Proposed Frameworks. **Information**, [s. l.], v. 11, n. 1, ed. 40, p. 1-21, janeiro 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2078-2489/11/1/40>. Acesso em: 5 nov. 2021.
- AMORIM JUNIOR, João de. **Modelo De Seleção Dinâmica De Objetos de Aprendizagem Baseado Em Agentes**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/169447/338992.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 jan. 2021.
- ARAYA, Aáron Mena. Integración de recursos audiovisuales y multimedia como objetos de aprendizaje en escuelas públicas de Costa Rica con acceso a computadoras XO. **Actualidades Investigativas En Educación**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 1-29, 1 jan. 2017. Universidad de Costa Rica. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v17i1.27454>. Acesso em: 08 jan. 2021.
- BINDA, Renan de Paula. **Artefato para representação interativa de diretrizes para produção de material educacional acessível**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2018.
- BORBA, Marcelo C.; ASKAR, Petek; ENGELBRECHT, Johann; GADANIDIS, George; LLINARES, Salvador; AGUILAR, Mario Sánchez. Blended learning, e-learning and mobile learning in mathematics education. **ZDM - Mathematics Education**, v. 48, n. 5, p. 589-610, abr./nov. 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84978114994&doi=10.1007%2fs11858-016-0798-4&partnerID=40&md5=ab2d31fecc7ff17701ef5fceb76b13a>. Acesso em: 5 mai. 2021.
- BOTELHO, Louise Lira Roedel; CUNHA, Cristiano Castro de Almeida; MACEDO, Marcelo. **O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais**. Revista Eletrônica

Gestão e Sociedade, Belo Horizonte, v.5, n.11, p. 121-136, maio/ago. 2011. Disponível em: <https://www.gestaoesociedade.org/gestaoesociedade/article/view/1220/906>. Acesso em: 08 jan. 2021.

BRAGA, Juliana Cristina. **Objetos de Aprendizagem, volume 2: metodologia de desenvolvimento**. Santo André: Ed. da UFABC, 2015. Disponível em: <http://pesquisa.ufabc.edu.br/intera/wp-content/uploads/2015/12/objetos-de-aprendizagem-v2.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.

BRAGA, Juliana Cristina, PIMENTEL, Edson, DOTTA, Silvia. **Metodologia INTERA para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem**. Santo André: Centro de Matemática, Computação e Cognição, Universidade Federal do ABC (UFABC), Grupo de pesquisa INTERA, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/299667227\\_Metodologia\\_INTERA\\_para\\_o\\_desenvolvimento\\_de\\_Objeto\\_de\\_Aprendizagem](https://www.researchgate.net/publication/299667227_Metodologia_INTERA_para_o_desenvolvimento_de_Objeto_de_Aprendizagem). Acesso em: 08 jan. 2021.

BRASIL A. **Portal do Professor - Recursos Educacionais**. MEC SEED Recursos educacionais, 2010. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/recursos.html#>. Acesso em: 30 julho 2020.

BRASIL B. **Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem**. MEC - Ministério de Educação e Cultura, 2008. Disponível em: <http://objetoseducacionais.mec.gov.br>. Acesso em: 30 julho 2020.

BRASIL C. **Plataforma MEC RED**, 2020. Disponível em: <https://plataformaintegrada.mec.gov.br/busca/recursos>. Acesso em: 30 jul. 2020.

BUSARELLO, Raul Inácio. **Gamificação em histórias em quadrinhos hipermídia: diretrizes para construção de Objeto de Aprendizagem acessível**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2016.

CAMPOVERDE-MOLINA, Milton; LUJÁN-MORA, Sergio; VALVERDE, Llorenç. Análisis de accesibilidad web de las universidades y escuelas politécnicas del Ecuador aplicando la norma NTE INEN ISO/IEC 40500:2012. **Risti**, [s. l.], v. 22, p. 53-68, ago. 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079072238&doi=10.3390%2finfo11010040&partnerID=40&md5=96faa6087e0ed1226ef61bd748e55ba4>. Acesso em: 29 dez. 2021.

CAMPOVERDE-MOLINA, Milton; LUJÁN-MORA, Sergio; GARCÍA, Llorenç Valverde. Empirical Studies on Web Accessibility of Educational Websites: A Systematic Literature Review. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 91676-91700, 14 maio 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9092982>. Acesso em: 5 nov. 2021.

CANTO FILHO, Alberto Bastos do; LIMA, José Valdeni de; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. **Mapas conceituais de projeto: uma ferramenta para projetar Objetos de Aprendizagem significativa**. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 23, n. 3, p. 723-740, jul./set. Bauru, 2017. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132017000300723&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132017000300723&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 08 jan. 2021.

CARNEIRO, Mára Lúcia Fernandes; SILVEIRA, Milene Selbach. **Objetos de Aprendizagem como elementos facilitadores na educação a distância**. *Educar em Revista*, 4, 235-260, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/er/nspe4/0101-4358-er-esp-04-00235.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.

CARVAJAL, Carlos Máñez. Evaluación de accesibilidad web de las universidades chilenas. **Formación Universitaria**, [s. l.], v. 13, n. 5, p. 69-76, 2020. Disponível em: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50062020000500069&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062020000500069&lng=en&nrm=iso&tlng=en). Acesso em: 5 nov. 2021.

CHIU, Thomas Kin Fung; CHURCHILL, Daniel. Design of learning objects for concept learning: effects of multimedia learning principles and an instructional approach. **Interactive Learning Environments**, v. 24, n. 6, p. 1355-1370, Fev. 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84922145188&doi=10.1080%2f10494820.2015.1006237&partnerID=40&md5=5cc7939e6284dc48adb8fb4439404213>. Acesso em: 3 mai. 2021.

COMARELLA, Rafaela Lunardi. **Gênesis: Gestão de objetos digitais de ensino aprendizagem: construindo um modelo**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2015. Disponível em: <http://tede.ufsc.br/teses/PEGC0395-T.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.

COSTA, Rejane. **RGF: ambiente hipermídia voltado para o processo ensino-aprendizagem das frações**. 2001. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/79713/184619.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 26 mar. 2022.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JR, José Antônio Valle. **Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement**. Porto Alegre: Ed. Springer, 2015.

ELLWANGER, Cristiane. Design de Interação, Design Experiencial e Design Thinking: a tríade que permeia o escopo de desenvolvimento de sistemas computacionais interativos. In: **NUEVAS IDEAS EN INFORMÁTICA EDUCATIVA**, 18., 2013, Porto Alegre. Memorias del XVIII Congreso Internacional de Informática Educativa, TISE 2013. Porto Alegre: Tise, 2013. v. 9, p. 799-802. Disponível em: <http://www.tise.cl/volumen9/TISE2013/799-802.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2022.

FELIX, Anárgela Cristina Morete; SALVI, Rosana Figueiredo. **Estudo de semiótica mediado por um Objeto de Aprendizagem: uma combinação possível**. Florianópolis: REVEMAT, v. 11, n. 1, p. 36-53, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2016v11n1p36/32127>. Acesso em: 08 jan. 2021.

FERRAZ, Reinaldo. **Acessibilidade na Web: Boas Práticas para Construir Sites e Aplicações Acessíveis**. São Paulo: Casa do Código, 2020. p.246.

FERREIRA, Paula Renata dos Santos. **Um Modelo Computacional da Teoria da Atividade para Definição de Ambientes de Aprendizagem Baseados em Framework Orientado a Objetos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/101800>. Acesso em: 08 jan. 2021.

FURTADO, Rafael Gattino. **Évora: Gestão de objetos digitais de ensino aprendizagem**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2020.

GUEDES, Gilleanes T. A. **UML 2: uma abordagem prática**. 3. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2018. 494 p.

HARRISON, Taylor R.; LEE, Hollylynn S. iPads in the Mathematics Classroom: developing criteria for selecting appropriate learning apps. **International Journal Of Education In Mathematics, Science And Technology**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 155-172, 22 mar. 2018. ISTES Organization. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18404/ijemst.408939>. Acesso em: 29 dez. 2021.

HEVNER, Alan; CHATTERJEE, Samir. **Design Research in Information Systems: Theory and Practice**. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer, 2010.

HSIAO, Hsien-Sheng; YU, Kuang-Chao; CHANG, Yu-Shan; CHIEN, Yu-Hung; LIN, Kuen-Yu; LIN, Chien-Yu; CHEN, Jyun-Chen, CHEN, Jheng-Han; LIN, Yi-Wei. The Study on Integrating the Design Thinking Model, in: 7th World Engineering Education Forum (WEEF) and STEM Activity Unit for Senior High School Living Technology Course, **IEEE**. Kuala Lumpur: 2017.

HOMA-AGOSTINHO, Iaqchan Ryokiti; OLIVEIRA–GROENWALD, Claudia Lisete. As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação como um recurso didático no Currículo de Matemática. **Uniciencia**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 153-170, 31 jul. 2020. Universidad Nacional de Costa Rica. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15359/ru.34-2.9>. Acesso em: 29 dez. 2021.

ISMAIL, Abid; KUPPUSAMY, K.s. Accessibility of Indian universities homepages: an exploratory study. **Journal Of King Saud University - Computer And Information Sciences**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 268-278, abr. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.06.006>. Acesso em: 29 dez. 2021.

ISMAIL, Abid; KUPPUSAMY, K. S. Web accessibility investigation and identification of major issues of higher education websites with statistical measures: A case study of college websites. **Journal of King Saud University: Computer and Information Sciences**, [s. l.], p. 1-11, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157818312394?via%3Dihub>. Acesso em: 5 nov. 2021.

ISMAIL, Abid; KUPPUSAMY, K. S. Accessibility analysis of higher education institution websites of Portugal. **Universal Access in the Information Society**. n.19, p. 685–700, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85064347704&doi=10.1007%2fs10209-019-00653-2&partnerID=40&md5=3eb9ede2e6db77241785a9abd2909726>. Acesso em: 11 jan 2022.

ISMAILOVA, Rita; INAL, Yavuz. Accessibility evaluation of top university websites: a comparative study of Kyrgyzstan, Azerbaijan, Kazakhstan and Turkey. **Universal Access In The Information Society**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 437-445, 20 maio 2017. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10209-017-0541-0>. Acesso em: 29 dez. 2021.

ISMAILOVA, Rita; KIMSANOVA, Gulida. Universities of the Kyrgyz Republic on the Web: accessibility and usability. **Universal Access in the Information Society**, [s. l.], v. 16, p. 1017–1025, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10209-016-0481-0>. Acesso em: 5 nov. 2021.

KULLBERG, Angelika; MÅRTENSSON, Pernilla; RUNESSON, Ulla. What is to be Learned? Teachers' Collective Inquiry into the Object of Learning. **Routledge**, 2016.

KURT, Serhat. Accessibility of Turkish university Web sites. **Universal Access in the Information Society**, [s. l.], v. 16, p. 505-515, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10209-016-0468-x>. Acesso em: 5 nov. 2021.

LACERDA, Daniel Pacheco; DRESCH, Aline; PROENÇA, Adriano; ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gest. Prod.*. São Carlos, p. 741-761. 5 ago. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/3CZmL4JJxLmxCv6b3pnQ8pq/?format=pdf&lang=pt#:~:text=D%20esign%20Science%20Research.,pass%3%ADvel%20de%20debate%20e%20verifica%3%A7%C3%A3o..> Acesso em: 16 jun. 2022.

LAITANO, María Inés. Accesibilidad web en el espacio universitario público argentino. **Revista Española de Documentación Científica**, [s. l.], v. 38, n. 1, ed. 79, 2015. Disponível em: <https://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/882/1214>. Acesso em: 5 nov. 2021.

LARA, Rafael da Cunha; QUARTIERO, Elisa Maria; BIANCHETTI, Lucídio. **Trabalho ubíquo na pós-graduação stricto sensu em educação: in/extensificação e multitarefa**. *Revista Brasileira de Educação*, São Luís, v. 24, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbedu/v24/1809-449X-rbedu-24-e240014.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.

LONGMIRE, Warren. **A primer on learning objects**. *ASTD's Source for elearning*, São Francisco, 2000.

LORCA, Pedro; ANDRÉS, Javier De; MARTÍNEZ, Ana B. The Relationship Between Web Content and Web Accessibility at Universities: The Influence of Social and Cultural Factors. **Social Science Computer Review**, [s. l.], v. 36, n. 3, 2018. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0894439317710435>. Acesso em: 5 nov. 2021.

MACEDO, Claudia Mara Scudelari de. **Diretrizes para criação de Objetos de Aprendizagem acessíveis**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2010. Disponível em: <http://www.tede.ufsc.br/teses/PEGC0167-T.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.

MALDONADO, Jorge Javier; BERMEO, Jorge Luis; PACHECO, Guillermo. **Assessing a methodological proposal for the design, creation and evaluation of learning objects oriented to educators with diverse educational and technological competencies**. CLEI Electronic Journal, Montevideo, v. 19, n. 1, p. 3, abr. 2016. Disponível em: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-50002016000100003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-50002016000100003&lng=es&nrm=iso). Acesso em: 08 jan. 2021.

MOURÃO, Andreza Bastos; NETTO, José Francisco de Magalhães. Inclusive Model Application Using Accessible Learning Objects to Support the Teaching of Mathematics. **Informatics In Education**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 213-226, 13 abr. 2019. Vilnius University Press. <http://dx.doi.org/10.15388/infedu.2019.10>. Acesso em: 5 nov. 2021.

MORGAN, Gareth. **Paradigms, Metaphors, and Puzzle Solving in Organization Theory**. Cornell University, 1980.

NIELSEN, Jakob; LORANGER, Hoa. Usabilidade na Web: projetando websites com qualidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 406 p.

NIR, Hila Laufer; RIMMERMAN, Arie. Evaluation of Web content accessibility in an Israeli institution of higher education. **Universal Access in the Information Society**, [s. l.], v. 17, p. 663–673, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10209-018-0615-7>. Acesso em: 5 nov. 2021.

PILLON, Ana Elisa; TECHIO, Leila Regina; ULBRICHT, Vania Ribas; SOUZA, Márcio Vieira de. As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação e o Ensino-aprendizagem de Matemática: uma Revisão Integrativa. **Educ. Matem. Pesq.**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 229-249, 2020.

PONTES, Guilherme. **Progressive Web Apps: Construa Aplicações Progressivas com React**. São Paulo: Casa do Código, 2018. p.443.

QEDU (ed.). Escala SAEB, 2022. Disponível em: <https://academia.qedu.org.br/prova-brasil/454-2/?repeat=w3tc>. Acesso em: 13 jun. 2022.

QUEIROS, Leandro Marques; SILVEIRA, Denis Silva da; CORREIA-NETO, Jorge da Silva; VILAR, Guilherme. LODPRO: learning objects development process. in: Journal of the Brazilian Computer Society, **Springer London**. London: 2016.

QUEIROZ, Raquel Gularte. **Construção e compartilhamento de conhecimento através do Objeto de Aprendizagem c'Artes**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2017.

ROHDE, Gustavo de Oliveira. **Proposta de referências com enfoque pragmático para o desenvolvimento de conteúdo instrucional no padrão Scorm**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2004. Disponível em: <http://www.tede.ufsc.br/teses/PEPS4547.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.

RUANO, Ildefonso; CANO, Pablo; GÁMEZ, Javier; GÓMEZ, Juan. **Advanced LMS integration of SCORM web laboratories**. IEEE Access, Nova York, v. 4, p. 6363-6352, 31 out. 2016. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7506221>. Acesso em: 08 jan. 2021.

SANABRIA, Jorge C.; ARÁMBURO-LIZÁRRAGA, Jesús. Enhancing 21st Century Skills with AR: Using the Gradual Immersion Method to develop Collaborative Creativity. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 487-501, 2017.

SANTOS, Fabiano Gonçalves dos. **Engenharia de Usabilidade**. Rio de Janeiro: SESES, 2016.

SHAWAR, Bayan Abu. Evaluating web accessibility of educational websites. **iJET** – v. 10, n. 4, 2015. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84949752933&doi=10.3991%2fijet.v10i4.4518&partnerID=40&md5=085c9b2877cab8fedf6b533865a32b74>. Acesso em: 11 jan. 2022.

SILVA, Júlia Marques Carvalho da. **Desenvolvimento de um framework para objetos inteligentes de aprendizagem aderente a um modelo de referência para construção de conteúdos de aprendizagem**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2007. Disponível em: <http://www.tede.ufsc.br/teses/PGCC0814-D.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.

SOUZA, N., CARDOSO, E., PERRY, G. T. **Limitações da Avaliação Automatizada de Acessibilidade em uma Plataforma de MOOCS: Estudo de Caso de uma Plataforma Brasileira**. Rev. Bras. Ed. Esp., Bauru, v. 25, n.4, p.603-616, Out.-Dez., 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/337666705\\_Limitacoes\\_da\\_Avaliacao\\_Automatizada\\_de\\_Acessibilidade\\_em\\_uma\\_Plataforma\\_de\\_MOOCS\\_Estudo\\_de\\_Caso\\_de\\_uma\\_Plataforma\\_Brasileira](https://www.researchgate.net/publication/337666705_Limitacoes_da_Avaliacao_Automatizada_de_Acessibilidade_em_uma_Plataforma_de_MOOCS_Estudo_de_Caso_de_uma_Plataforma_Brasileira). Acesso em: 01 Nov. 2021.

SORDI, José Osvaldo de; AZEVEDO, Marcia Carvalho de; MEIRELES, Manuel. **A Pesquisa Design Science no Brasil Segundo as Publicações em Administração da Informação**. JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação. v. 12, n. 1, p.165-186, jan/apr., 2015.

TODOS PELA EDUCAÇÃO A (São Paulo) (org.). **Anuário Brasileiro da Educação Básica**. 9. ed. São Paulo: Ed. Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327673357a0e974?authid=YhVHn5Pn6LzE>. Acesso em: 08 jan. 2021.

TODOS PELA EDUCAÇÃO B (São Paulo) (org.). **Anuário Brasileiro da Educação Básica**. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2021. 184 p. Disponível em:

[https://todospelaeducacao.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2021/07/Anuario\\_21final.pdf](https://todospelaeducacao.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2021/07/Anuario_21final.pdf). Acesso em: 14 abr. 2022.

TRIBECK, Priscila Meier de Andrade; REINALDO, Francisco; LEITE, Maici Duarte. EduTraceSys como Objeto de Aprendizagem na remediação de erros. **ESPACIOS**, [s. l.], v. 39, n. 5, p. 9-16, 2018.

VANZIN, Tarcísio. **TEHCo - modelo de ambientes hipermídia com tratamento de erros, apoiando na teoria da cognição situada**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102729>. Acesso em: 17 Out 2021.

VIAN, Jonas. **Sistema multiagente para indexação e recuperação aplicado a Objetos de Aprendizagem**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, 2010. Disponível em: <http://www.tede.ufsc.br/teses/PGCC0907-D.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.

VICARI, Rosa Maria; BEZ, Marta; SILVA, Júlia Marques Carvalho da; RIBEIRO, Alexandre; GLUZ, João Carlos; PASSERINO, Liliana; SANTOS, Elder; PRIMO, Tiago; ROSSI, Luiz; BORDIGNON, Alexandro; BEHAR, Patricia; FILHO, Raymundo; ROESLER, Valter. **Proposta Brasileira de Metadados para Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA)**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/236669546\\_Proposta\\_Brasileira\\_de\\_Metadados\\_para\\_Objetos\\_de\\_Aprendizagem\\_Baseados\\_em\\_Agentes\\_OBAA](https://www.researchgate.net/publication/236669546_Proposta_Brasileira_de_Metadados_para_Objetos_de_Aprendizagem_Baseados_em_Agentes_OBAA). Acesso em: 08 jan. 2021.

WCAG 2.2. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2**. W3C, 2021. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG22/#requirements-for-wcag-2-2>. Acesso em: 02/01/2022.

WILEY, David. **Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor and a taxonomy**. Utah: [s. l.], In: WILEY, D. A. The instructional use of learning objects, 2000. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Connecting-learning-objects-to-instructional-design-Wiley/03fee95ed98d8dc262ccd363a589a235db91e331>. Acesso em: 08 jan. 2021.

W3schools A. **HTML Tutorial**. W3schools. Disponível em: [https://www.w3schools.com/tags/tryit.asp?filename=tryhtml5\\_figure](https://www.w3schools.com/tags/tryit.asp?filename=tryhtml5_figure). Acesso em: 01 nov. 2021.

W3schools B. **Bootstrap 3 Tutorial**. W3schools. Disponível em: [https://www.w3schools.com/bootstrap/bootstrap\\_get\\_started.asp](https://www.w3schools.com/bootstrap/bootstrap_get_started.asp). Acesso em: 01 nov. 2021.

ZANELA, Claudia Cristina; BARCELOS, Ana Regina Ferreira de; MACHADO, Rosângela (org.). **Proposta Curricular da Rede Municipal de Ensino de Florianópolis**. Florianópolis: Prefeitura Municipal de Florianópolis, 2016. 278 p. Disponível em: <https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/educa/index.php?cms=proposta+curricular&menu=13&submenuid=253>. Acesso em: 27 mar. 2022.

ZARPELON, Edinéia; BASNIAK, Maria Ivete; SILVA, Sani de Carvalho Rutz da; RESENDE, Luis Mauricio Martins de. **Repositórios de Objetos de Aprendizagem de matemática**: uma breve caracterização e discussão a partir dos recursos disponibilizados em três bancos de dados. *Rev. electrón. investig. educ. cienc.*, v. 13, n. 2, p. 01-15, dic. Tandil, 2018. Disponível em: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-66662018000200004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-66662018000200004&lng=es&nrm=iso). Acesso em: 08 jan. 2021.

## APÊNDICE A - Configurações de Servidores

1. Servidor *Hostgator*: Servidor compartilhado br958 com certificação digital SSL e servidor de *e-mail* com 500 MB de espaço;
2. Servidor *MongoDB Atlas*: Servidor compartilhado, *provider AWS*, São Paulo (*sa-east-1*), *Cluster Tier - M0 Sandbox (Shared RAM, 512 MB Storage)*, 100 GB por *databases*, máximo de 500 *Collections*;
3. Servidor *Heroku*: Servidor compartilhado com 500 MB de espaço em disco, com localização nos Estados Unidos. Uso de *Buildpack Node.js* e certificado digital SSL;
4. Repositório *GitHub*: Repositório para versionamento de código com visualização pública e licença *MIT*.

**APÊNDICE B - Lista de Objetos de Aprendizagem**

- 1) OAs-1: Definição de frações com exemplo.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-CB/OAs-CB1.png>
- 2) OAs-2: Frações próprias.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-CB/OAs-CB2-proprias.png>
- 3) OAs-3: Frações impróprias.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-CB/OAs-CB3-improprias.png>
- 4) OAs-4: Frações aparentes.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-CB/OAs-CB4-aparentes.png>
- 5) OAs-5: Frações mistas.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-CB/OAs-CB5-mistas.png>
- 6) OAs-6: Apresentação da pizza como um inteiro.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FP/OAs-FP1.png>
- 7) OAs-7: Dividindo a pizza pela metade.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FP/OAs-FP2.png>
- 8) OAs-8: Questão 1.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FP/OAs-FP3.png>
- 9) OAs-9: Resposta da questão 1.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FP/OAs-FP4.png>
- 10) OAs-10: Questão 1 com dica.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FP/OAs-FP5.png>
- 11) OAs-11: Resposta da questão 1 após a dica.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FP/OAs-FP6.png>
- 12) OAs-12: Apresentação das frações com laranja.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FL/OAs-FL1.png>

- 13) OAs-13: Laranja dividida em  $\frac{1}{4}$ .  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FL/OAs-FL2.png>
- 14) OAs-14: Questão 2.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FL/OAs-FL3.png>
- 15) OAs-15: Resposta da questão 2.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FL/OAs-FL4.png>
- 16) OAs-16: Questão 2 com dica.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FL/OAs-FL5.png>
- 17) OAs-17: Apresentação de frações com chocolate.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC1.png>
- 18) OAs-18: Questão 3.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC2.png>
- 19) OAs-19: Retorno da questão 3 para o caso de erro.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC3.png>
- 20) OAs-20: Questão 3 com dicas 1.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC4.png>
- 21) OAs-21: Retorno da dica 1.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC5.png>
- 22) OAs-22: Dica 2 da questão 3.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC6.png>
- 23) OAs-23: Dica 3 da questão 3.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC7.png>
- 24) OAs-24: Questão 3 após as dicas.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC8.png>
- 25) OAs-25: Resposta da questão 3.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC9.png>
- 26) OAs-26: Retorno da questão 3 para o caso de erro.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC10.png>

- 27) OAs-27: Dica 4.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC11.png>
- 28) OAs-28: Dica 5.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC12.png>
- 29) OAs-29: Resposta da questão 3 após as dicas.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-FC/OAs-FC13.png>
- 30) OAs-30: Operação de soma com frações.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-AS/OAs-AS1.png>
- 31) OAs-31: Soma de frações utilizando o MMC.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-AS/OAs-AS2.png>
- 32) OAs-32: MMC dos denominadores.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-AS/OAs-AS3.png>
- 33) OAs-33: MMC (Multiplicando os valores).  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-AS/OAs-AS4.png>
- 34) OAs-34: Dividindo e multiplicando o resultado pelo denominador (1).  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-AS/OAs-AS5.png>
- 35) OAs-35: Dividindo e multiplicando o resultado pelo denominador (2).  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-AS/OAs-AS6.png>
- 36) OAs-36: Dividindo e multiplicando o resultado pelo denominador (3).  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-AS/OAs-AS7.png>
- 37) OAs-37: Expressão final.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-AS/OAs-AS8.png>
- 38) OAs-38: Resultado da soma de frações.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-AS/OAs-AS9.png>
- 39) OAs-39: Subtração.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-AS/OAs-AS10.png>
- 40) OAs-40: Multiplicação de frações.  
Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-MD/OAs-MD1.png>
- 41) OAs-41: Simplificando as frações.

Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-MD/OAs-MD2.png>

42) OAs-42: Operação com frações mistas.

Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-MD/OAs-MD3.png>

43) OAs-43: Resultado da operação.

Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-MD/OAs-MD4.png>

44) OAs-44: Transformando o resultado em funções mistas.

Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-MD/OAs-MD5.png>

45) OAs-45: Divisão de frações.

Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-MD/OAs-MD6.png>

46) OAs-46: Finalizando a divisão.

Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/OAs/OAs-MD/OAs-MD7.png>

47) OAs-47: Texto1.

Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/texts/texto1.pdf>

48) OAs-48: Exercícios-de-frações1.

Endereço: <https://app-fractus.orkneytech.com.br/exercises/exercicios-de-fracoes1.pdf>

## APÊNDICE C - Texto Sobre Frações

### Frações

**Definição:** Uma fração representa a razão entre dois números inteiros.

Exemplos:

$$\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{15}{35}, \dots$$

$$\frac{1}{2} \quad \begin{array}{l} \longrightarrow \text{ Numerador} \\ \longrightarrow \text{ Denominador} \end{array}$$

### Tipos:

São quatro tipos de frações que iremos abordar em nossos estudos, as frações próprias, impróprias, aparentes e mistas.

**1. Frações Próprias:** Frações em que o numerador é menor que o denominador.

$$\frac{2}{7}$$

**2. Frações Impróprias:** Frações em que o numerador é maior que o denominador.

$$\frac{9}{5}$$

**3. Fração Aparente:** Fração em que o numerador é múltiplo do denominador.

$$\frac{6}{3}$$

**4. Fração Mista:** É constituída por uma parte inteira e uma parte fracionária representada por números mistos.

$$2.\frac{7}{3}$$

**Operações:****Adição:**

Para realizar a operação de soma de duas ou mais frações é necessário deixar os denominadores das frações iguais. Se isto já ocorre então basta somarmos os numeradores, repetirmos o denominador comum e teremos a resposta. Veja nosso exemplo abaixo.

$$\frac{1}{7} + \frac{2}{7} + \frac{3}{7} = \frac{1+2+3}{7} = \frac{6}{7}$$

Caso os denominadores sejam diferentes é necessário achar o mínimo múltiplo comum (MMC) dos denominadores. Veja um exemplo abaixo:

Temos a seguinte fração,

$$\frac{1}{3} + \frac{2}{5} + \frac{3}{13}$$

agora temos que achar o MMC dos denominadores, então para isso faremos,

$$\text{MMC} = 3 \times 5 \times 13 = 195,$$

$$\text{como } \left(\frac{195}{3}\right) \times 1 = 65, \left(\frac{195}{5}\right) \times 2 = 78 \text{ e}$$

$$\left(\frac{195}{13}\right) \times 3 = 45, \text{ logo temos,}$$

$$\frac{65}{195} + \frac{78}{195} + \frac{45}{195} = \frac{65 + 78 + 45}{195} = \frac{188}{195}$$

Para a subtração vale a mesma regra, bastando apenas trocar o sinal de adição pelo de subtração.

$$\frac{5}{3} - \frac{2}{3} = \frac{5-2}{3} = \frac{3}{3},$$

como a fração resultante é uma fração aparente podemos fazer

$$\frac{3}{3} = 1.$$

**Multiplicação:**

Na multiplicação basta que multipliquemos numeradores por numeradores e denominadores por denominadores, como no exemplo a seguir:

$$\frac{2}{5} \times \frac{2}{4} = \frac{2 \times 2}{5 \times 4} = \frac{4}{20},$$

Neste caso podemos simplificar as frações, dividindo numeradores e denominadores por 2 até termos uma fração irredutível.

$$\frac{4:2}{20:2} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$$

### **Multiplicação com frações mistas:**

Na multiplicação com frações mistas temos primeiro que convertê-las em frações impróprias e depois em mistas novamente, assim temos o seguinte exemplo:

$$7\frac{3}{4} \times 2\frac{5}{8} = \frac{31}{4} \times \frac{21}{8} = \frac{651}{32} = 20\frac{11}{32}$$

### **Divisão:**

Na divisão de frações mistas temos primeiro que trocar o numerador pelo denominador e vice-versa em uma das frações e depois basta multiplicar normalmente, assim temos o seguinte exemplo:

$$\frac{2}{5} : \frac{3}{4} = \frac{2}{5} \times \frac{4}{3} = \frac{8}{15}$$

**APÊNDICE D - Lista de Exercícios****Exercícios de Frações:**

1. Classifique as frações a seguir em própria, imprópria, aparente ou mista.

A.  $\frac{5}{6}$

B.  $\frac{8}{3}$

C.  $3\frac{1}{2}$

D.  $\frac{8}{4}$

E.  $\frac{3}{2}$

F.  $\frac{2}{1}$

G.  $\frac{265}{32}$

H.  $4\frac{3}{7}$

I.  $\frac{5}{4}$

2. Resolva as seguintes operações:

A.  $\frac{3}{2} + \frac{7}{2}$

B.  $\frac{5}{6} + \frac{8}{3}$

C.  $\frac{3}{5} + \frac{2}{9} + \frac{3}{15}$

D.  $\frac{4}{7} - \frac{2}{3}$

E.  $\frac{9}{12}x\frac{5}{7}$

F.  $\frac{5}{4}x\frac{7}{18}x\frac{1}{8}$

G.  $2\frac{5}{9} + 3\frac{9}{15} + 7\frac{12}{3}$

H.  $\frac{8}{5} : \frac{3}{7}$

I.  $5\frac{2}{6} + 7\frac{12}{19} - 8\frac{11}{2}$

J.  $12\frac{8}{2} + \frac{7}{5}$

## ANEXO A – Relatório completo do ASES

Avaliador e Simulador de Acessibilidade de Sítios

# ASES

GOVERNO FEDERAL

### Relatório de Avaliação

## Página

Página: <https://fractus.herokuapp.com/>

Título: Fractus App

Tamanho: 1111 Bytes

Data/ Hora: 23/03/2022 19:36:31

## Nota e Resumo da Avaliação de Acessibilidade

Percentagem ASES  86.07%	Seção	Erros	Avisos
	Marcação	3	5
	Comportamento	0	0
	Conteúdo / Informação	0	0
	Apresentação / Design	1	0
	Multimídia	0	0
	Formulários	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

## Detalhes da Avaliação

### Marcação

#### Erro

Recomendações	Quantidade	Linhas do Código Fonte
1.3 - Utilizar corretamente os níveis de cabeçalho.	1	1
1.5 - Fornecer âncoras para ir direto a um bloco de conteúdo.	2	1, 1

#### Aviso

Recomendações	Quantidade	Linhas do Código Fonte
---------------	------------	------------------------

1.2 - Organizar o código HTML de forma lógica e semântica.	1	1
1.8 - Dividir as áreas de informação.	4	1, 1, 1, 1

**Apresentação / Design****Erro**

Recomendações	Quantidade	Linhas do Código Fonte
4.4 - Possibilitar que o elemento com foco seja visualmente evidente.	1	1