

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MATHEUS SOPPA GEREMIAS

O USO DE *GAME LEARNING ANALYTICS* EM SALAS DE
AULA SOB O PONTO DE VISTA DE PROFESSORES DO
ENSINO FUNDAMENTAL

CURITIBA PR

2025

MATHEUS SOPPA GEREMIAS

O USO DE *GAME LEARNING ANALYTICS* EM SALAS DE
AULA SOB O PONTO DE VISTA DE PROFESSORES DO
ENSINO FUNDAMENTAL

DISSERTAÇÃO APRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM INFORMÁTICA, NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA, SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: *CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO*.

ORIENTADORA: ISABELA GASPARINI.

COORIENTADOR: ELEANDRO MASCHIO.

CURITIBA PR

2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Geremias, Matheus Soppa

Produção de requeijão cremoso simbiótico. / Matheus Soppa Geremias. – Curitiba, 2025.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Informática.

Orientadora: Isabela Gasparini

Coorientador: Eleandro Maschio

1. Tecnologia Educacional. 2. Jogos digitais. 3. Análise de dados (Game Learning Analytics). I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Informática. III. Gasparini, Isabela. IV. Maschio, Eleandro. V. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação INFORMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **MATHEUS SOPPA GEREMIAS**, intitulada: **O uso de Game Learning Analytics em salas de aula sob o ponto de vista de professores do Ensino Fundamental**, sob orientação da Profa. Dra. ISABELA GASPARINI, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 29 de Abril de 2025.

Assinatura Eletrônica

02/05/2025 11:03:00.0

ISABELA GASPARINI

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

30/04/2025 10:17:26.0

ELAINE HARADA TEIXEIRA DE OLIVEIRA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS)

Assinatura Eletrônica

30/04/2025 13:48:17.0

PATRICIA AUGUSTIN JAKES MAILLARD

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

29/04/2025 23:34:25.0

ELEANDRO MASCHIO KRYNSKI

Coordenador(a) (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

“Você pode sonhar, criar, desenhar e construir o lugar mais maravilhoso do mundo. Mas é necessário ter pessoas para transformar seu sonho em realidade.” - Walt Disney

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à minha esposa, por me apoiar em todos os momentos e em todas as decisões, além de sempre me incentivar a ser uma pessoa melhor e acreditar no meu potencial.

A minha família, principalmente à minha mãe, por terem se esforçado de forma a disponibilizar uma base para meu crescimento, na qual pude me desenvolver e evoluir.

Agradeço também aos meus professores orientadores, que aceitaram me acompanhar em mais um projeto e me auxiliaram em diversos momentos. Espero que a nossa parceria continue resultando em ótimos frutos.

Expresso minha gratidão aos professores, supervisores e diretores das escolas que participaram do estudo de caso, bem como aos responsáveis e estudantes que aceitaram fazer parte da minha pesquisa. Sem vocês, este trabalho não teria sido possível, muito obrigado!

À UFPR, ao DInf e ao CNPq pelo apoio financeiro. E a todos que direta ou indiretamente estiveram comigo nessa trajetória.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX). Também agradeço o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através do processo 302959/2023-8 (DT2) e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) Nº 48/2022 - Apoio à Infraestrutura para Grupos de Pesquisa da UDESC TO nº2023TR000245.

RESUMO

Muitos Jogos Digitais Educacionais (JDE) funcionam como caixas-pretas, pois não permitem que professores acompanhem o progresso dos estudantes, apenas avaliando o desempenho dos jogadores com base na pontuação final obtida ou nos níveis concluídos. Uma forma de visualizar mais profundamente o comportamento dos estudantes é com o uso de *Game Learning Analytics* (GLA), que possibilita uma análise de suas ações em tempo real. Entretanto, existe pouca padronização nessa área, com a presença de apenas algumas ferramentas de GLA. Ainda, para que tais aplicações disponibilizem as funcionalidades demandadas, é necessário levar em consideração as percepções de *stakeholders* sobre a área. Assim, o presente trabalho teve como objetivo averiguar a compreensão de professores acerca de GLA, com base em seus contatos com um sistema que apresenta informações acerca da interação de estudantes com jogos, por meio da análise das respostas de questionários abertos e fechados. Para tal, primeiramente um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) foi realizado, a fim de entender como GLA tem sido aplicado em JDE. Então, com base no método de *Design* de Interação, os requisitos do sistema foram elencados, alternativas criadas, protótipos desenvolvidos e avaliados pela equipe à qual esse projeto faz parte, composta pelos professores orientadores, três graduandos e uma pesquisadora colaboradora. Ademais, foi proposta e implementada a arquitetura do sistema, cujo nome é LEVEL (*Ludic Environment to Visualize Educational Learning*). Após sua utilização na suíte de jogos do grupo, um estudo de caso foi realizado, para verificar se os professores conseguem acompanhar o progresso dos estudantes ao utilizar o LEVEL. Com base na análise dos dados obtidos, inferiu-se que o sistema auxiliou nesse contexto, devido a diversas respostas que indicaram essa percepção. Além disso, foi possível perceber que os professores conhecem alguns dos benefícios relacionados ao uso de GLA e estão dispostos a usar tais tecnologias em suas aulas. Aproveitou-se também essa oportunidade para realizar uma avaliação do sistema, com a aplicação dos questionários *System Usability Scale* e *Technology Acceptance Model*, os quais demonstraram de forma positiva a usabilidade e a aceitação do ponto de vista dos professores. Por fim, tendo em vista a análise dos dados produzidos pelos estudantes, foram verificadas algumas características dos jogos que serão pesquisadas mais aprofundadamente no futuro e que permitirão que funcionalidades adicionais sejam incluídas.

Palavras-chave: *Game Learning Analytics*, Jogos Digitais Educacionais, Tecnologia Educacional.

ABSTRACT

Many Educational Digital Games (EDG) function as black boxes, because they don't allow teachers to follow students' progress, only evaluating players' performance based on the final score obtained or the levels completed. One way to visualize students' behavior in more depth is using Game Learning Analytics (GLA), which allows real-time action analysis. However, there is little standardization in this area, with only a few existing GLA tools. Still, for applications to have the required features, it is necessary to consider the stakeholders' perceptions of the field. Thus, the present work aims to verify the comprehension of teachers about GLA, based on their contact with a system that shows information about the interaction between students and games, by an analysis of open and closed questionnaires' answers. To this end, a systematic literature mapping was first conducted to understand how GLA has been applied in EDG. Then, based on the Interaction Design method, the system's requirements were listed, alternatives were created, and prototypes were developed and evaluated by the team of which this project is part, with the two supervising teachers, three undergraduates, and a collaborating researcher. Furthermore, the system architecture was proposed and implemented, named LEVEL (Ludic Environment to Visualize Educational Learning). After using the system in the group's game suite, a case study was conducted, to check if the teacher was able to follow students' progression using the system. Based on the analysis of the gathered data, we inferred that the system helped in this context since many answers point to this perception. Besides, we also noticed that teachers know many benefits related to GLA, and are willing to use these technologies in their classes. We also utilized this opportunity to evaluate our system, with the System Usability Scale and Technology Acceptance Model questionnaires, which showed the usability and acceptance of the teachers in a positive way. At last, given the analysis of the data generated by the students, we verified some games' characteristics that will be further studied and that will make possible the inclusion of new features.

Keywords: Game Learning Analytics, Educational Digital Games, Educational Technology.

Lista de Figuras

2.1	Componentes do <i>Learning Analytics</i>	17
2.2	O processo de descoberta de conhecimento de <i>Game Analytics</i>	19
2.3	Diagrama de métricas de jogo com foco no jogador	20
2.4	Arquitetura conceitual de um sistema de GLA	21
3.1	Quantidade de artigos por ano	26
3.2	Quantidade de artigos por país	27
3.3	Quantidade de artigos por veículo de publicação	28
3.4	Recorte dos tipos de dados extraídos	29
3.5	Recorte das métricas analisadas	29
3.6	Análises realizadas	30
3.7	Métodos de visualização	30
3.8	Recorte das ferramentas utilizadas	31
3.9	Recorte dos algoritmos aplicados	31
4.1	<i>Dashboards</i> de análises gerais e individuais	34
4.2	Segunda fase do “Cadê minha pizza?” e os dados obtidos	34
4.3	Primeira fase do “Hello Food” e os dados obtidos	35
4.4	Opções de textuais e visuais de ações do jogo “First Aid Game”	36
4.5	Exemplo de fase do “Shadowspect”	38
4.6	<i>Dashboard</i> do “Shadowspect”	38
4.7	Arquitetura para a interoperabilidade de GLA	39
4.8	Os dois tipos de níveis do “Physics Playground”	40
4.9	Tela “My Backpack” do “Physics Playground”	40
5.1	Primeira fase do “Pensar e Lavar”	46
5.2	Segunda fase do “Pensar e Lavar”	46
5.3	Terceira fase do “Pensar e Lavar”	47
5.4	Primeira fase do “Pensar e Vestir”	48
5.5	Segunda fase do “Pensar e Vestir”	48
5.6	Modelo de entidade-relacionamento do “Pensar e Jogar”	49
5.7	Tela de escolha de jogo do “Pensar e Jogar”	50
5.8	Tela de tempos de jogo do “Pensar e Jogar”	51
6.1	Caso de uso do LEVEL	54
6.2	Arquitetura do LEVEL	55
6.3	Protótipo da tela de <i>dashboard</i> geral do LEVEL	56
6.4	Tela de configurações do LEVEL	57
6.5	Tela de visualização por sala do LEVEL	58

7.1	Estudo de caso – explicação da dinâmica	60
7.2	Estudo de caso – uso do sistema	61
7.3	Tipos de avaliações aplicadas	62
7.4	Ferramentas utilizadas	63
7.5	Gêneros de jogos aplicados	64
7.6	Nuvem de palavras da questão 1 – auxílio do sistema	65
7.7	Nuvem de palavras da questão 2 – utilização do sistema	65
7.8	Nuvem de palavras da questão 3 – diferença de jogos com GLA	66
7.9	Nuvem de palavras da questão 4 – métricas favoritas	66
7.10	Nuvem de palavras da questão 5 – influência das métricas	67
7.11	Nuvem de palavras da questão 6 – opinião geral	67
7.12	Utilidade percebida do LEVEL	69
7.13	Facilidade de uso percebida do LEVEL	70
7.14	Intenção de uso do LEVEL	70
7.15	Nuvem de palavras do diário de bordo	71
7.16	Quantidade de estudantes que completaram cada fase do PeL	72
7.17	Quantidades de acertos por fase do PeL	73
7.18	Quantidades de erros por fase do PeL	73
7.19	Quantidades de movimentos por fase do PeL	74
7.20	Tempos por fase do PeL	74
7.21	Quantidade de pedidos de ajuda por fase do PeL	75
7.22	Quantidade de fins de jogo por fase do PeL	75
7.23	Quantidade de estudantes que completaram cada fase do PeV	76
7.24	Quantidades de acertos por fase do PeV	77
7.25	Quantidades de erros por fase do PeV	77
7.26	Quantidades de movimentos por fase do PeV	78
7.27	Tempos por fase do PeV	79
7.28	Quantidade de pedidos de ajuda por fase do PeV	79
7.29	Quantidade de fins de jogo por fase do PeV	80

Lista de Tabelas

3.1	Frases de busca para cada mecanismo	24
4.1	Análise comparativa dos trabalhos relacionados	43
7.1	Frequência de categorias no questionário aberto	68
7.2	Análise descritiva do TAM	69
7.3	Frequência de categorias no diário de bordo	71

Lista de Acrônimos

AEE	Atendimento Educacional Especializado
API	Interface de Programação de Aplicações
AVD	Atividade de Vida Diária
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DI	Deficiência Intelectual / <i>Design</i> de Interação
DINF	Departamento de Informática
E	Critério de Exclusão
GA	<i>Game Analytics</i>
GDD	<i>Game Design Document</i>
GLA	<i>Game Learning Analytics</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
LA	<i>Learning Analytics</i>
LEVEL	<i>Ludic Environment to Visualize Educational Learning</i>
LMS	<i>Learning Management System</i>
I	Critério de Inclusão
IA	Inteligência Artificial
IHC	Interação Humano-Computador
JDE	Jogos Digitais Educacionais
MBA	Mecanismos de Busca Acadêmica
MSL	Mapeamento Sistemático da Literatura
PC	Pensamento Computacional
PeL	Pensar e Lavar
PeJ	Pensar e Jogar
PeV	Pensar e Vestir
PPGINF	Programa de Pós-Graduação em Informática
QP	Questão de Primária
SDA	<i>Sequential Data Analytics</i>
SQ	Subquestão
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
UFPR	Universidade Federal do Paraná
xAPI	<i>Experience Application Programming Interface</i>
xAPI-SG	<i>xAPI Profile for Serious Games</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1	Introdução	13
1.1	Objetivos	14
1.2	Metodologia	15
1.3	Estrutura do Trabalho	15
2	Análise de Dados Educacionais	16
2.1	<i>Learning Analytics</i>	16
2.2	<i>Game Analytics</i>	18
2.3	<i>Game Learning Analytics</i>	20
2.4	Considerações Finais do Capítulo	22
3	Mapeamento Sistemático da Literatura Sobre o Uso de <i>Game Learning Analytics</i> em Jogos Digitais Educacionais	23
3.1	Questões de Pesquisa	23
3.2	Mecanismos e Frase de Busca	24
3.3	Crerérios de Seleção	25
3.4	Dados Extraídos	25
3.5	Resultados e Discussões	26
3.6	Considerações Finais do Capítulo	31
4	Trabalhos Relacionados	33
4.1	GLBoard	33
4.2	Ferramentas do Grupo e-UCM	35
4.3	Shadowspect	37
4.4	Physics Playground	39
4.5	Considerações Finais do Capítulo	41
5	Pensar e Jogar	44
5.1	Pensar e Lavar	45
5.2	Pensar e Vestir	47
5.3	Desenvolvimento da Suíte	49
5.4	Considerações Finais do Capítulo	50
6	Criação do LEVEL	52
6.1	Requisitos do Sistema	52
6.2	Modelo Conceitual	54
6.3	Desenvolvimento do Sistema	55
6.4	Integração com o Pensar e Jogar	56
6.5	Considerações Finais do Capítulo	58

7	Estudo de Caso e Avaliação do LEVEL	59
7.1	Planejamento	59
7.2	Execução	60
7.3	Análise dos Questionários	62
7.3.1	Perfil dos Professores	62
7.3.2	Utilização de GLA	64
7.3.3	<i>System Usability Scale</i>	68
7.3.4	<i>Technology Acceptance Model</i>	68
7.4	Análise do Diário de Bordo	70
7.5	Análise das Interações com o PeJ	72
7.5.1	Pensar e Lavar	72
7.5.2	Pensar e Vestir	76
7.5.3	Correlações	80
7.6	Considerações Finais do capítulo	81
8	Conclusão	82
	Referências Bibliográficas	85
A	Classificações do Mapeamento Sistemático da Literatura	92
A.1	Tipos de Dados Extraídos	92
A.2	Fontes de Dados Externas	94
A.3	Métricas Manipuladas	96
A.4	Métricas Relacionadas ao Aprendizado	98
A.5	Análises Realizadas	100
A.6	Tipos de Visualizações	102
A.7	Ferramentas Utilizadas	104
A.8	Algoritmos Aplicados	106
A.9	Ferramentas para a Análise Estatística	108
A.10	Métodos Estatísticos	110
A.11	Métricas de Avaliação dos Métodos Estatísticos	112
B	Lista de Trabalhos do Mapeamento Sistemático da Literatura	114
C	Histórias de Usuário	117
D	Casos de Uso	120
E	Protótipos do LEVEL	129
F	Parecer do Comitê de Ética	133
G	Questionário Demográfico e de Acompanhamento	146
H	Questionário <i>System Usability Scale</i>	155
I	Questionário <i>Technology Acceptance Model</i>	159

Capítulo 1

Introdução

Nos últimos anos, *Game Analytics* (GA) têm recebido muita atenção do mercado de desenvolvimento e pesquisa de jogos, por conta de, entre outros fatores, seus benefícios relacionados ao processo de tomadas de decisões (El-Nasr et al., 2013; Drachen et al., 2018; Wallner e Drachen, 2023). GA é uma área que foca em coletar e analisar dados para auxiliar em decisões acerca do *design* e produção de jogos (Drachen et al., 2018).

Outro fator que pode estar relacionado ao aumento de interesse em GA é o crescente uso dos jogos. Nos Estados Unidos, mais de 55% da população joga videogames, assim como mais 70% das crianças e adolescentes da União Europeia (Freire et al., 2016). Já no Brasil, 73,9% da população relatam utilizar jogos digitais (Brasil, 2024). Esses dados incentivaram a aplicação de jogos em outras áreas, como na Educação (Freire et al., 2016).

Desde os primórdios da Educação, diversas teorias de aprendizagem já foram desenvolvidas, com diferentes metodologias a serem utilizadas nas salas de aula (Schunk, 2012). Com isso, existem múltiplas ferramentas que podem ser aplicadas nesse contexto, e uma delas são os jogos educacionais, que, segundo Prensky (2001), é uma das melhores formas de trabalhar com a geração de crianças do século XXI.

Seu uso relacionado à aprendizagem pode ser encontrado até mesmo em alguns dos jogos mais antigos existentes, com exemplos que incluem Polo, que ensinava habilidades de batalha (Reardon et al., 2022). Ainda, por conterem objetivos pedagógicos bem definidos, Jogos Digitais Educacionais (JDE) podem contribuir no ensino de conteúdos e já existem comprovações de sua efetividade em diversos campos, como matemática, física, engenharia, medicina, economia, história e literatura (Ángel Serrano-Laguna et al., 2017).

Porém, a aplicação de JDE apresenta algumas limitações, pois “jogos educacionais tradicionais e sistemas gamificados são caixas-pretas em que os professores não podem ver ou saber, além da pontuação final e níveis concluídos, como os estudantes desempenharam no processo de aprendizagem e progrediram para o objetivo educacional” (Tlili e Chang, 2019, tradução nossa). Mas, devido à sua natureza interativa, JDEs podem ser considerados uma boa fonte de dados para a utilização de *Learning Analytics* (LA) (Ángel Serrano-Laguna et al., 2017).

LA incorpora diversas técnicas para obter, armazenar, analisar e relatar dados com o propósito de aprimorar o aprendizado e a educação (G. e Kurni, 2021). E, ao possuir o mesmo objetivo de LA e utilizar as técnicas de GA, *Game Learning Analytics* (GLA) possibilita uma análise acerca do que está acontecendo enquanto um estudante interage com um JDE (Freire et al., 2016).

Dessa forma, GLA é a chave para a resolução dessa limitação, pois “pode providenciar uma visão analítica em exatamente quais aspectos dos jogos auxiliam ou não o processo de aprendizagem, em uma forma que outros métodos de pesquisa, como pré/pós testes de avaliação

do aprendizado, não conseguem” (Reardon et al., 2022, tradução nossa). Além disso, seu uso pode resultar na diminuição dos custos de desenvolvimento de jogos, melhorar o *design* dessas ferramentas, aumentar a taxa de retenção de estudantes e até mesmo prever o desempenho dos jogadores (Freire et al., 2016).

Contudo, GLA ainda é uma área recente e, por conta disso, não apresenta muitos padrões acerca de seu uso (Reardon et al., 2022; Alonso-Fernández et al., 2022). O advento de tal sistematização possui o potencial de facilitar a transferência de tecnologias entre jogos e também de abrir o caminho para a análise de dados de jogos integrados com fontes externas (Reardon et al., 2022).

Ademais, muitas vezes é necessário uma grande quantidade de dados para que a acurácia de um sistema seja alta, o que também possibilitaria outras formas de aprimorar o processo de aprendizagem. Porém, isso resultaria em mais um desafio da área (Tlili e Chang, 2019): a criação de uma arquitetura que suporte um grande volume de dados variados.

E, para o desenvolvimento de *software*, diversos métodos podem ser aplicados, sendo que alguns desses focam nos usuários e em suas ações para a determinação do que precisa ser implementado (Rogers et al., 2023). Dessa forma, a identificação de *stakeholders* de GLA, bem como suas percepções e interações com a área, também devem ser consideradas (Calvo-Morata et al., 2019), o que consiste em um tópico importante a ser explorado.

Na literatura, existem algumas ferramentas de GLA, como as criadas pela equipe de pesquisa e-UCM¹ e o trabalho de Silva et al. (2022), com o sistema GLBoard. Entretanto, lacunas foram apresentadas, como quanto a falta de sistemas que possam ser adaptáveis às necessidades de cada equipe de desenvolvimento e a consideração acerca de como os *stakeholders* utilizam de tais tecnologias.

1.1 Objetivos

Muitos JDE são considerados “caixas-pretas”, pois eles não dispõem de uma forma de acompanhar a progressão dos estudantes, principalmente um acompanhamento detalhado individualizado, que vá além do resultado final alcançado. Essa realidade pode ser alterada com o uso de GLA, que permite a análise de dados educacionais em tempo real. Ademais, um aspecto que deve ser considerado é se os professores realmente conseguem verificar o desempenho dos estudantes com base nas informações apresentadas, o que pode influenciar na utilização de tal sistema nas salas de aula.

Ainda, em vista do contexto do grupo de pesquisa ao qual este trabalho faz parte, que é responsável pelo desenvolvimento de uma suíte de jogos chamada Pensar e Jogar, um sistema de GLA poderia ser utilizado para a avaliação do Pensamento Computacional em crianças que estão interagindo com os jogos, um tópico de grande interesse nos últimos anos e que será explorado em trabalhos futuros do grupo (Montaño et al., 2019; Giannakoulas e Xinogalos, 2024).

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é averiguar as percepções de professores acerca de GLA, com base em seu contato com um sistema que apresente informações acerca da interação de estudantes com jogos. Essa percepção foi obtida por meio da análise das respostas de questionários abertos e fechados. Para isso, os seguintes objetivos específicos são propostos:

- Identificar e classificar as aplicações de *Game Learning Analytics* em Jogos Digitais Educacionais;

¹<https://www.e-ucm.es/>

- Desenvolver um sistema de *Game Learning Analytics*, que seja acoplável à suíte Pensar e Jogar;
- Realizar um experimento acerca de *Game Learning Analytics*, com professores e estudantes (público-alvo da suíte).

1.2 Metodologia

Quanto à natureza do trabalho, a presente pesquisa pode ser considerada uma pesquisa científica aplicada, pois visa gerar uma solução para um problema, que é o uso de GLA em JDE (Zanella, 2011). Mais especificamente, quanto aos seus objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória e experimental (Gil, 2008).

Consiste em uma pesquisa exploratória, pois resulta em uma visão geral do campo de GLA, por meio da revisão bibliográfica e do Mapeamento Sistemático da Literatura que foi realizado, de forma que os procedimentos utilizados são classificados como pesquisa bibliográfica (Gil, 2008). A parte experimental da pesquisa está relacionada ao estudo de caso realizado para entender mais do público-alvo e avaliar o sistema, de forma a validar o que foi desenvolvido (Zanella, 2011).

1.3 Estrutura do Trabalho

Este documento está dividido da seguinte maneira: a fundamentação teórica é apresentada no Capítulo 2, com os conceitos necessários para o entendimento do trabalho; no Capítulo 3, um Mapeamento Sistemático da Literatura sobre o uso de *Game Learning Analytics* é abordado, com a identificação das aplicações dessa área em JDE; o Capítulo 4 explora os trabalhos relacionados, com uma análise de alguns projetos que possuem relação com o sistema desenvolvido; no Capítulo 5 é descrito sobre a suíte Pensar e Jogar, com os dois jogos que já haviam sido criados anteriormente e sua união em um único projeto; já, no Capítulo 6, o sistema criado para auxiliar no cumprimento do objetivo do trabalho é exibido; e, no Capítulo 7, é percorrido acerca do estudo de caso realizado, bem como sobre os resultados alcançados; por fim, no Capítulo 8, abrangem-se as considerações finais do trabalho e sugestões de outros tópicos de pesquisa.

Capítulo 2

Análise de Dados Educacionais

Este capítulo apresenta os temas centrais envolvidos no trabalho. Primeiramente, a Seção 2.1 trata de *Learning Analytics*, com seus componentes e tipos de análises. Então, a Seção 2.2 aborda sobre *Game Analytics*, com foco em suas técnicas. Por fim, na Seção 2.3, é descrito sobre *Game Learning Analytics*, com detalhes quanto sua utilização.

2.1 *Learning Analytics*

Learning Analytics (LA) consiste na “medição, coleção, análise e relato de dados acerca de estudantes e seus contextos, com o propósito de entender e aprimorar o aprendizado e o ambiente em que ele ocorre” (Siemens e Long, 2011, tradução nossa). Uma outra definição é dada por Ifenthaler (2015) apud Ifenthaler e Gibson (2020), que determina esse conceito como:

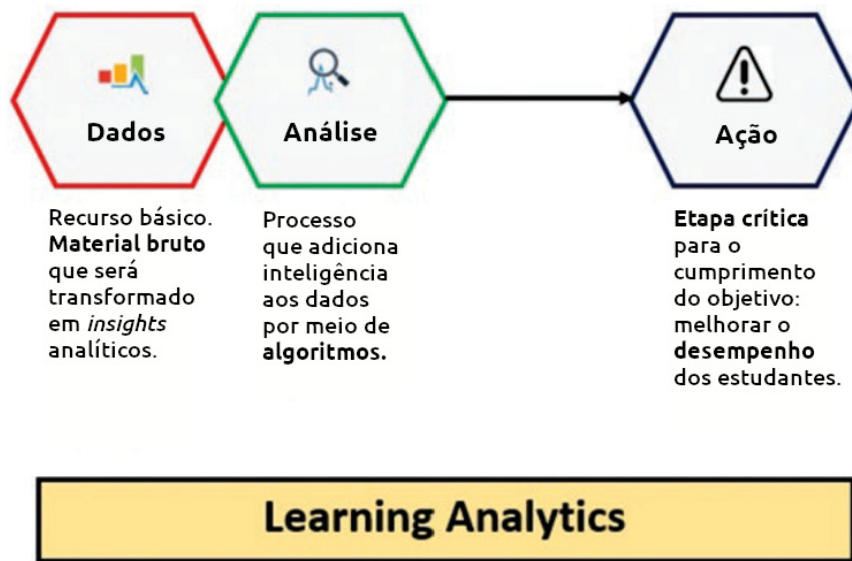
“o uso de informações estáticas e dinâmicas acerca dos estudantes e os ambientes de aprendizado, avaliando-as, extraindo-as e as analisando, para a modelagem, predição e otimização dos processos e ambientes de aprendizado em tempo real, bem como para a tomada de decisões educacionais” (tradução nossa).

Ainda, LA “engloba uma variedade de tecnologias educacionais de ponta, métodos, modelos, técnicas, algoritmos e melhores práticas que disponibilizam para todos os membros da comunidade de uma instituição uma janela para o que realmente acontece na trajetória de aprendizado de um estudante” (Larsson e White, 2014, tradução nossa). Para isso, essa área envolve os campos de *educational data mining* e *predictive modeling*, e é influenciada por diversas disciplinas, como treinamento, psicologia, linguística, ciência da computação e inteligência artificial (G. e Kurni, 2021).

Apesar de dados educacionais não serem algo novo, LA têm recebido mais atenção recentemente e se tornou um ponto focal essencial da educação superior (G. e Kurni, 2021). Uma explicação para o crescimento de pesquisas nessa área é a disponibilidade, escala e granularidade de dados educacionais provenientes de múltiplas fontes, além de métodos estatísticos que possam analisá-los e *hardware* que permita esse processo (G. e Kurni, 2021).

Como apresentado na Figura 2.1, LA pode ser dividida em três componentes: dados, que representam o material bruto coletado; análise, com o uso de algoritmos matemáticos e estatísticos para a geração de resultados; e ação, que consiste no uso dos resultados com o objetivo de intervir e modificar o comportamento de alguma forma (G. e Kurni, 2021).

Ainda, há quatro diferentes tipos de análises dentro de LA, que focam em diferentes questões acerca do processo de ensino-aprendizado dos alunos (G. e Kurni, 2021). A análise descritiva objetiva entender o que aconteceu, enquanto a análise diagnóstica explica o porquê

Figura 2.1: Componentes do *Learning Analytics*

Fonte: adaptado de G. e Kurni (2021)

de algo ter ocorrido. Já a análise preditiva visa prever um evento futuro, com uma precisão que depende da qualidade dos dados, o método aplicado e a estabilidade do contexto. Por fim, a análise prescritiva oferece soluções e recomendações sobre o que deve ser feito para um determinado fim.

Dessa forma, existe uma miríade de aplicações de LA na Educação, como os exemplos mais detalhados a seguir (G. e Kurni, 2021; Ifenthaler e Gibson, 2020; Sclater, 2017):

- **Aquisição de estudantes:** com a recomendação de cursos personalizada para cada estudante;
- **Visualização das atividades de aprendizado:** o que permite o instrutor acompanhar e auxiliar em tempo real o progresso dos estudantes;
- **Avaliação do aprendizado estudantil:** a análise em tempo real do comportamento do estudante permite uma avaliação dinâmica e a entrega constante de *feedback*;
- **Aprimoramento dos materiais e ferramentas de estudo:** com a identificação de potenciais deficiências nos materiais existentes;
- **Aprimoramento do currículo:** ao considerar a evolução dos estudantes, é possível alterar a estrutura do currículo;
- **Aprendizado individualizado:** com base na análise do histórico de cada aluno, é possível adaptar os serviços de acordo com suas diferenças e preferências;
- **Predição do desempenho estudantil:** que leva em conta informações como engajamento e desempenho e utiliza de modelos estatísticos para prever o desempenho futuro;
- **Retenção de estudantes:** com a identificação de estudantes que possuem uma predição de estarem em risco de desistirem ou falharem, o que permite intervenções preventivas.

Para o governo, tais análises oferecem percepções importantes que podem influenciar na criação de políticas educacionais (G. e Kurni, 2021). Já para as instituições, há a identificação de áreas que podem receber mais atenção e recursos (G. e Kurni, 2021). Os resultados obtidos também beneficiam os instrutores, que podem adaptar suas aulas de acordo com cada contexto (G. e Kurni, 2021). E quanto aos estudantes, por conta das recomendações e flexibilização do ensino, espera-se que haja uma melhora em seu desempenho (G. e Kurni, 2021).

Porém, também existem desafios que devem ser mais pesquisados, como as questões relacionadas à validade dos dados, os problemas éticos do uso dessas informações, os resultados inválidos e suas repercussões, o ensino aos *stakeholders* quanto ao uso dessas ferramentas, o período de resposta dessas análises e a falta de padrões acerca da obtenção dos dados (G. e Kurni, 2021).

2.2 *Game Analytics*

Game Analytics (GA) é uma aplicação da área de análise e pode ser considerado como o “processo de descoberta e comunicação de padrões em dados aplicados no desenvolvimento e pesquisa de jogos” (Drachen et al., 2018, tradução nossa). E, por conta de diversos fatores (e.g., a necessidade de obter mais dados acerca das escolhas e ações de jogadores), essa área se tornou um dos pilares do desenvolvimento de jogos (Drachen et al., 2018). Segundo El-Nasr et al. (2013), seu objetivo é “auxiliar nas tomadas de decisões, nos níveis operacionais, táticos e estratégicos, e dentro de todos os níveis de uma organização - *design*, arte, programação, *marketing*, pesquisa de usuário, etc”. Para isso, GA combina conhecimentos de diversas áreas, como estatística, mineração de dados, aprendizado de máquina, programação e visualização de dados (Drachen et al., 2018).

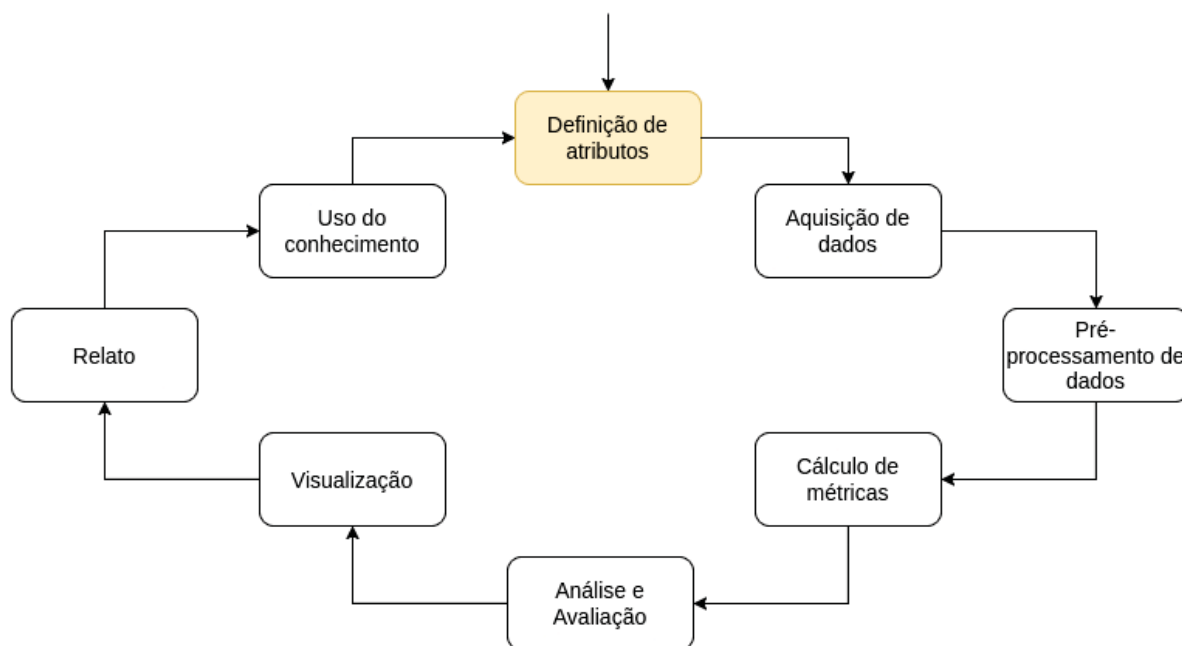
Essa combinação permite desvendar diferentes informações acerca do jogo, o que pode auxiliar no aprimoramento de uma determinada fase que os jogadores não conseguem passar, na busca por itens não utilizados, na correção de um desbalanceamento que pode afetar o desempenho dos jogadores ou na modificação de outro comportamento não desejado (Drachen et al., 2018).

Ainda, o processo de GA é cíclico e iterativo (Drachen et al., 2018). Como pode ser observado na Figura 2.2, a descoberta de conhecimento se inicia com a definição dos objetivos, fase em que é definido o objetivo e os requisitos da análise, bem como quais dados são relevantes para esse contexto (Drachen et al., 2018). Então, os dados devem ser obtidos e depois preparados, o que geralmente ocorre de maneira contínua e pode envolver o pré-processamento das informações (Drachen et al., 2018). A fase seguinte é a seleção e aplicação de um ou mais modelos estatísticos, que geram resultados que precisam ser avaliados conforme o objetivo proposto inicialmente (Drachen et al., 2018). Esses resultados são transformados para formas visuais, o que facilita na comunicação com *stakeholders* sem conhecimentos técnicos, que podem decidir em ajustes no jogo de acordo com a informação recebida (Drachen et al., 2018).

Para tal propósito, existem diversos tipos de dados que podem ser utilizados, como com o uso da telemetria, que é um termo que denota qualquer tipo de fonte de dados obtida à distância (El-Nasr et al., 2013). Geralmente, essa transmissão é realizada automaticamente pelo jogo, que envia as ações dos jogadores para um servidor ao longo da interação, mas também há casos que a análise é feita com base em *logs* do jogo (Geremias et al., 2024b).

Com base nas informações recebidas, os atributos de objetos são mensurados, como no caso da movimentação de um personagem em um mapa, em que a localização (i.e., atributo) do jogador (i.e., objeto) pode ser rastreada ao longo da interação (El-Nasr et al., 2013). Mas, para mensurar esses atributos, é necessário que eles sejam operacionalizáveis, o que significa que

Figura 2.2: O processo de descoberta de conhecimento de *Game Analytics*



Fonte: adaptado de Drachen et al. (2018)

deve ser decidido uma forma de expressar sua informação e a transformar em uma variável ou funcionalidade, com um domínio específico (i.e., quais seus possíveis valores; El-Nasr et al., 2013).

Após essa transformação, esses valores são chamados de métricas de jogo, que consistem em medidas interpretáveis que podem auxiliar na tomada de decisões (El-Nasr et al., 2013). O mesmo autor define esse conceito como “uma medida quantitativa de um ou mais atributos de um ou mais objetos que operam no contexto de jogos” (tradução nossa). Um exemplo de uma métrica em um jogo do tipo *quiz* é a “quantidade de acertos”, que pode ser combinada com as variáveis “ID do jogador” e “tempo da sessão” para compor a métrica “quantidade de acertos por minuto”.

Essas métricas podem ser classificadas em três tipos: de usuário, que exploram tanto o lado comercial (e.g., quantidade diária de usuários ativos) quanto o do jogador em si (i.e., seu comportamento dentro do jogo); de desempenho, que são mais voltadas à infraestrutura tecnológica do jogo e observam o quão bem o jogador consegue utilizar o que foi desenvolvido; e do processo, relacionadas ao processo de desenvolvimento do jogo, com o objetivo de monitorar e medir seu progresso (El-Nasr et al., 2013). Segundo o mesmo autor, dentro das métricas de usuário, foco do presente trabalho, há também uma subdivisão, entre clientes, comunidade e *gameplay*, como apresentado na Figura 2.3.

O primeiro grupo consiste nos usuários que podem interagir de alguma forma com o jogo. Seja isso pelo ato de baixá-lo, suas ações realizadas e até mesmo o contato com o suporte da empresa, e, ao combinar diversas informações obtidas, é possível descobrir percepções importantes a respeito da base de usuários (El-Nasr et al., 2013).

Já métricas de comunidade monitoram e analisam as interações entre jogadores, seja dentro do jogo, como por meio do *chat*, ou fora dele, como em fóruns (El-Nasr et al., 2013). Um exemplo de seu uso é na identificação de jogadores que são influentes na comunidade, por meio

Figura 2.3: Diagrama de métricas de jogo com foco no jogador



Fonte: adaptado de El-Nasr et al. (2013)

da análise de redes sociais, o que pode ser necessário para a criação de um bom ambiente social (El-Nasr et al., 2013).

Por fim, métricas de *gameplay* medem o comportamento do jogador, o que as tornam muito úteis em *game user research*. Podem ser categorizadas em métricas de jogo (i.e., todas as ações realizadas pelo jogador), interface (e.g., uso das configurações do jogo) e sistema (i.e., as ações que o jogo realiza em resposta ao jogador) (El-Nasr et al., 2013).

2.3 Game Learning Analytics

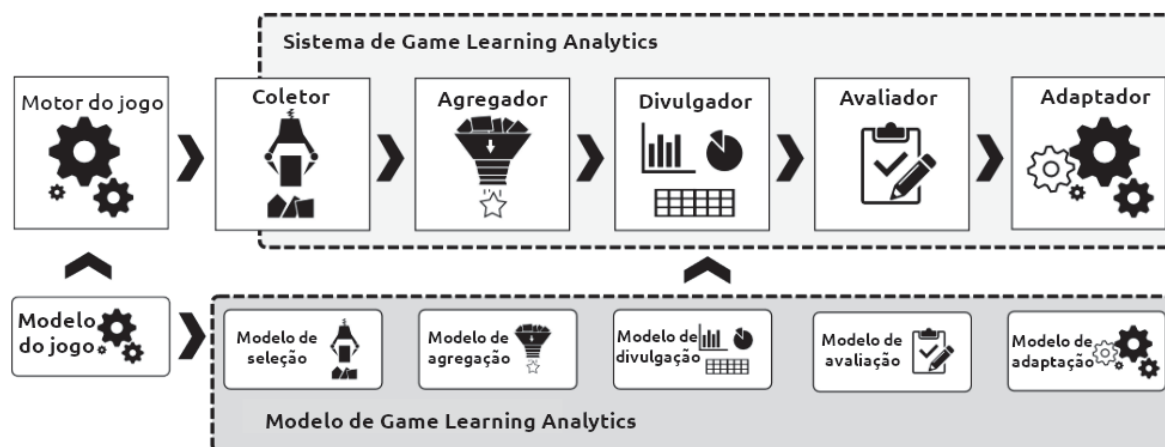
Segundo Reardon et al. (2022), *Game Learning Analytics* (GLA) consiste em uma ferramenta chave para as atividades de *design* e avaliação de JDE. GLA envolve a coleta, análise e visualização das interações de jogadores com jogos sérios, de forma a combinar os objetivos educacionais de LA com as ferramentas e tecnologias de GA (Freire et al., 2016).

Ou seja, enquanto GA possui como foco o aumento do engajamento e a manutenção do jogador em estado de fluxo e LA procura analisar e medir o aprendizado dos jogadores (Ángel Serrano-Laguna et al., 2017), GLA junta esses dois campos para “desenvolver um entendimento profundo sobre como os jogos digitais realmente afetam o processo de aprendizado, quais habilidades e técnicas os jogos podem fornecer e de qual maneira eles podem ser combinados com as preferências dos estudantes” (Freire et al., 2016, tradução nossa).

Para isso, um sistema de GLA deve contar com diversos artefatos, como (Freire et al., 2016): instrumentalização, que representam os componentes necessários para o jogo guardar as informações relativas às interações do jogador; coleta e armazenamento, que recebem os dados enviados, organiza-os e os guardam; análise em tempo real, que contam com análises simples (e.g., quantidade de jogadores *online*) e permitem um instrutor a intervir de forma a maximizar a efetividade do aprendizado; análise agregada, que realiza análises mais complexas e em lotes; *key performance indicators* (KPI), como notas, porcentagem de completude e efetividade educacional; e um *dashboard* de análises, que contenha uma visão geral acerca dos indicadores chave e que possam ser configuráveis de acordo com as necessidades de cada usuário.

Com base nesses requisitos, a Figura 2.4 apresenta uma arquitetura conceitual de tal sistema, que conta com um coletor, que obtém os dados provenientes do jogo, um agregador, que ordena e agrega as informações que são passadas para os módulos de visualização e o de avaliação, e, por fim, um adaptador, que utiliza dos resultados da avaliação para enviar instruções para o jogo se adaptar ao jogador.

Figura 2.4: Arquitetura conceitual de um sistema de GLA



Fonte: adaptado de Freire et al. (2016)

Dessa forma, há dois principais cenários de uso de GLA (Freire et al., 2016; Perez-Colado et al., 2018): baseado na coleta, análise e apresentação em tempo real, que permite ao instrutor verificar o nível de entendimento geral da sala, auxiliar estudantes que estejam com dificuldades e disponibilizar novas atividades a aqueles com facilidade; e de forma assíncrona, que podem gerar novas avaliações e/ou revelar mais detalhes sobre como os estudantes interagiram com o jogo durante um determinado tempo.

Porém, por ser uma área relativamente nova (Reardon et al., 2022), existem certos desafios técnicos quanto ao seu uso, como Freire et al. (2016) descreve: a infraestrutura do sistema, que deve ser robusta e escalável; o custo decorrente da manutenção de tal infraestrutura; e a questão ética relacionada à coleta, armazenamento e uso desses dados, que devem cumprir com a legislação de cada local e que envolvem riscos de segurança, privacidade e anonimização.

Além disso, os trabalhos já realizados também apresentaram uma questão que, apesar de existirem algumas iniciativas, ainda precisa ser melhor desenvolvida (Freire et al., 2016; Perez-Colado et al., 2018; Alonso-Fernandez et al., 2017; Reardon et al., 2022; Alonso-Fernández et al., 2019; Ángel Serrano-Laguna et al., 2017; Alonso-Fernández et al., 2022): a criação de um sistema completo de GLA, aberto, escalável, adaptável às necessidades de cada contexto

e que siga um padrão de comunicação entre jogos e os módulos de análise, o que possibilita a reprodutibilidade de resultados e a adição de novas formas de análises.

2.4 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo foi apresentado o referencial teórico necessário para a criação de um sistema de GLA que possa ser utilizado por JDEs de forma a auxiliar no aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem de diversos estudantes. Verificaram-se as aplicações de LA, as técnicas de GA e como GLA une essas duas áreas.

Ainda, evidenciou-se também a demanda por um sistema customizável e escalável de GLA, o que poderia tornar jogos existentes em ferramentas ainda melhores para serem aplicadas em salas de aula. Esse fato incentivou algumas características do sistema desenvolvido para o cumprimento do objetivo do trabalho.

Capítulo 3

Mapeamento Sistemático da Literatura Sobre o Uso de *Game Learning Analytics* em Jogos Digitais Educacionais

A área de GLA possui diversas aplicações e pode auxiliar no aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem de um JDE. Motivados por evidências quanto à falta de classificação na área de GA, Su et al. (2021) apresentaram um MSL para identificar como GA tem sido aplicado na indústria de jogos nos últimos anos, o que resultou na classificação de acordo com esse foco, em: jogadores, desenvolvimento, publicação, distribuição, predição e visualização de dados.

Alonso-Fernández et al. (2019) realizaram um MSL para verificar as aplicações de técnicas de ciência de dados na análise de dados provenientes de JDE, com a visualização como a técnica mais utilizada, além de algoritmos supervisionados e não supervisionados. E Moon e Liu (2019) focaram no uso de *sequential data analytics* (SDA) em pesquisas com jogos sérios, com as maiores aplicações sendo capturar o contexto do aprendizado, coletar dados para previsões futuras e disponibilizar de experiências personalizadas de aprendizagem.

Porém, nenhum desses trabalhos aborda o uso de GLA de forma abrangente, pois eles possuem um escopo menor de pesquisa. Com base nessa lacuna, o presente trabalho objetivou a realização de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) com a finalidade de identificar como GLA tem sido aplicado em JDE. Um MSL “é feito para providenciar uma visão geral ampla de uma área de pesquisa, para estabelecer se evidências de pesquisa existem sobre um tópico e providenciar um indicativo da quantidade dessa evidência” (Kitchenham e Charters, 2007, tradução nossa).

Como metodologia, o MSL desenvolvido seguiu o processo descrito por Kitchenham e Charters (2007), com os seguintes passos que serão mais detalhados a seguir: definição das questões de pesquisa, que levam ao cumprimento do objetivo do mapeamento; condução da pesquisa, com base em uma frase de busca aplicada nos mecanismos escolhidos; seleção dos artigos, com a aplicação de critérios de inclusão e exclusão; extração de dados que auxiliem a responder as questões de pesquisa; e síntese de dados, com a criação de classificações.

3.1 Questões de Pesquisa

Com base no objetivo do MSL, centrou-se na seguinte questão primária de pesquisa (QP): “Como o processo de *Game Learning Analytics* têm sido aplicado em Jogos Digitais Educacionais?”. Mais especificamente, as subquestões (SQ) que deverão ser respondidas são:

- SQ1: Quais os elementos utilizados para obter os dados dentro do jogo?
- SQ2: Quais são os tipos de dados que podem ser obtidos?
- SQ3: Quais outras fontes de dados são consideradas?
- SQ4: Quais as métricas manipuladas?
- SQ5: Quais métricas possuem relação com o aprendizado do jogador?
- SQ6: Como as informações obtidas têm sido usadas?
- SQ7: Como os resultados das análises realizadas são apresentados?
- SQ8: Quais são os *stakeholders* para quem os resultados são voltados?
- SQ9: Quais ferramentas são empregadas?
- SQ10: Quais algoritmos são aplicados?

3.2 Mecanismos e Frase de Busca

Os mecanismos de busca acadêmica (MBA) foram escolhidos com base em Buchinger et al. (2014) e na proximidade com a área de informática na educação. Assim, optou-se pelas seguintes plataformas: ACM Digital Library, ERIC, IEEEExplore, Scopus.

E um dos processos mais utilizados para definir a frase de busca é o PICO(C), que identifica a população (P), a intervenção (I), a comparação (C), o resultado esperado (O) e o contexto (C; Kitchenham e Charters, 2007). Com base nesse método, e para que os resultados se enquadrassem com a temática do trabalho, a frase de busca passou por vários refinamentos até chegar em sua versão final: **(“student” OR “user”) AND ((“learning” OR “serious” OR “educational”) AND (“game” OR “digital game”)) AND “game learning analytics”**.

Ainda, foram realizadas adaptações para os mecanismos IEEEExplore e Scopus, para adequar às suas devidas funcionalidades, como apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Frases de busca para cada mecanismo

Mecanismo de busca	Frase de busca
IEEEExplore	(“Full Text & Metadata”:“student” OR “Full Text & Metadata”:“user”) AND ((“Full Text & Metadata”:“learning” OR “Full Text & Metadata”:“serious” OR “Full Text & Metadata”:“educational”) AND (“Full Text & Metadata”:“game” OR “Full Text & Metadata”:“digital game”)) AND “Full Text & Metadata”:“game learning analytics”
Scopus	ALL((“student” OR “user”) AND ((“learning” OR “serious” OR “educational”) AND (“game” OR “digital game”)) AND “game learning analytics”)

Fonte: Autoria própria.

3.3 Critérios de Seleção

Para tornar que os artigos analisados fossem mais alinhados com o objetivo do MSL, os seguintes critérios de inclusão (I) e de exclusão (E) foram escolhidos:

- I1: Artigos cujo tema central é GLA;
- E1: O artigo não está escrito em português ou inglês;
- E2: O artigo não possui livre acesso, seja de forma gratuita ou por meio do portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);
- E3: O artigo tem menos de quatro páginas (artigo curto);
- E4: O artigo não é primário;
- E5: O artigo é duplicado (com base no DOI);
- E6: O projeto não foi aplicado ou avaliado;
- E7: O projeto não analisa dados provenientes de um jogo.

Destaca-se que outros cinco pesquisadores aceitaram o convite para participar do mapeamento, uma mestra e quatro graduandos, o que pode levar na diminuição de vieses pessoais. Tal participação influenciou nas subquestões de pesquisa e na definição dos critérios de inclusão e exclusão, além de ter sido mais significativa nessa etapa de seleção.

Cada artigo foi analisado por pelo menos dois pesquisadores desse grupo, que chegaram em um consenso quanto ao resultado da seleção, e a utilização desses critérios ocorreu em duas rodadas, que funcionaram como filtros. Na primeira rodada, levou-se em conta título, resumo e palavras-chave de cada artigo. Já na segunda rodada, o artigo foi integralmente lido. A decisão de cada uma das etapas de seleção podem ser acessadas através do seguinte *link*¹.

3.4 Dados Extraídos

Para a extração de dados, que contou com a participação de um pesquisador, utilizou-se de uma planilha com diversas colunas para a categorização das informações obtidas a partir dos artigos. Os itens contidos na planilha² são: ID do artigo (um número para identificar o artigo posteriormente); nome do artigo; ano de publicação; veículo de publicação; país de publicação; país de origem; nome do projeto; contexto do projeto; recurso educacional utilizado; público-alvo do jogo; análise do público-alvo; idade do público-alvo do jogo; tema do jogo; ferramenta de criação do jogo; plataforma em que foi aplicado; método de avaliação; *stakeholders* relacionados ao projeto; elementos de obtenção de dados; informações salvas; como os dados foram salvos; métricas utilizadas; métricas relacionadas à aprendizagem; métricas relacionadas à eficácia do jogo; dados utilizados na adaptação de dificuldade do jogo; análises realizadas; métodos de visualização utilizados; ferramenta criada / utilizada para o GLA; algoritmos utilizados; métricas de avaliação do algoritmo; programa / biblioteca utilizada na análise estatística; métodos estatísticos utilizados; e outras fontes de dados fora do jogo.

¹<https://bit.ly/43wneDn>

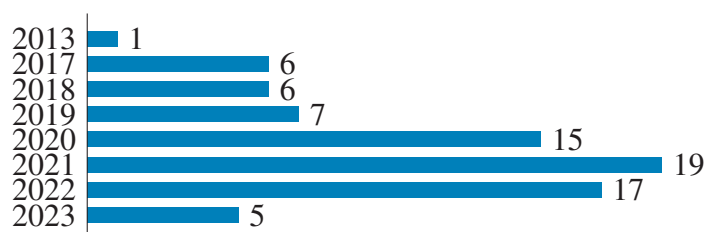
²<https://bit.ly/3IVKq4g>

3.5 Resultados e Discussões

A pesquisa, executada no mês de setembro de 2023, resultou em 348 artigos ao total. Desse total de artigos, apenas 76 foram aceitos nas duas rodadas (vide Apêndice B) e, mediante a análise desses, classificações foram criadas e podem ser visualizadas *online*³ e também no Apêndice A, com o adendo em cada item referente à frequência encontrada nos artigos e, nas métricas, com mais informações acerca de como elas podem ser definidas. Ainda, tendo em vista o tamanho das imagens com as classificações, as figuras apresentadas nessa seção representam apenas um recorte da original, de forma a evidenciar as características comentadas.

Quanto aos dados da publicação, a Figura 3.1 apresenta a quantidade de publicações por ano, em que é possível verificar como o tema é recente e promissor, com um aumento de interesse do tópico ao longo dos anos, com maior pico em 2021 que contou com um total de dezenove artigos (25%). E a Figura 3.2 retrata os países de origem dos estudos, calculados com base na nacionalidade dos autores, de forma a ser possível notar que existem alguns locais com mais artigos sobre o assunto – como a Espanha com 25 artigos e os Estados Unidos com 21 artigos. Além disso, também foram analisados os veículos de publicações, vide Figura 3.3, com o *journal* IEEE Access como o mais utilizado, em 6 artigos (7,89%).

Figura 3.1: Quantidade de artigos por ano



Fonte: autoria própria

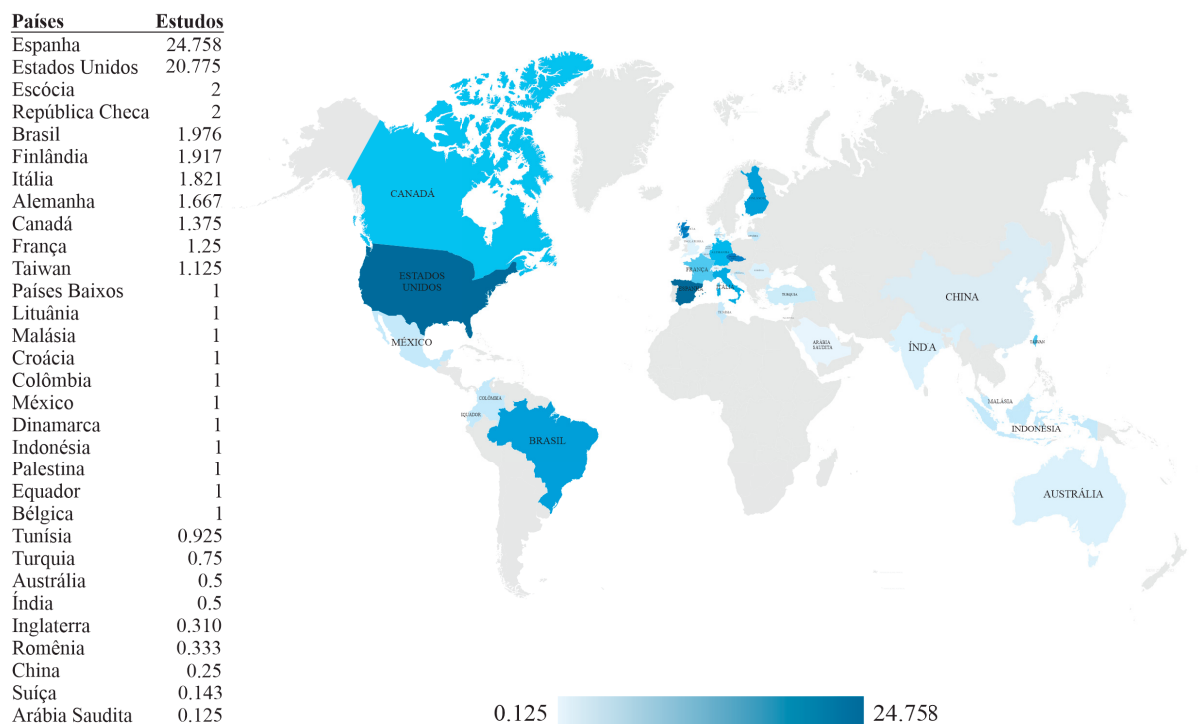
Já quanto às questões de pesquisa, entre as formas de extração de dados provenientes dos jogos (**SQ1**), encontraram-se as seguintes maneiras: onze artigos (14,47%) fizeram uso do *tracker* desenvolvido pelo grupo de pesquisa e-UCM; cinco artigos (6,58%) utilizam de *trackers* que não foram especificados; um artigo (1,32%) utiliza o *tracker* da plataforma Escapp, aplicação que permite professores a construírem *escape rooms* educacionais; e 59 artigos (77,63%) não informaram como os dados foram obtidos.

Tais dados podem ser salvos de diversas maneiras, mas se notou que o armazenamento local tem maior preferência, com *logs* em arquivos locais a forma mais utilizada – 23 artigos (30,26%) –, seguida do banco de dados PostgreSQL – seis artigos (7,89%). E, por conta disso, em tais projetos não é possível acompanhar o progresso dos estudantes em tempo real, pois é necessário enviar essas informações posteriormente, como no caso de Yohannis et al. (2020).

Ainda, esses dados podem ser classificados em (**SQ2**): atômicos, que podem ser alterados unitariamente (e.g., o identificador de cada usuário); e compostos, que são mais complexos e podem depender de mais uma informação (e.g., as ações realizadas). A Figura 3.4 apresenta um recorte dessa classificação – criado devido ao tamanho original –, com um agrupamento geral, seguido da natureza do dado e então pela informação em si, com um número indicando a quantidade de vezes que tal dado foi encontrado (i.e., a quantidade de acertos está presente em 17 estudos). Destaca-se também que o identificador de cada usuário foi o dado mais salvo, encontrado em 39 artigos (52,32%), seguido pelas ações realizadas – 32 artigos (42,11%) –

³<https://bit.ly/3DNx0IR>

Figura 3.2: Quantidade de artigos por país



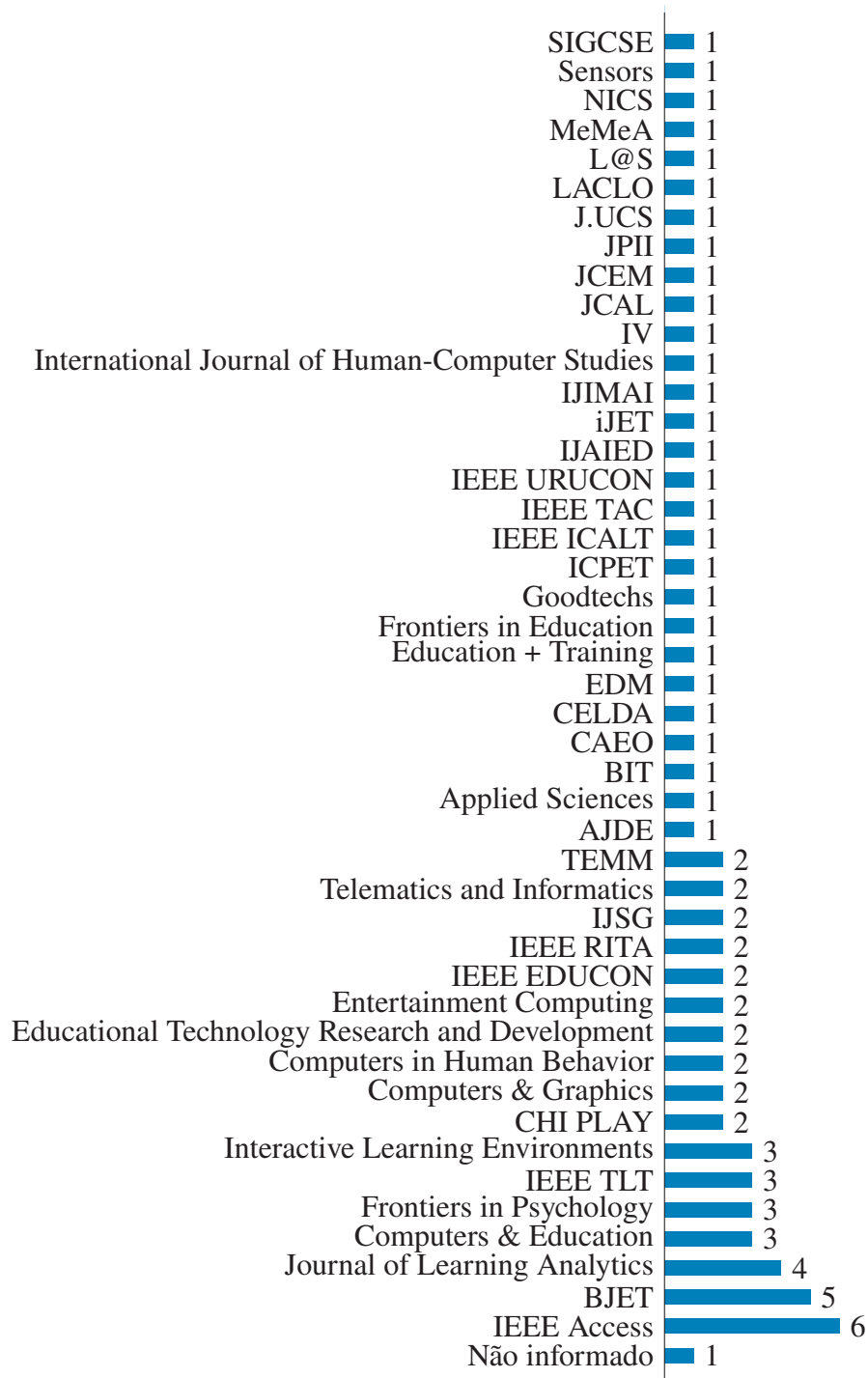
Fonte: autoria própria

e os *timestamps* dessas ações – 26 artigos (34,21%). Ao juntar essas três informações, é possível traçar o comportamento de um jogador dentro do jogo, o que permite averiguar sua progressão, como apresentado em Burská et al. (2021).

E, acerca dos dados obtidos de forma externa aos jogos (**SQ3**), estes foram divididos entre dados conscientes, no qual o estudante sabe das informações que ele está produzindo (e.g., questionários), e inconscientes, caso ele não saiba (e.g., dados fisiológicos). Nesse primeiro grupo, os mais utilizados foram os questionários, presentes em 29 artigos (38,16%), enquanto o *eye-tracking* foi o mais encontrado entre os dados inconscientes, em 5 artigos (6,58%). Mais especificamente, entre os questionários identificados, encontram-se os demográficos, de usabilidade e o *Technology Acceptance Model*, e uma possível explicação para sua predominância é seu uso na comparação com o que foi determinado apenas com os dados provenientes dos jogos, como ocorrem em Yu et al. (2022), Cristina Alonso-Fernández e Fernández-Manjón (2023) e Sonsoles López-Pernas e Barra (2023).

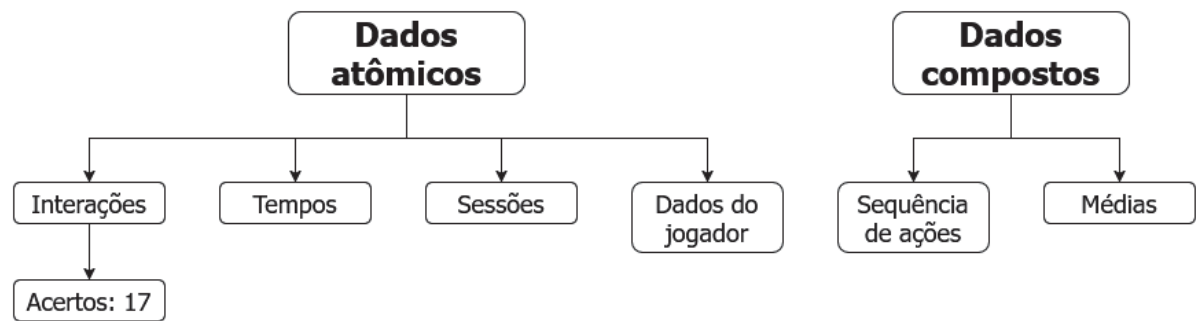
As métricas analisadas (**SQ4**) foram classificadas conforme a origem das informações, nos seguintes grupos: métricas de fases, que consideram apenas uma única fase do jogo (e.g., a quantidade de usos de um objeto); métricas do jogo, relativas à aplicação inteira (e.g., tempo total jogado); e outros, que dependem de diversos fatores (e.g., quantidade de conexões entre os nodos de um grafo de estrutura social). A Figura 3.5 apresenta um recorte dessa classificação, que seguiu o padrão utilizado anteriormente, a princípio com a origem dos dados, seguido por um agrupamento geral, natureza da informação e o dado em si, com sua frequência. Ainda, um detalhe que chamou a atenção foi a existência de poucas métricas criadas a partir dos dados salvos, pois a grande maioria dessas métricas apenas analisava as informações brutas, sem a junção de diferentes dados para compor algo novo, o que pode ser algo interessante de ser pesquisado no futuro.

Figura 3.3: Quantidade de artigos por veículo de publicação



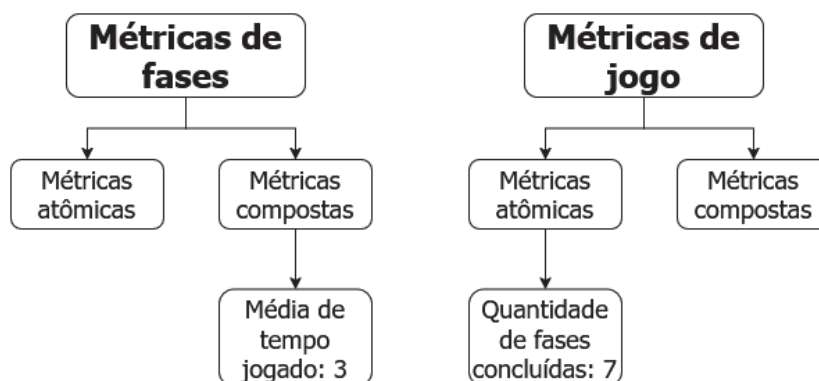
Fonte: autoria própria

Figura 3.4: Recorte dos tipos de dados extraídos



Fonte: autoria própria

Figura 3.5: Recorte das métricas analisadas

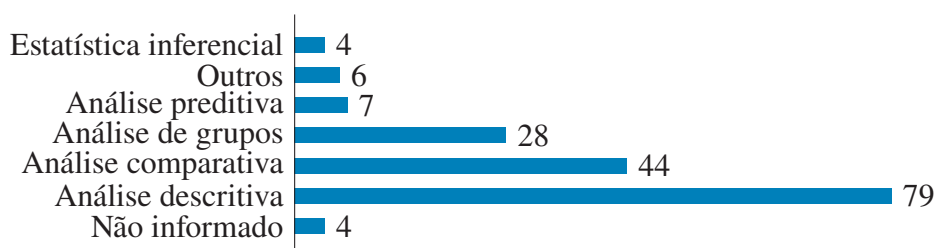


Fonte: autoria própria

Já mais especificamente quanto às métricas relacionadas à aprendizagem (**SQ5**), elas foram classificadas em atômicas, compostas e outras, com a quantidade de cliques (10,53%) e a pontuação final (9,21%) as mais utilizadas. Novamente, não foram encontradas métricas compostas (i.e., métricas que juntam mais de uma informação salva), mas alguns exemplos incluem o cálculo da maestria, como com o algoritmo Elo, explorado em Ruipérez-Valiente et al. (2023a), e a sequência de ações, que pode ser utilizada para definir a competência de um jogador, como em Huy Nguyen e McLaren (2020).

A partir dessas métricas, diversas análises podem ser realizadas (**SQ6**) e elas foram classificadas como apresentadas na Figura 3.6. Dentro de cada categoria, diferentes análises existem, como a análise descritiva genérica (e.g., medidas de tendência central e de dispersão), encontrada em 63 artigos (82,89%), seguida de correlação, dentro de análise comparativa, com 28 artigos (36,84%), e clusterização, dentro de análise de grupos, presente em quinze artigos (19,74%). Mas houve também propostas inovadoras, como Sonsoles López-Pernas e Barra, que utiliza de sequências SPELL para apresentar o progresso dos jogadores aos professores, e Alexandru Capatina e Hoareau (2018), que utiliza de uma comparação qualitativa de conjuntos *fuzzy* para explorar a influência de certas variáveis no *ranking* de um jogo sério.

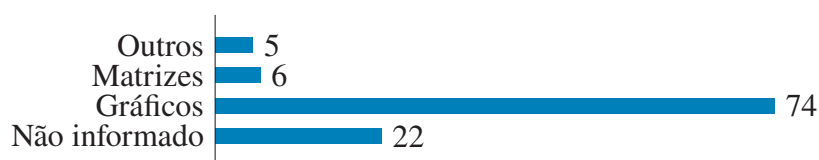
Figura 3.6: Análises realizadas



Fonte: autoria própria

E, para visualizar o resultado dessas análises (**SQ7**), são utilizados gráficos, matrizes e outras formas, com o primeiro método consistindo no mais encontrado, como ilustrado na Figura 3.7. Ainda, dentro dos gráficos, os mais utilizados foram os de linha e de barra simples, presentes em vinte (26,32%) e dezenove artigos (25%), respectivamente. Com isso, percebe-se que há uma relação entre a quantidade de métodos de visualizações simples e as análises mais realizadas.

Figura 3.7: Métodos de visualização



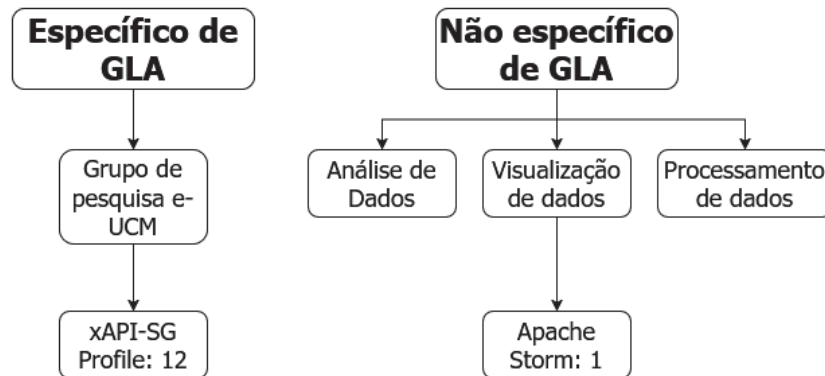
Fonte: autoria própria

Sobre os *stakeholders* de GLA (**SQ8**), esses podem ser classificados com base na forma proposta por Wagner Mainardes et al. (2012), como a seguir: *stakeholder* controlador, que consiste em desenvolvedores, *game developers* e *game designers*; *stakeholder* parceiro, composto por professores, pesquisadores, educadores e instrutores; e o *stakeholder* dependente, com os jogadores e estudantes.

As ferramentas utilizadas para auxiliar em todo o processo (**SQ9**) foram divididas entre as voltadas para GLA, com apenas a existência das aplicações do grupo de pesquisa e-UCM, e as

não voltadas para esse nicho, divididas de acordo com o campo de aplicação, como o recorte apresentado na Figura 3.8.

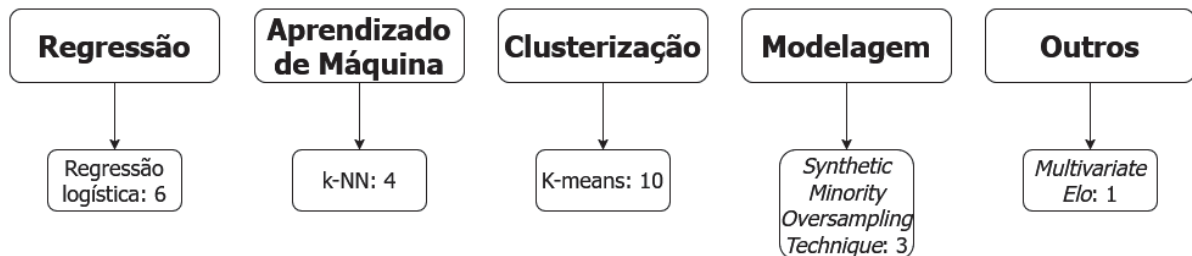
Figura 3.8: Recorte das ferramentas utilizadas



Fonte: autoria própria

E, quanto aos algoritmos aplicados na análise de dados (**SQ10**), estes foram classificados de acordo com sua utilidade em: algoritmos de regressão, *machine learning*, clusterização, modelagem e outros. A Figura 3.9 ilustra um recorte dessa classificação, com os algoritmos mais encontrados de cada grupo. Além disso, encontrou-se as métricas utilizadas para a avaliação de tais algoritmos, separados em: *machine learning*, estatística, modelagem e outros.

Figura 3.9: Recorte dos algoritmos aplicados



Fonte: autoria própria

Também foram verificadas as ferramentas específicas para os cálculos estatísticos, divididas em programas (e.g., SPSS) e linguagens de programação (e.g., Python). E, quanto aos métodos estatísticos empregados, estes foram divididos em testes paramétricos (e.g., Correlação de Pearson), não-paramétricos (e.g., Teste do Qui-Quadrado) e outros (e.g., Coeficiente Kappa).

Por fim, uma limitação deste trabalho é o envolvimento de apenas um pesquisador na etapa de extração de dados, o que pode ocasionar a presença de um viés pessoal, bem como os mecanismos de busca escolhidos e a frase definida, que também podem influenciar nos artigos que foram obtidos.

3.6 Considerações Finais do Capítulo

O objetivo deste estudo foi identificar na literatura, por meio de um MSL, artigos que apresentem usos de GLA em JDE. Com base nos 76 artigos analisados, percebeu-se que não

existem muitas formas de obter dados dos jogos e que a maioria dos artigos utiliza do *tracker* desenvolvido pelo grupo de pesquisa e-UCM (SQ1). O identificador do usuário e as ações realizadas por ele são as informações mais extraídas (SQ2), e questionários foram o meio de obtenção de dados externo mais encontrado nos artigos (SQ3).

A maioria dos artigos utilizam diretamente as informações obtidas, as considerando como métricas. Tais métricas, criadas ou não, foram classificadas em (SQ4): métricas de fases, do jogo e outras. E, quanto à aprendizagem, cliques e pontuações finais em fases são os dados mais presentes (SQ5). Essas métricas podem ser utilizadas de diversas formas, com a análise descritiva como a técnica mais aplicada (SQ6), e com gráficos como os meios mais usados de visualização (SQ7).

Existem três grupos de *stakeholders* (SQ8): controlador, parceiro e dependente. As ferramentas utilizadas foram divididas em específicas de GLA e não específicas de GLA (SQ9), com apenas os do grupo de pesquisa e-UCM no primeiro grupo. E os algoritmos foram separados de acordo com sua aplicação (SQ10), da seguinte forma: regressão, *machine learning*, clusterização, modelagem e outros.

Tais resultados possibilitam um maior entendimento das aplicações de GLA em JDE e constituem em um importante passo para a criação de padrões de uso conforme o contexto de cada projeto. Ainda, as classificações criadas também auxiliaram na definição das métricas que foram incluídas na integração entre o sistema desenvolvido e a suíte de jogos. Por fim, destaca-se que realização do presente mapeamento resultou em duas publicações: no *International Conference on Advanced Learning Technologies 2024* (Geremias et al., 2024b), com os resultados preliminares do mapeamento, e no Simpósio Brasileiro de Informática na Educação 2024 (Geremias et al., 2024a), que apresentou uma visão detalhada das classificações.

Capítulo 4

Trabalhos Relacionados

Como explorado na Seção 2.3, JDE podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem e estão relacionados com diversos benefícios. Porém, um fato que diminui sua utilização nas salas de aula é falta de pesquisas que evidenciam tais vantagens para os *stakeholders* envolvidos, problema que pode ser solucionado com a utilização de GLA.

Com base nisso, uma pesquisa exploratória foi realizada para encontrar alguns trabalhos que utilizam dessas técnicas, seja por meio do desenvolvimento de um sistema de análise de dados provenientes dos jogos, ou com a criação de jogos sérios que possuem esses mecanismos embutidos. A seleção de tais trabalhos levou em consideração a influência dos grupos de pesquisa envolvidos na área de GLA, evidência encontrada com o auxílio do mapeamento realizado anteriormente (Capítulo 3). Desse modo, os trabalhos escolhidos serão descritos a seguir e, após isso, é apresentada uma tabela comparativa como complemento da análise.

4.1 GLBoard

O sistema GLBoard possui como objetivo “sistematizar o processo de captura e análise de dados em jogos educacionais” (Silva et al., 2022). Esse sistema parte do princípio que existem dados genéricos que são comumente utilizados para informar sobre a aprendizagem do estudante. Assim, os seguintes dados são extraídos (Silva et al., 2022): do jogador, com a data de aniversário, gênero, ID e nome; do jogo, com a quantidade de fases total e desbloqueadas, uma lista dessas fases, horas jogadas nas fases e um relatório customizável; de fase, com o nome da fase jogada, *status* e seções; e de seção, com as informações que indicam se a seção foi finalizada, a rota seguida, os desafios finalizados e os tempos de início e fim.

Ainda, o GLBoard é composto por quatro módulos (Silva et al., 2022): um pacote escrito na linguagem de programação C# para a ferramenta Unity, que visa auxiliar o desenvolvedor a capturar os dados provenientes dos jogos; uma API desenvolvida com a linguagem de programação Python e o *framework* Flask, que serve para receber os dados enviados pelo jogo, salvar no banco de dados e disponibilizar análises gerais, individuais ou de grupo; o banco de dados, o qual foi escolhido o Firebase; e o módulo *web*, que possui como objetivo providenciar para os desenvolvedores uma forma de cadastro de contas e jogos, bem como, por meio do *dashboard* apresentado na Figura 4.1, fornecer diversas informações para desenvolvedores, professores e estudantes.

Tal sistema foi utilizado em um estudo de caso com dois JDE, o “Cadê minha pizza?” e o “Hello Food” (Honda et al., 2023). O primeiro “objetiva o exercício e desenvolvimento de competências em Matemática e Pensamento Computacional para estudantes de Ensino Médio (14-17 anos) e iniciantes em cursos de Computação” (Honda et al., 2022). Destinado para

Figura 4.1: Dashboards de análises gerais e individuais



Fonte: Silva et al. (2022)

dispositivos móveis com o sistema operacional Android, esse jogo faz com que os jogadores gerenciem entregadores de pizza, com base na quantidade de gasolina existente em cada fase, e escolha o caminho mínimo para as entregas, de forma a exercitar os conhecimentos de grafos (Honda et al., 2022). A Figura 4.2 apresenta a segunda fase do jogo, bem como os dados extraídos pelo GLBoard, no qual é possível observar as informações comentadas anteriormente.

Figura 4.2: Segunda fase do “Cadê minha pizza?” e os dados obtidos



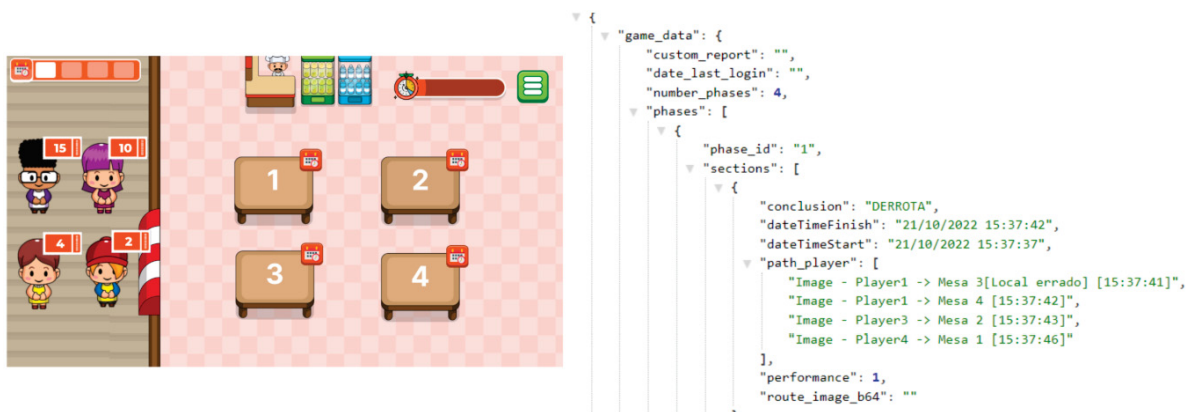
```
{
  "phase_id": "2",
  "sections": [
    {
      "conclusion": "VITORIA",
      "dateTimeFinish": "03/09/2023 22:59:55",
      "dateTimeStart": "03/09/2023 22:59:12",
      "path_player": [
        "[Nenhum entregador] -> House 4 [22:59:38]",
        "Motoboy 2 -> House 5 (Não adjacente) [22:59:40]",
        "Motoboy 1 -> House 2 (Sucesso) [22:59:44]",
        "Motoboy 2 -> House 3 (Sucesso) [22:59:45]",
        "Motoboy 1 -> House 4 (Sem gasolina) [22:59:47]",
        "Motoboy 2 -> House 4 (Sucesso) [22:59:53]"
      ],
      "performance": 3,
    }
  ],
  "status": "FINALIZADA",
}
```

Fonte: Honda et al. (2023)

Já o segundo jogo tem como foco “auxiliar na aprendizagem de lógica de programação de forma lúdica enquanto abordam conceitos de programação como estruturas condicionais, estruturas de repetição e vetores” (Macena et al., 2022). Desenvolvido para dispositivos móveis, o tema explorado é a culinária, no qual o jogador deve preparar pratos culinários por meio da resolução de *puzzles* que exercitam o raciocínio lógico (Macena et al., 2022). Nesse jogo, o uso

de GLBoard ainda não ocorre em todas as fases (Honda et al., 2023), mas a Figura 4.3 apresenta a primeira fase do jogo, bem como os dados extraídos pelo sistema.

Figura 4.3: Primeira fase do “Hello Food” e os dados obtidos



Fonte: Honda et al. (2023)

Além disso, outro estudo de caso também foi conduzido, com o objetivo de verificar o nível de dificuldade relacionado a incorporação do sistema em um JDE já desenvolvido, no caso, o “Hello Food” (Macena et al., 2024). Nesse trabalho, que seguiu uma estratégia exploratória, houve a modelagem dos dados que seriam obtidos, adaptação para o formato requisitado pelo GLBoard, codificação desse acoplamento em Unity, testes de registros de dados e validação das informações extraídas (Macena et al., 2024).

Assim, com base no relato dos participantes, foram identificados alguns desafios, como (Macena et al., 2024): a abstração do jogo, necessária para a inserção das variáveis de captura; mecânica complexa, devido as diferentes mecânicas ao longo das fases, o que dificulta na modelagem dos dados; e a adaptação da estrutura, com a transformação do que já havia sido feito para o padrão do sistema.

Dessa forma, foram apresentadas algumas utilizações do GLBoard, de forma a indicar que o sistema cumpre seu objetivo de analisar dados de jogos sérios, além de evidenciar dificuldades relacionadas à introdução de GLA após o desenvolvimento de um JDE, o que incentiva sua implementação desde o início da criação do jogo. Porém, não foram exploradas as formas visuais de análises (i.e., o módulo *web*), principalmente do ponto de vista do público-alvo, o que pode trazer novas informações interessantes para a área.

4.2 Ferramentas do Grupo e-UCM

O grupo de pesquisa e-UCM fez parte de dois projetos europeus (RAGE e BEACONING), com o objetivo de tratar da coleção, análise e relatório de GLA (Alonso-Fernández, 2021). Para isso, eles desenvolveram diversas tecnologias, como o padrão de dados xAPI-SG, uma extensão do xAPI.

Experience Application Programming Interface (xAPI) é uma especificação de dados baseada em fluxos de atividades, em que cada mensagem (chamada de expressão) possui três campos principais (Alonso-Fernández, 2021): ator, que representa quem realizou uma ação; verbo, que indica a ação em si; e objeto, que representa o item ao qual a ação foi realizada.

Ainda, apesar de xAPI ser uma especificação geral, perfis podem ser criados para áreas que possuem requisitos específicos, com um conjunto de regras bem definidos (Alonso-Fernández, 2021). Assim, após identificar a necessidade de uma sistematização na área de jogos sérios, o *xAPI Profile for Serious Games* (xAPI-SG) foi criado (Alonso-Fernández, 2021).

Além disso, para auxiliar no processo de extração de dados, o grupo também desenvolveu a ferramenta TxMon, que visa “disponibilizar tanto um resumo rápido dos dados coletados quanto permitir uma análise exploratória profunda para refinar a escolha de variáveis GLA que serão utilizadas em etapas futuras” (Alonso-Fernández, 2021, tradução nossa).

TxMon contém um conjunto de *Jupyter Notebooks* que são utilizados para processar as expressões xAPI-SG, com o uso de bibliotecas de Python (Alonso-Fernández et al., 2021a). As informações de cada jogador são agrupadas em sete abas (i.e., progresso do jogador, uso de vídeos, completáveis, alternativas, interações com itens, acessíveis e menus), que podem ser configuradas para apresentar os dados de diversas maneiras (e.g., gráficos de pizza, barra, linha e de calor; Alonso-Fernández et al., 2021a).

E outra ferramenta criada por esse grupo de pesquisa foi o Simva (“*Simple Validator*”), que visa facilitar o processo de validação de um JDE, ao combinar questionários e LA (Pérez-Colado et al., 2019). Além disso, Simva também pode ser utilizado como um mediador entre *Learning Management System* (LMS), como o Moodle, e os JDE, de forma a sincronizar as informações entre os sistemas e também permitir que estudantes abram os jogos a partir de LMSs (Freire et al., 2023).

Tais tecnologias foram aplicadas e validadas em alguns jogos do grupo, como apresentado em Alonso-Fernández et al. (2021b), que resume dois estudos de caso. O primeiro trata do “First Aid Game”, um jogo sério desenvolvido para ensinar manobras de primeiro socorro a adolescentes (Alonso-Fernández et al., 2021b). Em cada um de seus três níveis, uma emergência médica é apresentada ao jogador, que deve decidir qual ação realizar, como na Figura 4.4, que apresenta opções textuais e visuais (Alonso-Fernández et al., 2021b). Com base nos dados extraídos das interações, diversos modelos de predição de conhecimento foram criados e a regressão logística foi o que gerou os melhores resultados (90% de precisão, 98% de taxa de lembrança e 10% de taxa de classificação errônea; Alonso-Fernández et al., 2021b).

Figura 4.4: Opções de textuais e visuais de ações do jogo “First Aid Game”



Fonte: Alonso-Fernández et al. (2020)

Já o segundo caso é o do jogo sério “Conectado”, que foi criado para aumentar a conscientização sobre *bullying* e *cyberbullying* ao colocar o jogador na visão de primeira pessoa

de um estudante em sua primeira semana em uma escola nova, que sofre *bullying* e *cyberbullying* nos cinco primeiros dias (Alonso-Fernández et al., 2021b). Voltado para estudantes entre 12 e 17 anos, a cada dia o jogador deve realizar uma série de escolhas que influenciam no final do jogo (Calvo-Morata et al., 2020). Neste estudo de caso, o melhor modelo encontrado foi o de regressão bayesiana (com 0,54 de média de erro absoluto e 0,0053 de desvio padrão, normalizados na escala [0-10]; Alonso-Fernández et al., 2021b).

Dessa forma, esses estudos disponibilizaram novas ferramentas que auxiliam outros grupos de pesquisa a iniciarem a implementação de GLA em seus projetos, além de demonstrarem que é possível prever o desempenho do jogador com uma precisão de 90%, apenas com base em suas interações com o jogo. Porém, existem algumas lacunas que ainda estão sendo pesquisadas, como a dificuldade para a utilização dessas ferramentas por parte de *stakeholders* que não possuam conhecimentos técnicos, tendo em vista o processo envolvido até obter a análise dos dados, bem como a não consideração da opinião dos professores acerca das informações apresentadas, que pode influenciar no uso do que foi desenvolvido.

4.3 Shadowspect

O jogo “Shadowspect” visa “medir os principais padrões comuns de geometria (e.g., visualização de relações entre objetos 2D e 3D) e habilidades de raciocínio espacial, ao mesmo tempo em que são mensurados atributos e comportamentos no jogo, depois conectados com resultados ao longo da vida, como a persistência” (Kim et al., 2023, tradução nossa).

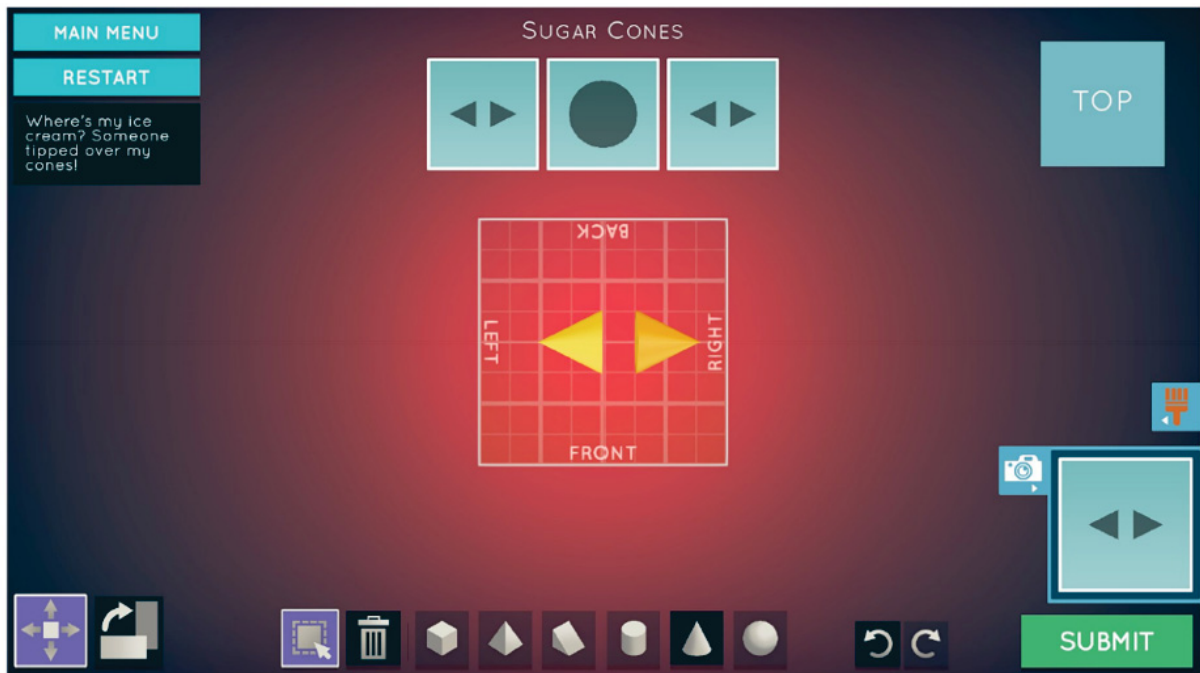
Em cada um dos trinta níveis de *puzzles*, o jogador deve criar uma silhueta com base nas formas primitivas que são disponibilizadas (i.e., cubos, pirâmides, rampas, cilindros, cones e esferas; Kim et al., 2023). Além de colocar essas formas em um cenário, também é possível dimensioná-las, movê-las e rotacioná-las, bem como mudar a posição da câmera para diferentes perspectivas, o que auxilia a verificar se a imagem formada se assemelha com a silhueta que deve ser atingida (Kim et al., 2023). Um exemplo de nível do jogo é apresentado na Figura 4.5, no qual é possível encontrar as opções de ações já comentadas.

Dados são coletados das interações dos estudantes com o jogo e salvos em um banco de dados MySQL (Gomez et al., 2021). Funções criadas em Python são utilizadas para calcular diversas métricas com base nesses dados e os resultados também são guardados (Gomez et al., 2021). Posteriormente, um *dashboard* é criado por meio do *framework* Shiny, da linguagem R. (Gomez et al., 2021).

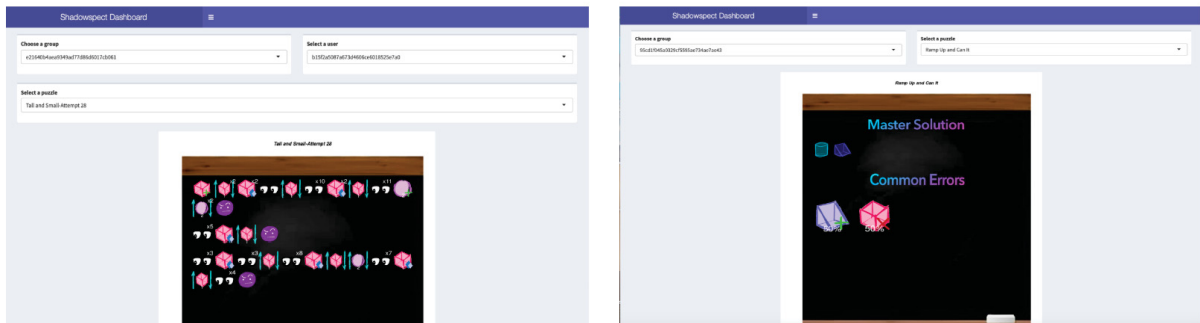
Esse *dashboard* pode facilitar o entendimento dos professores quanto às métricas, como na Figura 4.6, que apresenta a sequência de ações de um usuário, bem como os erros mais comuns realizados (Gomez et al., 2021). Ainda, as métricas que podem ser visualizadas são (Ruipérez-Valiente et al., 2021): de atividade, com o *status* do *puzzle*, o nível de atividade (composto por parâmetros como o tempo ativo em um nível) e o nível de dificuldade dos *puzzles* (com parâmetros como o tempo médio para completar um nível); de sequências e padrões, com a sequência de *puzzles* realizados, as ações dentro de cada dos níveis e os erros mais cometidos; e de inferência do aprendizado, no qual é utilizado o algoritmo de ranqueamento Elo, de forma a calcular a probabilidade de um estudante resolver um nível corretamente com base nos *puzzles* já resolvidos e a dificuldade do atual.

“Shadowspect” passou por diversas aplicações e avaliações, como em (Ruipérez-Valiente et al., 2023b), que apresenta os resultados das análises realizadas pelo algoritmo Elo com base nos dados de 332 estudantes, e em (Kim et al., 2023), no qual a análise dos dados de 44 estudantes foi comparada com os resultados de duas formas externas de medição de raciocínio espacial.

Figura 4.5: Exemplo de fase do “Shadowspect”



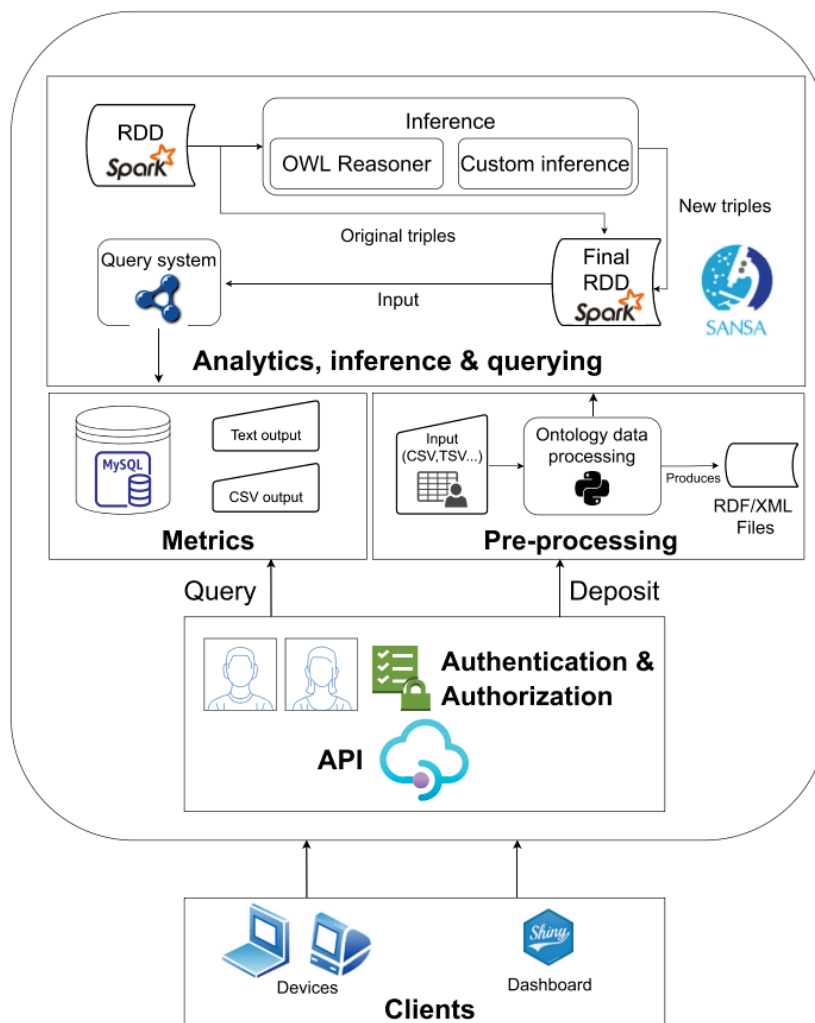
Fonte: Kim et al. (2023)

Figura 4.6: *Dashboard* do “Shadowspect”

Fonte: Gomez et al. (2021)

Além disso, os autores também criaram um *framework* que visa facilitar a interoperabilidade de GLA, com uma topologia apresentada na Figura 4.7 (Gomez et al., 2023). Para isso, primeiramente há uma camada intermediária entre a produção de dados e a análise, com o uso de ontologias para a transformação de dados brutos em dados processáveis – salvos no formato XML (*Extensible Markup Language*), o que permite a interoperabilidade do sistema (Gomez et al., 2023). Após, o *framework* SANSa foi utilizado para o processamento e análise dos dados, salvando as métricas calculadas em diferentes formatos (Gomez et al., 2023). Essas métricas podem então ser acessadas com o uso de um *dashboard* criado com Shiny (um *framework* de R), que realiza chamadas em uma API disponibilizada para apresentar para ao usuário diversas informações, que dependem do tipo de usuário (administrador, professor e aluno; Gomez et al., 2023).

Figura 4.7: Arquitetura para a interoperabilidade de GLA



Fonte: Gomez et al. (2023)

Tal *framework* foi testado com dados provenientes de dez jogos – um deles, o “Shadowspect” –, originados de interações reais de jogadores e com um total de 100.000 eventos em cada jogo (Gomez et al., 2024). Com base em estudos de caso, foi concluído que o sistema é eficaz, com a replicação de métricas calculadas previamente, e robusto, capaz de realizar análises de uma grande quantidade de dados (Gomez et al., 2024).

Assim, esse projeto contribuiu com a área de GLA em larga escala, com um *framework* voltado para a interoperabilidade, o que pode reduzir custos e facilitar na criação de JDE (Gomez et al., 2023). Contudo, algumas limitações apontadas foram a necessidade da adaptação manual dos dados extraídos para a ontologia do sistema, além do fato de que não há uma análise em tempo real, pois tudo funciona de forma local (Gomez et al., 2024).

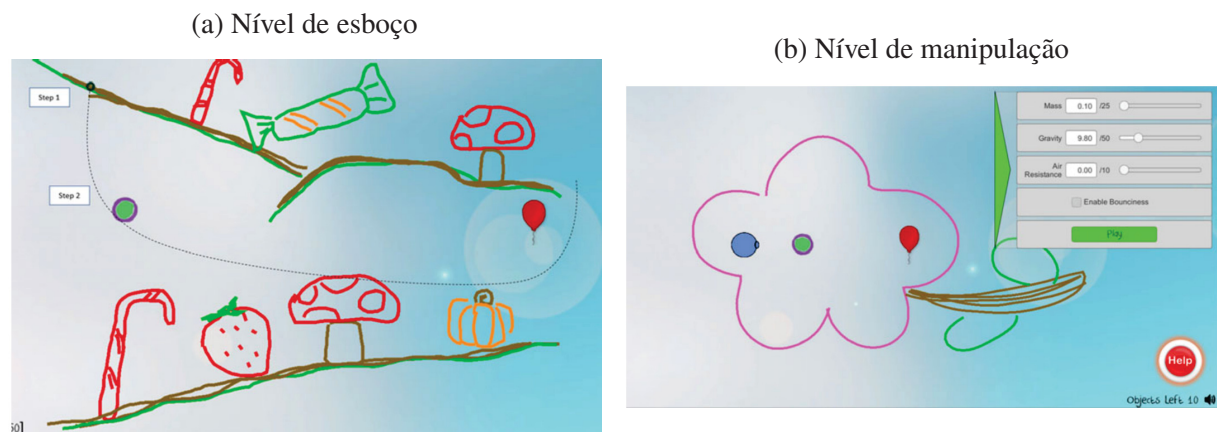
4.4 Physics Playground

“Physics Playground” é um jogo 2D criado para auxiliar estudantes do ensino fundamental e médio a aprenderem física newtoniana (Rahimi e Shute, 2021). Todos os níveis propõem que

o jogador acerte um balão com um bola verde, e existem dois tipos de níveis (Rahimi e Shute, 2021): de esboço e de manipulação.

O primeiro tipo, apresentado na Figura 4.8(a), requer que os estudantes desenhem formas (i.e., rampas, alavancas, pêndulos e molas) para guiar a trajetória da bola (Rahimi e Shute, 2021). Já no segundo, como se pode observar na Figura 4.8(b), é necessário interagir com os *slides* para modificar os parâmetros físicos do ambiente (i.e., gravidade, resistência do ar, massa e elasticidade da bola) e também manipular forças externas como sopradores (Rahimi e Shute, 2021).

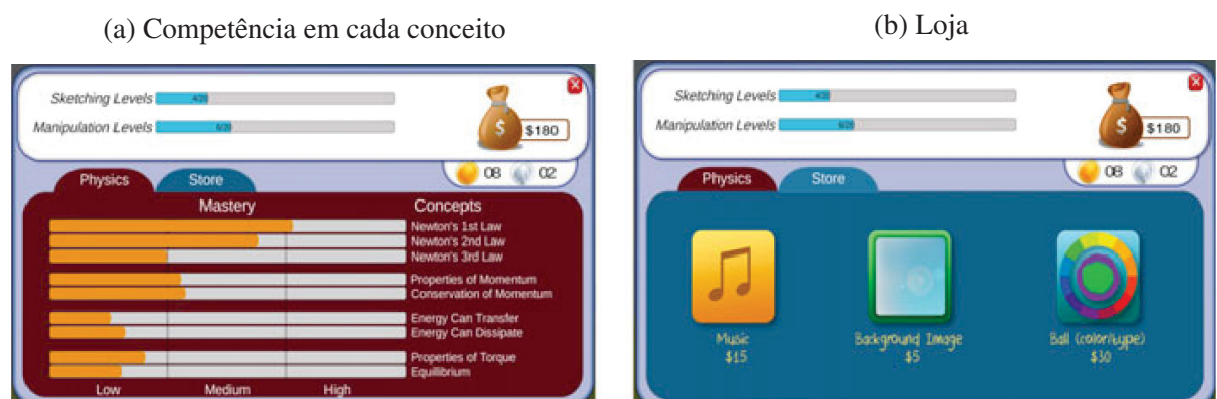
Figura 4.8: Os dois tipos de níveis do “Physics Playground”



Fonte: Shute et al. (2019)

Ainda, o jogo possui uma tela para informar ao estudante sua evolução de desempenho e sua competência em cada conceito de física, como apresentado na Figura 4.9(a). Ademais, como na Figura 4.9(b), há uma loja que permite a customização do jogo (e.g., mudança das imagens de fundo), com itens que podem ser comprados com o dinheiro ganho com a conclusão de cada nível.

Figura 4.9: Tela “My Backpack” do “Physics Playground”



Fonte: Shute et al. (2019)

Além de informar os estudantes quanto ao seu progresso, o cálculo da competência também é utilizado para a adaptação dos níveis do jogo (Rahimi e Shute, 2021). Para obter essa informação, o jogo funciona como uma ferramenta de *stealth assessment*, com utilização das

interações dos jogadores em redes bayesianas, de forma a possibilitar uma análise em tempo real (Rahimi e Shute, 2021).

A arquitetura do jogo é dividida em dois servidores, o primeiro é responsável por gerenciar a *engine* do jogo e os principais bancos de dados (i.e., SQL e MongoDB), e o segundo é onde a avaliação será realizada e armazenada em um banco MongoDB (Rahimi et al., 2023). O jogo foi desenvolvido utilizando a ferramenta Unity, em C#, o *website* do *admin* (que pode ser utilizado para visualizar os usuários e níveis existentes) foi criado com PHP e a comunicação entre os serviços é realizada utilizando xAPI (Rahimi et al., 2023).

Sua criação foi um processo contínuo, com início em 2012 (Shute e Ventura, 2013), e desde então diversos experimentos já foram realizados. Um exemplo é apresentado por (Rahimi e Shute, 2023), com a presença de dois estudos. O primeiro trata da avaliação de criatividade, com a comparação entre o que o jogo estima e um teste externo de criatividade, a participação de 167 estudantes e resultados que demonstram uma correlação significativa entre as duas ferramentas (Rahimi e Shute, 2023). Já o segundo verifica a avaliação de conhecimentos de física, com a análise dos dados de 263 estudantes e a comparação com um teste externo, estudo que resultou em uma correlação que indica que o jogo realiza uma avaliação válida (Rahimi e Shute, 2023).

Assim, com base no histórico do projeto e dos autores envolvidos, o jogo se encontra na vanguarda do GLA, com a criação e utilização de *stealth assessment* para uma análise em tempo real do desempenho do estudo. Além disso, as correlações entre o uso do jogo e o desenvolvimento de habilidades cognitivas apresenta mais uma vantagem em sua introdução nas salas de aula. Porém, como apontado em (Rahimi et al., 2023), a arquitetura proposta pode não ser replicada em outros JDE, o que indica a necessidade de ferramentas reutilizáveis e que não demandem de muito conhecimento técnico para sua utilização.

4.5 Considerações Finais do Capítulo

Como visto no Capítulo 3, existem diversos estudos que tratam da aplicação de GLA em JDE. Devido à utilização de suas técnicas, é possível apresentar aos *stakeholders* evidências do aprendizado dos estudantes, o que poderia resultar no aumento do uso de jogos nas salas de aula. Com base nisso, alguns grupos de pesquisa desenvolveram tecnologias que auxiliassem nesse objetivo, e, dentre estes, foram selecionados os trabalhos mais proeminentes encontrados.

Assim, foi visto desde um JDE que implementa *stealth assessment* como forma de avaliação de habilidades cognitivas (4.4), um dos primeiros projetos nessa área, até o desenvolvimento de múltiplas ferramentas que facilitam na implementação de GLA em JDE, como o GLBoard (4.1) e as de autoria do grupo de pesquisa e-UCM (4.2). Além disso, também foi apresentada uma arquitetura para a análise de dados (4.3), que possui o objetivo de aumentar a interoperabilidade desse processo entre diferentes JDE.

Conforme descrito, os trabalhos relacionados evidenciam os benefícios da aplicação de GLA em JDE, inclusive com a possibilidade de avaliar o aprendizado do estudante com a mesma validade que testes externos. Entretanto, algumas lacunas também foram evidenciadas, como: a falta de consideração do ponto de vista do professor, que muitas vezes não foi considerado no desenvolvimento do trabalho; a falta de análise em tempo real, o que impossibilita o reconhecimento imediato da necessidade de alguma mudança na dinâmica de uso; e a dificuldade relacionada a utilização das ferramentas, que podem requerer conhecimentos técnicos dos usuários para a configuração inicial.

Dessa forma, com o objetivo de contribuir nessa área, objetivou-se entender as percepções de professores acerca de GLA, com base em suas interações com um sistema desenvolvido de forma a permitir que desenvolvedores e professores escolham as métricas que desejam visualizar

em tempo real. Ainda, a Tabela 4.1 apresenta uma análise comparativa sucinta dos trabalhos relacionados, bem como o presente trabalho.

Tabela 4.1: Análise comparativa dos trabalhos relacionados

Trabalho	Ferramenta	Objetivo geral	Contribuições para a área	Lacunas do projeto
4.1	GLBoard	Sistematizar GLA, com base em métricas comuns em diversos jogos.	Criação de um sistema abrangente de GLA e pesquisa acerca dos desafios de sua utilização em JDE.	Falta de participação de parte do público-alvo e dificuldade na preparação inicial de uso do sistema, que requer uma consideração maior acerca da modelagem dos dados.
4.2	xAPI-SG, TxMon e Sinva	Facilitar a comunicação, análise e visualização de dados extraídos de jogos sérios.	Os instrumentos foram validados em jogos, com o respectivo público-alvo, além de auxiliarem na introdução de GLA em novos projetos.	A utilização das ferramentas requer que os <i>stakeholders</i> instalem diversos requisitos em seus computadores, o que demanda conhecimento técnico.
4.3	Shadowspect e <i>framework</i>	Avaliar o raciocínio espacial e conhecimentos de geometria, auxiliar na interoperabilidade de sistemas de GLA.	Diversos experimentos, inclusive com a validação da avaliação realizada pelo jogo e também da eficácia do <i>framework</i> criado.	O <i>framework</i> não foi validado com o público-alvo, não realiza análise em tempo real e ainda não é possível realizar determinadas análises complexas.
4.4	Physics Playground	Auxiliar no ensino de física newtoniana, por meio de <i>puzzles</i> .	Vanguarda de GLA, o jogo e as avaliações produzidas por ele foram validados em múltiplos experimentos com o público-alvo.	A arquitetura desenvolvida não pode ser reutilizada em outros projetos, pois foi criada totalmente voltada para o contexto do projeto, além do código ser fechado.
Trabalho atual	LEVEL	Averiguar as percepções de professores acerca de GLA, com base em seu contato com a ferramenta desenvolvida.	Investigação da opinião de professores sobre a área e auxílio na introdução de GLA em novos projetos, por meio de um sistema já validado.	As percepções obtidas refletem um contexto limitado, os desenvolvedores de jogos não foram abordados na criação do sistema e o LEVEL ainda não realiza análises complexas, como com <i>machine learning</i> .

Fonte: Autoria própria.

Capítulo 5

Pensar e Jogar

Pensamento Computacional (PC), conceito difundido por Jeannette Wing em 2006, consiste em um conjunto de habilidades para a resolução de problemas (Wing, 2006). Ainda, segundo Brackmann (2017), o PC é:

“uma distinta capacidade criativa, crítica e estratégica humana de saber utilizar os fundamentos da Computação nas mais diversas áreas do conhecimento, com a finalidade de identificar e resolver problemas, de maneira individual ou colaborativa, através de passos claros, de tal forma que uma pessoa ou uma máquina possam executá-los eficazmente.”

É possível dividir o PC em quatro dimensões, conhecidas como os “Quatro Pilares do Pensamento Computacional”, são eles (Brackmann, 2017): Decomposição, com a divisão de um problema complexo em partes menores e mais fáceis de gerenciar; Reconhecimento de Padrões, que é a habilidade de encontrar similaridades entre os subproblemas e também com outros que já foram resolvidos; Abstração, com o foco apenas no que é importante para resolução do subproblema; e Algoritmos, que consiste no conjunto de instruções necessárias para a solução dos subproblemas encontrados.

O PC pode ser desenvolvido de diversas maneiras, uma delas é com o uso de JDE, que podem promover esse conceito de uma forma lúdica e divertida, o que auxilia na manutenção da atenção dos jogadores (Oliveira et al., 2015). Porém, para que tais jogos sejam inclusivos e acessíveis a pessoas com deficiência, “é necessário que haja o emprego de materiais e métodos adaptados às necessidades educacionais dessas pessoas” (Dutra et al., 2022a).

Uma das deficiências que afeta uma parcela da população mundial é a Deficiência Intelectual (DI), que ocasiona déficits intelectuais e adaptativos, o que pode impactar em diversos domínios da vida (DSM, 2014). Ainda, algumas das limitações apresentadas por pessoas com DI podem ser auxiliadas com o desenvolvimento do PC, como a abstração, reconhecimento de padrões e raciocínio lógico (Dutra et al., 2022b).

Com o intuito de auxiliar nesse cenário, a equipe de pesquisa ao qual o presente autor faz parte criou uma suíte de jogos que visa promover o desenvolvimento do PC em crianças neurotípicas e com DI, por meio da execução de atividades de vida diária (AVD). Essa suíte é composta por dois jogos – “Pensar e Lavar” e “Pensar e Vestir” –, mais detalhados a seguir, e contou com a participação de diversos pesquisadores e *stakeholders*.

5.1 Pensar e Lavar

O processo de desenvolvimento desse JDE ocorreu em duas etapas e contou com uma equipe composta por dois pesquisadores seniores, um especialista em Interação Humano-Computador (IHC; orientadora) e outro em PC (coorientador), além de dois graduandos (Dutra, 2022). Primeiramente, o jogo criado foi chamado de “Super Thinkwash” e visava auxiliar no desenvolvimento do PC em estudantes do Ensino Fundamental I (Felipe, 2021). Essas habilidades eram trabalhadas de forma transparente durante a realização das atividades propostas, que eram relacionadas à temática do jogo, o processo de lavagem de roupas (Dutra, 2022).

Nessa versão, apesar da proposta do jogo incluir três fases com três níveis de dificuldade (i.e., fácil, médio e difícil), apenas o primeiro nível de cada fase foi implementado, além de que o público-alvo eram apenas crianças neurotípicas (Felipe, 2021). Ainda, uma avaliação foi realizada por três estudantes do curso de Ciência da Computação com conhecimentos da área de IHC, com o objetivo de validar o cumprimento dos requisitos funcionais e técnicos, o que resultou em melhorias do jogo (Dutra et al., 2021).

Com o ampliação do JDE, a inclusão de pessoas com DI no público-alvo e, para isso, a inserção de elementos de acessibilidade, o jogo passou a ser intitulado “Pensar e Lavar” (PeL; Dutra et al., 2022b). Criado na *game engine* Unity, com a linguagem de programação C#, PeL possui como mecânica principal o arrastar e soltar (*drag and drop*), em que o jogador utiliza do *mouse* para clicar sobre um objeto e arrastá-lo até o local correto (Dutra, 2022).

O jogo se passa dentro de um ambiente doméstico, no qual o jogador deve realizar as tarefas solicitadas relacionadas ao processo de lavagem de roupas, em que cada fase aborda uma etapa dessa AVD (Dutra, 2022). Assim, além de auxiliar no desenvolvimento do PC, ao final do jogo o jogador terá conhecimento a respeito dessa atividade (Dutra, 2022).

PeL é composto por telas principais, que é o local em que todas as ações são realizadas, e secundárias, que contêm *feedback* com base no resultado alcançado em uma fase/nível, seja incentivando a jogar novamente em caso de perda, ou parabenizando o jogador e o estimulando a continuar em caso de vitória (Dutra, 2022). Além disso, após cada ação realizada, *feedback* visual e sonoro são exibidos, de modo a indicar se a interação foi correta ou não (Dutra, 2022). Tais decisões constam em um *Game Design Document* (GDD) e foram baseadas em sessões de *brainstorming* e entrevistas com especialistas e *stakeholders* das áreas de Computação, Educação, Atendimento Educacional Especializado (AEE) e DI, com a utilização do método de *Design Participativo* (Dutra et al., 2022b; Dutra, 2022).

Em sua versão final, o jogo possui as mesmas três fases, mas com quatro níveis de dificuldade cada, com a adição do nível de aprendizagem, no qual não há penalidade pelos erros cometidos e existem flechas que guiam o comportamento desejado (Dutra, 2022). E, para que um jogador avance de fase, é necessário acertar uma quantidade definida de ações, além de que cada ação incorreta resulta na perda de uma vida e, após zerar a vida, é exibida a tela secundária informando a perda (Dutra, 2022).

Cada fase do PeL aborda uma tarefa do processo de lavagem de roupas e exerce um pilar do PC de modo primário, além de sempre requisitar que o jogador utilize da Abstração, para focar nos detalhes importantes (Dutra et al., 2022b). Na primeira fase, vide Figura 5.1, o jogador deve separar as roupas sujas das limpas, com a consideração acerca das cores das peças nos níveis mais avançados e, por conta da categorização requisitada, o pilar de Reconhecimento de Padrões é empregado (Dutra, 2022).

Já na Fase 2, apresentada na Figura 5.2, o objetivo é seguir a sequência correta de ações para que a roupa seja lavada (i.e., retirar do cesto de roupa, colocar na máquina, adicionar produtos de limpeza, acionar a máquina, colocar para secar e guardar as peças limpas), dessa

Figura 5.1: Primeira fase do “Pensar e Lavar”



Fonte: Dutra (2022)

forma, o pilar de Algoritmos é abordado (Dutra, 2022). Por fim, na Fase 3, é representada a etapa de guardar as roupas em gavetas, que possuem uma capacidade e devem ser preenchidas de acordo com o peso de cada peça, como exibido na Figura 5.3, o que está relacionada à Decomposição (Dutra, 2022).

Figura 5.2: Segunda fase do “Pensar e Lavar”



Fonte: Dutra (2022)

Após o desenvolvimento do jogo, diversas avaliações foram realizadas, como testes funcionais para a validação dos requisitos técnicos e funcionalidades, averiguação dos requisitos pedagógicos e de acessibilidade com o grupo de especialistas que participaram do *brainstorming* e uma avaliação com o público-alvo do jogo, que contou com a participação de 47 crianças (39 neurotípicas e oito com DI) e no qual foi verificado a acessibilidade do PeL (Dutra et al., 2022b).

Figura 5.3: Terceira fase do “Pensar e Lavar”



Fonte: Dutra (2022)

5.2 Pensar e Vestir

Pensar e Vestir (PeV) possui o mesmo objetivo que o JDE anterior, mas explora uma AVD diferente, o ato de vestir-se (Geremias et al., 2023). Esse processo foi dividido em duas fases, cada uma com oito situações (i.e., hora de dormir, escola no calor, escola no frio, fantasia, parque, passeio, professor e mercado), com um aumento gradual de dificuldade (Geremias et al., 2023).

PeV foi desenvolvido com Unity e manteve a mesma identidade visual do PeL, com telas primárias para as ações principais e secundárias para *feedback* (Geremias et al., 2023). Além disso, também contou com a participação de especialistas e *stakeholders* das áreas de Computação, Educação, AEE e DI, que foram essenciais para a utilização da metodologia de *Design de Interação* (Geremias et al., 2023).

Dessa forma, cada uma das etapas dessa metodologia foi realizada, de forma não sequencial e com iterações incrementais (Geremias et al., 2024c). Em todo o processo, ocorreram sessões de *brainstorming* e entrevistas com a equipe multidisciplinar, que auxiliaram no desenvolvimento (Geremias, 2022). Primeiramente, houve a descoberta de requisitos, com similaridades com o projeto anterior (Geremias, 2022). Na geração de alternativas, definiu-se o conceito do jogo, sua temática e as atividades que ele abordaria (Geremias, 2022). Então protótipos foram criados e avaliados, com apontamentos acerca do *layout* das fases do jogo (Geremias, 2022). Assim, após diversas iterações e aprimoramentos, um GDD foi desenvolvido, com detalhes como o objetivo educacional do jogo, as plataformas para o qual ele foi desenvolvido, sua história, estrutura das telas e especificações de *gameplay* (Geremias, 2022).

Esse documento auxiliou na implementação do jogo, que emprega a mecânica de *drag and drop*, com a seleção das peças de roupas e o movimentação para o local correto, que depende da fase (Geremias et al., 2024c). Após uma ação, *feedback* visual e auditivo é emitido para auxiliar na compreensão acerca do que foi feito (Geremias et al., 2024c). Para o jogador avançar para a próxima fase/situação, uma quantidade de acertos é necessária, e, caso todas as vidas sejam perdidas, a situação atual é repetida (Geremias et al., 2024c).

A Fase 1 aborda a atividade de escolher as peças de roupas que serão vestidas, com base no local e no clima de cada situação – representados pelo nome da situação, temperatura

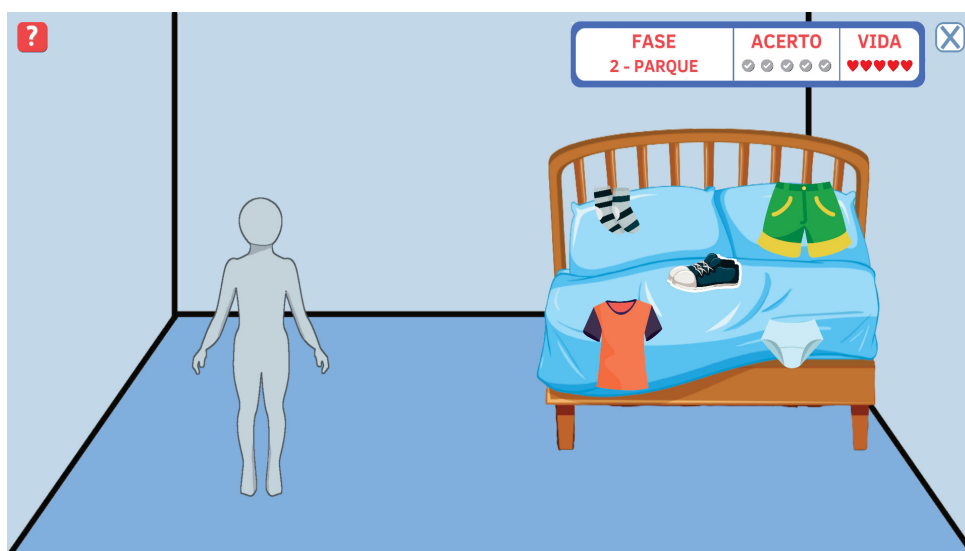
do termômetro e o que é visto pela janela, como apresentado na Figura 5.4 –, de forma que a Abstração é o principal pilar abordado (Geremias et al., 2023). Já a Fase 2 representa a atividade de vestir-se, vide Figura 5.5, no qual o jogador deve seguir uma ordem correta para mover as peças da cama até o personagem (e.g., meias antes de calçados e camisetas antes de casacos), com isso, Algoritmos é seu pilar primário (Geremias et al., 2023).

Figura 5.4: Primeira fase do “Pensar e Vestir”



Fonte: Geremias et al. (2024c)

Figura 5.5: Segunda fase do “Pensar e Vestir”



Fonte: Geremias et al. (2024c)

Ainda, ambas as fases promovem o Reconhecimento de Padrões, pois é possível perceber que certas categorias de roupas sempre são selecionadas, bem como quanto a ordem seguida (Geremias et al., 2024c). E, por conta da divisão da AVD em duas fases, a Decomposição é empregada (Geremias et al., 2024c).

Por fim, PeV passou por etapas de avaliações (Geremias et al., 2024c): testes funcionais com alunos de Ciência da Computação, com validações técnicas acerca das funcionalidades e

elementos de interações do jogo; e uma avaliação com três crianças convidadas, no qual foi evidenciado a potencialidade do jogo.

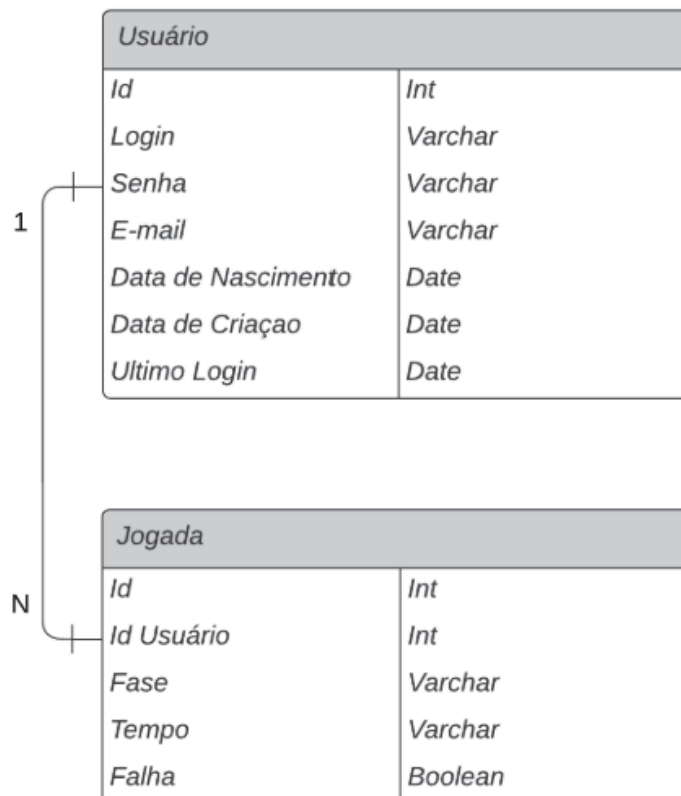
5.3 Desenvolvimento da Suíte

Com o objetivo de expandir a abrangência e a efetividade dos jogos, uma unificação de ambos os jogos foi realizada, o que resultou em um ecossistema de aprendizado integrado (Elíbio, 2024). Para sua criação, diversos aspectos técnicos foram definidos, como a interface de programação de aplicações (API), o banco de dados utilizado e a junção dos jogos em um único executável (Elíbio, 2024).

A API implementada serviu para administrar o acesso a suíte, que requer o *login* do usuário (Elíbio, 2024). Para isso, utilizou-se do *framework* Flask, com a linguagem Python, que auxilia em tarefas como roteamento de requisições, serialização de dados e autenticação de usuários (Elíbio, 2024). Foram criadas duas rotas, uma para o registro de um novo usuário, que salva o nome de usuário, sua idade, senha e *e-mail*, e outra para o *login*, que verifica se as credenciais passadas existem no banco de dados e realiza a conexão com a plataforma (Elíbio, 2024). E, caso as credenciais não sejam compatíveis com o que existe no banco, uma mensagem de erro é exibida, junto com um botão de criação de uma nova conta (Elíbio, 2024).

Para salvar essas informações, o sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL foi escolhido, por “oferecer a robustez e a escalabilidade necessárias para a suíte” (Elíbio, 2024). Por consistir em um sistema de banco relacional, suas tabelas podem ser planejadas com um modelo de entidade-relacionamento, como o da Figura 5.6, que exhibe as duas principais classes da suíte: Usuário e Jogada (Elíbio, 2024).

Figura 5.6: Modelo de entidade-relacionamento do “Pensar e Jogar”



Fonte: Elíbio (2024)

Ainda, foi necessário unir ambos os jogos em um único projeto, o que gerou problemas técnicos que tiveram que ser resolvidos, como a diferença de versões de Unity e conflitos acerca do uso de arquivos (Elibio, 2024). O processo de correção desses problemas resultou em um ecossistema unificado, o que possibilita ao usuário a escolha do jogo que será aberto, vide Figura 5.7, além de facilitar o compartilhamento da suíte, pois apenas um único projeto precisa ser enviado (Elibio, 2024).

Figura 5.7: Tela de escolha de jogo do “Pensar e Jogar”



Fonte: Elibio (2024)

Por fim, tal ecossistema também permite a coleta de dados acerca das ações dos usuários, o que possibilita a aplicação de técnicas de GLA (Elibio, 2024). Uma informação já armazenada para ilustrar essa possibilidade é o tempo total de conclusão de uma fase, como apresentado na Figura 5.8, com a indicação dos melhores tempos que um usuário levou para concluir determinada fase do PeL (Elibio, 2024). E, com o objetivo de salvar e analisar mais informações provenientes desses jogos, o presente trabalho visou a criação de um sistema de adaptável e escalável de GLA, o que pode inclusive permitir a futura avaliação do PC dos estudantes.

5.4 Considerações Finais do Capítulo

O PC pode auxiliar no desenvolvimento de habilidades cognitivas, com o foco na resolução de problemas. Uma ferramenta que pode ser utilizada para a promoção desse conceito são os JDE. Porém, para que esses jogos possam ser utilizados nas salas de aula, é necessário levar em consideração as características relacionadas às pessoas com deficiência, como a DI, o que motivou a criação do PeL e PeV.

PeL visa promover o desenvolvimento do PC por meio da execução de uma AVD, a lavagem de roupas. Para isso, foram desenvolvidas três fases com quatro níveis de dificuldade, que apresentam etapas diferentes desse processo (i.e., separação, lavagem e armazenamento), com um pilar primário do PC em cada uma. Já PeV, que possui o mesmo objetivo educacional, aborda outra AVD, o ato de vestir-se. Nesse segundo jogo, existem duas fases e oito situações, com a divisão dessa atividade em duas partes (i.e., escolha e vestir-se) e um pilar primário do PC em cada.

E, para criar um ecossistema unificado, simplificar o processo de compartilhamento dos jogos e expandir sua abrangência, uma suíte de jogos foi desenvolvida. Sua implementação contou com o desenvolvimento de uma API para gerenciar o acesso à suíte e a criação de um banco de dados, que armazena as contas e algumas informações de todos os usuários, além da

Figura 5.8: Tela de tempos de jogo do “Pensar e Jogar”



Fase	Tempo
Fase 1 Aprendizagem	4,38s
Fase 1 Facil	5,41s
Fase 2 Facil	8,47s
Fase 3 Dificil	5,61s
Fase 3 Facil	3,50s
Fase 3 Medio	4,19s

Fonte: Elibio (2024)

junção dos jogos em si. Ainda, tal suíte também possui um banco de dados e captura alguns dados de interação dos estudantes com os jogos, porém, não é realizada uma análise detalhada desses dados. Dessa forma, o presente trabalho de dissertação utiliza de tal contexto no desenvolvimento de um sistema de GLA, com a posterior junção dos projetos para a realização de experimentos que permitam o cumprimento do objetivo proposto.

Capítulo 6

Criação do LEVEL

Este capítulo apresenta o sistema LEVEL (*Ludic Environment to Visualize Educational Learning*), que tem como objetivo auxiliar na inclusão de técnicas de GLA no desenvolvimento de JDE e foi utilizado por professores do Ensino Fundamental para obter suas percepções quanto ao uso de GLA nas salas de aula.

Para seu desenvolvimento, seguiram-se as seguintes etapas do *Design* de Interação (DI) (Rogers et al., 2023): descoberta de requisitos, com foco em um problema e em como o sistema irá resolvê-lo; criação de alternativas, que envolve a proposta de ideias que cumpram os requisitos levantados; prototipação, que consiste na concretização de uma ideia, de forma a permitir que *stakeholders* interajam com o que foi criado, explorem sua adequação e comuniquem seus pensamentos; e avaliação, que “é o processo de determinar a usabilidade e aceitabilidade de um produto ou projeto, medido em termos de uma variedade de critérios de usabilidade e de experiência de usuário” (Rogers et al., 2023, tradução nossa). Esse método foi escolhido pois ele destaca a consideração acerca de quem utilizará o sistema, a forma de seu uso, além do momento e local de sua utilização, o que difere de alguns trabalhos relacionados já abordados (Rogers et al., 2023).

Assim, o capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 6.1, a etapa de descobertas de requisitos é abordada; na Seção 6.2, é discorrido sobre a criação de alternativas, com a definição de um modelo conceitual da arquitetura; já a Seção 6.3 apresenta o detalhamento do LEVEL, com a determinação das tecnologias que foram utilizadas; e a Seção 6.4 discorre sobre sua integração com a suíte de jogos Pensar e Jogar, bem como as métricas existentes e as formas de visualização possíveis de serem selecionadas.

6.1 Requisitos do Sistema

Para a definição de requisitos de um sistema, é necessário entender as pessoas que utilizarão um produto, bem como suas capacidades, objetivos, contexto e limitações (Rogers et al., 2023). Esses dados podem ser obtidos de diversas formas, seja com o uso de ferramentas como entrevistas e observação, até mesmo com base na experiência dos envolvidos no desenvolvimento do sistema, caminho seguido neste projeto (Rogers et al., 2023).

Primeiramente, definiu-se que o projeto abrange quatro tipos de usuários: desenvolvedor, professor, aluno e usuário anônimo. Para cada tipo, histórias de usuário foram concebidas, como as do Apêndice C e a do exemplo a seguir: “Como desenvolvedor, eu quero que exista uma documentação para verificar como utilizar as funcionalidades existentes”. Após, diversos casos de uso foram criados, vide Apêndice D, de forma a delinear o comportamento do usuário e

verificar seu caminho de ações, como na Figura 6.1, que apresenta um caso de uso da criação de uma conta do tipo Aluno.

Por fim, uma sessão de *brainstorming* com a equipe do projeto foi realizada, que, além dos professores orientadores, contou com a participação de três graduandos e uma pesquisadora, todos com experiência relacionada a jogos educacionais. Foram levadas em consideração todas as informações encontradas e elencados os requisitos obrigatórios e desejáveis do sistema, que estão apresentados a seguir:

- **Requisitos obrigatórios:**

1. O sistema deve funcionar em todos os sistemas operacionais;
2. O sistema deve possuir uma documentação acerca de seu uso;
3. O sistema deve permitir a criação de contas de desenvolvedor, professor e estudante;
4. O sistema deve permitir que desenvolvedores cadastrem, visualizem, editem e excluam jogos;
5. O sistema deve permitir que desenvolvedores selecionem, criem, visualizem, editem e excluam métricas;
6. O sistema deve permitir que professores criem, visualizem, editem e excluam salas;
7. O sistema deve permitir que professores adicionem, visualizem, editem e excluam jogos de uma sala;
8. O sistema deve permitir que professores visualizem métricas por sala, jogo e estudante;
9. O sistema deve permitir que estudantes visualizem métricas por jogo e sala;
10. O sistema deve permitir que professores e estudantes selecionem as métricas que desejam visualizar;
11. O sistema deve permitir ao estudante não compartilhar dados;
12. A suíte deve poder ser utilizada por usuários convidados.

- **Requisitos desejáveis:**

1. O sistema deve salvar o progresso dos estudantes;
2. A suíte deve permitir o salvamento local do progresso do jogador convidado;
3. A transmissão de dados deve ser criptografada;
4. O uso da API deve requisitar uma autenticação;
5. O sistema deve possuir modo claro e escuro;
6. O sistema deve atualizar o *dashboard* a cada 30 segundos;
7. O sistema deve permitir que o usuário atualize a própria senha;
8. O sistema deve permitir que o estudante atualize seu apelido, personagem e sala;
9. O sistema deve permitir que um estudante pertença a mais de uma sala;
10. O *tracker* do sistema deve ser simples de ser incluído em jogos existentes;
11. As tecnologias do sistema devem ser modulares e customizáveis.

Figura 6.1: Caso de uso do LEVEL

Caso de uso: Criação de Conta de Aluno
Descrição Geral: O caso de uso inicia-se quando o cliente deseja criar uma conta.
Atores: Cliente.
Pré-condições: Cliente ter clicado em criar uma conta, na página de <i>login</i> .
Garantia de Sucesso: Conta criada, <i>login</i> efetuado.
Fluxo Básico: 1. O cliente clica no combobox de Tipo de Usuário. 2. O cliente seleciona o tipo Aluno. 3. O cliente digita um usuário e senha. 4. O cliente clica no botão Criar. 5. A conta é criada com sucesso.
Fluxo Alternativo: 2. O cliente seleciona outro tipo. 1. O sistema irá prosseguir com a criação de outro tipo de conta. 3. O cliente não digita um usuário/senha. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando que ambos usuário e senha são necessários. 4. O cliente clica em Cancelar. 1. O sistema cancela a operação e volta para a tela de <i>login</i>. 5. Caso o nome de usuário já exista ou dê algum erro na criação da conta, o sistema mostra uma mensagem alertando o usuário.

Fonte: autoria própria

6.2 Modelo Conceitual

Um dos resultados da etapa de criação de alternativas do DI é o modelo conceitual, que descreve o contorno do que as pessoas podem fazer e quais os conceitos necessários para elas entenderem como interagir com o produto (Rogers et al., 2023). Nessa etapa, foram definidos tanto o visual da interface *web*, quanto detalhes da implementação do sistema.

Quanto ao primeiro tópico, sessões de *brainstormings* foram realizadas com a equipe, para definir detalhes acerca das telas necessárias e de como as métricas seriam mostradas para os usuários. Tais reuniões também serviram como base para os protótipos criados posteriormente.

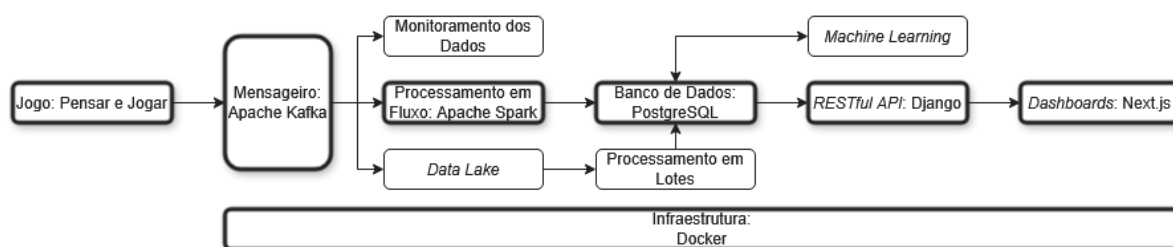
Já a arquitetura do sistema foi estabelecida baseada nos trabalhos de Vijayakumar e Bharathi (2023), Ang et al. (2020), Zahid et al. (2020), Davoudian e Liu (2020), Shah et al. (2016) e Zheng et al. (2014), que pesquisaram acerca de diversas características necessárias em um sistema de análise de dados.

A Figura 6.2 apresenta o sistema, com seus respectivos componentes e tecnologias utilizadas no LEVEL, sendo que, devido ao objetivo do presente trabalho, apenas os módulos destacados foram implementados, enquanto os demais consistem em sugestões de trabalhos futuros.

Assim, o jogo, neste caso a suíte PeJ, usufrui das funcionalidades do Apache Kafka¹, ferramenta muito utilizada no *streaming* de dados, para o envio de informações que serão monitoradas (como com a utilização de Grafana² e Prometheus³), processadas em fluxo e salvas em um *data lake* – acessado em processamentos em lotes, para análises mais complexas.

Para o processamento em tempo real, utilizou-se de Apache Spark⁴, que auxilia na análise em grande escala e que também pode ser aplicado no processamento em lotes. As análises são salvas em um banco de dados PostgreSQL⁵, um robusto sistema de gerenciamento de banco de dados relacional. Tais informações podem ser acessadas por módulos como o de *machine learning*, que visa disponibilizar diferentes análises. Outro módulo importante é o *back-end* da aplicação *web*, criado com Django⁶, um *framework* que auxilia na criação de sistemas escaláveis. Por fim, quanto ao *front-end*, optou-se pelo *framework* Next.js⁷, que inclui funcionalidades relacionadas ao dinamismo requerido dos *dashboards* apresentados.

Figura 6.2: Arquitetura do LEVEL



Fonte: autoria própria

6.3 Desenvolvimento do Sistema

Iniciou-se a construção de protótipos da interface *web*, com protótipos de baixa fidelidade do *front-end* da interface *web* criados com ferramenta MockFlow⁸, que permite a geração de *wireframes* a partir de uma lista de componentes, o que acelera o processo de desenvolvimento. Dessa forma, certas telas foram desenhadas, com as principais funcionalidades do sistema, vide Apêndice E. Um exemplo é apresentado na Figura 6.3, com a tela em que o usuário é redirecionado após o *login* no sistema.

Então, a equipe envolvida no projeto avaliou as telas, com algumas observações acerca do posicionamento de itens (e.g., o botão de adicionar métrica deve ficar na direita, para manter o padrão com as outras telas), detalhes da interface (e.g., as cores utilizadas) e informações apresentadas (e.g., seria interessante poder indicar o tipo de gráfico de cada métrica). Com base nesses apontamentos, um protótipo de alta fidelidade foi criado por outro membro da equipe, já utilizando as tecnologias abordadas anteriormente (Filho, 2024).

¹<https://kafka.apache.org/>

²<https://grafana.com/>

³<https://prometheus.io/>

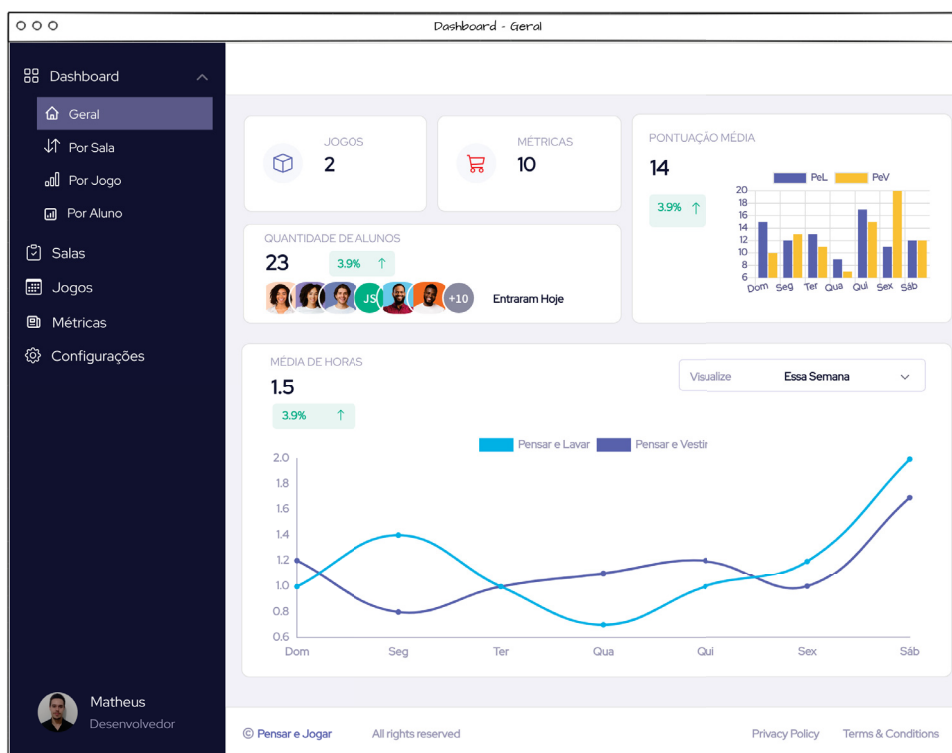
⁴<https://spark.apache.org/>

⁵<https://postgresql.org/>

⁶<https://djangoproject.com/>

⁷<https://nextjs.org/>

⁸<https://mockflow.com/>

Figura 6.3: Protótipo da tela de *dashboard* geral do LEVEL

Fonte: autoria própria

Após essas mudanças, duas avaliações foram realizadas. Na primeira, testes funcionais foram feitos pela equipe de pesquisa, com o objetivo de verificar, entre outros tópicos, a exibição das métricas de desempenho nos gráficos e o tempo de carregamento das telas, de forma a assegurar o correto funcionamento de todo o sistema (Filho, 2024).

Já na segunda, contou-se com o envolvimento de três especialistas das áreas de jogos e Interação-Humano Computador (IHC), que realizaram testes de usabilidade para avaliar a clareza e organização das informações apresentadas, além da responsividade e a navegabilidade do sistema (Filho, 2024). Alguns problemas foram encontrados pelos avaliadores, como (Filho, 2024): erros na tela de *login* ao utilizar o *zoom* da página; a não atualização do *dashboard* com novos dados; e o processo repetitivo para a visualização de métricas (i.e., a necessidade da seleção de jogo, sala, aluno e métrica). Destas observações, as duas primeiras foram resolvidas, sendo que a terceira será implementada na próxima versão do LEVEL. Ainda, os especialistas também sugeriram algumas melhorias para o sistema, como a inclusão da funcionalidade de atualização de senha – que consiste em um requisito desejável – e utilização de ícones e outros elementos visuais na interface, que remetem mais a um ambiente educacional, o que também será considerado na próxima versão (Filho, 2024).

6.4 Integração com o Pensar e Jogar

Para que os professores pudessem utilizar o LEVEL, era necessário que ele estivesse integrado com algum jogo, de forma a receber os dados das interações dos usuários e apresentar para os usuários. Dessa forma, a suíte PeJ, já desenvolvida pelo grupo de pesquisa, foi integrada ao LEVEL por este trabalho de dissertação. Ainda, houve a criação de um módulo para a

comunicação entre os jogos e o sistema, de forma a permitir que outros grupos de pesquisa realizassem esse processo de forma mais facilitada.

Outros detalhes importantes que foram definidos nessa etapa são as interações que seriam observadas, bem como as métricas analisadas pelo LEVEL e apresentadas pelos professores. Para isso, baseou-se nos resultados do MSL detalhado no Capítulo 3, principalmente quanto às métricas mais utilizadas. Assim, foram cadastradas 424 métricas, que podem ser divididas nas seguintes categorias:

- **Acertos:** total, por fase e por dificuldade/situação;
- **Erros:** total, por fase e por dificuldade/situação;
- **Arrastos de itens:** total, por fase, por dificuldade/situação e para fora em cada dificuldade/situação;
- **Tempos por dificuldade/situação:** arrastando um item, até realizar o primeiro movimento, até pedir ajuda e até desistir;
- **Atividades:** quantidade de sessões de cada jogo, acesso às configurações, fins de jogo totais e por dificuldade/situação, ajudas totais e por dificuldade/situação, se iniciou uma dificuldade/situação, se completou uma dificuldade/situação, tentativas por dificuldade/situação, quantidade de fases iniciadas e quantidade de fases completadas.

Destaca-se também que, apesar dessas métricas serem as disponíveis no sistema, cabe ao usuário (i.e., professor, estudante ou desenvolvedor) selecionar quais dessas ele deseja ver, como apresentado na Figura 6.4. Essa funcionalidade permite que cada *stakeholder* veja apenas o que é julgado importante para ele, o que pode diminuir a carga cognitiva de visualizar muitas informações ao mesmo tempo.

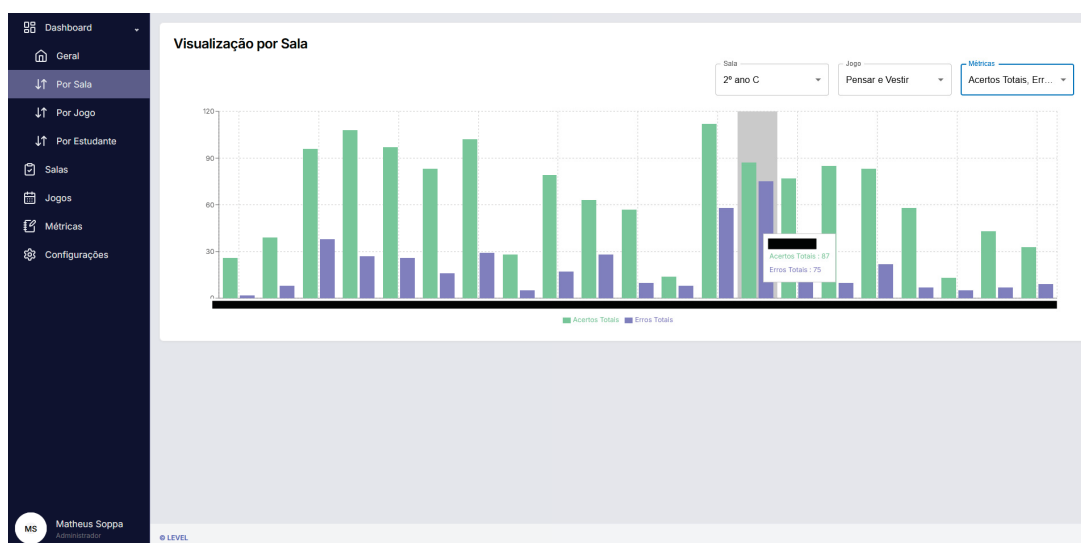
Figura 6.4: Tela de configurações do LEVEL

Fonte: autoria própria

Por fim, foi realizada mais uma etapa de testes funcionais, com a participação de mais quatro pesquisadores (um graduando, dois mestrando e um doutorando), todos com experiência na área de IHC. Tal etapa evidenciou alguns erros que foram corrigidos (e.g., palavras em inglês e

dados apresentados aos alunos), além de questões que serão tratadas futuramente (i.e., linguagem e visual do sistema, do ponto de vista dos estudantes). Contudo, de forma geral, o recebimento foi positivo (e.g. *“O projeto está muito bom, bem completo. Precisa de algumas melhorias pontuais, mas o sistema é bem legal. Gostei da conexão entre o LEVEL e os jogos.”* e *“Minha opinião geral é que o sistema é intuitivo até para alguém que não está tão por dentro do contexto como eu. [...]”*) e, tendo em vista que nesse primeiro momento o LEVEL seria utilizado apenas por professores, concluiu-se que o estado atual cumpria seu objetivo, capaz de apresentar as métricas em tempo real, conforme apresentado na Figura 6.5.

Figura 6.5: Tela de visualização por sala do LEVEL



Fonte: autoria própria

6.5 Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo teve como intuito descrever o sistema LEVEL, que tem como objetivo auxiliar na inclusão de técnicas de GLA no desenvolvimento de JDE, por meio de uma arquitetura escalável, aberta e com métricas customizáveis. Utilizou-se do método de DI, na qual os requisitos foram descobertos, alternativas criadas, protótipos elaborados e avaliações realizadas – tudo de forma iterativa e com o envolvimento de diversos *stakeholders*.

Assim, a primeira versão do LEVEL foi concluída e pode ser acessado em um repositório aberto⁹, cumprindo todos os requisitos obrigatórios elencados, assim como alguns dos desejáveis (i.e., itens 6, 10 e 11). Além disso, também houve a integração com a suíte de jogos PeJ, com o desenvolvimento de um módulo de comunicação entre ambos e a definição das métricas analisadas.

⁹<https://github.com/Pensar-e-Jogar>

Capítulo 7

Estudo de Caso e Avaliação do LEVEL

Com base no objetivo do presente trabalho, que é verificar as percepções de professores acerca de GLA, um estudo de caso foi elaborado para evidenciar esses pensamentos. Para isso, a seguinte questão foi explorada: a utilização do LEVEL auxilia os professores a acompanhar a progressão dos estudantes? Tal dúvida foi escolhida pois ela aborda o cerne dos benefícios de GLA e seu entendimento permite abordar como os professores utilizam o sistema.

Além disso, a avaliação é uma etapa importante no desenvolvimento de sistemas e “envolve a coleta e análise de dados das experiências dos usuários ao interagir com um esboço, protótipo ou componente de um sistema” (Rogers et al., 2023), o que permite correção de erros de *design* e melhorias de funcionalidades. Por conta disso, aproveitou-se a oportunidade do contato com o público-alvo do LEVEL para realizar em conjunto sua avaliação.

Assim, o capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 7.1, o planejamento desse estudo de caso é abordado, com o protocolo da pesquisa e as ferramentas desenvolvidas; a Seção 7.2 discorre sobre a execução do estudo, com especificidades quanto ao treinamento dos envolvidos, a utilização do LEVEL e a aplicação dos questionários; já a Seção 7.3 apresenta a análise desses questionários, com os resultados do questionário demográfico, aberto, do *Technology Acceptance Model* (TAM) e do *System Usability Scale* (SUS); a Seção 7.4 detalha a análise qualitativa realizada com base nos diários de bordo criados; por fim, na Seção 7.5, as interações entre os JDE e os estudantes são analisadas, partindo das métricas abordadas na Seção 6.4.

7.1 Planejamento

Para a averiguação da questão do estudo e também para avaliar o sistema, algumas ferramentas foram criadas: um questionário com perguntas abertas, acerca do uso do LEVEL, e demográficas, para entender melhor sobre esse público-alvo; o questionário SUS, para a avaliação da usabilidade da interface *web*; o questionário TAM, para averiguar a intenção de uso e a utilidade e aceitabilidade percebida; e diários de bordo, com todos os comentários e observações dos professores, alunos e pesquisadores. Além dessas, foi implementada uma página no LEVEL para a criação de contas em lote, que visou auxiliar na etapa de preparação do estudo.

Após a definição do protocolo da pesquisa, a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética, vide Apêndice F, e a obtenção da permissão da Secretaria de Educação de Joinville, algumas escolas foram convidadas a participar do estudo, com base em contatos previamente existentes. Das convidadas, quatro escolas aceitaram fazer parte do estudo: Escola Municipal Professora Karin Barkemeyer (K.B.), Escola Municipal Professora Karin Barkemeyer Extensão (K.B.E.),

Escola Municipal Prefeito Joaquim Félix Moreira (J.F.M.) e Escola Municipal Doutor Ruben Roberto Schmidlin (R.R.S).

Então, combinou-se com as escolas os dias em que os pesquisadores passariam nas salas de aula e as classes do primeiro ao terceiro ano do Ensino Fundamental em que as sessões do estudo de caso seriam realizados. Essa organização foi realizada de forma a otimizar o tempo de cada ida, visando o máximo de alunos e professores por dia. Assim, acordou-se o contato com as seguintes turmas: seis turmas da escola K.B., sendo duas de cada ano; dez turmas da escola K.B.E, com três de primeiro e segundo ano, e quatro do terceiro ano; seis turmas da escola J.F.M., sendo duas de cada ano; e três turmas da escola R.R.S, uma de cada ano.

Além disso, para a realização do estudo, também foi realizado um treinamento com os pesquisadores que fariam parte do processo (i.e., dois pesquisadores do grupo de pesquisa e outros dois pesquisadores do programa de extensão Interagir¹). Ainda, um documento foi criado², com todos os passos que deveriam ser seguidos, e uma reunião foi realizada com os envolvidos, para a apresentação e explicação do que seria feito.

7.2 Execução

A primeira escola visitada foi a K.B.E., no dia 30/10/2024. Como definido no protocolo criado, houve a preparação do ambiente, com a criação de todas as contas dos estudantes e a abertura da suíte PeJ nos Chromebooks. Então, a primeira turma foi chamada, explicou-se como seria a dinâmica da aula, vide Figura 7.1, obtiveram-se as assinaturas dos participantes e iniciou-se a sessão.

Figura 7.1: Estudo de caso – explicação da dinâmica



Fonte: autoria própria

O professor tinha total liberdade para explorar o LEVEL e, durante os 50 minutos, pôde visualizar as interações dos estudantes com os jogos por meio dos *dashboards*, como

¹<https://www.udesc.br/cct/interagir>

²<https://bit.ly/4iGoV7W>

apresentado na Figura 7.2. Enquanto isso, o pesquisador tirou todas as dúvidas que surgiram, auxiliou os estudantes no que foi preciso e registrou todos os comentários expressados. Por fim, próximo ao fim da aula, foram aplicados os três questionários e dado a todos os agradecimentos da participação, encerrando a sessão do estudo.

Figura 7.2: Estudo de caso – uso do sistema



Fonte: autoria própria

Tal procedimento foi repetido em todas as turmas e, com exceção de dois imprevistos, não houve problemas. Um imprevisto que ocorreu foi na primeira turma, que demandou mais tempo do que o planejado para a realização de todas as tarefas, o que resultou na extensão da sessão para duas aulas e na não participação de uma das turmas – sem diminuir a quantidade de professores no estudo, pois o mesmo professor participaria durante a tarde.

Já quanto ao outro imprevisto, este ocorreu durante a criação das contas de estudantes, no qual estava sendo considerado o primeiro nome e o primeiro sobrenome como usuário, sendo que não havia sido pensado na possibilidade da já existência de um outro usuário com esse mesmo nome, o que ocasionou em um erro na ferramenta utilizada para auxiliar nesse processo, que só foi resolvido completamente na metade da aula e resultou na perda de alguns dados dessa turma. Novamente, optou-se por aplicar o questionário no professor apenas no período da tarde, para diminuir a influência desse acontecimento nas respostas.

E, por conta dessas situações, tanto o protocolo quanto a ferramenta de criação de contas foram atualizados antes da aplicação do LEVEL nas outras escolas, de forma a esses problemas não ocorrerem novamente. Então, as outras idas foram realizadas nos dias 01/11/2024, na escola K.B., e 07/11/2024, nas escolas J.F.M. e R.R.S., totalizando 707 estudantes e 16 professores convidados. Porém, apenas os dados produzidos por 291 estudantes foram analisados, sendo aqueles que interagiram com os jogos e que também entregaram os termos de consentimento necessários.

7.3 Análise dos Questionários

Apesar de terem sido aplicados três questionários para cada professor, o tema do primeiro pode ser dividido em dois, vide Apêndice G, assim, as temáticas analisadas são: descoberta de perfil, com as perguntas demográficas; acerca de GLA, devido às perguntas abertas sobre o uso do LEVEL; de usabilidade, com base no questionário SUS; e de utilidade e aceitabilidade percebida, com as perguntas do TAM. Ainda, tais análises também estão disponibilizadas de forma *online*³

7.3.1 Perfil dos Professores

Acerca do questionário demográfico e de acompanhamento, um ponto que precisa ser destacado é a quantidade de respostas obtidas, que foi uma a mais do que o número de professores. Apesar da comparação do teor das respostas, não foi possível encontrar quem pode ter preenchido duas vezes e, dessa forma, todas as respostas foram levadas em consideração para a análise.

Quanto às perguntas relacionadas ao perfil dos participantes, estas demonstraram que a maioria é de mulheres (94,11%), com apenas uma resposta indicando “Outro”, uma idade média de 42 anos e com o maior nível de ensino dividido entre graduação (52,94%) e especialização (47,06%). Ainda, com base no cálculo do coeficiente de correlação de Pearson, foi possível perceber uma correlação negativa moderada entre idade e o uso de celular (-0,65), e fraca entre a idade e nível de competência digital (-0,47), o que pode indicar uma tendência de professores mais velhos não utilizarem tanto de tecnologia, dado que contou com uma média geral 3,7 horas por dia de uso de computadores e 3,2 horas de celulares.

Já acerca das formas de avaliações aplicadas em sala de aula com seus estudantes, vide Figura 7.3, percebe-se que provas são as mais utilizadas, assinaladas por 94,12% dos professores. Destaca-se também a utilização de uma forma digital de avaliação, com a ferramenta Plickers⁴, que permite verificar em tempo real o desempenho dos alunos por meio de testes rápidos. Esse uso pode sugerir que já existem professores que estão interessados em utilizar de formas digitais na avaliação de seus estudantes.

Figura 7.3: Tipos de avaliações aplicadas



Fonte: autoria própria

E, mais especificamente sobre as ferramentas utilizadas – como apresentado na Figura 7.4 –, houve uma preferência para o YouTube⁵ (76,47%) e formulários digitais (58,82%). Outra

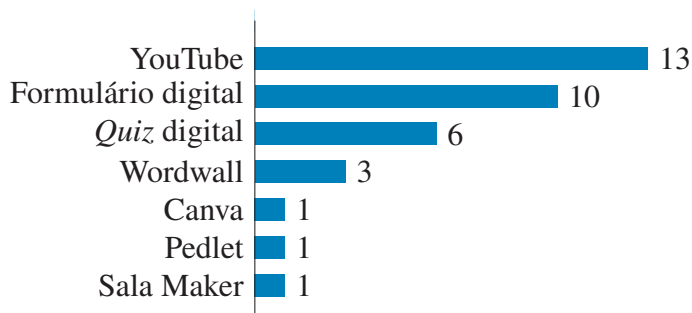
³<https://bit.ly/4bZqZ8B>

⁴<https://get.plickers.com/>

⁵<https://www.youtube.com/>

ferramenta digital relacionada ao presente trabalho é o Wordwall⁶, no qual é possível criar diversos recursos educacionais (e.g., questionário, associação, palavras cruzadas e *flashcards*), e foi citado por três professores.

Figura 7.4: Ferramentas utilizadas



Fonte: autoria própria

Devido ao contexto do grupo de pesquisa, também foi perguntado se os professores conheciam o que eram jogos sérios, no qual a grande maioria informou que sim (64,71%), mas, com base na definição de Zyda (2005) e nas respostas dadas, foi possível perceber que existe uma certa confusão entre jogos sérios e jogos educacionais, por conta de respostas como: “São jogos que tem objetivos pedagógicos, ensinam, ou levam a desenvolver habilidades pedagógicas.”.

Ainda, quase todos os professores indicaram utilizar de jogos digitais em suas aulas (94,12%), com a única pessoa que respondeu de forma negativa citando o seguinte motivo: “*usei apenas uma vez, os conteúdos são impressos*”, o que talvez possa indicar que a utilização foi na verdade de um jogo físico. Quanto aos gêneros desses jogos aplicados, vide Figura 7.5, a média encontrada foi de 3,41 tipos diferentes (com um professor que assinalou 11 de 13 tipos existentes, e um professor que não assinalou), sendo que os mais utilizados foram de quebra-cabeça (64,71%) e estratégia (52,94%). Destaca-se também a não utilização do gênero RPG (*role-playing game*), que é um estilo de jogo narrativo e de interpretação de papéis, o que poderia ser utilizado para colocar o estudante em outro ponto de vista para o aprendizado de algum conteúdo (e.g., um paleontólogo, explorando fósseis de dinossauro), e pode ser um tópico interessante de ser explorado.

E, entre as formas de uso, uma professora comentou que utiliza de jogos “*Para aprimorar e desenvolver habilidades na Matemática, Língua Portuguesa, Ciências e desafiando e estimulando o cognitivo dos estudantes.*”. Além disso, nem todas utilizariam essa ferramenta como forma de avaliação, apenas 70,58%. Os detalhes dados sobre esse uso foram variados, com opiniões positivas (“*para mensurar com mais propriedade a evolução e desempenho*” e “*para melhor medir a compreensão, entendimento e grau de dificuldade de cada aluno*”) e negativas (“*talvez o jogo não atingiria o que quero sobre os alunos*” e “*pois precisamos de critérios e tem armazenados esses dados e ainda não temos esse tipo de armazenamento*”). Tais percepções auxiliam na identificação das funcionalidades necessárias para essa utilização.

Uma outra informação importante, relacionada a GLA, é o nível usual de dificuldade de acompanhar o desempenho de seus estudantes, o qual quatro professores responderam com o nível cinco (entre zero e cinco) e apenas um professor indicando o nível um, além de ter uma média geral de 3,31 e um desvio padrão de 1,19. Essa dificuldade corrobora com a limitação apontada por Tlili e Chang (2019), com a comparação entre JDEs e caixas-pretas. Pensava-se

⁶<https://wordwall.net/pt>

Figura 7.5: Gêneros de jogos aplicados



Fonte: autoria própria

que esse dado também poderia influenciar no uso de jogos como uma ferramenta de avaliação, mas o coeficiente de correlação encontrado nesta amostra indica que não é o caso (0,28).

7.3.2 Utilização de GLA

A segunda parte do primeiro questionário foca no uso de GLA, por meio de perguntas abertas, com a utilização da técnica de análise de conteúdo nas respostas. A primeira pergunta visou entender se o sistema auxiliaria nas salas de aula, na qual respostas positivas foram recebidas, como é possível visualizar na nuvem de palavras da Figura 7.6, que, como todas as imagens apresentadas a seguir, passou por um pré-processamento para a retirada de palavras que não possuem valor para a análise, conhecidas como *stop words* ou palavras vazias⁷. Alguns exemplos de respostas, que explicam também a forma de uso, são: “*Sim, ele poderá ser utilizado no percurso formativo, possibilitando acompanhar o desempenho do estudante de forma imediata.*” e “*sim. no acompanhamento do desenvolvimento do aluno, como ele se saiu, quantos acertos e erros...*”. Tais respostas permitiram observar alguns benefícios do uso do LEVEL, como a visualização do desempenho dos estudantes em tempo real.

Na segunda questão, que perguntava se os professores utilizariam o LEVEL em suas aulas, duas pessoas responderam que não (sem indicar uma explicação), enquanto todos os outros professores indicaram que sim. Ainda, também foram dadas alguns exemplos de uso, como: “*Sim, mostrando os resultados para os alunos de seus desempenhos, criaria metas com eles em suas obrigações, notas, e faltas*” e “*Sim, como ferramenta de monitoramento e acompanhamento da aprendizagem dos estudantes.*”. Destaca-se a presença de palavras como “*acompanhamento*”, “*monitoramento*” e “*progressão*”, vide a Figura 7.7, que corroboram com a ideia de que o LEVEL auxiliou nesse contexto.

E na terceira, apesar da pergunta se referir à diferença do LEVEL no uso de jogos na sala de aula, parece que houve uma confusão com a diferença entre o sistema e a suíte, pois as respostas estavam mais relacionadas com o PeJ. Porém, entre o *feedback* recebido, vide a nuvem da Figura 7.8, encontraram-se as seguintes explicações: “*Os jogos deixaram de ser apenas um*

⁷https://www.nltk.org/howto/portuguese_en.html#stopwords

Figura 7.6: Nuvem de palavras da questão 1 – auxílio do sistema



Fonte: autoria própria

Figura 7.7: Nuvem de palavras da questão 2 – utilização do sistema



Fonte: autoria própria

passa tempo e passaram a ter um propósito, com a ferramenta é possível verificar o percentual de acertos e quais as maiores dificuldades dos estudantes.” e “Sim, pois facilita para o professor acompanhar o desempenho detalhado de cada aluno.”. Novamente, houve afirmações que indicam a visão positiva do uso do sistema e de GLA como um todo.

Já na quarta, buscou-se entender quais as métricas mais importantes do ponto de vista de cada professor. Como é possível observar na Figura 7.9, erros e acertos foram as mais informadas, mas também houve tempos, tentativas, fases completadas e ajudas requisitadas. Uma resposta que chamou a atenção foi “as mais adequadas para a faixa etária”, que pode indicar a demanda por diferentes métricas que variam de acordo com o contexto, o que contribui com o requisito do LEVEL de permitir que professores selecionem as métricas que desejam visualizar.

Quanto à quinta questão, que visou entender se e como as métricas apresentadas podem influenciar nas aulas, apenas um professor não respondeu, mas, das respostas dadas, todos expressaram que isso ocorre. Mais especificamente, os exemplos dados e a Figura 7.10 reforçam

Tabela 7.1: Frequência de categorias no questionário aberto

Nome	Questão						Total
	1	2	3	4	5	6	
Métricas visualizadas	0	0	0	25	3	0	28
Tipos de visualizações	0	0	0	3	1	0	4
Influência pedagógica do sistema	15	7	4	1	31	8	66
Percepções acerca do sistema	20	20	15	0	1	8	64
Necessidades relacionadas ao sistema	4	2	0	1	1	1	9
Percepções acerca dos jogos	0	0	3	0	0	5	8
Necessidades relacionadas aos jogos	0	1	0	0	0	1	2
Percepções gerais	0	0	2	0	0	5	7

Fonte: Autoria própria.

influenciar nas aulas” (18). Novamente, tais dados colaboram com a ideia de que os professores conseguem acompanhar a progressão dos estudantes ao utilizar o LEVEL.

7.3.3 *System Usability Scale*

O questionário SUS possui como objetivo apresentar uma visão geral da subjetiva avaliação de usabilidade de um sistema (Brooke, 1995). Para isso, ele é composto de dez perguntas na escala de Likert de 5 pontos, que cobrem diferentes aspectos do sistema, como a necessidade de auxílio, treinamento e a complexidade percebida (Brooke, 1995). Tal instrumento foi adaptado para o contexto do projeto e pode ser visualizado no Apêndice H. Para sua análise, seguiu-se a fórmula padrão do método, no qual é somado as respostas de perguntas ímpares subtraído de um, com cinco subtraído de cada resposta das perguntas pares, e então multiplicado essa soma por 2,5 (Brooke, 1995).

Ainda, apesar de existirem 16 respondentes, três foram descartados nessa análise, pois ou não responderam todo o questionário, ou foi concluído que o participante não leu as perguntas (i.e., respondeu que concorda com tudo, o que apresenta contradições). Assim, com base na análise dos dados válidos, o valor final do SUS é 85,58, o que pode ser considerado como aceitável e, dessa forma, não requer grandes mudanças (Tullis e Albert, 2013).

Destaca-se que houve apenas dois valores abaixo de 70, mediana geral de aceitação (Tullis e Albert, 2013), sendo eles 47,5 e 62,5. Além disso, dois professores responderam com o valor máximo de usabilidade (100) e o desvio padrão encontrado foi de 18,12, o que também corrobora com a consideração acerca da média final encontrada.

7.3.4 *Technology Acceptance Model*

Já quanto ao questionário TAM, presente no Apêndice I, ele é utilizado para verificar a aceitação de um sistema pelo seus usuários, com base na sua intenção, utilidade e facilidade de uso (Davis e Davis, 1989; Marikyan e Papagiannidis, 2024). Apesar de não existir uma única forma de construir tal questionário, ele geralmente consiste de múltiplas perguntas, na escala de Likert de cinco ou sete pontos, divididas entre categorias que podem afetar o comportamento real do usuário (Marikyan e Papagiannidis, 2024). Nesse caso, adaptamos quatorze questões, com seis para a utilidade percebida (UP), seis para a facilidade de uso percebido (FUP) e duas para a intenção de uso (IU).

Novamente, a partir das 16 respostas, algumas foram descartadas. Descartaram-se as respostas do participante que não havia preenchido corretamente o SUS, pois o comportamento poderia ter se repetido novamente, e também não foi considerada a resposta de outro participante na análise do IU, pois uma questão não havia sido respondida.

Dessa forma, com base na análise em cima dos dados válidos, há uma concordância quanto às variáveis averiguadas, como apresentado na Tabela 7.2, com uma média geral entre os artefatos de 4,59 e um desvio padrão médio de 0,62, o que indica que o LEVEL é aceito pela maioria dos usuários. Ainda, pelos valores de Alfa de Cronbach, é possível afirmar que o questionário possui uma grande consistência interna, ainda que com uma possível redundância, o que também valida essa avaliação (Tavakol e Dennick, 2011; Jerry J. Vaske e Sponarski, 2017).

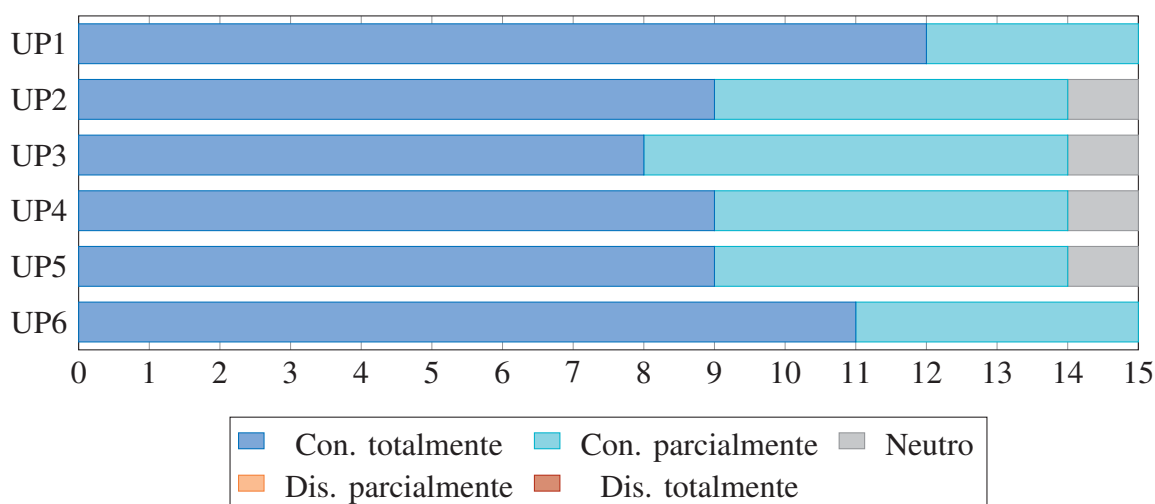
Tabela 7.2: Análise descritiva do TAM

Construtos	Média	Desvio Padrão	Alfa de Cronbach (α)
Utilidade Percebida (UP)	4,6	0,51	0,95
Facilidade de Uso Percebida (FUP)	4,6	0,60	0,87
Intenção de Uso (IU)	4,57	0,73	0,93

Fonte: Autoria própria.

Mais especificamente quanto a cada construto, a Figura 7.12 ilustra a UP do LEVEL, no qual é possível observar a concordância expressa pela média, com nenhum participante discordando dessa característica. Destacam-se as respostas do UP1 (“o LEVEL me permitiria acompanhar a progressão dos estudantes mais rapidamente”) e UP6 (“acho que o LEVEL seria útil no meu trabalho”), que contaram com total concordância.

Figura 7.12: Utilidade percebida do LEVEL

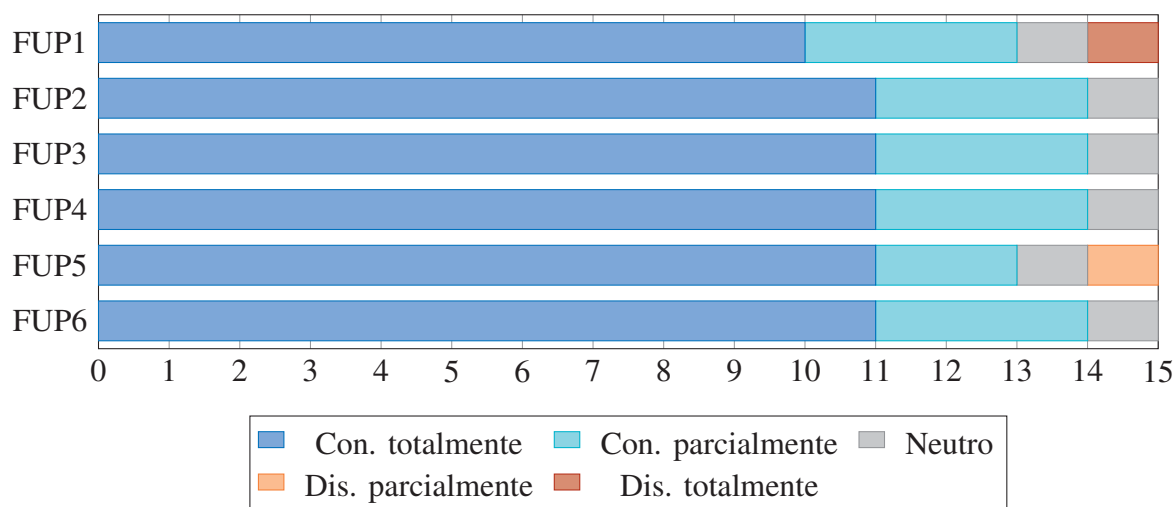


Fonte: autoria própria

Já nas respostas da FUP, vide Figura 7.13, houve duas ocasiões com uma discordância cada, FUP1 (“aprender a utilizar o LEVEL foi fácil para mim”) e FUP6 (“achei o LEVEL fácil de usar”). Tais respostas podem indicar a necessidade de um tutorial na própria ferramenta, uma funcionalidade que será adicionada no futuro. Ainda assim, a grande maioria concorda com a facilidade do sistema.

E quanto a IU, apresentado na Figura 7.14, não houve nenhuma discordância nas respostas. Porém, por conta da quantidade de pessoas que responderam de maneira neutra

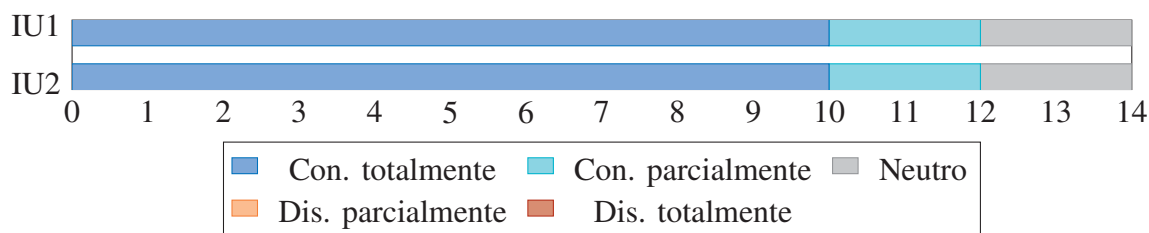
Figura 7.13: Facilidade de uso percebida do LEVEL



Fonte: autoria própria

(14,28%), mesmo percebendo a utilidade do sistema, pode ser que haja algum outro motivo prevenindo o uso do LEVEL.

Figura 7.14: Intenção de uso do LEVEL



Fonte: autoria própria

7.4 Análise do Diário de Bordo

Durante todas as sessões, diários de bordo foram criados por cada um dos pesquisadores envolvidos, com os comentários ditos por professores e alunos, além das observações levantadas por cada pesquisador. Novamente, realizou-se uma análise qualitativa de conteúdo em cima desses dados, com a criação de códigos e a verificação da frequência de cada código.

Um exemplo desse processo é com um comentário de um professor, que foi dividido em diversas partes, cada uma com seu respectivo código: *“Achei show de bola. [Opinião positiva quanto ao sistema] Já utilizei diversas metodologias de avaliação (prova, canva, etc), [Metodologias de avaliação utilizadas] mas não dava para usar jogo pois os dados não ficavam salvos, para mostrar para os alunos o motivo da sua nota. [Lacunas de outros jogos educacionais] Com esse sistema, isso se tornou possível, [Uso do sistema no planejamento formativo] muito legal. [Opinião positiva quanto ao sistema] Até contei para minhas colegas sobre os projetos e [Compartilhamento do projeto] ficou todo mundo animado”* [Opinião positiva quanto ao sistema].

Então, para os professores, o código mais encontrado foi “opinião positiva quanto ao sistema”, presente em dez comentários (e.g., *“Nossa, vocês fizeram isso? Vocês são geniais mesmo.”*). Já para os estudantes, “engajamento com os jogos” possui 16 ocorrências, sendo o

7.5 Análise das Interações com o PeJ

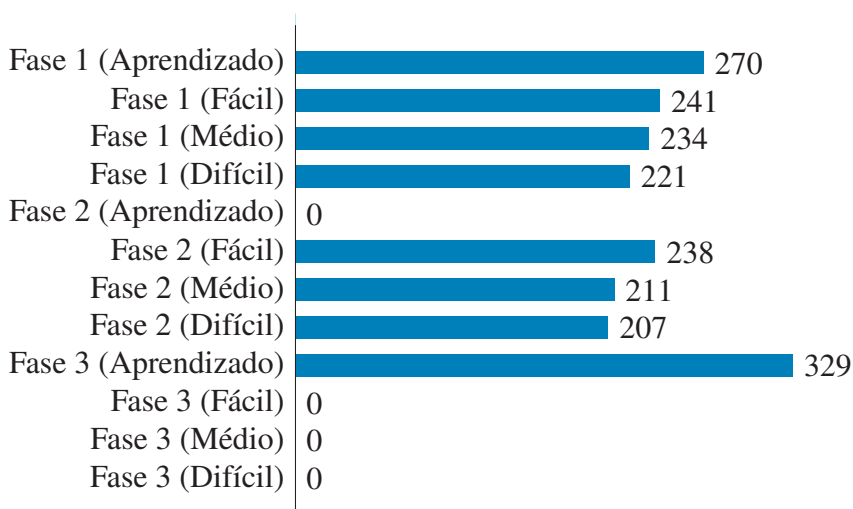
Durante o estudo de caso, diversos dados das interações entre os estudantes e o PeJ foram obtidos para serem apresentados para os professores. Como apresentado na Seção 6.4, tais métricas foram divididas em algumas categorias, as quais seus dados serão detalhados a seguir. A análise completa, que vai além das informações apresentadas aqui, pode ser visualizada *online*⁸.

Ainda, um dado geral da suíte é referente a qual jogo é escolhido primeiro, pois, ao abrir a suíte, ambos os JDE são apresentados e o estudante deve escolher qual jogo deseja jogar. A análise dessa ação revelou que 62,89% dos jogadores escolheram o Pensar e Vestir, talvez devido ao tamanho da figura.

7.5.1 Pensar e Lavar

A primeira métrica analisada foi a completude do jogo, como apresentado na Figura 7.16, na qual é possível observar que algumas informações não foram armazenadas, o que não condiz com a métrica de tempo por fase e, dessa forma, não é uma informação correta. Ainda, com base nos dados válidos, a Fase 1 (Aprendizado) foi a mais concluída (270) e a Fase 2 (Difícil) é a com a menor quantidade de finalizações (207).

Figura 7.16: Quantidade de estudantes que completaram cada fase do PeL



Fonte: autoria própria

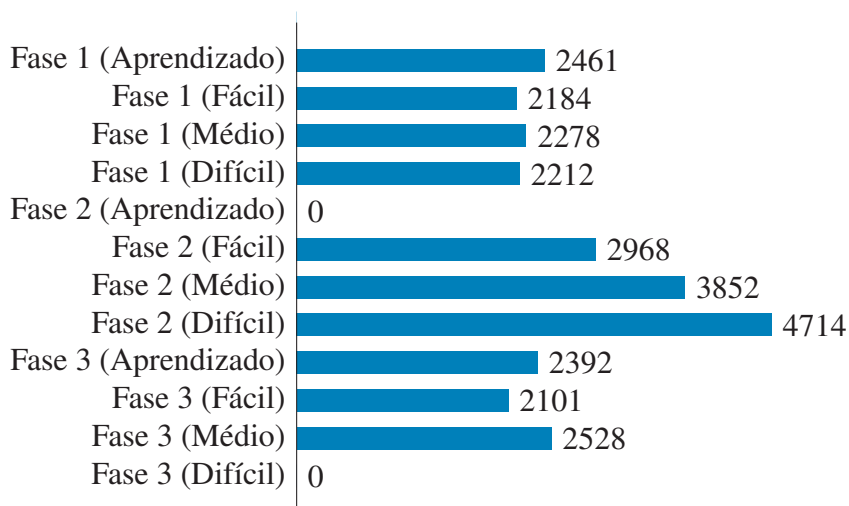
Também foi verificado a quantidade de fases iniciadas e completadas pelos jogadores, com uma porcentagem de conclusão média de 52,09%. Porém, concluiu-se que esse número não representa a quantidade total, pois nenhum jogador completou mais de oito fases, o que não condiz com os dados como os de tempo. Dessa forma, a informação de quantos jogadores concluíram todas as fases do PeL também não é precisa, mas é possível afirmar que 6,53% dos participantes completaram pelo menos metade do jogo.

A quantidade de acertos totais foi representada pela soma da frequência de todos os estudantes para cada fase do jogo. Assim, a fase com mais acertos foi a Fase 2 (Difícil), com 4714, e contou com a Fase 3 (Fácil) como a com menos acertos, 2101, vide Figura 7.17. A média geral foi de 2769, o que foi elevado por conta da Fase 2, que possuiu uma média 60% superior que as outras fases, possivelmente por conta da quantidade de movimentos necessários para sua

⁸<https://bit.ly/4iJpTR2>

solução. Nota-se que houve fases sem acertos, porém, devido à presença da métrica de tempo até completar tais níveis, é possível afirmar que tais dados estão incorretos, decorrido do não envio por parte do jogo.

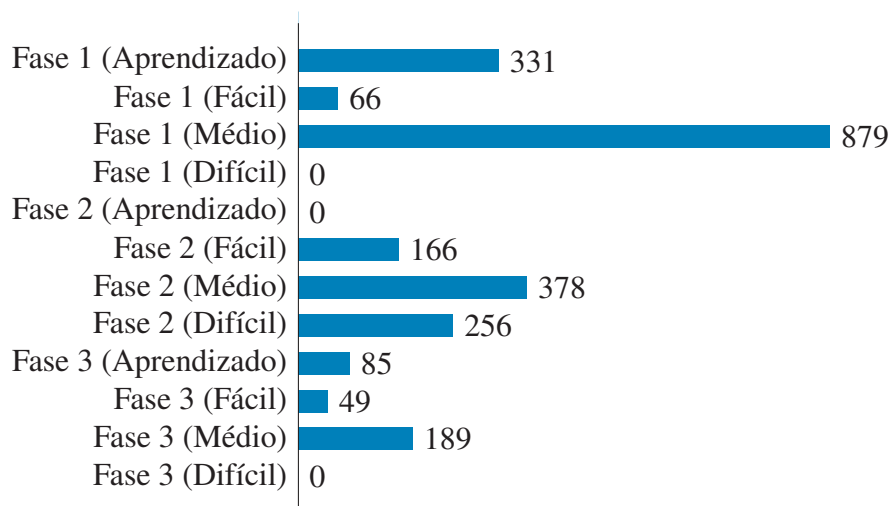
Figura 7.17: Quantidades de acertos por fase do PeL



Fonte: autoria própria

Seguindo a lógica da análise anterior, a média geral de erros foi menor (266,6), sendo a Fase 1 (Médio) a com a maior quantidade de erros (879) e a Fase 3 (Fácil) com a menor (49). Novamente, vide Figura 7.18, houve fases sem dados, mas, exceto o caso da Fase 2 (Aprendizado) – que não possui fins de jogo e pode ser que ninguém tenha cometido um erro –, é possível afirmar que tais informações estão incorretas, tendo em vista a quantidade de fins de jogos.

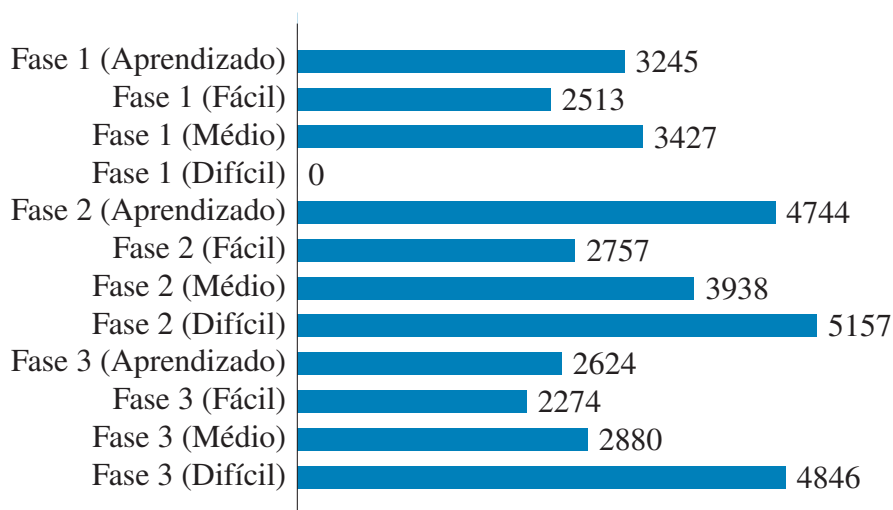
Figura 7.18: Quantidades de erros por fase do PeL



Fonte: autoria própria

Já quanto aos movimentos realizados, como detalhado na Figura 7.19, a média total foi de 3491,4, com uma fase faltante (que não condiz com a realidade, com base na quantidade de acertos e erros), 5157 movimentos na Fase 2 (Difícil; maior quantidade encontrada) e 2274 na Fase 3 (Fácil; menor quantidade encontrada).

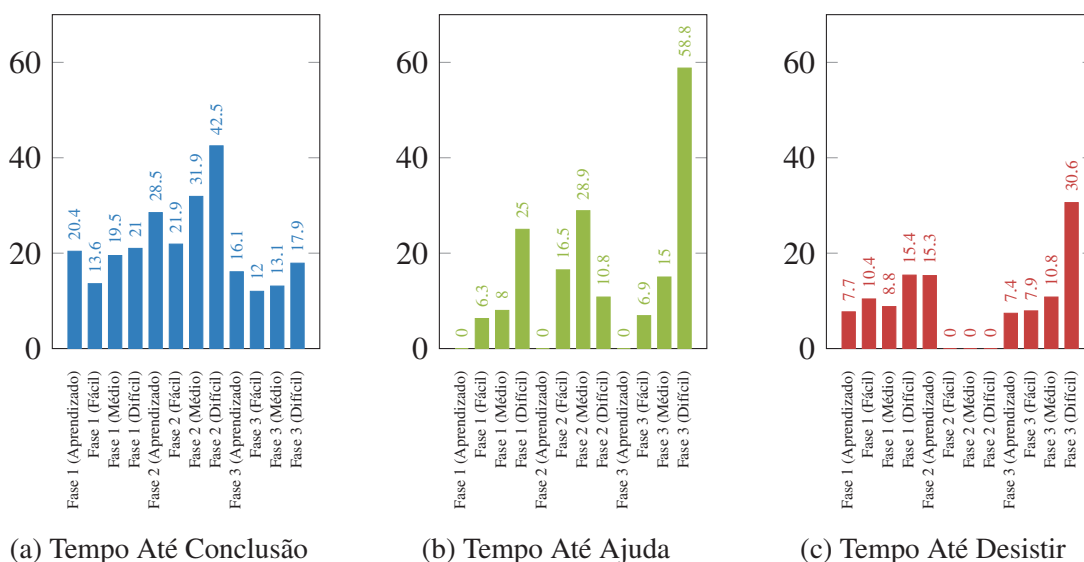
Figura 7.19: Quantidades de movimentos por fase do PeL



Fonte: autoria própria

Outras informações importantes que também foram analisadas são os tempos. PeL contou com uma média geral de tempo para concluir uma fase de 21,5 segundos, com 18,6 segundos na primeira fase, 31,2 na segunda e 14,8 na terceira. A fase mais demorada foi a Fase 2 (Difícil), que levou em média 42,5 segundos para ser concluída, enquanto a Fase 3 (Fácil) levou apenas 12 segundos, sendo a mais rápida. Ainda, vide Figura 7.20, o tempo médio para o jogador solicitar ajuda foi de 19,6 segundos, e 12,7 para uma desistência (cujos zeros podem indicar tanto a não desistência quanto o não envio dessa informação).

Figura 7.20: Tempos por fase do PeL



(a) Tempo Até Conclusão

(b) Tempo Até Ajuda

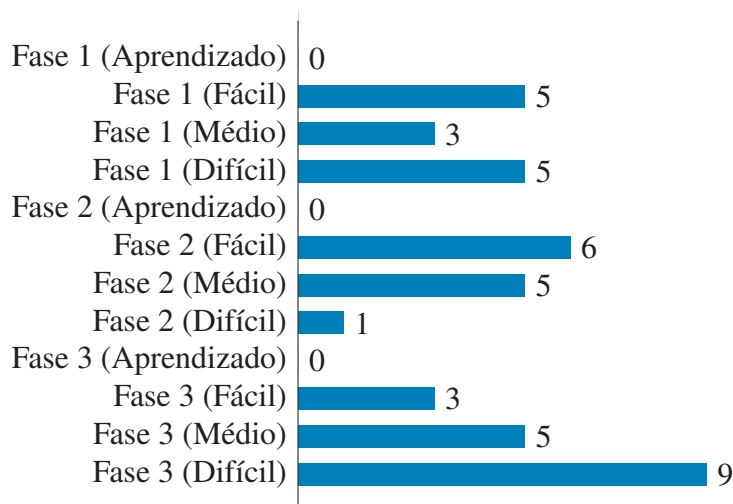
(c) Tempo Até Desistir

Fonte: autoria própria

Mais especificamente quanto à quantidade de ajudas, a média de requisições foi de 4,7 requisições por fase, com nove sendo a maior quantidade registrada, para a Fase 3 (Difícil), e uma nos níveis com a menor quantidade, na Fase 2 (Difícil), vide Figura 7.21. Destaca-se que os níveis de aprendizado não possuem tal função, o que explica os zeros da figura. Além disso, tais quantidades apresentam um ponto interessante de ser mais explorado no futuro, que é o nível

fácil da Fase 2 possuir mais pedidos de ajuda do que o nível difícil, sendo essa última a menos concluída do jogo.

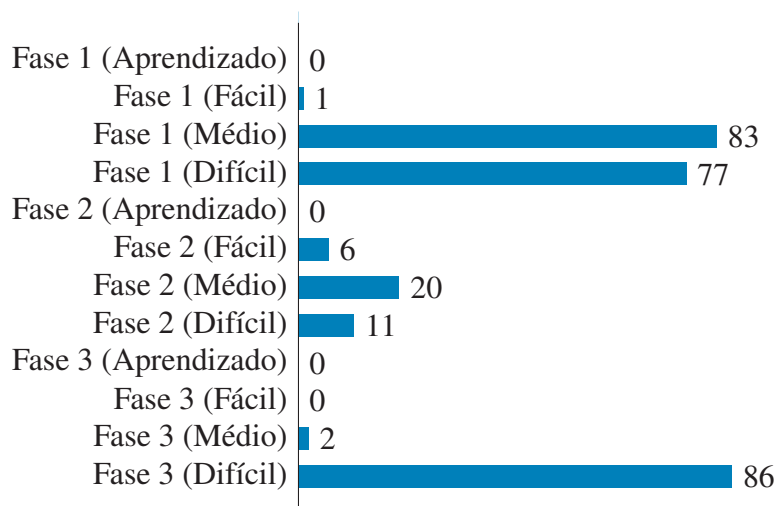
Figura 7.21: Quantidade de pedidos de ajuda por fase do PeL



Fonte: autoria própria

Os fins de jogo também foram contabilizados, no qual o PeL possui uma média geral de 35,8, porém o detalhe que mais chama a atenção ao analisar os dados da Figura 7.22, é a variância presente na Fase 1, com o desvio padrão de 45,7 (apesar da Fase 3 também possuir uma variância similar, seus dados podem não estar completos, tendo como base a quantidade de erros do nível fácil). A Fase 3 (Difícil) foi a que contou com a maior quantidade de fins de jogo (86), e a Fase 1 (Fácil) com a menor quantidade (1).

Figura 7.22: Quantidade de fins de jogo por fase do PeL



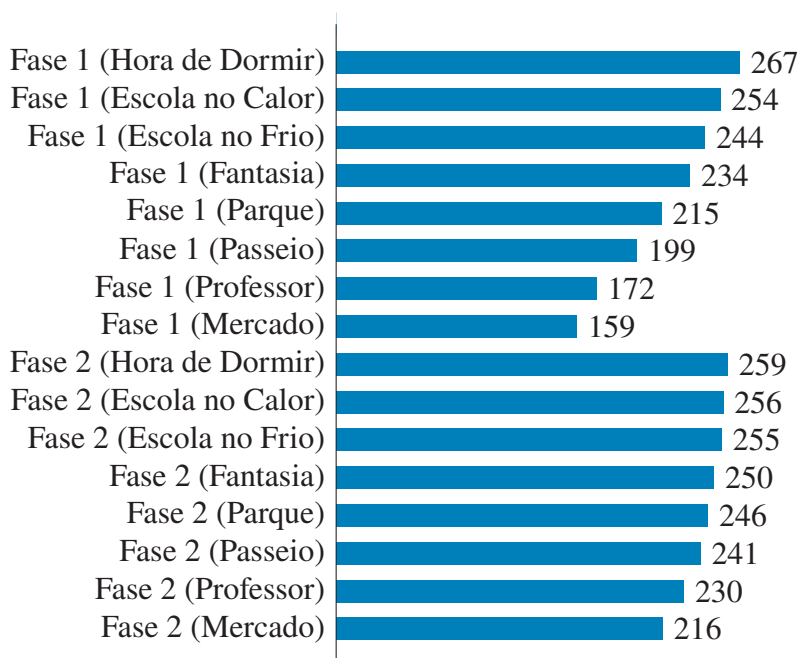
Fonte: autoria própria

Por fim, diversas ações foram registradas e analisadas em cada um dos jogos. Um exemplo é a quantidade de estudantes que acessaram a tela de configurações, que permite selecionar quais fases e níveis/situações serão jogadas. No PeJ, 13,06% dos jogadores acessaram essa tela, o que, apesar de baixo, não indica a necessidade de uma mudança, tendo em vista que o objetivo da tela é ser acessada majoritariamente pelos professores, que não interagiram com o jogo.

7.5.2 Pensar e Vestir

Quanto à completude do jogo, a Figura 7.23 detalha a quantidade de jogadores que finalizaram cada uma das fases do PeV, em que a mais concluída é a Fase 1 (Hora de Dormir; 267), enquanto a Fase 1 (Mercado) é a que menos estudantes terminaram (159). Porém, a média de estudantes que completam a Fase 2 é maior do que a Fase 1 (244 e 234,5, respectivamente), o que levou a uma análise mais profunda acerca do comportamento dos jogadores, verificando qual fase escolhida no menu de fases, e, com base nisso, verificou-se que parte considerável dos jogadores começavam pela segunda fase (26,33%), possivelmente por conta do *layout* do menu de fases, o que consiste em um ponto que será corrigido na próxima versão do jogo. Ainda, a porcentagem de conclusão média foi de 78,59%, com 44,67% dos estudantes completando todas as fases e 4,81% dos que apenas fizeram metade do jogo.

Figura 7.23: Quantidade de estudantes que completaram cada fase do PeV



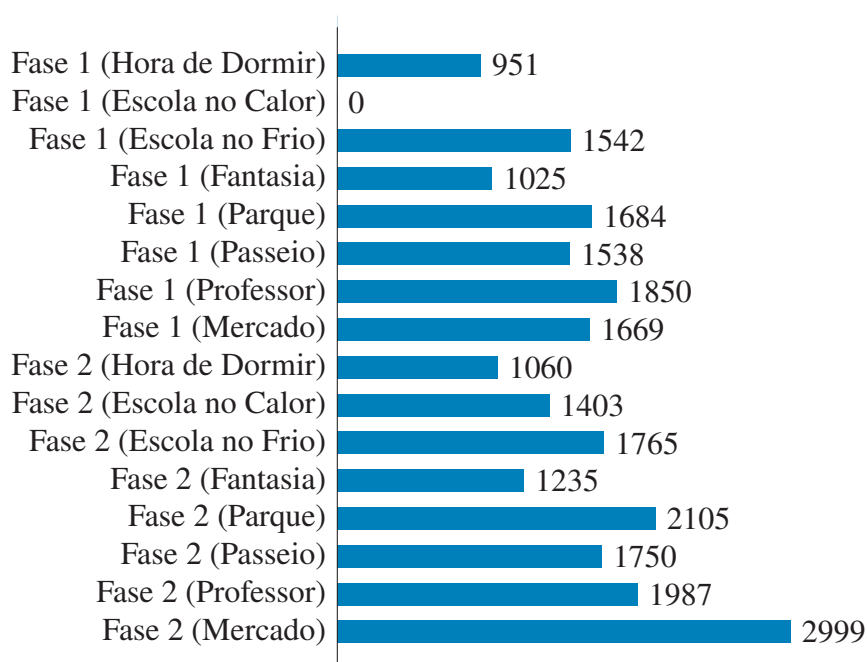
Fonte: autoria própria

A Figura 7.24 apresenta a quantidade de acertos totais em cada uma das fases do PeV, jogo que apresentou uma média de 1637,5 acertos por fase. A fase com mais acertos foi a Fase 2 (Mercado), com 2999, enquanto a Fase 1 (Hora de Dormir) contou com apenas 951, consistindo na que possui a menor quantidade. Outro detalhe observado foi que a média das situações da Fase 1 foi menor do que da Fase 2, o que pode significar uma diferença de dificuldade ou que mais movimentos são necessários posteriormente. Ainda, percebe-se também que a Fase 1 (Escola no Calor) não possui acertos, o que, tendo em vista a quantidade de pessoas que a completaram, indica o não envio dessa informação pelo jogo.

Já quanto a quantidade de erros por fase, como mais detalhado na Figura 7.25, a média foi de 416,1 erros, em que a Fase 1 (Professor) é a que mais teve erros (897), enquanto a Fase 2 (Escola no Calor) foi a com a menor quantidade (169). Ainda, não há tal informação para a Fase 2 (Hora de Dormir), possivelmente por conta do não envio pelo jogo, mas, como não há fim de jogo nas situações de aprendizado, pode ser que nesse caso realmente não tenha havido erros.

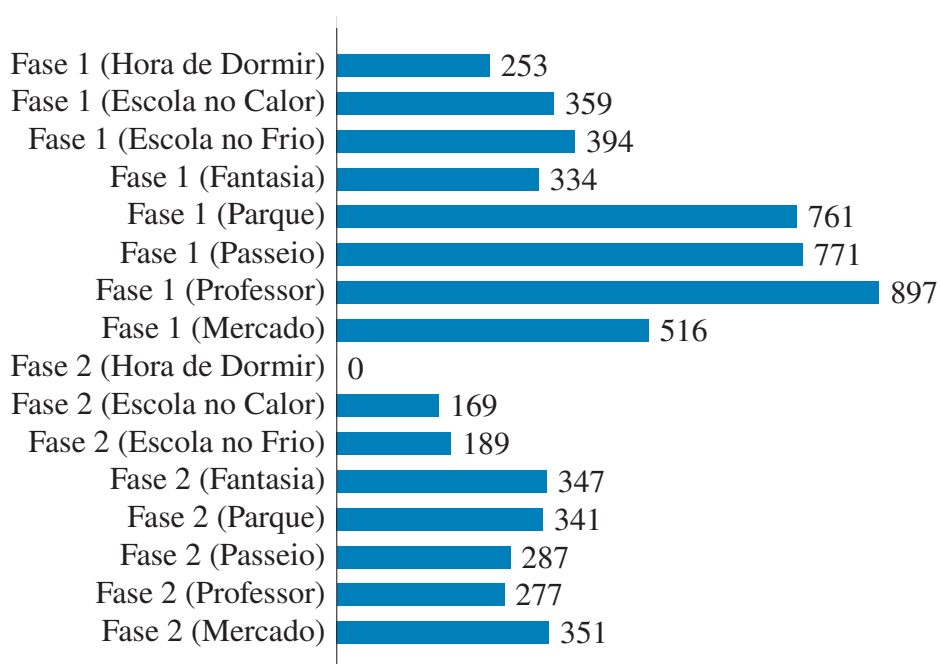
E, acerca dos movimentos realizados, mais especificamente da quantidade de arrastos totais, houve uma média de 2457,6 movimentos por fase. Como apresentado na Figura 7.26, a

Figura 7.24: Quantidades de acertos por fase do PeV



Fonte: autoria própria

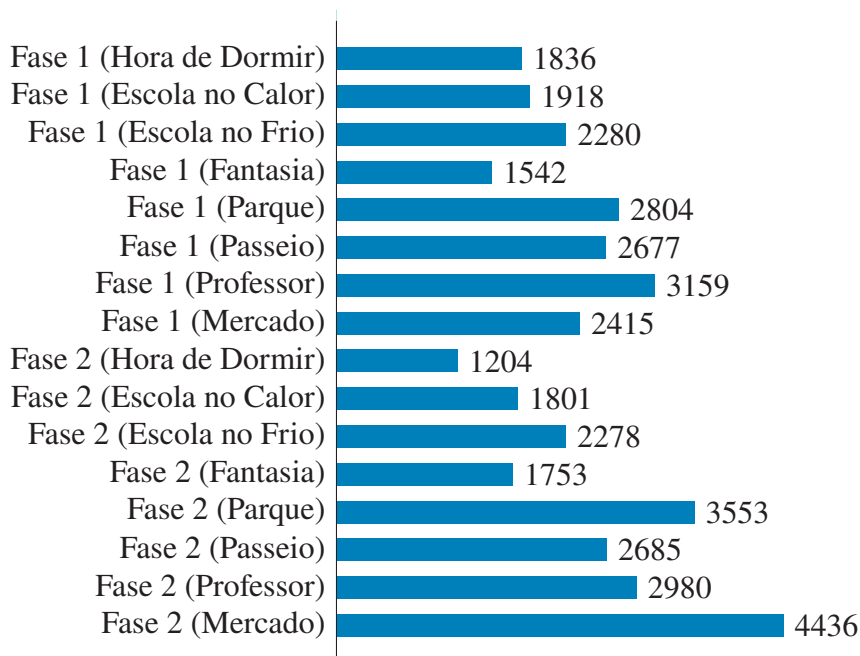
Figura 7.25: Quantidades de erros por fase do PeV



Fonte: autoria própria

fase com mais arrastos foi a Fase 2 (Mercado; 4436), enquanto a Fase 2 (Hora de Dormir) é a que teve menos movimentos (1204).

Figura 7.26: Quantidades de movimentos por fase do PeV



Fonte: autoria própria

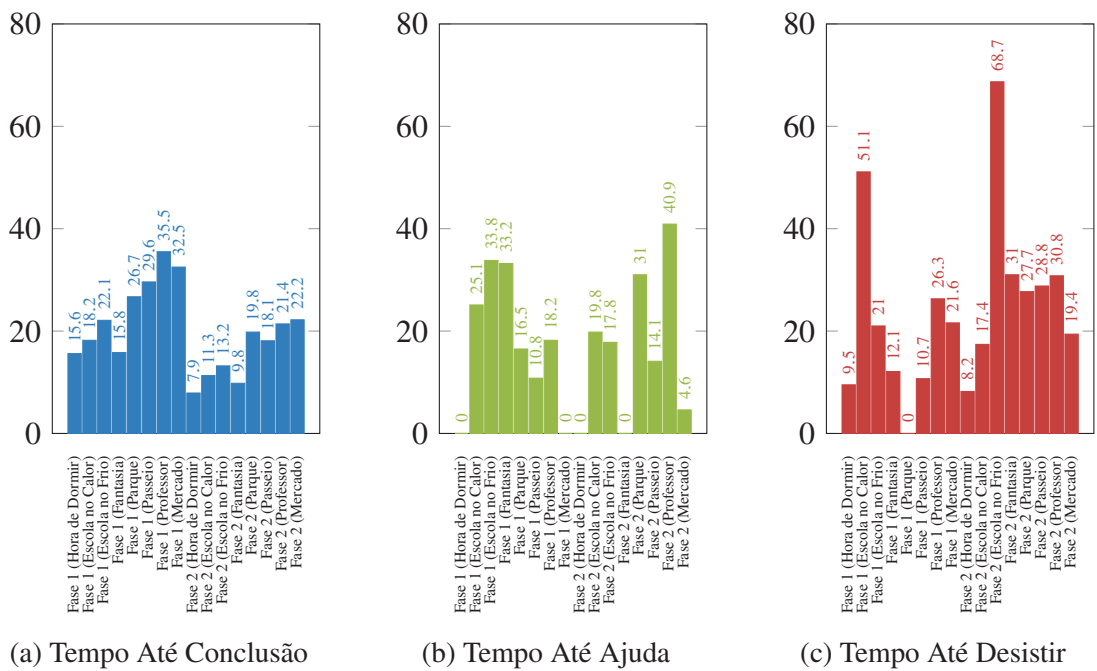
Novamente, os tempos também foram analisados. A média geral de tempo para resolver uma fase foi de 21,1 segundos, sendo que a primeira fase foi resolvida em menos tempo do que a segunda (26 segundos e 16,1 segundos, respectivamente). Como apresentado na Figura 7.27, a fase mais demorada foi a Fase 1 (Professor; 38 segundos), e a Fase 2 (Hora de Dormir) a mais curta (8,2 segundos). Ainda, também foram analisados os tempos até o estudante solicitar ajuda ou desistir, com médias de 19,5 e 25,6, respectivamente.

Ainda, a quantidade de requisições de ajudas foi parecida com o PeL, com uma média de três requisições por fase, sendo a Fase 2 (Parque) a situação com a maior quantidade de pedidos (sete) e as Fases 1 (Mercado) e 2 (Hora de Dormir e Fantasia) as com as menores quantidades (0), o que também pode ser decorrente do não envio dessa informação), lembrando que as situações de aprendizagem não possuem tal função e, no caso da Fase 2 (Escola no Calor), a informação está incorreta, tendo em vista os tempos apresentados anteriormente. Tais dados são apresentados na Figura 7.28.

Quanto à quantidade de fins de jogo, o jogo PeV possui uma média de 23,7 fins por fase, valor elevado decorrente das situações da primeira fase, que possuem uma média 44,1 fins por situação, enquanto na segunda fase esse valor cai para 3,3. Ainda, como apresentado na Figura 7.29, a Fase 1 (Professor) foi a com a maior quantidade de fins de jogo (99) e as Fase 2 (Escola no Calor e Escola no Frio) as com as menores quantidades (0).

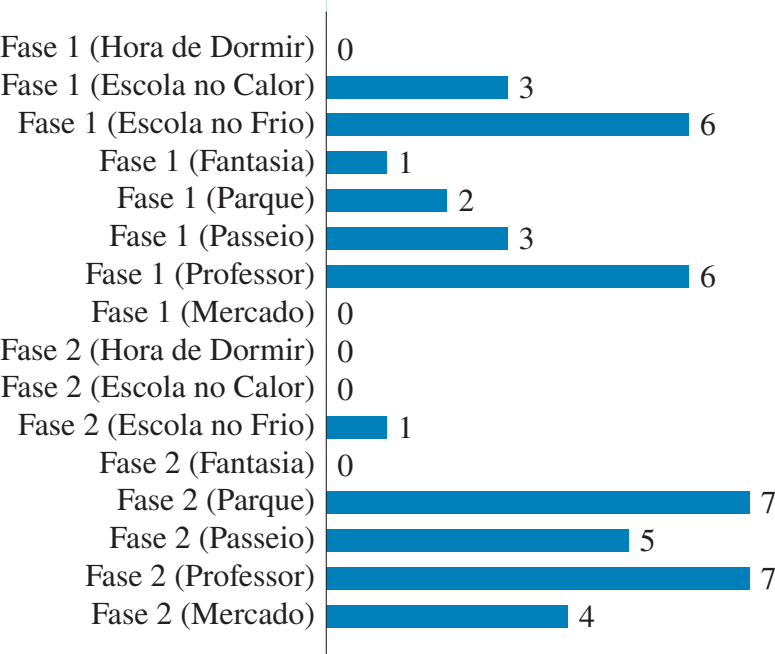
Por fim, apenas 9,62% de todos os participantes acessaram a tela de configurações do PeV, quantidade menor do que o outro jogo, o que pode ser explicado pelo envolvimento de um dos pesquisadores, que solicitava para os estudantes sua utilização para a escolha das fases difíceis do PeL.

Figura 7.27: Tempos por fase do PeV



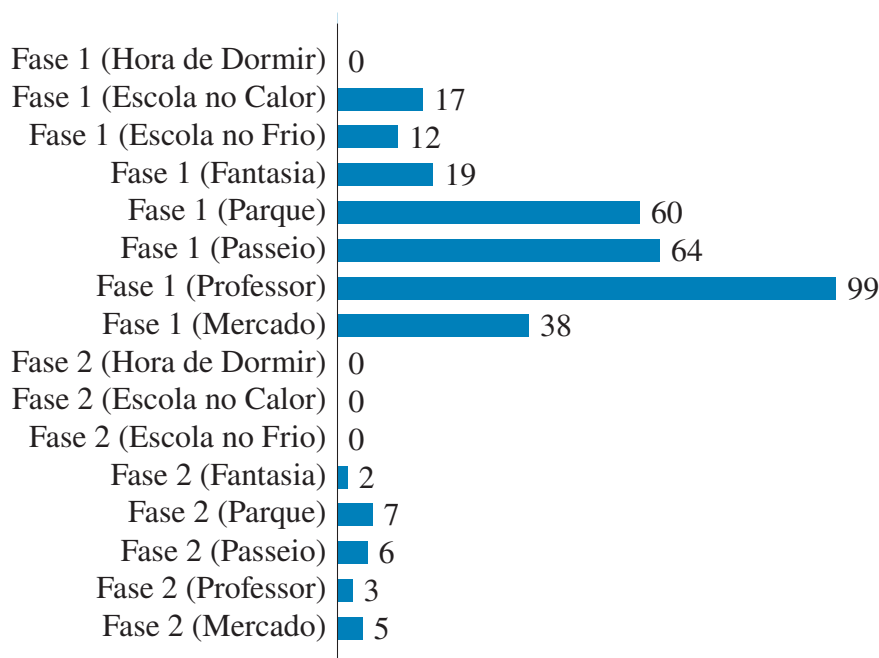
Fonte: autoria própria

Figura 7.28: Quantidade de pedidos de ajuda por fase do PeV



Fonte: autoria própria

Figura 7.29: Quantidade de fins de jogo por fase do PeV



Fonte: autoria própria

7.5.3 Correlações

Com base nos dados já apresentados, além das outras métricas também analisadas, alguns coeficientes de correlações de Pearson foram calculados, com base em métricas selecionadas para verificar algumas características dos jogos e analisar relações que possam auxiliar a entender melhor o comportamento dos jogadores. Primeiramente, confirmou-se que quanto maior a quantidade de erros, mais fins de jogos ocorrem, com um coeficiente de 0,97 no PeV e 0,99 no PeL, o que indica uma correlação muito forte entre as duas variáveis. Outras correlações muito fortes, apenas para o PeL, foram com o tempo até desistir e a quantidade de ajudas, com um coeficiente de 0,95, e entre o tempo até desistir e o tempo até ajuda (0,99).

Entre as correlações fortes, encontram-se: movimentos totais e para fora (0,79 no PeV e 0,70 no PeL); completude e fins de jogo, com -0,73 no PeV; tempo de fase e quantidade de fins de jogo, com 0,86 no PeV; tempo de fase e quantidade de movimentos, com 0,76 no PeL; e tempo até movimento e quantidade de acertos, com 0,83 no PeL (para o outro jogo, o coeficiente é 1, mas não foi considerado devido a pequena quantidade de dados existentes). E, quanto a correlações moderadas, há a relação entre o tempo até ajuda e fins de jogo (0,52 no PeL), e, exclusivamente no PeV, entre o tempo para concluir uma fase e a quantidade de movimentos realizados (0,56).

Por fim, houve coeficientes que indicam uma correlação desprezível ou fraca, como entre acertos e erros (0,04 no PeV e 0,06 no PeL), ajudas e fins de jogo (-0,18 e 0,28), erros e movimentos para fora (-0,17 e 0,28), tempo realizando um movimento e movimentos para fora (0,37 e -0,12) e tempo até ajuda e fins de jogo (-0,36 no PeV). Curiosamente, apesar de existir uma forte correlação entre tempo até desistir e a quantidade de ajudas no PeL, o mesmo não ocorreu no PeV, no qual ela é desprezível (0,25). Tal fato também se repete para completude e fins de jogo, com um coeficiente nulo no PeL, entre tempo de fase e fins de jogo, com -0,15 no PeL, e entre tempo até desistir e tempo até ajuda, com 0,03 no PeV.

7.6 Considerações Finais do capítulo

Para verificar quais são as percepções de professores acerca de GLA, elaborou-se um estudo de caso que visou explorar se a utilização do LEVEL auxiliava os mesmos a acompanhar a progressão dos estudantes. Para tanto, artefatos foram criados de forma a evidenciar os pensamentos dos envolvidos, sendo eles um questionário com perguntas demográficas e abertas, e um diário de bordo, com todos os comentários ditos nas sessões. Além disso, aproveitou-se o momento para também realizar uma avaliação do sistema, com a aplicação dos questionários SUS e TAM.

Assim, tendo em vista as análises das respostas do questionário aberto e das observações no diário de bordo, concluiu-se que o uso de GLA nas salas de aula pode contribuir de forma positiva no processo de ensino-aprendizagem dos alunos, seja com a adaptação do ensino conforme o desempenho dos estudantes ou como forma de avaliação.

Porém, alguns pontos negativos foram levantados, como a falta de integração com os sistemas já utilizados, a não presença desses sistemas na maioria dos jogos presentes nos dispositivos das escolas e a necessidade de mais conhecimento sobre como utilizar tais tecnologias. Essas observações evidenciam a necessidade de mais parcerias entre as escolas e as empresas, além da demanda por um treinamento acerca do uso das ferramentas disponíveis.

Ainda, acerca da avaliação do LEVEL, com base nas respostas válidas do questionário SUS, o sistema possui uma usabilidade aceitável (85,58) e não requer grandes mudanças. Essa conclusão também é apoiada pelo questionário TAM, que indicou uma aceitação pela maioria dos usuários (média geral de 4,59).

Já quanto à análise das interações com o PeJ, tais informações podem ser utilizadas para avaliar o *level design* dos jogos. Um exemplo é com base na quantidade de erros, em que houve alguns pontos em que a linearidade da progressão foi quebrada. Nesse caso, tendo em vista que essa variável possui correlação com a quantidade de fins de jogo, métrica possível de ser utilizada no cálculo de dificuldade e com influência na finalização da fase, sua manipulação pode auxiliar a manter o nível de completude ao longo dos jogos.

E outra ideia de pesquisa, pensada a partir das correlações, é testar a manipulação da quantidade de ajudas em uma fase, que pode influenciar na quantidade de fins de jogo e que, por sua vez, possui uma correlação com a completude do jogo. Assim, sugere-se a criação de um experimento que verifique se existe uma causalidade entre as variáveis, com a criação de um visual que indique a um grupo de estudantes a existência dessa funcionalidade com uma frequência maior do que a outro grupo.

Dessa forma, o estudo de caso e a avaliação do LEVEL permitiram encontrar pontos que ainda podem ser melhorados, bem como entender mais sobre uma parcela do público-alvo, os professores. Contudo, sugere-se que, além de implementar e pesquisar mais acerca das sugestões dadas, também seja buscado as percepções dos outros *stakeholders* envolvidos ao GLA, de forma a tornar a ferramenta ainda mais completa, o que pode promover um uso fora do presente grupo de pesquisa.

Capítulo 8

Conclusão

Há séculos, jogos são utilizados na educação. Atualmente, JDE são considerados uma das melhores formas de ensino, com diversas comprovações acerca de seus benefícios. Contudo, seu uso apresenta algumas limitações, principalmente quanto às formas de acompanhar o progresso educacional dos jogadores.

Como forma de resolver esse problema, com base nos dados gerados das interações entre estudantes e os jogos, GLA pode ser aplicado para apresentar aos *stakeholders* uma visão analítica sobre o comportamento dos jogadores, até mesmo em tempo real. Porém, um aspecto que deve ser considerado é quanto às percepções desses *stakeholders* acerca de GLA, objetivo do presente trabalho, que foca nos professores do Ensino Fundamental.

Para isso, primeiramente foi necessário mapear as aplicações de GLA, por meio de um MSL, para verificar como tais tecnologias estavam sendo utilizadas e auxiliar a compor uma visão abrangente da área. Foram analisados 76 artigos, o que permitiu identificar como os dados são extraídos, quais as informações mais obtidas e analisadas, bem como quais análises são feitas, como os resultados são apresentados e quais os *stakeholders* envolvidos.

Após, houve o desenvolvimento de um sistema que se adequasse às necessidades do grupo de pesquisa ao qual esse trabalho faz parte, com base nos resultados do MSL. Tal desenvolvimento seguiu o método de *Design* de Interação, com o envolvimento de *stakeholders* para a descoberta de requisitos, criação de alternativas, elaboração de protótipos e realização da avaliação. Assim, criou-se o LEVEL, um sistema com uma arquitetura escalável, aberta e com métricas customizáveis, de forma a auxiliar os desenvolvedores a incluir técnicas de GLA em seus jogos educacionais.

Então, levando em consideração a suíte de jogos criada anteriormente, realizou-se um estudo de caso com professores e estudantes dos anos iniciais do Ensino Fundamental, público-alvo do PeJ. Esse estudo teve como objetivo verificar se os professores conseguem acompanhar a progressão dos estudantes ao utilizar dos *dashboards* do sistema. Para averiguar essa questão, um questionário aberto foi respondido pelos 16 professores, com seis perguntas acerca do uso de GLA e do sistema em si.

Com base na análise qualitativa das respostas, foi possível perceber que os professores conhecem alguns dos benefícios relacionados ao uso de GLA em suas aulas, como na resposta “*Sim, no desenvolvimento da turma, a professora consegue observar o resultado, os alunos que precisam de mais ajuda. Melhoraria no planejamento.*”. Outro ponto observado foi quanto à questão do estudo, no qual foi inferido que o sistema auxilia os professores no acompanhamento da progressão dos estudantes, por conta de diversas respostas que indicam essa percepção, como em “*Eu achei legal e prático de verificar com facilidade a aprendizagem dos estudantes.*”.

Além disso, também foi criado um diário de bordo das sessões do estudo de caso, com todos os comentários ditos por professores e alunos, bem como as observações levantadas por cada pesquisador. A partir de sua análise, verificou-se que a maioria das percepções foram positivas, tanto por parte dos professores – acerca do sistema –, quanto pelos estudantes – sobre os jogos –. Novamente, tais dados indicam a vontade dos professores de utilizar GLA em suas aulas, bem como a animação dos alunos em poder estudar de uma forma diferente, o que corrobora com a ideia de que o LEVEL auxiliou nesse contexto.

Ainda, aproveitou-se a oportunidade para realizar uma avaliação do LEVEL, com a aplicação dos questionários SUS e TAM. No primeiro, com base nas respostas válidas, o valor final pode ser considerado como aceitável (85,58) e, assim, demonstra que mudanças não são necessárias. Já no segundo, a média geral entre os construtos apontam para a aceitação do sistema pelos usuários (4,59).

E, como nesse estudo de caso estudantes tiveram que interagir com os jogos enquanto os professores utilizam do sistema, muitos dados foram obtidos. A partir da análise das interações de 505 alunos, algumas características foram evidenciadas e que requerem mais pesquisas, como a quantidade de estudantes que completaram cada fase – que apresenta um decréscimo ao longo dos níveis/situações –, e correlações entre variáveis (e.g., entre o tempo até um movimento e a quantidade de acertos de uma fase).

Com isso, ao longo de todo esse processo, os objetivos específicos foram cumpridos e foi constatado a potencialidade de GLA, com a identificação de como suas técnicas estavam sendo utilizadas em JDE, por meio do MSL apresentado, a criação do LEVEL, que consiste na fundação na qual mecanismos mais complexos podem ser adicionados, e o contato com *stakeholders* da área, por meio do estudo de caso realizado, que possibilitou o cumprimento do objetivo geral proposto.

Dessa forma, além do mapeamento das aplicações de GLA, o presente trabalho também contribui para a área ao evidenciar novas opiniões de *stakeholders* acerca de GLA, por meio desse estudo com professores que utilizaram do LEVEL. Ademais, o próprio sistema também permite que futuras pesquisas sejam realizadas com mais facilidade, tendo em vista sua customização, o que pode propiciar novos avanços. E, quanto ao grupo de pesquisa, a análise das interações com a suíte de jogos permitiu identificar pontos que ainda serão mais explorados.

Como outros resultados, até o momento existem dois artigos já publicados, além de três em processo de revisão. O primeiro publicado se trata de um artigo internacional apresentado no *International Conference on Advanced Learning Technologies 2024* (Geremias et al., 2024b), e o outro foi apresentado no Simpósio Brasileiro de Informática na Educação 2024 (Geremias et al., 2024a), ambos acerca do MSL realizado. Já os que estão em processo de revisão, estes abordam as etapas seguintes do trabalho, com a criação do sistema, sua avaliação e o estudo de caso feito, bem como as conclusões constatadas.

Uma limitação do LEVEL é a análise apenas de dados estruturados, assim, um trabalho futuro é a ampliação para dados semi e não estruturados, como o áudio produzido pelos jogadores, bem como suas expressões faciais. Nessa linha, outra funcionalidade que também poderia ser útil para os *stakeholders* é a inclusão de análises mais complexas, como com a utilização de inteligência artificial (IA) para a predição de desempenho dos estudantes.

Quanto ao grupo de pesquisa ao qual este trabalho faz parte, objetiva-se continuar a utilização do LEVEL nos jogos criados, com o desenvolvimento de uma avaliação do Pensamento Computacional de crianças que estão interagindo com os jogos. Uma possível forma de realizar tal avaliação é com a utilização de métodos como o *Evidence Centered Design*, que disponibiliza uma estrutura conceitual para a criação de avaliações válidas de diversos atributos de estudantes (Mislevy et al., 2003; Lubin Wang, 2014).

E, para a área como um todo, visa-se a ampliação do estudo de caso, tanto com uma amostra maior, quanto com a expansão do conhecimento acerca das percepções dos outros *stakeholders* sobre as aplicações de GLA, com pesquisas com desenvolvedores de jogos e estudantes. Também se espera que, a partir dos sistemas existentes, seja possível a criação de jogos com dificuldade adaptável, de forma a manter os jogadores engajados por mais tempo. Por fim, o crescimento atual do uso de IA generativa apresenta a oportunidade de pesquisa sobre a união da ideia anterior com a geração automática de fases.

Referências Bibliográficas

- Alexandru Capatina, Gianita Bleoju, E. R. e Hoareau, E. (2018). Tracking precursors of Learning Analytics over serious game team performance ranking. *Behaviour & Information Technology*, 37(10-11):1008–1020.
- Alonso-Fernandez, C., Calvo, A., Freire, M., Martinez-Ortiz, I. e Fernandez-Manjon, B. (2017). Systematizing Game Learning Analytics for Serious Games. Em *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, páginas 1111–1118.
- Alonso-Fernández, C. (2021). *Improving Serious Games evaluation by applying Learning Analytics and Data Mining Techniques*. Tese de doutorado, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Alonso-Fernández, C., Calvo-Morata, A., Freire, M., Martínez-Ortiz, I. e Fernández-Manjón, B. (2019). Applications of Data Science to Game Learning Analytics data: A Systematic Literature Review. *Computers Education*, 141:103612.
- Alonso-Fernández, C., Calvo-Morata, A., Freire, M., Martínez-Ortiz, I. e Fernández-Manjón, B. (2022). Game Learning Analytics: Blending visual and data mining techniques to improve Serious Games and to better understand player learning. *Journal of Learning Analytics*, 9(3):32–49.
- Alonso-Fernández, C., Calvo-Morata, A., Freire, M., Martínez-Ortiz, I. e Manjón, B. F. (2021a). Data Science meets standardized Game Learning Analytics. Em *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, páginas 1546–1552.
- Alonso-Fernández, C., Freire, M., Martínez-Ortiz, I. e Fernández-Manjón, B. (2021b). Improving evidence-based assessment of players using Serious Games. *Telematics and Informatics*, 60:101583.
- Alonso-Fernández, C., Martínez-Ortiz, I., Caballero, R., Freire, M. e Fernández-Manjón, B. (2020). Predicting students' knowledge after playing a Serious Game based on Learning Analytics data: A case study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(3):350–358.
- Ang, K. L.-M., Ge, F. L. e Seng, K. P. (2020). Big Educational Data Analytics: Survey, architecture and challenges. *IEEE Access*, 8:116392–116414.
- Brackmann, C. P. (2017). *Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de atividades desplugadas na Educação Básica*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre.
- Brasil, P. G. (2024). Pesquisa Game Brasil - edição gratuita 2024. Relatório técnico, Pesquisa Game Brasil.

- Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.*, 189.
- Buchinger, D., Cavalcanti, G. A. d. S. e Hounsell, M. d. S. (2014). Mecanismos de busca acadêmica: uma análise quantitativa. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, 6(1):108–120.
- Burská, K. D., Rusňák, V. e Ošlejšek, R. (2021). Enhancing situational awareness for tutors of cybersecurity capture the flag games. Em *2021 25th International Conference Information Visualisation (IV)*, páginas 235–242.
- Calvo-Morata, A., Alonso-Fernández, C., J. Pérez-Colado, I., Freire, M., Martínez-Ortiz, I. e Fernández-Manjón, B. (2019). Improving teacher Game Learning Analytics dashboards through ad-hoc development. *JUCS - Journal of Universal Computer Science*, 25(12):1507–1530.
- Calvo-Morata, A., Rotaru, D. C., Alonso-Fernández, C., Freire-Morán, M., Martínez-Ortiz, I. e Fernández-Manjón, B. (2020). Validation of a cyberbullying Serious Game using Game Analytics. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(1):186–197.
- Cristina Alonso-Fernández, Antonio Calvo-Morata, M. F. I. M.-O. e Fernández-Manjón, B. (2023). Evidence-based evaluation of a Serious Game to increase bullying awareness. *Interactive Learning Environments*, 31(2):644–654.
- Davis, F. e Davis, F. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13:319–.
- Davoudian, A. e Liu, M. (2020). Big Data Systems: A Software Engineering perspective. *ACM Comput. Surv.*, 53(5).
- Drachen, A., Mirza-Babaei, P. e Nacke, L. (2018). *Games User Research*. Oxford University Press, Inc., USA.
- DSM (2014). *DSM-5: Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais*. Artmed Editora.
- Dutra, T., Felipe, D., Gasparini, I. e Maschio, E. (2021). Super ThinkWash: Um Jogo Digital Educacional inspirado na vida real para desenvolvimento do pensamento computacional em crianças. Em *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 292–303, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Dutra, T., Ferreira, A., Gasparini, I. e Maschio, E. (2022a). Jogo Digital Educacional para desenvolvimento do Pensamento Computacional para crianças com Deficiência Intelectual. Em *Anais do II Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, páginas 251–260, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Dutra, T., Gasparini, I. e Maschio, E. (2022b). Implementação e avaliação de um Jogo Digital Educacional para desenvolvimento do Pensamento Computacional em crianças neurotípicas e com Deficiência Intelectual. Em *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 440–452, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Dutra, T. C. (2022). Jogo Digital Educacional para desenvolvimento do Pensamento Computacional para crianças neurotípicas e com Deficiência Intelectual. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville.

- El-Nasr, M. S., Drachen, A. e Canossa, A. (2013). *Game Analytics: Maximizing the Value of Player Data*. Springer Publishing Company, Incorporated.
- Elíbio, B. C. (2024). Pensar e Jogar: Desenvolvimento de uma suíte de jogos para a evolução do Pensamento Computacional. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville.
- Felipe, D. (2021). Desenvolvimento do Pensamento Computacional por meio de um Jogo Digital Educacional inspirado na vida real. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville.
- Filho, A. L. T. (2024). Desenvolvimento de um sistema web para visualização de dados de jogos digitais educativos: Estudo de caso e implementação. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville.
- Freire, M., Calvo-Morata, A., Martínez-Ortiz, I. e Fernández-Manjón, B. (2023). Bootstrapping Serious Games to assess learning through analytics. Em *2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, páginas 1–5.
- Freire, M., Serrano-Laguna, Á., Iglesias, B. M., Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P. e Fernández-Manjón, B. (2016). *Game Learning Analytics: Learning Analytics for Serious Games*, páginas 1–29. Springer International Publishing, Cham.
- G., S. K. e Kurni, M. (2021). *A Beginner's Guide to Learning Analytics*. Springer Cham.
- Geremias, M., Dutra, T., Maschio, E. e Gasparini, I. (2023). Pensar e Vestir: Jogo Digital Educacional para o desenvolvimento do Pensamento Computacional. Em *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 813–824, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Geremias, M., Dutra, T., Maschio, E. e Gasparini, I. (2024a). O uso de Game Learning Analytics em Jogos Digitais Educacionais: Um Mapeamento Sistemático da Literatura. Em *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 737–749, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Geremias, M. S. (2022). Pensar e Vestir: Desenvolvimento do Pensamento Computacional em crianças neurotípicas e com Deficiência Intelectual por meio de um Jogo Digital Educacional. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville.
- Geremias, M. S., Carvalho Da Silveira, E., Elíbio, B. C., Nazario Alves, B., De Marco, L. R., Cerigueli Dutra, T., Maschio, E. e Gasparini, I. (2024b). Game Learning Analytics in educational digital games: Preliminary results of a systematic mapping of analysis techniques and visualization strategies. Em *2024 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, páginas 50–52.
- Geremias, M. S., Dutra, T. C., Maschio, E. e Gasparini, I. (2024c). Computational Thinking development in children both neurotypical and with Intellectual Disabilities by the game “Pensar e Vestir”. Em *Proceedings of the XXII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, IHC '23*, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Giannakoulas, A. e Xinogalos, S. (2024). Studying the effects of educational games on cultivating Computational Thinking skills to primary school students: a Systematic Literature Review. *Journal of Computers in Education*, 11(4):1283–1325.

- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. Editora Atlas SA.
- Gomez, M. J., Ruipérez-Valiente, J. A. e Clemente, F. J. G. (2024). Developing and validating interoperable ontology-driven game-based assessments. *Expert Systems with Applications*, 248:123370.
- Gomez, M. J., Ruipérez-Valiente, J. A. e García Clemente, F. J. (2023). A framework to support interoperable Game-based Assessments as a Service (GBAaaS): Design, development, and use cases. *Software: Practice and Experience*, 53(11):2222–2240.
- Gomez, M. J., Ruipérez-Valiente, J. A., Martínez, P. A. e Kim, Y. J. (2021). Applying Learning Analytics to detect sequences of actions and common errors in a geometry game. *Sensors*, 21(4).
- Honda, F., Macena, J., Duarte, J., Pires, F., Pessoa, M. e Oliveira, E. (2023). Um estudo de caso para a implementação de Game Learning Analytics (GLA) no desenvolvimento de jogos educacionais. Em *Anais do II Workshop de Aplicações Práticas de Learning Analytics em Instituições de Ensino no Brasil*, páginas 138–146, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M. e Maia, J. (2022). Cadê minha Pizza? um jogo para exercitar Matemática e Pensamento Computacional através de grafos. Em *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, páginas 876–885, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Huy Nguyen, Xinying Hou, J. S. e McLaren, B. (2020). Moving beyond test scores: Analyzing the effectiveness of a digital learning game through Learning Analytics. Em *13th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2020)*, páginas 487–495.
- Ifenthaler, D. e Gibson, D. (2020). *Adoption of Data Analytics in Higher Education Learning and Teaching*. Springer Cham.
- Jerry J. Vaske, J. B. e Sponarski, C. C. (2017). Rethinking internal consistency in Cronbach's Alpha. *Leisure Sciences*, 39(2):163–173.
- Kim, Y. J., Knowles, M. A., Scianna, J., Lin, G. e Ruipérez-Valiente, J. A. (2023). Learning Analytics application to examine validity and generalizability of Game-Based Assessment for spatial reasoning. *British Journal of Educational Technology*, 54(1):355–372.
- Kitchenham, B. A. e Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Relatório Técnico EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report.
- Larsson, J. A. e White, B. (2014). *Learning Analytics: From Research to Practice*. Springer Publishing Company, Incorporated.
- Lubin Wang, Valerie Shute, G. R. M. (2014). Lessons learned and best practices of Stealth Assessment.
- Macena, J., Honda, F., Melo, D., Pires, F., Oliveira, E., Fernandes, D. e Pessoa, M. (2024). Desafios na implementação de técnicas de GLA em um jogo educacional de algoritmos: um estudo de caso. Em *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, páginas 814–825, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.

- Macena, J., Pires, F., Pessoa, M. e Melo, R. (2022). Hello Food: um jogo para praticar conceitos de algoritmos para iniciantes na Computação. Em *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, páginas 1066–1075, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Marikyan, D. e Papagiannidis, S. (2024). *Technology Acceptance Model: A review*.
- Mislevy, R. J., Almond, R. G. e Lukas, J. F. (2003). A brief introduction to Evidence-Centered Design. *ETS Research Report Series*, 2003(1):i–29.
- Montaño, J., Mondragón, C., Tobar-Muñoz, H. e Orozco, L. (2019). *Learning Analytics on the Gamified Assessment of Computational Thinking*, páginas 95–109. Springer Singapore, Singapore.
- Moon, J. e Liu, Z. (2019). *Rich Representations for Analyzing Learning Trajectories: Systematic Review on Sequential Data Analytics in Game-Based Learning Research*, páginas 27–53. Springer Singapore, Singapore.
- Oliveira, A. T. d., Saddy, B. S., Mograbi, D. C. e Coelho, C. L. A. M. (2015). Jogos eletrônicos na perspectiva da avaliação interativa: ferramenta de aprendizagem com alunos com Deficiência Intelectual. *Neuropsicologia Latinoamericana*, 7:28 – 35.
- Perez-Colado, I., Alonso-Fernandez, C., Freire, M., Martinez-Ortiz, I. e Fernandez-Manjon, B. (2018). Game Learning Analytics is not informagic! Em *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, páginas 1729–1737.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *NCB University Press*, 9(5).
- Pérez-Colado, I. J., Calvo-Morata, A., Alonso-Fernández, C., Freire, M., Martínez-Ortiz, I. e Fernández-Manjón, B. (2019). Simva: Simplifying the scientific validation of Serious Games. Em *2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, volume 2161-377X, páginas 113–115.
- Rahimi, S., Almond, R. G. e Shute, V. J. (2023). *Stealth Assessments' Technical Architecture*, páginas 61–80. Games as Stealth Assessments. IGI Global, Hershey, PA, USA.
- Rahimi, S. e Shute, V. (2021). *Learning Analytics Dashboards in Educational Games*, páginas 527–546. Springer International Publishing, Cham.
- Rahimi, S. e Shute, V. J. (2023). Stealth assessment: a theoretically grounded and psychometrically sound method to assess, support, and investigate learning in technology-rich environments. *Educational technology research and development*.
- Reardon, E., Kumar, V. e Reville, G. (2022). Game Learning Analytics. Em Lang, C., Siemens, G., Wise, A. F., GaÅjeviÄž, D. e Merceron, A., editores, *The Handbook of Learning Analytics*, páginas 152–162. SoLAR, 2 edition. Section: 15.
- Rogers, Y., Sharp, H. e Preece, J. (2023). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley Sons, IN, USA.
- Ruipérez-Valiente, J. A., Gomez, M. J., Martínez, P. A. e Kim, Y. J. (2021). Ideating and developing a visualization dashboard to support teachers using educational games in the classroom. *IEEE Access*, 9:83467–83481.

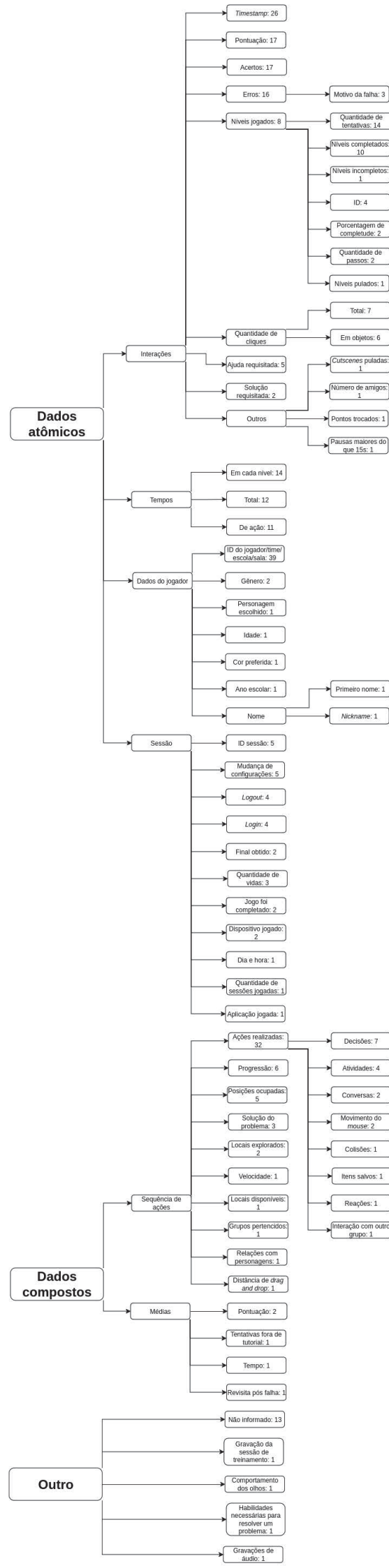
- Ruipérez-Valiente, J. A., Kim, Y. J., Baker, R. S., Martínez, P. A. e Lin, G. C. (2023a). The affordances of multivariate elo-based learner modeling in Game-Based Assessment. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(2):152–165.
- Ruipérez-Valiente, J. A., Kim, Y. J., Baker, R. S., Martínez, P. A. e Lin, G. C. (2023b). The affordances of multivariate elo-based learner modeling in game-based assessment. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(2):152–165.
- Schunk, D. (2012). *Learning Theories: An Educational Perspective*. Pearson.
- Sclater, N. (2017). *Learning Analytics Explained*. Routledge.
- Shah, P., Hiremath, D. e Chaudhary, S. (2016). Big Data Analytics architecture for agro advisory system. Em *2016 IEEE 23rd International Conference on High Performance Computing Workshops (HiPCW)*, páginas 43–49.
- Shute, V., Rahimi, S. e Smith, G. (2019). *Game-Based Learning Analytics in Physics Playground*, páginas 69–93. Springer Singapore, Singapore.
- Shute, V. e Ventura, M. (2013). *Stealth Assessment: Measuring and Supporting Learning in Video Games*. The MIT Press.
- Siemens, G. e Long, P. (2011). 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge 2011. <https://web.archive.org/web/20110620222732/https://tekri.athabascau.ca/analytics/>. Acessado em 12/08/2024.
- Silva, D., Pires, F., Melo, R. e Pessoa, M. (2022). GLBoard: um sistema para auxiliar na captura e análise de dados em jogos educacionais. Em *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, páginas 959–968, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Sonsoles López-Pernas, Mohammed Saqr, A. G. e Barra, E. (2023). A Learning Analytics perspective on educational escape rooms. *Interactive Learning Environments*, 31(10):6509–6525.
- Su, Y., Backlund, P. e Engström, H. (2021). Comprehensive review and classification of Game Analytics. *Service Oriented Computing and Applications*, 15(2):141–156.
- Tavakol, M. e Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach’s Alpha. *Int J Med Educ*, 2:53–55.
- Tlili, A. e Chang, M. (2019). *Data Analytics Approaches in Educational Games and Gamification Systems: Summary, Challenges, and Future Insights*, páginas 249–255. Springer Singapore, Singapore.
- Tullis, T. e Albert, B. (2013). Chapter 6 - self-reported metrics. Em Tullis, T. e Albert, B., editores, *Measuring the User Experience (Second Edition)*, Interactive Technologies, páginas 121–161. Morgan Kaufmann, Boston, second edition edition.
- Vijayakumar, G. e Bharathi, R. (2023). Streaming Big Data with open-source: A comparative study and architectural recommendations. Em *2023 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS)*, páginas 1420–1425.
- Wagner Mainardes, E., Alves, H. e Raposo, M. (2012). A model for stakeholder classification and stakeholder relationships. *Management Decision*, 50(10):1861–1879.

- Wallner, G. e Drachen, A. (2023). Beyond the game: Charting the future of Game Data Science. *ACM Games*, 1(1).
- Wing, J. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35.
- Yohannis, A., Windriyani, P. e Septanto, H. (2020). Understanding learning behaviours in sorting algorithm game. Em *2020 7th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science (NICS)*, páginas 72–77.
- Yu, J., Ma, W., Moon, J. e Denham, A. (2022). Developing a stealth assessment system using a continuous conjunctive model. *Journal of Learning Analytics*, 9(3):11–31.
- Zahid, H., Mahmood, T., Morshed, A. e Sellis, T. (2020). Big Data Analytics in telecommunications: literature review and architecture recommendations. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 7(1):18–38.
- Zanella, L. C. H. (2011). *Metodologia de pesquisa*, volume 2. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Zheng, Q., He, H., Ma, T., Xue, N., Li, B. e Dong, B. (2014). Big log analysis for e-Learning ecosystem. Em *2014 IEEE 11th International Conference on e-Business Engineering*, páginas 258–263.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *IEEE Computer Society*, 38(9):25–32.
- Ángel Serrano-Laguna, Martínez-Ortiz, I., Haag, J., Regan, D., Johnson, A. e Fernández-Manjón, B. (2017). Applying standards to systematize Learning Analytics in Serious Games. *Computer Standards Interfaces*, 50:116–123.

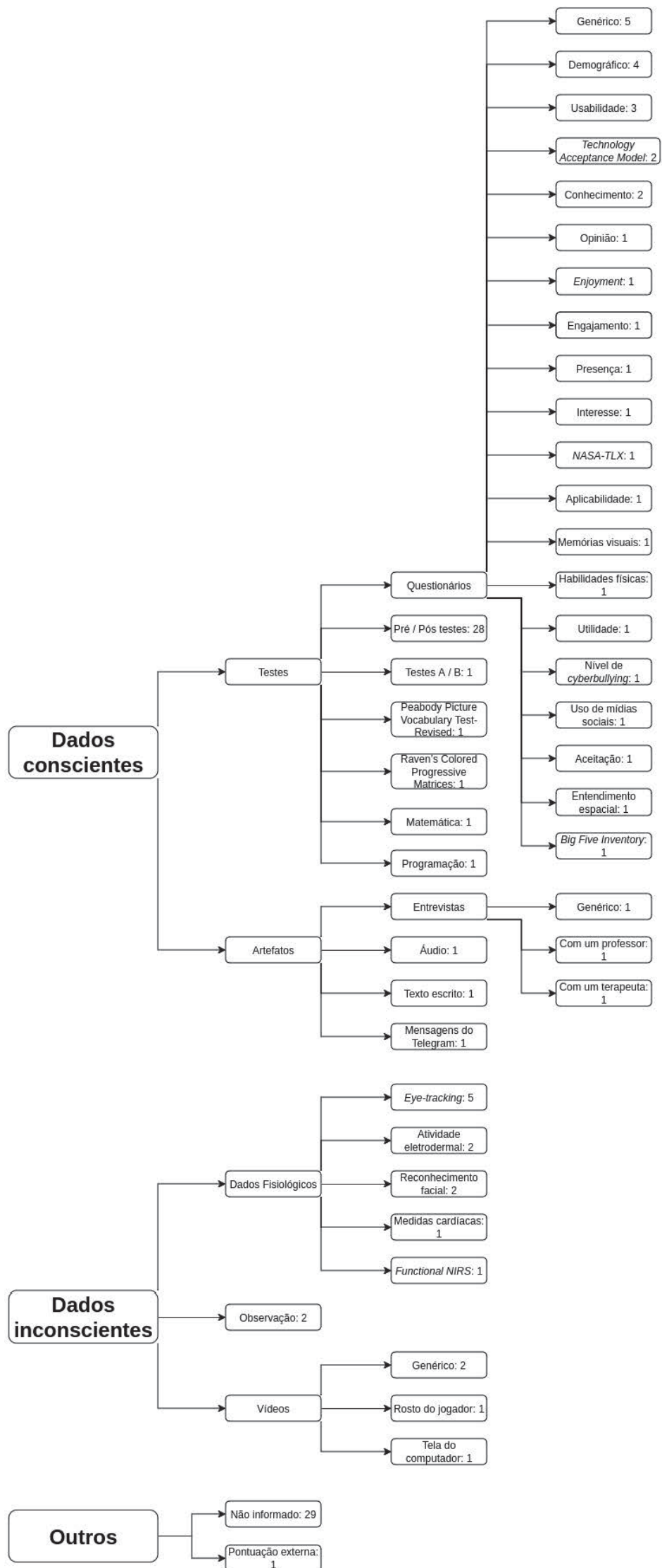
Apêndice A

Classificações do Mapeamento Sistemático da Literatura

A.1 Tipos de Dados Extraídos

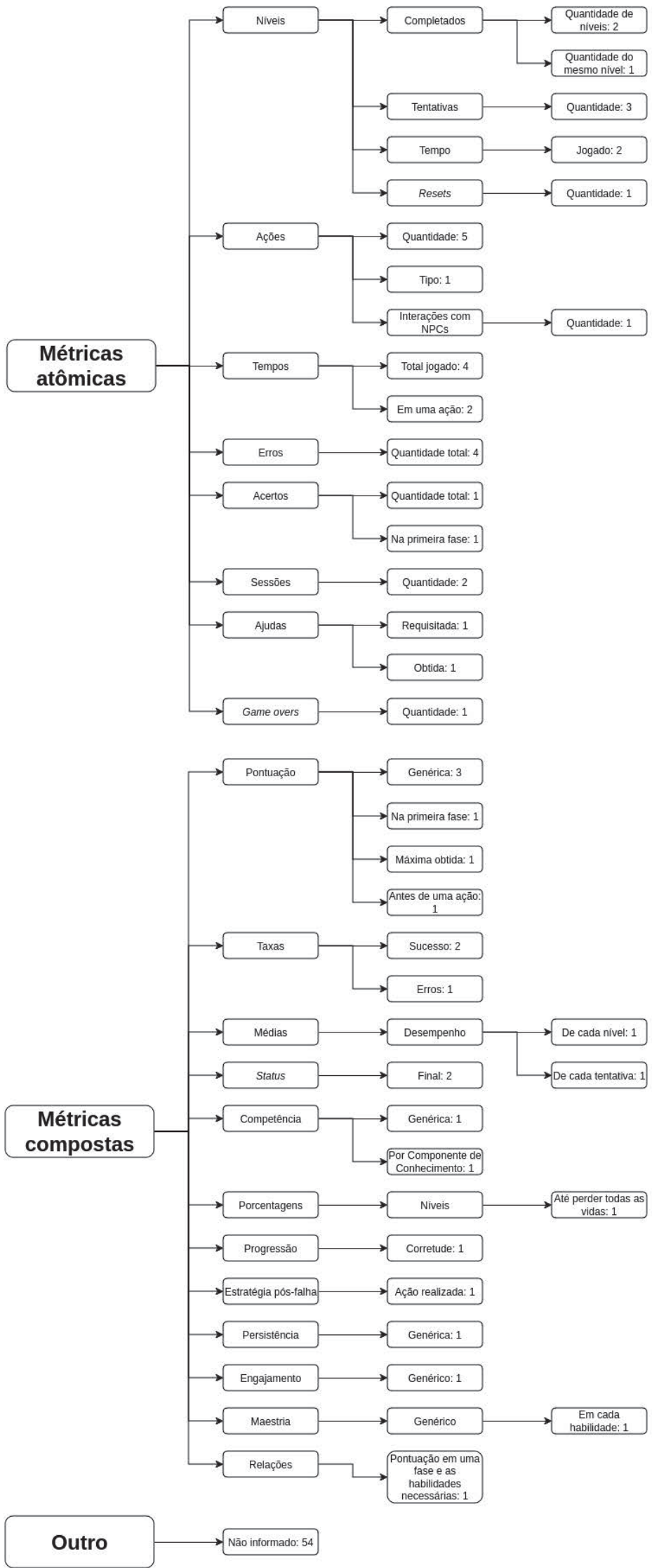


A.2 Fontes de Dados Externas

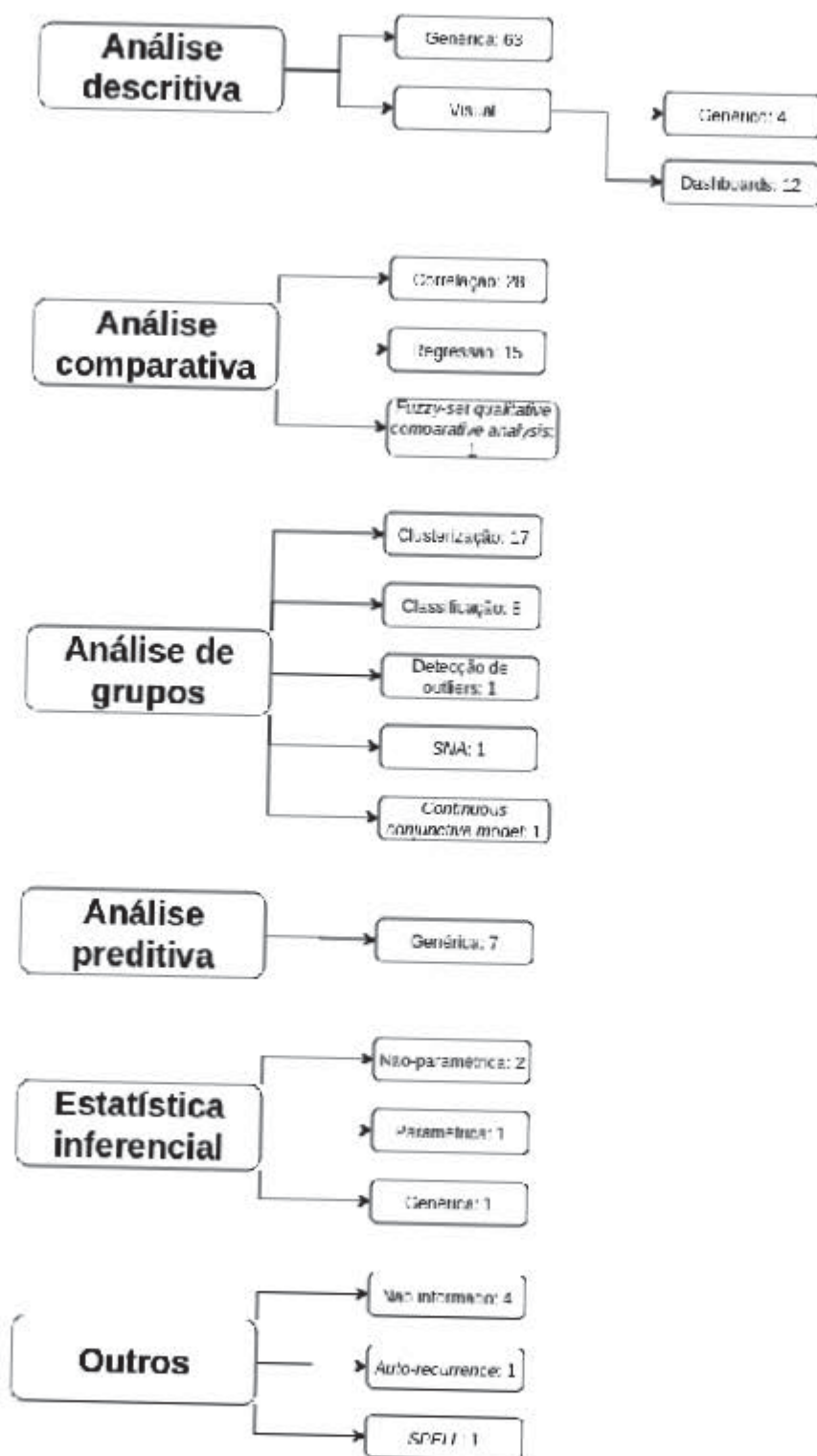


A.3 Métricas Manipuladas

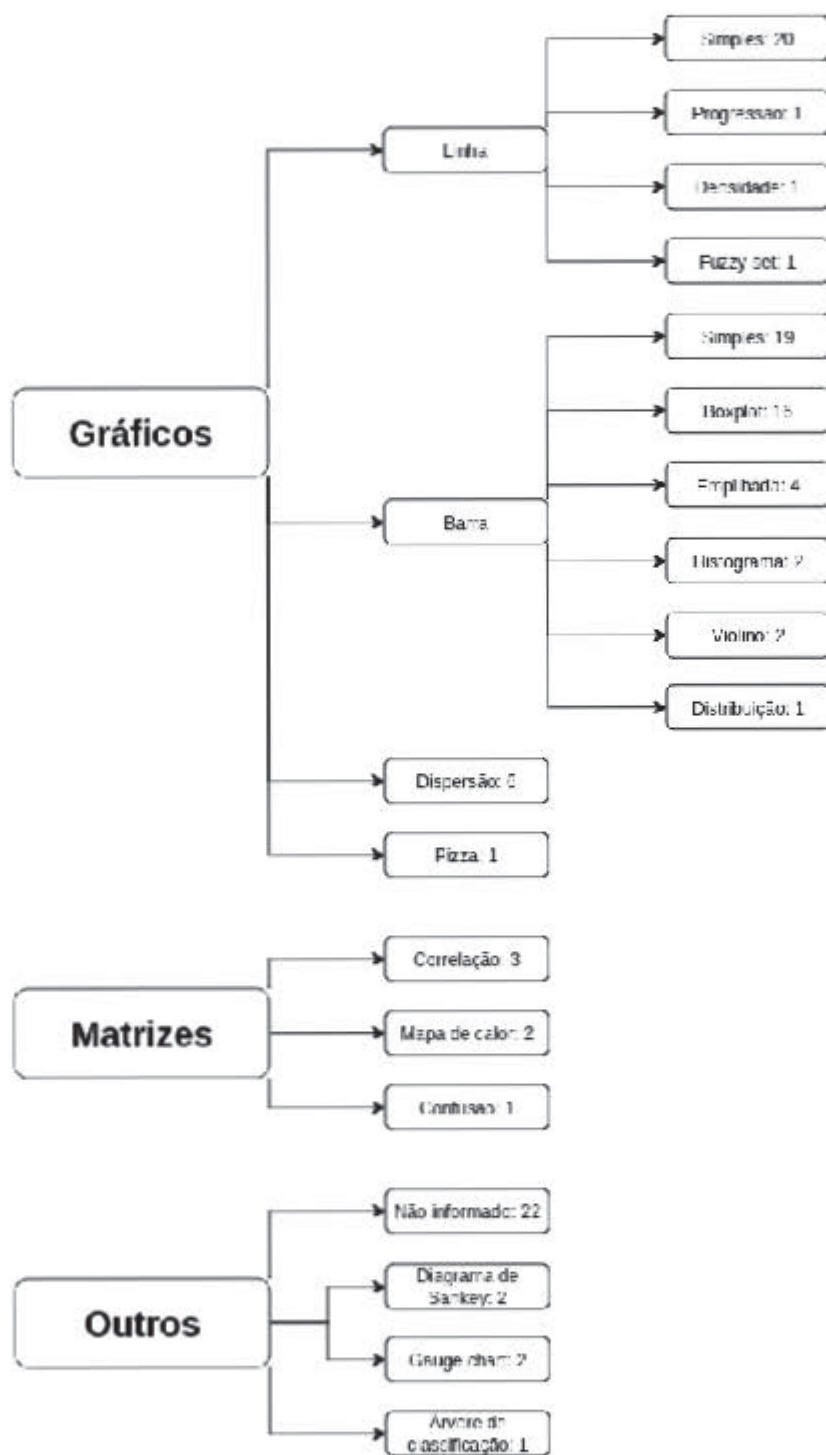
A.4 Métricas Relacionadas ao Aprendizado



A.5 Análises Realizadas



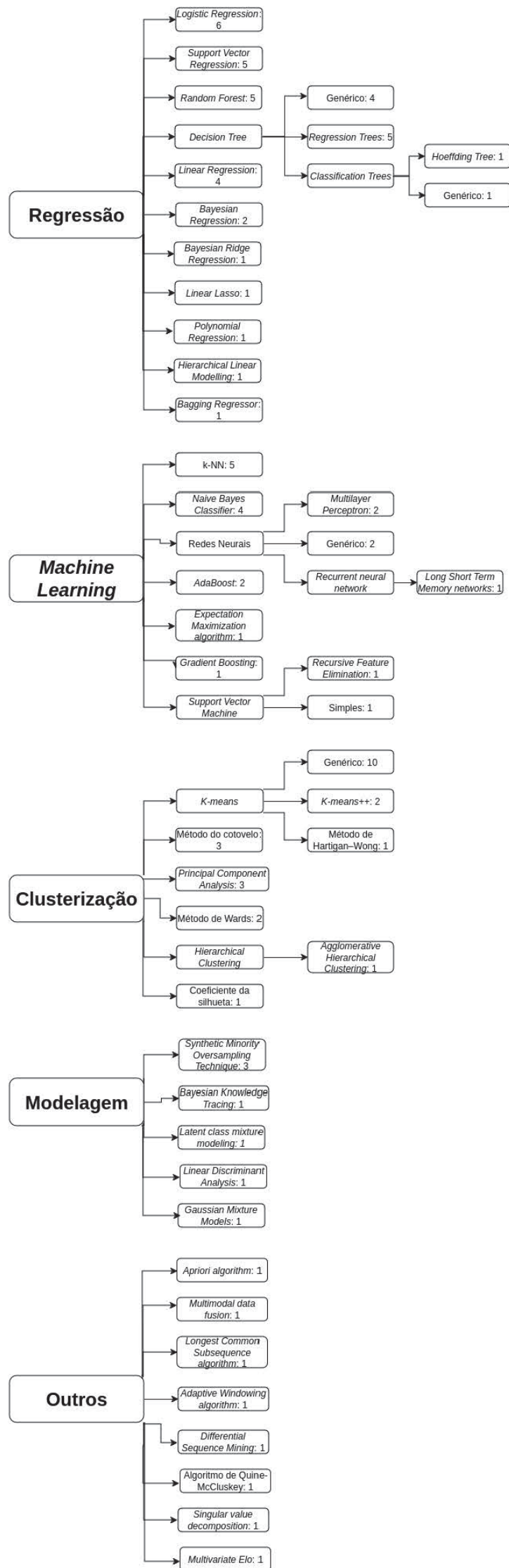
A.6 Tipos de Visualizações



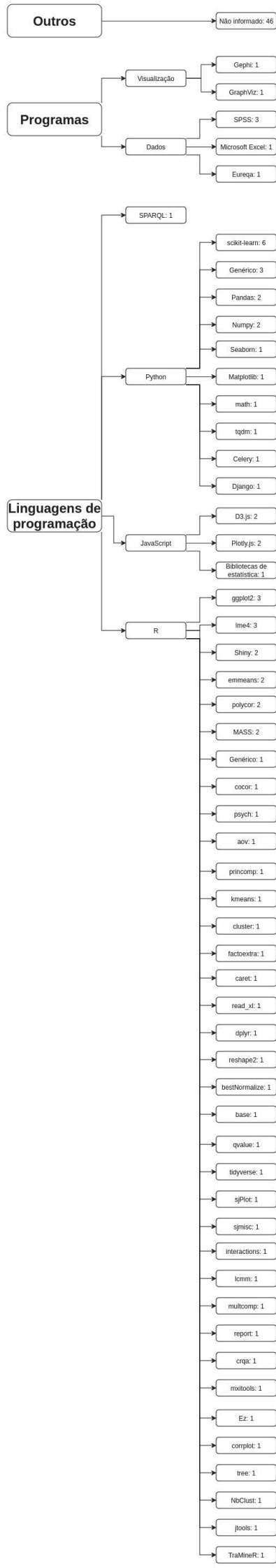
A.7 Ferramentas Utilizadas



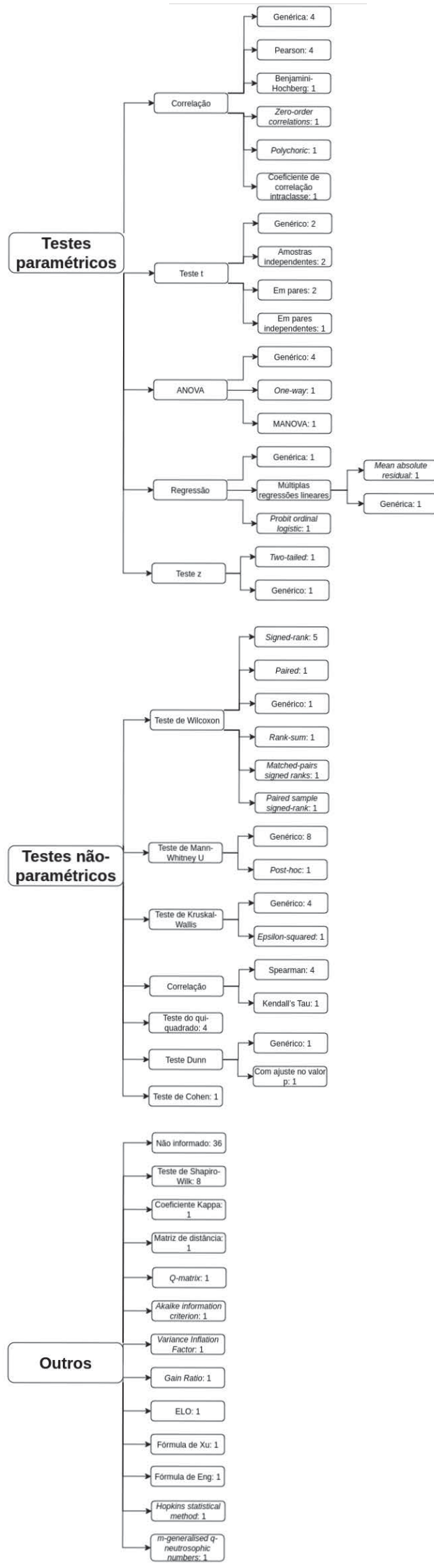
A.8 Algoritmos Aplicados



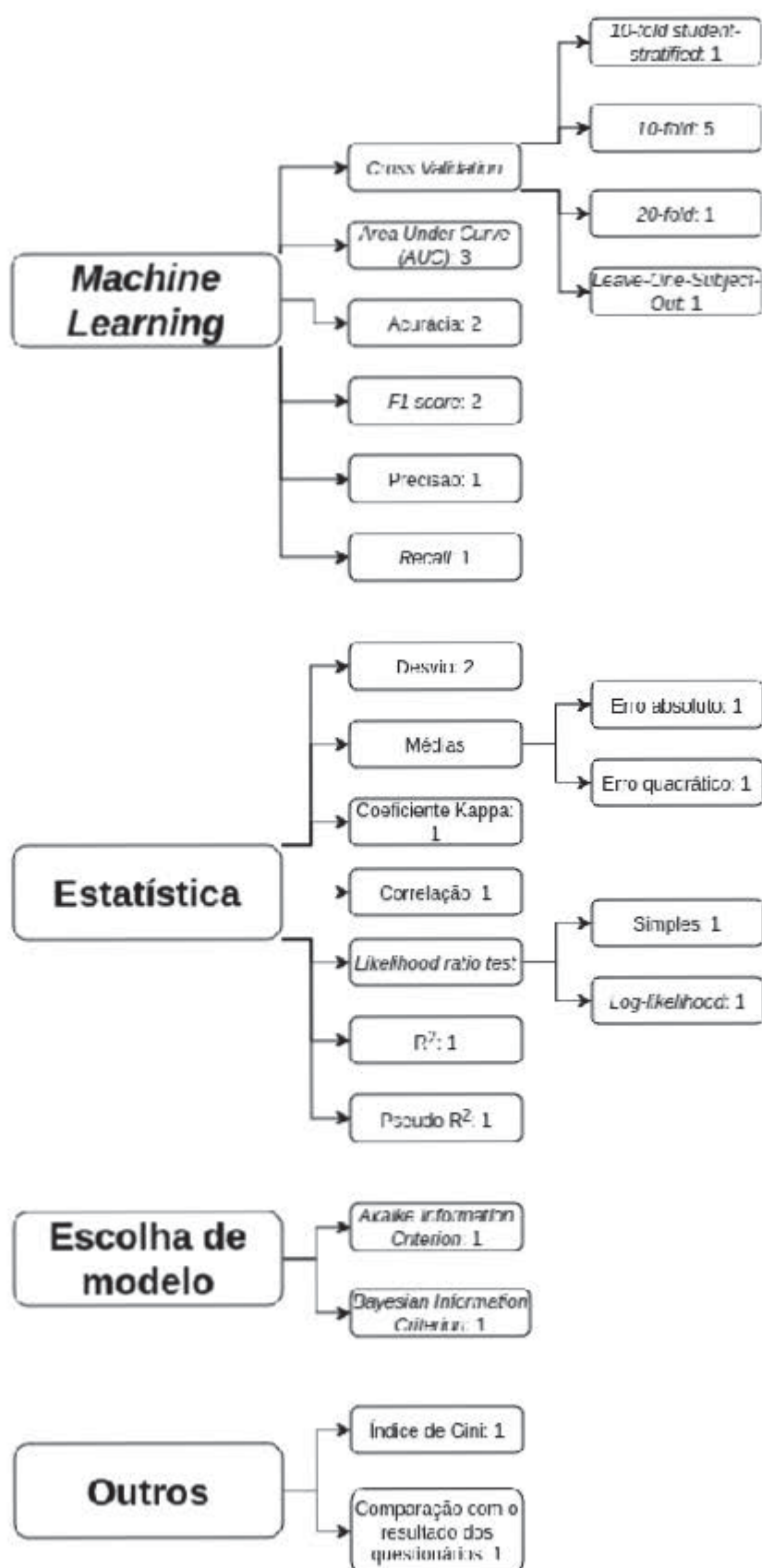
A.9 Ferramentas para a Análise Estatística



A.10 Métodos Estadísticos



A.11 Métricas de Avaliação dos Métodos Estatísticos



Apêndice B

Lista de Trabalhos do Mapeamento Sistemático da Literatura

Título do artigo	Ano de publicação
A comparison of machine learning algorithms for predicting student performance in an online mathematics game	2023
A learning analytics approach towards understanding collaborative inquiry in a problem-based learning environment	2022
A learning analytics perspective on educational escape rooms	2022
A Smart Collaborative Educational Game with Learning Analytics to Support English Vocabulary Teaching	2021
A smart educational game to model personality using Learning Analytics	2017
A synthetic instrument for diagnosis and performance measurement of Individuals with Visual Sequential Memory Deficit	2017
Affective Dynamics and Cognition During Game-Based Learning	2022
Analyzing gameplay data to inform feedback loops in The Radix Endeavor	2017
Applicability of a Cyberbullying Videogame as a Teacher Tool: Comparing Teachers and Educational Sciences Students	2019
Applications of Simva to Simplify Serious Games Validation and Deployment	2020
Applying Game Learning Analytics to a Voluntary Video Game: Intrinsic Motivation, Persistence, and Rewards in Learning to Program at an Early Age	2021
Applying Learning Analytics to Detect Sequences of Actions and Common Errors in a Geometry Game	2021
Approaches to illuminate content-specific gameplay decisions using open-ended game data	2021
Assessing fraction knowledge by a digital game	2017
Assessing negotiation skill and its development in an online collaborative simulation game: A social network analysis study	2022
Automatic Analytics Model for Learning Skills Analysis Using Game Player Data and Robotic Process Automation in a Serious Game for Education	2020
Capturing Sequences of Learners' Self-Regulatory Interactions With Instructional Material During Game-Based Learning Using Auto-Recurrence Quantification Analysis	2022
Clustering Young Children's Coding Project Scores with Machine Learning	2022
Creating awareness on bullying and cyberbullying among young people: Validating the effectiveness and design of the serious game Conectado	2021
Data-driven insight into the puzzle-based cybersecurity training	2021
Detecting patterns of engagement in a digital cognitive skills training game	2021
Detecting Students Gifted in Mathematics with Stream Mining and Concept Drift Based M-Learning Models Integrating Educational Computer Games	2021
Developing a Conceptual Model of Learning Analytics in Serious Games for STEM Education	2020
Developing a Stealth Assessment System Using a Continuous Conjunctive Model	2022
Does slow and steady win the race?: Clustering patterns of students' behaviors in an interactive online mathematics game	2022
E-Learning Strategies for Media Literacy: Engagement of Interactive Digital Serious Games for Understanding Visual Online Disinformation	2023
Educational Data Mining with Learning Analytics and Unsupervised Algorithms: Analysis and Diagnosis in Basic Education	2021
Effects of solo vs. collaborative play in a digital learning game on geometry: Results from a K12 experiment	2020
Enhancing Situational Awareness for Tutors of Cybersecurity Capture the Flag Games	2021
Escapp: A Web Platform for Conducting Educational Escape Rooms	2021
Evaluating the Impact of an Autonomous Playing Mode in a Learning Game to Train Oral Skills of Users With Down Syndrome	2021
Evidence-based evaluation of a serious game to increase bullying awareness	2020
Examining Students' Behavior in a Digital Simulation Game for Nurse Training	2022
Exploring the Affordances of Sequence Mining in Educational Games	2021
Game Analytics Evidence-Based Evaluation of a Learning Game for Intellectual Disabled Users	2019
Game learning analytics can unpack Escribo play effects in preschool early reading and writing	2022
Game learning analytics for understanding reading skills in transparent writing system	2020
Game Learning Analytics is not informagic!	2018

Game learning analytics of instant messaging and online discussion forums in higher education	2021
Game Learning Analytics: Blending Visual and Data Mining Techniques to Improve Serious Games and to Better Understand Player Learning	2022
Ideating and Developing a Visualization Dashboard to Support Teachers Using Educational Games in the Classroom	2021
Improving evidence-based assessment of players using serious games	2021
Improving teacher game learning analytics dashboards through ad-hoc development	2019
Improving the Serious Game design using Game Learning Analytics and Eye-tracking: A pilot study	2021
Learning analytics application to examine validity and generalizability of game-based assessment for spatial reasoning	2022
Lessons learned applying learning analytics to assess serious games	2019
Leveraging a collaborative augmented reality serious game to promote sustainability awareness, commitment and adaptive problem-management	2023
Lost in Learning: Hypertext Navigational Efficiency Measures Are Valid for Predicting Learning in Virtual Reality Educational Games	2020
Measuring Cognitive Load Using In-Game Metrics of a Serious Simulation Game	2021
Moving beyond Test Scores: Analyzing the Effectiveness of a Digital Learning Game through Learning Analytics	2020
Multimodal Data Fusion to Track Students' Distress during Educational Gameplay.	2022
Participant trustworthiness analysis in the game-based urban planning processes by PROMETHEE-mGqNN approach	2021
Patterns of Engagement in an Educational Massively Multiplayer Online Game: A Multidimensional View	2020
Predicting students' knowledge after playing a serious game based on learning analytics data: A case study	2020
Quantifying Scientific Thinking Using Multichannel Data With Crystal Island: Implications for Individualized Game-Learning Analytics	2020
Serious Game Design Using Good Video Game-Based Learning Principles and the Knowledge Generation Model for Visual Analytics	2022
Simplifying Location-Based Serious Game Authoring	2017
Situated Psychological Agents: A Methodology for Educational Games	2019
Some Psychometric And Design Implications Of Game-Based Learning Analytics	2013
Specification and evaluation of an assessment engine for educational games: Empowering educators with an assessment editor and a learning analytics dashboard	2018
Specification and evaluation of an assessment engine for educational games: Integrating learning analytics and providing an assessment authoring tool	2019
The Affordances of Multivariate Elo-Based Learner Modeling in Game-Based Assessment	2023
The design and evaluation of an AR-based serious game to teach programming	2022
Towards an Open Standard for Gameplay Metrics	2018
Towards Game-based Assessment at Scale	2023
Tracking precursors of learning analytics over serious game team performance ranking	2018
Understanding Learning Behaviours in Sorting Algorithm Game	2020
Understanding Learning Curves and Trajectories in CSS Layout	2019
Understanding Student Navigation Patterns in Game-Based Learning	2022
Understanding students' engagement with a Serious Game to learn English: A sociocultural perspective	2022
Using game learning analytics for validating the design of a learning game for adults with intellectual disabilities	2018
Using Game Technology to Automate Neuropsychological Tests and Research in Active Aging	2018
Using Serious Game Analytics to Inform Digital Curricular Sequencing: What Math Objective Should Students Play Next?	2017
Utilizing Game Analytics to Inform and Validate Digital Game-based Assessment with Evidence-centered Game Design: A Case Study	2020
Validation of a Cyberbullying Serious Game Using Game Analytics	2020
Visualizing Educational Game Data: A Case Study of Visualizations to Support Teachers	2020

Apêndice C

Histórias de Usuário

Como desenvolvedor, eu quero todos os serviços dockerizados, para subir os servidores da forma mais fácil possível.

Como desenvolvedor, eu quero incluir o tracker em meus jogos com poucas modificações, para que não seja necessário muito trabalho.

Como desenvolvedor, eu quero que exista uma documentação para verificar como utilizar as funcionalidades existentes.

Como desenvolvedor, eu quero que haja autenticação nas APIs, para que nem todos consigam utilizá-lo.

Como desenvolvedor, eu quero que os dados sejam criptografados, para que aumente a privacidade do que está sendo transmitido.

Como desenvolvedor, eu quero poder selecionar quais métricas serão calculadas, para que haja apenas as informações que eu julgar úteis.

Como desenvolvedor, eu quero poder criar novas métricas, para que o dashboard seja ainda mais customizável.

Como desenvolvedor, eu quero poder utilizar os mesmos servidores para diversos jogos, para não ser necessário diversos servidores.

Como professor, eu quero poder criar uma conta de professor, para ter acesso ao dashboard do sistema.

Como professor, eu quero poder selecionar quais métricas ver no dashboard principal, para analisar apenas o que acredito ser importante.

Como professor, eu quero poder criar múltiplas salas, para gerenciar melhor minhas turmas.

Como professor, eu quero poder adicionar múltiplos jogos em cada sala, para visualizar os dados de cada um deles.

Como professor, eu quero poder analisar os dados de uma sala para acompanhar o progresso da turma.

Como professor, eu quero poder analisar os dados de um aluno em específico, para acompanhar de perto seu progresso.

Como professor, eu quero poder analisar todas as salas de uma vez, para ter uma visão geral do jogo.

Como aluno, eu quero poder criar uma conta para todos os jogos para que eu não precise gastar tempo criando diversas contas.

Como aluno, eu quero poder trocar de sala para que uma mesma conta possa ser utilizada em diversas disciplinas.

Como aluno, eu quero poder customizar meu personagem para que ele se pareça mais comigo.

Como aluno, eu quero poder escolher não compartilhar meus dados para que eu tenha mais privacidade.

Como aluno, eu quero poder acessar o dashboard e ver meu dados para acompanhar meu desempenho.

Como usuário comum, eu quero poder jogar sem precisar criar uma conta para que eu não precise gastar tempo criando uma conta.

Como usuário comum, eu quero poder escolher não compartilhar meus dados para que eu tenha mais privacidade.

Apêndice D

Casos de Uso

Caso de uso: Criação de Conta de Desenvolvedor/Professor/Administrador
Descrição Geral: O caso de uso inicia-se quando o cliente deseja criar uma conta.
Atores: Cliente (Desenvolvedor/Professor/Administrador).
Pré-condições: Cliente ter clicado em criar uma conta, na página de <i>login</i>.
Garantia de Sucesso: Conta criada, <i>login</i> efetuado.
Fluxo Básico: 1. O cliente digita seu nome, sobrenome, e-mail, nome de usuário e senha. 2. O cliente clica no combobox de Tipo de Usuário. 3. O cliente seleciona o tipo Desenvolvedor/Professor/Administrador. 4. O cliente clica no botão Confirmar. 5. A conta é criada com sucesso.
Fluxo Alternativo: 1. O cliente não digita algum campo. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando que todos os campos são necessários. 3. O cliente seleciona outro tipo de usuário. 1. O sistema irá prosseguir com a criação de outro tipo de conta. 5. O cliente clica em Cancelar. 1. O sistema cancela a operação e volta para a tela de <i>login</i>. 6. Caso o nome de usuário já exista ou dê algum erro na criação da conta, o sistema mostra uma mensagem alertando o usuário.

Caso de uso: Criação de Conta de Aluno
Descrição Geral: O caso de uso inicia-se quando o cliente deseja criar uma conta.
Atores: Cliente (Aluno).
Pré-condições: Cliente ter clicado em criar uma conta, na página de <i>login</i> .
Garantia de Sucesso: Conta criada, <i>login</i> efetuado.
Fluxo Básico: 1. O cliente digita seu nome, sobrenome, e-mail, nome de usuário e senha. 2. O cliente clica no combobox de Tipo de Usuário. 3. O cliente seleciona o tipo Aluno. 4. O cliente digita o <i>token</i> da sala desejada, caso já possua tal dado. 5. O cliente clica no botão Confirmar. 6. A conta é criada com sucesso.
Fluxo Alternativo: 1. O cliente não digita algum campo. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando que todos os campos são necessários. 3. O cliente seleciona outro tipo de usuário. 1. O sistema irá prosseguir com a criação de outro tipo de conta. 5. O cliente clica em Cancelar. 1. O sistema cancela a operação e volta para a tela de <i>login</i>. 6. Caso o nome de usuário já exista ou dê algum erro na criação da conta, o sistema mostra uma mensagem alertando o usuário.

Caso de uso: <i>Login</i> de Usuário
Descrição Geral: O caso de uso inicia-se quando o cliente deseja entrar no LEVEL.
Atores: Cliente.
Pré-condições: Cliente ter entrado na página de <i>login</i> .
Garantia de Sucesso: <i>Login</i> efetuado, redirecionamento para o <i>dashboard</i> geral.
Fluxo Básico: 1. O cliente digita seu usuário e senha. 2. O cliente clica no botão <i>Login</i>. 3. O login é realizado com sucesso.
Fluxo Alternativo: 1. O cliente não digita algum campo. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando que todos os campos são necessários. 3. Algum dado está incorreto. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando o usuário.

Caso de uso: Cadastro de Jogos
Descrição Geral: O caso de uso inicia-se quando o desenvolvedor deseja cadastrar um jogo.
Atores: Cliente (Desenvolvedor).
Pré-condições: Cliente ter clicado em adicionar um jogo, na página de jogos.
Garantia de Sucesso: Jogo cadastrado.
Fluxo Básico: 1. O cliente digita o nome do jogo. 2. O cliente clica no botão Adicionar. 3. Jogo cadastrado com sucesso.
Fluxo Alternativo: 1. O cliente não digita algum campo. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando que todos os campos são necessários. 2. O cliente clica no botão Cancelar. 1. O modal de cadastro é fechado e o jogo não é salvo. 3. Erro no salvamento. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando o usuário.

Caso de uso: Cadastro de Métricas
Descrição Geral: O caso de uso inicia-se quando o desenvolvedor deseja cadastrar uma métrica.
Atores: Cliente (Desenvolvedor).
Pré-condições: Cliente ter clicado em adicionar uma métrica, na página de métricas.
Garantia de Sucesso: Métrica cadastrada.
Fluxo Básico: 1. O cliente digita o nome da métrica. 2. O cliente seleciona o tipo da métrica. 3. O cliente clica em Adicionar Métrica. 4. Métrica cadastrada com sucesso.
Fluxo Alternativo: 1. O cliente não digita algum campo. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando que todos os campos são necessários. 2. O cliente selecionou a métrica composta. 1. O sistema solicita a expressão que contém as métricas já cadastradas. 3. O cliente clica no botão Cancelar. 1. O modal de cadastro é fechado e o jogo não é salvo. 4. Erro no salvamento. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando o usuário.

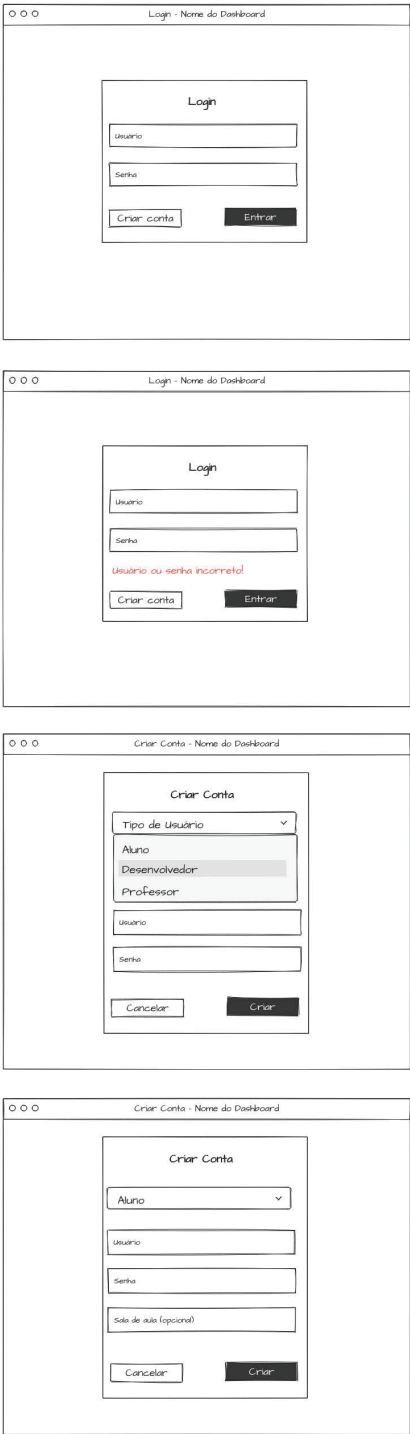
Caso de uso: Cadastro de Salas
Descrição Geral: O caso de uso inicia-se quando o professor deseja cadastrar uma sala.
Atores: Cliente (Professor).
Pré-condições: Cliente ter clicado em adicionar uma sala, na página de salas.
Garantia de Sucesso: Sala cadastrada.
Fluxo Básico: 1. O cliente digita o nome da sala. 2. O cliente seleciona os jogos que serão utilizados nessa sala. 3. O cliente clica em Adicionar. 4. Sala cadastrada com sucesso.
Fluxo Alternativo: 1. O cliente não digita algum campo. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando que todos os campos são necessários. 4. Erro no salvamento. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando o usuário.

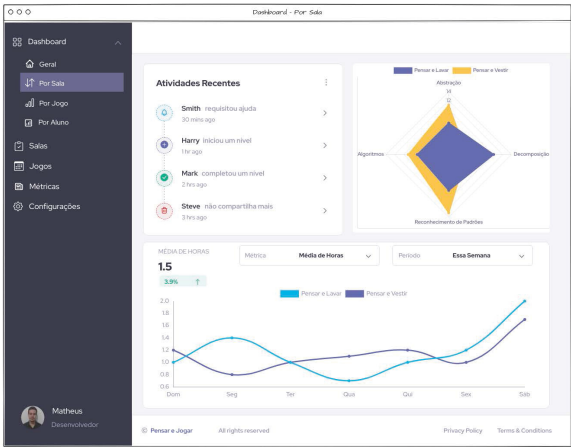
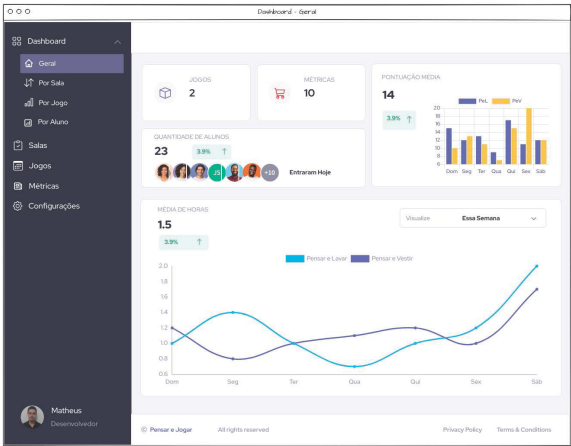
Caso de uso: Edição de Salas/Métricas/Jogos
Descrição Geral: O caso de uso inicia-se quando o cliente editar algo cadastrado.
Atores: Cliente.
Pré-condições: Cliente ter clicado no botão de editar algo já cadastrado.
Garantia de Sucesso: Objeto editado.
Fluxo Básico: 1. O cliente digita o campo que deseja editar. 2. O cliente clica em Salvar.
Fluxo Alternativo: 1. O cliente deixa algo em branco. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando que todos os campos são necessários. 2. Erro no salvamento. 1. O sistema mostra uma mensagem de erro, alertando o usuário.

Caso de uso: Visualização de Métricas por Sala/Jogo/Estudante
Descrição Geral: O caso de uso inicia-se quando o cliente entra na página de <i>dashboard</i> correspondente.
Atores: Cliente.
Pré-condições: Cliente ter pelo menos uma sala, jogo e métrica cadastrados, além de dados referente a essa combinação.
Garantia de Sucesso: Gráfico apresentado.
Fluxo Básico: 1. O cliente seleciona as opções em cada um dos combobox da tela. 2. O gráfico é gerado e apresentado.
Fluxo Alternativo: 1. O cliente deixa algo em branco. 1. O sistema não gera o gráfico. 2. Gráfico em branco. 1. Caso tenha sido um erro, o sistema alerta o usuário.

Apêndice E

Protótipos do LEVEL





Configurações

Dashboard

- Salas
- Jogos
- Métricas
- Configurações

Matheus Desenvolvedor

E-mail:

Apellido:

Senha:

Confirmação de Senha:

Tipo de Usuário:

Compartilhamento de Dados: ☒

Métricas principais (no máximo 3)

Procurar...

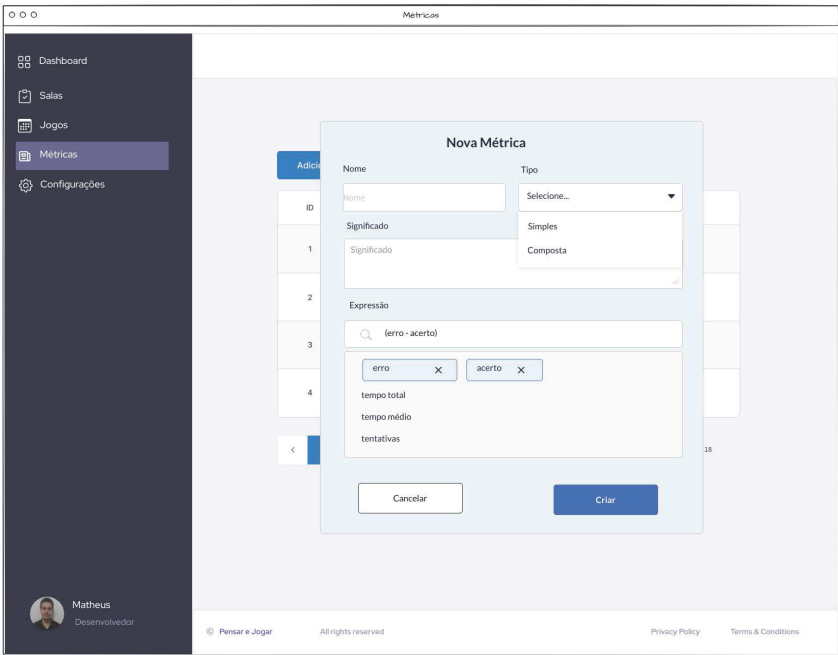
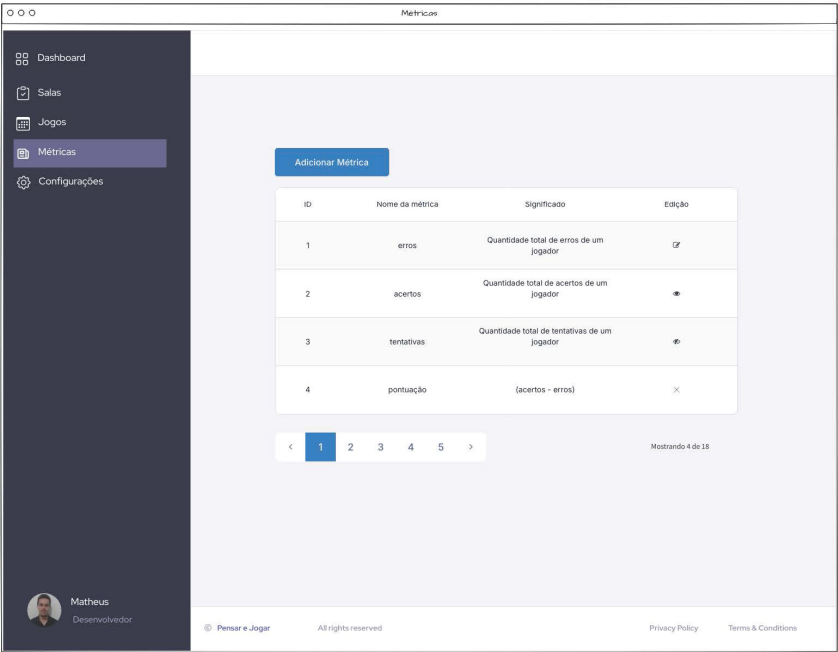
Pontuação X Tempo X

Quantidade de alunos

Quantidade de erros

Cancelar Salvar

Pensar e Jugar All rights reserved Privacy Policy Terms & Conditions



Apêndice F

Parecer do Comitê de Ética

UNIVERSIDADE DO ESTADO
DE SANTA CATARINA - UDESC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: LEVEL: Um sistema aberto, escalável e adaptável de Game Learning Analytics

Pesquisador: Isabela Gasparini

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 82125424.7.0000.0118

Instituição Proponente: FUNDACAO UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SC UDESC

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.135.347

Apresentação do Projeto:

Trata-se da segunda versão da Título da Pesquisa: LEVEL: Um sistema aberto, escalável e adaptável de Game Learning Analytics, do Programa de Pós-Graduação em Informática, setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Pesquisador Responsável: Isabela Gasparini

Orientador: Isabela Gasparini.

Coorientador: Eleandro Maschio.

Equipe de Pesquisa: ERIC CARVALHO DA SILVEIRA, MATHEUS SOPPA GEREMIAS, Taynara Dutra, ANDRE LUIZ TRAGANCIN FILHO, Eleandro Maschio.

Participantes da pesquisa: 700 pessoas

650 - Estudantes Aplicação do questionário de avaliação do Pensamento Computacional e utilização da suíte de jogos Pensar e Jogar

50 - Professores Utilização do sistema LEVEL e aplicação de 4 questionários (TAM, SUS, de acompanhamento e demográfico).

Resumo:

O uso de jogos tem aumentado nos últimos anos, o que motiva sua aplicação em diversas áreas, como na Educação. Jogos Digitais Educacionais (JDE) estão relacionados com diversos

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3664-8084

Fax: (48)3664-7881

E-mail: cepsh.udesc@gmail.com

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 7.135.347

benefícios, porém, muitos JDE são considerados caixas pretas, pois eles não dispõem de uma forma de explorar com detalhes as ações dos jogadores. Essa realidade pode ser alterada com o uso de Game Learning Analytics (GLA), que permite a análise de dados educacionais em tempo real, o que é em um dos motivos que levou a criação do Ludic Environment to Visualize Educational Learning (LEVEL), que consiste em um sistema escalável de GLA que seja adaptável às necessidades de cada jogo. Contudo, o problema que a presente pesquisa visa entender é: a utilização do LEVEL auxilia os professores a acompanhar a progressão dos estudantes? Para isso, nessa pesquisa o sistema será utilizado junto com a suíte de jogos Pensar e Jogar, já criada pelos autores. Tal suíte será jogada por alunos do primeiro ao terceiro ano do Ensino Fundamental, enquanto os professores monitoram o progresso por meio de dashboards. Então será verificado o nível de usabilidade e utilidade percebida, por meio da aplicação dos questionários Technology Acceptance Model e System Usability Scale. Além disso, também será comparado a avaliação realizada pelo LEVEL com os resultados dos pré/pós testes respondidos pelos estudantes. Dessa forma, espera-se que haja uma contribuição para o campo de GLA, com a criação e validação de um sistema adaptável e escalável de análise de dados provenientes de jogos digitais.

Metodologia Proposta:

A construção do LEVEL está seguindo o Ciclo de Vida Simples do Design de Interação, de Rogers et al. (2023). Com base nessa metodologia, inicialmente foi levantado os requisitos do sistema, por meio de histórias de usuário, casos de uso, personas, cenários e brainstorming com a equipe de pesquisa. Então alternativas foram elaboradas, momento em que a arquitetura do sistema foi proposta. Após isso, protótipos de baixa fidelidade

foram criados, e posteriormente avaliados pela equipe. Atualmente, um protótipo de alta fidelidade está sendo construído, com a utilização de Python e o framework Django para o back-end, Javascript e o framework Next.js para o front-end, PostgreSQL como banco de dados, C# para a implementação da biblioteca que os jogos irão utilizar para se comunicar com o sistema e Kafka e Spark para a transmissão de dados. Pensar e Jogar possui como objetivo promover o desenvolvimento do Pensamento Computacional em crianças neurotípicas e com Deficiência Intelectual, por meio da execução de atividades de vida diária. Atualmente, a suíte conta com dois jogos: o Pensar e Lavar, que aborda o processo de lavagem de roupas; e o Pensar e Vestir, que trata do ato de vestir-se. Dessa forma, o público-alvo desta pesquisa é o mesmo da suíte de jogos e compreende os estudantes que estejam no início do processo de

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3664-8084

Fax: (48)3664-7881

E-mail: cepsh.udesc@gmail.com

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 7.135.347

alfabetização, sejam neurotípicos ou com Deficiência Intelectual. Em relação à quantidade de participantes, o recrutamento será feito por um dos pesquisadores, que irá até as escolas para explicar sobre o projeto, tanto para os professores quanto para os estudantes, deixando claro que a participação é voluntária. Em ambas as rodadas de avaliações serão convidados os estudantes das turmas de primeiro, segundo e terceiro ano do Ensino Fundamental de escolas municipais da cidade de Joinville, bem como os professores dessas turmas. Destaca-se que tanto o TCLE quanto o TALE serão requisitados pelo pesquisador, ambos de forma física e presencial. Para a primeira avaliação, o objetivo é verificar o nível de aceitabilidade e usabilidade dos dashboards criados, do ponto de vista do professor, com base em uma única sessão de utilização. Para isso, durante o uso dos jogos pelos estudantes, o professor irá interagir com a plataforma e explorar suas funcionalidades. Após o uso, quatro questionários deverão ser respondidos pelos professores: o Technology Acceptance Model (TAM), para a aceitabilidade e utilidade percebida; o System Usability Scale (SUS), para a usabilidade; um questionário que irá verificar se o professor conseguiu acompanhar a progressão dos estudantes; e um questionário demográfico, para entender melhor sobre esse público-alvo. Cada questionário leva em torno de 7 minutos para ser respondido. Ainda, os alunos irão jogar por aproximadamente 30 minutos, tempo o suficiente para os estudantes passarem por todas as fases de ambos os jogos e gerarem as métricas que serão analisadas pelos professores. Após as análises e modificações com base nos resultados obtidos, uma segunda avaliação será realizada. O objetivo dessa etapa é, além de verificar a opinião dos professores,

validar as informações produzidas pelo sistema acerca do PC. Para isso, primeiramente os estudantes deverão responder um questionário que irá avaliar o nível inicial de PC, que leva em torno de 20 minutos. Após isso, oito sessões de aplicação dos jogos serão realizadas ao longo de oito semanas, para que ocorra o desenvolvimento do PC. Finalmente, o mesmo questionário será aplicado novamente, para avaliar o nível final de PC.

Ainda, destaca-se que cada sessão de avaliação irá contar com a participação de pelo menos um participante da equipe. Dessa forma, os dados que serão analisados são: os quatro questionários que deverão ser respondidos pelos professores (TAM, SUS, acerca do acompanhamento da progresso e demográfico). Tais dados coletados serão digitalizados e mantidos por 24 meses, de forma local e criptografada, com seu posterior descarte.

Metodologia de Análise de Dados:

Quanto ao questionário acerca do acompanhamento dos estudantes, por consistir em

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC
Bairro: Itacorubi **CEP:** 88.035-001
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3664-8084 **Fax:** (48)3664-7881 **E-mail:** cepsh.udesc@gmail.com

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 7.135.347

perguntas abertas, uma análise qualitativa será feita, de forma a validar o funcionamento do sistema. Já com base nas respostas dos questionários TAM e SUS, análises descritivas serão realizadas (e.g., média, mediana e desvio padrão), com o objetivo de avaliar a usabilidade e a utilidade percebida do sistema, bem como aprimorar o dashboard apresentado aos professores. A mesma análise será feita com os dados produzidos pelos estudantes durante o uso da suíte de jogos, para encontrar pontos nos jogos em que muitos erros são realizados e modificar o design das fases de forma a tornar a progressão de dificuldade mais

suave, de forma diminuir a frustração dos jogadores. Destaca-se que todos os dados obtidos serão mantidos por 2 anos, seguindo métodos seguros e organizados para preservar a integridade e a confidencialidade das informações. Para diminuir os riscos de acesso por terceiros, os dados enviados pelos jogos serão retirados do servidor na nuvem e salvos de forma local e criptografada. Ainda, quanto as informações obtidas por meio dos questionários, estes serão transcritos sistematicamente para uma planilha eletrônica. Tal planilha será organizada de maneira a auxiliar na análise posterior, com a preservação da privacidade dos participantes.

Cronograma de Execução:

Segunda avaliação do sistema com usuários - 30/06/2025 01/04/2025

Alterações no sistema com base nos resultados - 31/03/2025 01/01/2025

Desenvolvimento do sistema LEVEL - 31/10/2024 05/08/2024

Primeira utilização do sistema e avaliação com usuários - 30/11/2024 01/11/2024

Análise dos resultados - 31/12/2024 01/12/2024

Análises dos resultados - 31/07/2025 01/07/2025

Orçamento Financeiro:

Ferramentas para desenvolvimento do sistema e para publicação do sistema online - R\$ 100,00Custeio

Total em R\$ R\$ 100,00

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O objetivo geral deste trabalho é verificar a usabilidade e a utilidade percebida do Sistema LEVEL.

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3664-8084

Fax: (48)3664-7881

E-mail: cepsh.udesc@gmail.com

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 7.135.347

Objetivo Secundário:

Desenvolver o sistema LEVEL; Utilizar o sistema LEVEL com a suíte Pensar e Jogar, para a medição do Pensamento Computacional; Aplicar os jogos em salas de aula com o público-alvo; Avaliar a usabilidade e a utilidade percebida do sistema, do ponto de vista do professor; Comparar os resultados dos pré/pós testes de avaliação do Pensamento Computacional com a avaliação realizada pelo sistema.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Existem diversos riscos inerentes à pesquisa e, com o objetivo de reduzi-los, estratégias específicas foram delineadas para cada tipo de risco, como detalhado a seguir. - Riscos em relação a parte física: Por se tratar de jogos digitais, há um risco mínimo de lesões físicas. Ainda, para atenuar o risco existente, todos os equipamentos utilizados serão devidamente preparados e fiscalizados, bem como o ambiente da pesquisa, que será

retirado de todos os obstáculos. - Riscos em relação a parte psicológica: Há um risco mínimo que a criança possa ficar cansada, aborrecida ou estressada ao jogar o jogo. Para mitigar estes riscos, ambos os jogos utilizam de recursos infantis e lúdicos para motivar e instigar a criança a realizar as atividades abordadas e os mediadores poderão finalizar o uso do jogo a qualquer momento. Além disso, a criança também pode interromper o jogo quando desejar. - Riscos em relação a parte ética e sigilo da identidade: Há um risco mínimo de vazamento de informações. E, para mitigar os riscos envolvendo a privacidade dos alunos, todas as imagens e vídeos capturados serão censurados, além da anonimização dos dados obtidos por meio do jogo ou questionários.

Benefícios:

O uso de jogos na Educação está relacionado com diversos benefícios, assim como as pesquisas que focam em GLA. Ao integrar as tecnologias de GLA com os jogos, é possível que o professor acompanhe a progressão dos alunos, identifique pontos em que eles necessitam de ajuda e, assim, melhore o processo de ensino-aprendizado. Ainda, a opinião dos professores acerca do sistema também pode resultar em um aprimoramento do mesmo, o que é importante para o aumento da usabilidade e da utilidade percebida do projeto. E, para as crianças, a vantagem de participar desse estudo é o desenvolvimento de habilidades intelectuais relacionadas ao Pensamento Computacional, como o reconhecimento de padrões, a

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3664-8084

Fax: (48)3664-7881

E-mail: cepsh.udesc@gmail.com

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 7.135.347

capacidade de abstrair situações, a decomposição de problemas e a habilidade de estabelecer sequências de instruções com foco na resolução de problemas. Além disso, os temas abordados na suíte são o processo de lavagem de roupas e o ato de vestir-se, o que permite que a criança compreenda cada etapa envolvida nessas atividades do cotidiano, sempre de modo lúdico.

NO TCLE:

Para diminuir os riscos de acesso por terceiros, os dados enviados pelos jogos serão retirados do servidor na nuvem e salvos de forma local e criptografada. Ainda, quanto as informações obtidas por meio dos questionários, estes serão transcritos sistematicamente para uma planilha eletrônica. Tal planilha será organizada de maneira a auxiliar na análise posterior, com a preservação da privacidade dos participantes.

Os benefícios e vantagens em participar deste estudo serão promover a acessibilidade e a inclusão de crianças sem e com Deficiência Intelectual, o desenvolvimento de habilidades intelectuais relacionadas ao Pensamento Computacional, como reconhecimento de padrões, abstração de situações, decomposição de problemas e estabelecimento de sequências de instruções com foco na resolução de problemas. Também, a suíte aborda duas atividades do cotidiano e, desse modo, permite que a criança compreenda cada uma delas, sempre de modo lúdico.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisadora respondeu ao Parecer Consubstanciado n. 7.051.626, emitido em 03 de Setembro de 2024.

A Carta Resposta diz:

Pendência 1: Definir o pesquisador responsável. No projeto Detalhado_PD o pesquisador principal é o MATHEUS SOPPA GEREMIAS, no projeto básico_PB, da Plataforma Brasil é a Isabela Gasparini. Padronizar em todos os documentos.

Resposta: Ok, padronizado com o nome da Professora Isabela Gasparini, vide páginas 1 e 2 do projeto de detalhado e de acordo com o projeto básico já existente.

Pendência 2: Ajustar a folha de rosto, Profa. Dra. REGINA HELENA MUNHOZ, justificar se ela

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC			
Bairro: Itacorubi	CEP: 88.035-001		
UF: SC	Município: FLORIANOPOLIS		
Telefone: (48)3664-8084	Fax: (48)3664-7881	E-mail: cepsh.udesc@gmail.com	

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 7.135.347

estava em Exercício no lugar do Diretor, anexar portaria de nomeação ou nova folha de rosto com assinatura do Diretor geral do centro.

Resposta: Ok, vide Apêndice O.

Pendência 3: Incluir projeto detalhado/brochura no modelo disponível na página do CEP/UDESC e não no modelo da Universidade Federal do Paraná.

Resposta: Ok, alterado pelo modelo da UDESC.

Pendência 4: Esclarecer o fato de ser aluna da UPFR e submeter como instituição proponente a UDESC.

Resposta: Ok, na verdade grande parte da equipe é da UDESC, instituição que está desenvolvendo a pesquisa. O modelo utilizado não condizia com essa informação pois não havia sido encontrado o modelo correto. Além disso, as avaliações serão realizadas apenas em Joinville, SC, o que reforça a não necessidade do envolvimento de outras instituições.

Pendência 5: Adequar a metodologia do projeto básico, detalhar cada etapa da pesquisa e incluir as seguinte informação: a) "Os dados que serão analisados são: os três questionários que deverão ser respondidos pelos professores (TAM, SUS e demográfico); pré/pós testes que serão respondidos pelos estudantes; dados provenientes da interação com a suíte de jogos (e.g., quantidade de acertos em uma determinada fase); b) indicar como fará para recrutar os participantes da pesquisa; c) quantos minutos terão os questionários para serem respondidos; d) quantos encontros terão com alunos e professores. e) como serão entregues e assinados os TCLEs e TALEs?. f) informar co serão armazenados e descartados os documentos da pesquisa.

Resposta: Ok, modificado a metodologia do projeto básico com a inclusão das informações solicitadas (dados analisados; recrutamento dos participantes; tempo de aplicação dos questionários; quantidade de encontros; modo de entrega dos TCLEs e TALEs; forma de armazenamento e descarte dos documentos da pesquisa).

Pendência 6: Solicita-se que sejam explicitados os possíveis danos decorrentes da participação na pesquisa, além da apresentação das providências e cautelas a serem empregadas para evitar situações que possam causar dano, considerando as características do participante da pesquisa (Resolução CNS n.º 510, de 2016, Artigo 17, Inciso II). Ajustar o projeto básico e os TCLEs.

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3664-8084

Fax: (48)3664-7881

E-mail: cepsh.udesc@gmail.com

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 7.135.347

Resposta: Ok, modificado o item 4.4 do Projeto Detalhado, bem como no projeto básico e nos TCLEs, vide Apêndices I, J, L, M.

Pendência 7: Ajustar no projeto básico o campo "Grupos em que serão divididos os participantes da pesquisa neste centro".

Resposta: Ok, dividido em dois grupos no projeto básico (professores e alunos), com suas respectivas quantidades.

Pendência 8: Anexar Declaração de Ciências e Concordância das instituições envolvidas com as assinaturas do pesquisador, diretor geral do centro e responsável pela escola.

Resposta: Ok, tais declarações se encontram nos Apêndices N.

Pendência 9: Incluir o modelo do jogo virtual na plataforma Brasil, separadamente.

Resposta: Ok, vide novos anexos ("Modelo_Pensar_e_Lavar.pdf" e "Modelo_Pensar_e_Vestir.pdf").

Pendência 10: Incluir os TCLEs nos modelos presenciais e virtual com riscos e benefícios alterados.

Resposta: Ok, tais TCLEs se encontram nos Apêndices L e M.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Documentos apresentados:

- Projeto básico - PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO
- Carta_Resposta.pdf
- Questionario_TAM.pdf
- Questionario_SUS.pdf
- Questionario_Demografico.pdf
- Questionario_de_Acompanhamento.pdf
- Modelo_Pensar_e_Vestir.pdf
- Portaria_Interna.pdf
- Declaracoes_Assinadas.pdf
- TCLE_Virtual_Responsaveis.docx
- TCLE_Virtual_Professores.docx
- TCLE_Responsaveis.docx

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3664-8084

Fax: (48)3664-7881

E-mail: cepsh.udesc@gmail.com

UNIVERSIDADE DO ESTADO
DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 7.135.347

- TCLE_Professores.docx
- Projeto_Detalhado.pdf

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendência da versão anterior:

1 - Definir o pesquisador responsável. No projeto Detalhado_PD o pesquisador principal é o MATHEUS SOPPA GEREMIAS, no projeto básico_PB, da Plataforma Brasil é a Isabela Gasparini. Padronizar em todos os documentos. PENDÊNCIA ATENDIDA.

2 - Ajustar a folha de rosto, Profa. Dra. REGINA HELENA MUNHOZ, justificar se ela estava em Exercício no lugar do Diretor, anexar portaria de nomeação ou nova folha de rosto com assinatura do Diretor geral do centro. PENDÊNCIA ATENDIDA.

3 - Incluir projeto detalhado/brochura no modelo disponível na página do CEP/UDESC e não no modelo da Universidade Federal do Paraná. PENDÊNCIA ATENDIDA.

4 - Esclarecer o fato de ser aluna da UPFR e submeter como instituição proponente a UDESC. PENDÊNCIA ATENDIDA.

5 - Adequar a metodologia do projeto básico, detalhar cada etapa da pesquisa e incluir as seguinte informação: a) "Os dados que serão analisados são: os três questionários que deverão ser respondidos pelos professores (TAM, SUS e demográfico); pré/pós testes que serão respondidos pelos estudantes; dados provenientes da interação com a suíte de jogos (e.g., quantidade de acertos em uma determinada fase); b) indicar como fará para recrutar os participantes da pesquisa; c) quantos minutos terão os questionários para serem respondidos; d) quantos encontros terão com alunos e professores. e) como serão entregues e assinados os TCLEs e TALEs?. f) informar co serão armazenados e descartados os documentos da pesquisa. PENDÊNCIA ATENDIDA.

6 - Solicita-se que sejam explicitados os possíveis danos decorrentes da participação na pesquisa, além da apresentação das providências e cautelas a serem empregadas para evitar

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3664-8084

Fax: (48)3664-7881

E-mail: cepsh.udesc@gmail.com

UNIVERSIDADE DO ESTADO
DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 7.135.347

situações que possam causar dano, considerando as características do participante da pesquisa (Resolução CNS n.º 510, de 2016, Artigo 17, Inciso II). Ajustar o projeto básico e os TCLEs. PENDÊNCIA ATENDIDA.

7 - Ajustar no projeto básico o campo "Grupos em que serão divididos os participantes da pesquisa neste centro". PENDÊNCIA ATENDIDA.

8 - Anexar Declaração de Ciências e Concordância das instituições envolvidas com as assinaturas do pesquisador, diretor geral do centro e responsável pela escola. PENDÊNCIA ATENDIDA.

9 - Incluir o modelo do jogo virtual na plataforma Brasil, separadamente. PENDÊNCIA ATENDIDA.

10 - Incluir os TCLEs nos modelos presenciais e virtual com riscos e benefícios alterados. PENDÊNCIA ATENDIDA.

Não encontrando outros óbices éticos, protocolo de pesquisa aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

A Equipe Assessora APROVA o Protocolo de Pesquisa e informa que, qualquer alteração necessária ao planejamento e desenvolvimento do Protocolo Aprovado ou cronograma final, seja comunicada ao CEP via Plataforma Brasil na forma de EMENDA, para análise sendo que para a execução deverá ser aguardada aprovação final do CEP. A ocorrência de situações adversas durante a execução da pesquisa deverá ser comunicada imediatamente ao CEP via Plataforma Brasil, na forma de NOTIFICAÇÃO. Em não havendo alterações ao Protocolo Aprovado e/ou situações adversas durante a execução, deverá ser encaminhado RELATÓRIO FINAL ao CEP via Plataforma Brasil até 60 dias da data final definida no cronograma, para análise e aprovação. Lembramos ainda, que o participante da pesquisa ou seu representante legal, quando for o caso, bem como o pesquisador responsável, deverão rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE - apondo suas assinaturas na última página do referido Termo.

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3664-8084

Fax: (48)3664-7881

E-mail: cepsh.udesc@gmail.com

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 7.135.347

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2395111.pdf	03/10/2024 22:14:57		Aceito
Outros	Carta_Resposta.pdf	03/10/2024 22:14:39	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
Outros	Questionario_TAM.pdf	03/10/2024 20:25:02	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
Outros	Questionario_SUS.pdf	03/10/2024 20:24:50	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
Outros	Questionario_Demografico.pdf	03/10/2024 20:24:39	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
Outros	Questionario_de_Acompanhamento.pdf	03/10/2024 20:24:21	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
Outros	Modelo_Pensar_e_Vestir.pdf	03/10/2024 20:21:53	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
Outros	Modelo_Pensar_e_Lavar.pdf	03/10/2024 20:21:34	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
Outros	Portaria_Interna.pdf	03/10/2024 20:20:47	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
Declaração de concordância	Declaracoes_Assinadas.pdf	03/10/2024 20:19:59	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Virtual_Responsaveis.docx	03/10/2024 20:19:30	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Virtual_Professores.docx	03/10/2024 20:19:20	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Responsaveis.docx	03/10/2024 20:19:09	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Professores.docx	03/10/2024 20:18:59	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Detalhado.pdf	03/10/2024 20:18:45	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
Outros	Consentimento_Fotografia_Responsaveis.docx	05/08/2024 22:13:55	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
Outros	Consentimento_Fotografia_Professores.docx	05/08/2024 22:13:37	MATHEUS SOPPA GEREMIAS	Aceito
TCLE / Termos de	TALE_Criancas.docx	05/08/2024	MATHEUS SOPPA	Aceito

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3664-8084

Fax: (48)3664-7881

E-mail: cepsh.udesc@gmail.com

UNIVERSIDADE DO ESTADO
DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 7.135.347

Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_Crianças.docx	22:09:49	GEREMIAS	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	05/08/2024 11:44:59	Isabela Gasparini	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FLORIANOPOLIS, 09 de Outubro de 2024

Assinado por:
Renan Thiago Campestrini
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida Madre Benvenutta, 2007, Reitoria - Térreo -sala CEP/UDESC

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3664-8084

Fax: (48)3664-7881

E-mail: cepsh.udesc@gmail.com

Apêndice G

Questionário Demográfico e de Acompanhamento

Questionário Demográfico e de Acompanhamento

Convidamos você a responder esse questionário relacionado a avaliação do sistema LEVEL - *Ludic Environment to Visualize Educational Learning*. Este sistema tem como intuito auxiliar no acompanhamento da progressão do desempenho de estudantes que estão interagindo com Jogos Digitais Educacionais. Essa pesquisa faz parte do Mestrado em Informática do estudante Matheus Soppa Geremias, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), orientado pela professora Isabela Gasparini (UDESC) e pelo professor Eleandro Maschio (UTFPR).

1. Qual é a sua identidade de gênero?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino
- ☐ Transgênero
- ☐ Não binário
- ☐ Prefiro não dizer
- ☐ Outro: _____

2. Qual é sua faixa etária?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Menos de 17 anos
- ☐ 18 a 20 anos
- ☐ 21 a 29 anos
- ☐ 30 a 39 anos
- ☐ 40 a 49 anos
- ☐ 50 anos ou mais

3. Qual é o seu nível mais alto de ensino concluído?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Ensino fundamental
- ☐ Ensino médio
- ☐ Ensino médio profissionalizante
- ☐ Graduação
- ☐ Especialização
- ☐ Mestrado
- ☐ Doutorado
- ☐ Outro: _____

4. Quais os tipos de avaliações você utiliza em suas aulas?

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Prova com questões objetivas
- ☐ Prova com questões abertas
- ☐ Seminário individual
- ☐ Seminário em grupo
- ☐ Teste oral
- ☐ Autoavaliação
- ☐ Observação
- ☐ Outro: _____

5. Quantas horas por dia você utiliza de seu computador?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Menos de 1 hora
☐ De 1 a 2 horas
☐ De 2 a 3 horas
☐ De 3 a 4 horas
☐ Mais de 4 horas

6. Quantas horas por dia você utiliza de seu celular?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Menos de 1 hora
☐ De 1 a 2 horas
☐ De 2 a 3 horas
☐ De 3 a 4 horas
☐ Mais de 4 horas

7. Na sua opinião, qual seu nível de competência digital?

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Nen	☐	☐	☐	☐	☐	Avançado

8. Você utiliza de alguma ferramenta tecnológica em suas aulas? Se sim, quais?

Marque todas que se aplicam.

- ☐ YouTube
- ☐ Google Forms e similares (para a criação de formulários)
- ☐ Kahoot! e similares (para a criação de quizzes)
- ☐ Outro: _____

9. Você sabe o que são jogos sérios?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não

10. Se você sabe o que são jogos sérios, poderia incluir uma pequena definição?

11. Você utiliza de jogos digitais em suas aulas?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não

12. Se você **não** utiliza de jogos digitais, poderia explicar o motivo?

13. Se você utiliza de jogos digitais, poderia descrever de que forma?

14. Se você utiliza de jogos digitais, quais gêneros são eles?

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Ação
- ☐ Aventura
- ☐ Estratégia
- ☐ RPG
- ☐ Esporte
- ☐ Corrida
- ☐ Simulação
- ☐ Tabuleiro
- ☐ Cartas
- ☐ Plataforma
- ☐ Quebra-cabeça
- ☐ Trívia
- ☐ Musical

15. Se você utiliza de jogos digitais, usualmente qual o nível de dificuldade de acompanhar o desempenho de seus estudantes?

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Fácil	☐	☐	☐	☐	☐	Difícil

16. Você utilizaria um jogo digital como uma forma de avaliação?

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

17. Poderia explicar sua resposta anterior?

18. Na sua opinião, o sistema LEVEL auxiliaria de alguma forma em suas aulas? Se sim, como?

19. Você utilizaria esse sistema em suas aulas? Se sim, como?

20. Na sua opinião, a presença do sistema mudou alguma coisa na experiência de utilizar jogos em uma aula?

21. Na sua opinião, quais as métricas mais importantes apresentadas?

22. Na sua opinião, as métricas apresentadas poderiam influenciar nas suas aulas? Se sim, como? E quais métricas?

23. Deixe aqui sua opinião geral sobre o sistema, com possíveis pontos positivos e negativos, bem como sugestões de mudanças.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Apêndice H

Questionário *System Usability Scale*

Questionário de Usabilidade (*System Usability Scale*)

Convidamos você a responder esse questionário relacionado a avaliação do sistema LEVEL - *Ludic Environment to Visualize Educational Learning*. Este sistema tem como intuito auxiliar no acompanhamento da progressão do desempenho de estudantes que estão interagindo com Jogos Digitais Educacionais. Essa pesquisa faz parte do Mestrado em Informática do estudante Matheus Soppa Geremias, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), orientado pela professora Isabela Gasparini (UDESC) e pelo professor Eleandro Maschio (UTFPR).

1. Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo Completamente

2. Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo Completamente

3. Eu achei o sistema fácil de usar.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo Completamente

4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo Completamente

5. Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo Completamente

6. Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo Completamente

7. Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo Completamente

8. Eu achei o sistema atrapalhado de usar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Disc	☐	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente

9. Eu me senti confiante ao usar o sistema.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Disc	☐	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente

10. Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Disc	☐	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Apêndice I

Questionário *Technology Acceptance Model*

Questionário de Aceitabilidade (*Technology Acceptance Model*)

Convidamos você a responder esse questionário relacionado a avaliação do sistema LEVEL - *Ludic Environment to Visualize Educational Learning*. Este sistema tem como intuito auxiliar no acompanhamento da progressão do desempenho de estudantes que estão interagindo com Jogos Digitais Educacionais. Essa pesquisa faz parte do Mestrado em Informática do estudante Matheus Soppa Geremias, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), orientado pela professora Isabela Gasparini (UDESC) e pelo professor Eleandro Maschio (UTFPR).

1. Quanto a Utilidade Percebida (UP)

Marcar apenas uma oval por linha.

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
O LEVEL me permitiria acompanhar a progressão dos estudantes mais rapidamente.	☐	☐	☐	☐	☐
Usar o LEVEL melhoraria meu desempenho no trabalho.	☐	☐	☐	☐	☐
Usar o LEVEL aumentaria minha produtividade.	☐	☐	☐	☐	☐
Usar o LEVEL aumentaria minha eficácia no trabalho.	☐	☐	☐	☐	☐
Usar o LEVEL tornaria mais fácil fazer meu trabalho.	☐	☐	☐	☐	☐
Acho que o LEVEL seria útil no meu trabalho.	☐	☐	☐	☐	☐

2. Quanto a Facilidade de Uso Percebida (FUP)

Marcar apenas uma oval por linha.

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Aprender a utilizar o LEVEL foi fácil para mim.	☐	☐	☐	☐	☐
Achei fácil fazer o LEVEL realizar o que eu queria que acontecesse.	☐	☐	☐	☐	☐
Minha interação com o LEVEL foi clara e compreensível.	☐	☐	☐	☐	☐
Acho que o LEVEL é claro e compreensível.	☐	☐	☐	☐	☐
Seria fácil para eu me tornar habilidoso no uso do LEVEL.	☐	☐	☐	☐	☐
Achei o LEVEL fácil de usar.	☐	☐	☐	☐	☐

3. Quanto a Intenção de Uso (IU)

Marcar apenas uma oval por linha.

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Vejo-me utilizando o LEVEL.	☐	☐	☐	☐	☐
Tenho a intenção de usar o LEVEL.	☐	☐	☐	☐	☐

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários