



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENSINO DAS CIÊNCIAS**

Francisco de Assis de Lima Gama

**DESENVOLVIMENTO DE GAMES EDUCATIVOS APLICADO AO  
ENSINO DE MATEMÁTICA: MEDIG - Uma modelização a partir da  
Engenharia Didático-Informática e os processos de  
desenvolvimento de *Games*.**

Recife-PE  
2023

FRANCISCO DE ASSIS DE LIMA GAMA

**DESENVOLVIMENTO DE GAMES EDUCATIVOS APLICADO AO  
ENSINO DE MATEMÁTICA: MEDIG - Uma modelização a partir da  
Engenharia Didático-Informática e os processos de  
desenvolvimento de *Games*.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, como requisito para a obtenção do título de doutorado em Ensino das Ciências.

Orientador: Profa. Dra. Anna Paula de Avelar Brito Lima  
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Tiburcio dos Santos

Recife-PE  
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F819e

Gama, Francisco de Assis de Lima

ESENVOLVIMENTO DE GAMES EDUCATIVOS APLICADO AO ENSINO DE MATEMÁTICA: MEDIG -  
Uma modelização a partir da Engenharia Didático-Informática e os processos de desenvolvimento de  
Games. / Francisco de Assis de Lima Gama. - 2023.  
173 f. : il.

Orientadora: Anna Paula Avelar Brito Lima.

Coorientador: Ricardo Tiburcio dos Santos.

Inclui referências e apêndice(s).

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em  
Ensino das Ciências, Recife, 2023.

1. Engenharia Didático-Informática. 2. Engenharia de Software. 3. Engenharia Didática. 4. Games. I.  
Lima, Anna Paula Avelar Brito, orient. II. Santos, Ricardo Tiburcio dos, coorient. III. Título

---

CDD 507

FRANCISCO DE ASSIS DE LIMA GAMA

**DESENVOLVIMENTO DE GAMES EDUCATIVOS APLICADO AO  
ENSINO DE MATEMÁTICA: MEDIG - Uma modelização a partir da  
Engenharia Didático-Informática e os processos de  
desenvolvimento de Games.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, como requisito para a obtenção do título de doutorado em Ensino das Ciências.

Orientador: Profa. Dra. Anna Paula de Avelar Brito Lima  
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Tiburcio dos Santos

Aprovada em: 27/outubro/ 2023.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Anna Paula de Avelar Brito Lima (Orientadora)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

---

Prof. Dr. Ricardo Tiburcio dos Santos (Coorientador)  
Centro Universitário da Vitória de Santo Antão - UNIVISA

---

Prof. Dr. Bruno Silva Leite  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

---

Prof. Dr. Jorge Luis Cavalcanti Ramos  
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

---

Prof. Dr. Franck Gilbert Rene Bellemain  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

Prof. Dr. Francisco Kelsen de Oliveira  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano –  
IFSertãoPE

Dedico a minha mãe **Maria Cândida de Lima Gama** e ao meu pai, **Jorge Batista da Gama**, meus primeiros professores, minhas primeiras inspirações, meus primeiros amigos e incentivadores. Quando criança eu dizia que seria doutor, vocês sempre acreditaram na minha teimosia e persistência. Obrigado mainha e painho, todo meu amor e gratidão.

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, pelo dom da vida, por sua força e presença em minha caminhada!

Aos meus familiares, meu PAI, Jorge Batista da Gama, meu exemplo de honestidade e perseverança, só eu e ele sabemos o quanto precisamos um do outro para as batalhas impostas pela vida. Obrigado por ser um pai tão amoroso e dedicado. Minha MÃE, Maria Cândida de Lima Gama, que incondicionalmente se dedicou à minha educação. Assim como várias mulheres, mãe e esposas, abdicou de suas vidas, dos seus sonhos profissionais, da sua juventude, para dedicar-se aos filhos. O teu exemplo de dedicação e afeto me acompanham na minha trajetória na educação, pois procuro transbordar o que recebo de ti para meus alunos e alunas na minha caminhada profissional. Amo-te mainha, obrigado por sempre me abençoar e amar.

À minha ESPOSA, Ana Alice (minha Petinha), como na Música de Geraldinho Lins: “Você chegou na hora que eu mais precisava. Assoprou a minha brasa. Acendeu o meu viver... lhe entreguei a chave do meu coração”. Eu te amo, obrigado por trilharmos juntos o que Deus nos permite viver, trilhar um caminho com muito amor, cumplicidade e respeito.

Aos meus IRMÃOS, Jorge Luis e Ceiça, meus primeiros amigos, o tempo nos mostrou que estaremos sempre juntos nas mais diversas adversidades. Sei que para chegar até aqui, tive que abdicar de momentos ao lado de vocês, porém, o que nos une é o amor plantado por nossos pais em nossas vidas, obrigado por sempre me ouvirem e me amarem.

Aos demais familiares (sogra, sogro, sobrinhos, sobrinhas, cunhados, cunhadas, tios, tias, primos e primas), o meu muito obrigado por todas às vezes que estamos juntos e partilhamos amor e amizade, essa conquista também é de vocês. E ao meu amigo de quatro patas, Pingo, por sempre amar esse seu tutor com um amor inexplicável.

Expresso minha gratidão à minha ORIENTADORA Anna Paula, um ser humano de qualidades incríveis, é até difícil de colocar em palavras. Conseguir transbordar doçura e paz aos seus orientandos, pessoas assim é um tanto difícil de encontrar no

meio acadêmico. Obrigado por cada momento que deixou leve, desde o nosso primeiro encontro no processo seletivo até última orientação. A senhora conseguiu me mostrar, além dos conhecimentos acadêmicos, a importância de uma relação saudável, permeada de conselhos e palavras de afeto entre orientadora e orientando que vai além de um processo acadêmico. Que Deus e a amada florzinha do Carmelo possam te proteger e abençoar todos os seus passos e sonhos.

Ao meu COORIENTADOR Ricardo Tiburcio, deixo o meu sincero agradecimento, obrigado por aceitar essa parceria. Você foi sempre muito paciente, dedicado e trouxe contribuições importantíssimas para a nossa tese, com certeza é uma parceria que está apenas no começo de nossa vida acadêmica.

Aos professores e professoras do PPGEC que estiveram no meu percurso formativo, meu muito obrigado por todos os momentos de troca de conhecimento e palavras de incentivo. Aos meus colegas companheiros e companheiras de TURMA DE DOUTORADO, pelas conversas, angústias e risadas trocadas na nossa trajetória. Gratidão a minha amiga Alessandra Martins e ao meu amigo, Manuel Bandeira, com vocês tudo ficou mais leve e alegre nestes 4 anos, amizades que levaremos para o resto de nossas vidas.

Aos amigos do grupo de Estudos Avançados em Didática da Matemática - GEADM, obrigado por todo apoio e momentos de escuta e partilha.

Aos membros da BANCA EXAMINADORA (qualificação e defesa), gratidão por aceitarem o convite. Profissionais valorosos, convidados com muito amor e admiração pelo reconhecimento dos excelentes profissionais que são. GRATIDÃO!

Um agradecimento a todos e todas do IFSertãoPE, instituição que faço parte desde 2009, em nome da Professora Dr<sup>a</sup> Leopoldina Veras Camelo, agradeço aos meus queridos colegas de trabalho, alunos e alunas.

Agradecimento especial aos meus amigos de longa data, Jean Carlos, Iran Torquato, Romilson Freire e Fábio Porto por estarem sempre presentes e apoiando em várias empreitadas da vida pessoal e acadêmica.

Ninguém é feliz sozinho! Ninguém consegue realizar um sonho sozinho!

*“Educar a mente sem educar o coração não é  
educação”.*  
**Aristóteles.**

## RESUMO

O campo do desenvolvimento de *software* envolve várias etapas e processos complexos até a sua entrega ao usuário final. Em relação aos processos de desenvolvimento de *softwares* educativos, torna-se ainda mais complexo e envolve a participação de uma equipe bem mais diversificada, equipe que exige a participação de especialistas em diversas áreas de estudo e pesquisa. Outra característica importante, diz respeito às relações e aspectos didáticos que devem ser utilizados em conjunto com os de caráter tecnológicos, no processo de desenvolvimento. Para esta finalidade, a metodologia utilizada para essa articulação é a Engenharia Didático-Informática (EDI), uma vez que articula as teorias sobre o ensino e a aprendizagem matemática e os conhecimentos da Engenharia de *Software*. Contudo, nosso foco de pesquisa, é o desenvolvimento de *games* no ensino de matemática e a relação entre os elementos da Engenharia *Software* (ES) com o processo de desenvolvimento de *games* (PDG) e as relações didáticas, na concepção de modelização de uma metodologia específica, que articule os aspectos didáticos e pedagógicos com os tecnológicos. Portanto, esta pesquisa, investigou a relação entre a EDI e os PDG, com foco na promoção de reflexões significativas no ensino e na aprendizagem de matemática com o desenvolvimento de *games*. Assim, esta tese respondeu ao seguinte questionamento: As metodologias de desenvolvimento de *games* educativos incorporam os aspectos pedagógicos e educacionais que favorecem o processo de ensino e de aprendizagem? A partir dessa questão, propomos, o seguinte objetivo geral: propor um modelo de desenvolvimento de *games* articulando os elementos da Engenharia Didático-Informática com os Processos de Desenvolvimento e *Games* que contribuam para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos. E para resolver a questão central de pesquisa, alinhando as fases propostas, conseguimos alcançar os seguintes objetivos específicos: Comparar e analisar as principais metodologias de desenvolvimento de *games* educativos e verificar quais aspectos podem servir como pilares de uma modelização específica para o desenvolvimento de *games* educativos; Além das dimensões didática, epistemologia, cognitiva e informática que integram a EDI, analisar da possibilidade de uma dimensão específica para a criação de *games* no modelo da EDI; Articular a Engenharia Didático-Informática (EDI) e o Processo de desenvolvimento de *games* (PDG) modelizando uma metodologia específica para a produção de *games* educativos; Criar um protótipo de baixa fidelidade de um *game* para o ensino de matemática, com os aspectos da modelização entre a EDI e o PDG. O processo metodológico para efetivação da pesquisa, teve como guia/caminho a Engenharia Didática, um percurso metodológico que indicou toda a vivência da pesquisa, desde a execução das atividades até as questões éticas. Assim, a presente pesquisa apresentou como resultado as seguintes contribuições: 1ª contribuição, apresentação das principais metodologias de desenvolvimento de *games* educativos, as intenções pedagógicas e tecnológicas; 2ª contribuição, apresentação de dimensão específica para a criação de *games* no modelo da EDI; 3ª contribuição, Modelização entre a Engenharia Didático-Informática e os Processo de Desenvolvimento de *Games*; e 4ª contribuição, ensaio de protótipo de um *Game*, desenvolvimento de um protótipo de baixa fidelidade a partir da modelização.

**Palavras-chave:** Engenharia Didático-Informática. Engenharia de Software. Engenharia Didática. *Games*.

## ABSTRACT

The field of software development involves several complex stages and processes until it is delivered to the end user. When it comes to developing educational software, it becomes even more complex and involves the participation of a much more diverse team, a team that requires the participation of specialists in various areas of expertise and research. Another very important feature is the didactic relations and aspects that must be used in conjunction with technological ones in the development process. To this end, the methodology used for this articulation is Didactics-Informatics Software Engineering (DISE), since it articulates theories about teaching and learning mathematics and knowledge on Software Engineering. However, our research approach is on development of games for mathematics teaching and relations between elements of Software Engineering (SE) with game development process (GDP) taking into account didactic relationships. The purpose is modelling a specific methodology that combines/articulates didactic and pedagogical aspects with technological ones. Therefore, this research has investigated the relationship between DISE and GDPs, with a focus on promoting significant reflections on teaching and learning of math through the development of games. Thus, this thesis answers the following question: Do educational game development methodologies incorporate pedagogical and educational aspects that favor the teaching and learning process? Based on this question, we propose the following general objective: to propose a game development model articulating the elements of Didactic-Informatic Engineering with the Development Processes and Games that contribute to the teaching and learning of mathematical knowledge. And in order to resolve the central research question, by aligning the proposed phases, we were able to achieve the following specific objectives: Compare and analyze the main methodologies for developing educational games and verify which aspects can serve as the pillars of a specific model for developing educational games; And in order to resolve the central research question, by aligning the proposed phases, we were able to achieve the following specific objectives: Present the main methodologies for developing educational games, their pedagogical and technological intentions; In addition to the didactic, epistemological, cognitive and IT dimensions that make up DISE, we analyse the possibility of a specific dimension for creating games in the DISE model; Articulate Didactic-Informatics Engineering (DISE) and the Game Development Process (GDP) by modelling a specific methodology for producing educational games; Create a low-fidelity prototype of a game for teaching mathematics, with the modelling aspects between DISE and GDP. The methodological process for carrying out the research was guided by Didactic Engineering, a methodological path that indicated the entire experience of the research, from the execution of the activities to ethical issues. Thus, this research has resulted in the following contributions: 1st contribution, presentation of the main methodologies for developing educational games, the pedagogical and technological intentions; 2nd contribution, presentation of the specific dimension for creating games in the DISE model; 3rd contribution, Modelling between Didactic-Informatics Engineering and the Game Development Process; and 4th contribution, testing of a Game prototype, development of a low-fidelity prototype based on modelling.

**Keywords:** Didactic-Informatics Engineering. Software Engineering. Didactic Engineering. Games.

## RESUMÉ

Le domaine du développement de logiciels comporte plusieurs étapes et processus complexes jusqu'à la livraison à l'utilisateur final. Lorsqu'il s'agit de développer un logiciel éducatif, le processus devient encore plus complexe et implique la participation d'une équipe beaucoup plus diversifiée, une équipe qui nécessite la participation de spécialistes dans différents domaines d'étude et de recherche. Une autre caractéristique très importante est celle des relations et des aspects didactiques qui doivent être utilisés en conjonction avec les aspects technologiques dans le processus de développement. À cette fin, la théorie utilisée pour cette articulation est la théorie de l'ingénierie didactique et informatique (DIE), puisqu'elle articule les théories sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques et la connaissance de l'ingénierie logicielle. Cependant, notre recherche se concentre sur le développement de jeux dans l'enseignement des mathématiques et sur la relation entre les éléments du génie logiciel (SE), avec le processus de développement des jeux (PDG) et les relations didactiques, dans le but de modéliser une méthodologie spécifique qui combine/articule les aspects didactiques et pédagogiques avec les aspects technologiques. Par conséquent, cette recherche a étudié la relation entre l'IDE et les processus de développement des jeux, en mettant l'accent sur la promotion de réflexions significatives sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques par le biais du développement de jeux. Cette thèse a donc répondu aux questions suivantes : Les méthodologies de développement de jeux éducatifs intègrent-elles des aspects pédagogiques et éducatifs qui favorisent le processus d'enseignement et d'apprentissage ? Quels aspects théoriques de l'ingénierie didactique-informatique et des processus de développement de jeux peuvent servir de piliers pour modéliser une méthodologie spécifique de développement de jeux éducatifs qui favorise la production d'artefacts didactiques ? Sur la base de ces questions, nous proposons l'objectif général suivant : présenter l'articulation entre les éléments théoriques de l'ingénierie didactique-informatique et les processus de développement de jeux qui contribuent à l'enseignement et à l'apprentissage. Modélisation pour le développement de jeux éducatifs pour l'enseignement des mathématiques. Et pour résoudre la question centrale de la recherche, en alignant les phases proposées, nous avons pu résoudre les objectifs spécifiques suivants : Présenter les principales méthodologies de développement de jeux éducatifs, leurs intentions pédagogiques et technologiques ; Outre les dimensions didactique, épistémologique, cognitive et informatique qui composent l'EDI, nous analysons la possibilité d'une dimension spécifique pour la création de jeux dans le modèle EDI ; Articuler l'ingénierie didactique-informatique (EDI) et le processus de développement de jeux (PDG) en modélisant une méthodologie spécifique pour la production de jeux éducatifs ; Créer un prototype basse fidélité d'un jeu pour l'enseignement des mathématiques, avec les aspects de modélisation entre l'EDI et le PDG ; Le processus méthodologique pour mener à bien la recherche, le chercheur a eu l'ingénierie didactique comme guide/chemin, un chemin méthodologique qui indique toute l'expérience de la recherche, de l'exécution des activités jusqu'aux questions éthiques. Ainsi, la thèse a donné lieu aux contributions suivantes : 1ère contribution, présentation des principales méthodologies de développement de jeux éducatifs, des intentions pédagogiques et technologiques ; 2ème contribution, présentation de la dimension spécifique pour la création de jeux dans le modèle EDI ; 3ème contribution, modélisation entre l'ingénierie didactique-informatique et le processus de développement de jeux ; et 4ème contribution, test d'un prototype de jeu, développement d'un prototype basse-fidélité basé sur la modélisation.

**Mots-clés : Ingénierie didactique et informatique. Génie logiciel. Ingénierie didactique. Jeux.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Jogo Tennis for two em um osciloscópio.....	20
Figura 2 - Jogo <i>Space War</i> sendo testado.....	21
Figura 3 - Jogo <i>Space War</i> sendo testado.....	22
Figura 4 - Os primeiros Fliperamas.....	23
Figura 5 - Ciclo básico para produção de <i>games</i> .....	29
Figura 6 - <i>Model-driven serious games framework</i> .....	44
Figura 7 - Processo <i>Synergy</i> .....	48
Figura 8 - Fases do modelo RUP.....	51
Figura 9 - Camadas da Engenharia de <i>Software</i> .....	57
Figura 10 - Aportes da EDI.....	80
Figura 11 - Modelo de processo de <i>Software</i> Educacional ( <i>framework</i> ).....	82
Figura 12 - Modelo de Processo de Software – Engenharia Didático-Informática.....	84
Figura 13 - Área de atuação do IFSertãoPE.....	95
Figura 14 - Aportes da Modelização.....	102
Figura 15 - <i>Framework</i> do modelo de processo de SE com a 5ª dimensão.....	105
Figura 16 - EDI remixada para desenvolver <i>games</i> educativos.....	108
Figura 17 - Modelização da Engenharia Didático-Informática para desenvolver games: MEDIG.....	119
Figura 18 - Pesquisador apresentando a MEDIG.....	122
Figura 19 - Primeira atividade do ensaio MEDIG.....	123
Figura 20 - Definição do tipo de artefato.....	124
Figura 21 - Primeira fase da MEDIG.....	125
Figura 22 - Questionamentos iniciais (ideia do game) da MEDIG.....	126
Figura 23 - Questionamentos saberes aplicados (ideia do game).....	127
Figura 24 - Questionamentos sobre a delimitação dos saberes aplicados e diferencial (ideia do game).....	128
Figura 25 - Composição da Equipe.....	129
Figura 27 - Segunda fase da MEDIG.....	132
Figura 28 - Documento analítico de conceito.....	132
Figura 29 - Terceira e quarta fase da MEDIG.....	136

Figura 30 - Quinta e sexta fase da MEDIG.....	138
Figura 31 - Abordagem de prototipação da MEDIG.....	138
Figura 32 - Tela 01 Prototipada em papel.....	140
Figura 33 - Tela 01 Prototipada em <i>software</i> de desenvolvimento de games.....	141
Figura 34 - Tela 02 Prototipada em papel.....	142
Figura 35 - Tela 02 Prototipada em software de desenvolvimento de games.....	142
Figura 36 - Tela 03 Prototipada em papel.....	144
Figura 37 - Tela 03 Prototipada em software de desenvolvimento de games.....	144
Figura 38 - Tela 04 Prototipada em papel.....	145
Figura 39 - Tela 03 Prototipada em software de desenvolvimento de games.....	146

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Metodologias ágeis x Tradicionais.....	61
Tabela 2 - Sugestão de documentação de requisitos de arte e sistema.....	113
Tabela 3 - Questionamentos norteadores para Validação.....	117

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Profissionais e responsabilidades da fase conceitual.....	29
Quadro 2 - Fases da EGDA.....	42
Quadro 3 - Disciplinas do modelo RUP.....	52
Quadro 4 - Resumo das características incorporadas a modelização.....	53
Quadro 5 - Atividades de um processo de <i>software</i> .....	58
Quadro 6 - Pontos fundamentais das metodologias ágeis.....	61
Quadro 7 - Atividades de levantamento de requisitos.....	68
Quadro 8 - Verificações dos requisitos.....	70
Quadro 9 - Estágio de Validação de software.....	72
Quadro 10 - Processos ou encaminhamentos das Fases da EDI.....	83
Quadro 11 - Analítico-hipotético da EDI.....	85
Quadro 12- Hipotético-experimental da EDI.....	86
Quadro 13 - Experimental-Operacional da EDI.....	87
Quadro 14 - Operacional-analítico da EDI.....	87
Quadro 15 - Resumo percurso metodológico.....	93
Quadro 16 - Estrutura documento de conceito.....	106
Quadro 17 - Processos e encaminhamentos das fases da modelização.....	107
Quadro 18 - Processos ou encaminhamentos das Fases da Modelização.....	111

## **LISTA DE DIAGRAMA**

Diagrama 1 - Fases do processo de desenvolvimento de um game.....	30
Diagrama 2 - Processo de prototipagem de um Game.....	33
Diagrama 3 - Engenharia de Requisitos.....	67
Diagrama 4 - Resumo percurso metodológico.....	92

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Análise a Priori
AF	Análise Fenomenográfica
EN	Ensaio do Protótipo
DDR	A Metodologia de Design e Desenvolvimento
Apo	Análise a Posteriori
Apr	Análises Preliminares
CBGD	Cognitive Behavioral Game Design
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
TCLE	Consentimento Livre e Esclarecido
GCM	Content Model
SBEM	Educação Matemática em Revista
EBRAPEM	Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática
ENEM	Encontro Nacional de Educação Matemática
ED	Engenharia Didática
IDD	Engenharia Didática de Desenvolvimento
IDR	Engenharia Didática para a Investigação
EDI	Engenharia Didático-Informática
ES	Engenharia Software
ER	Especificação de Requisitos
EX	Experimentação do Protótipo
GDD	Game Design Document
GSM	Game Software Model
GTM	Game Technology Model
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
IFSertãoPE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano
Ims	Inteligências Múltiplas
DSML	Linguagem de Modelagem Específica de Domínio
MEDIG	Modelização Específica para o Desenvolvimento de Games Educacionais
MDE	Modelo para desenvolvimento de jogos educativos
P	Prévias
PDG	Processo de desenvolvimento de games
PSE	Processo de Software Educacional
PS	Processo Synergy
RUP	Rational Unified Process
PUC	Revista Educação Matemática Pesquisa

RPG	Role-Playing Game
SIPEM	Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática
SBGames	Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital
SE	Software Educacional
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
SCT	Teoria Social Cognitiva

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1 ESTRUTURA DA TESE.....	17
1.2 OBJETIVO GERAL.....	17
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
<b>2 DESENVOLVIMENTO DE GAMES NO ENSINO (PRODUÇÃO DE GAMES, ENSINO E APRENDIZAGEM).....</b>	<b>19</b>
2.1 JOGOS ELETRÔNICOS, DIGITAIS OU SOMENTE GAMES?.....	19
2.2 DESENVOLVIMENTO DE GAMES NO ENSINO.....	25
2.3 PREMISSAS DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE GAMES.....	28
<b>2.3.1 Conceito.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.2 Pré-produção.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.3 Protótipo.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.4 Produção.....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.5 Teste.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.6 Pós-produção.....</b>	<b>35</b>
2.4 METODOLOGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE GAMES.....	36
<b>2.4.1 Modelo <i>Cognitive Behavioral Game Design</i> (CBGD).....</b>	<b>38</b>
<b>2.4.2 EGDA: <i>educational game development approach</i>.....</b>	<b>41</b>
<b>2.4.3 <i>ModelDriven</i> – Modelo para desenvolvimento de jogos Educativos.....</b>	<b>43</b>
<b>2.4.4 Modelo pesquisa-ação.....</b>	<b>46</b>
<b>2.4.5 Metodologia de <i>Design</i> e Desenvolvimento (DDR).....</b>	<b>47</b>
<b>2.4.6 Processo <i>Synergy</i> (PS).....</b>	<b>47</b>
<b>2.4.7 Processo baseado no design centrado no usuário.....</b>	<b>49</b>
<b>2.4.8 RUP - <i>Rational Unified Process</i>.....</b>	<b>50</b>
<b>3 ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA E O DESENVOLVIMENTO DE GAMES .....</b>	<b>55</b>
3.1 A ENGENHARIA DE SOFTWARE.....	56
<b>3.1.1 Princípios Ágeis.....</b>	<b>59</b>
<b>3.1.2 Ciclo de Vida do Software.....</b>	<b>63</b>

3.1.2.1 Requisitos.....	65
3.1.2.2 Desenvolvimento.....	70
3.1.2.3 Manutenção/Evolução.....	73
3.2 ENGENHARIA DIDÁTICA.....	75
3.3 ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA.....	79
<b>3.3.1 Ciclos da EDI.....</b>	<b>84</b>
<b>4 ESTRUTURA METODOLÓGICA.....</b>	<b>89</b>
4.1 PERCURSO METODOLÓGICO.....	89
<b>4.1.1 Campo de investigação.....</b>	<b>94</b>
<b>4.1.2 Sujeitos sociais.....</b>	<b>95</b>
4.2 ANÁLISES PRELIMINARES OU PRÉVIAS.....	96
4.3 ANÁLISE A PRIORI.....	96
4.4 ENSAIO E EXPERIMENTAÇÃO.....	97
4.5 ANÁLISE A POSTERIORI.....	97
4.6 ANÁLISE FENOMENOGRÁFICA.....	98
4.7 QUESTÕES ÉTICAS.....	98
<b>5 PROPOSTA DE MODELIZAÇÃO DA EDI COM FOCO EM DESENVOLVIMENTO DE GAMES.....</b>	<b>100</b>
5.1 CONSIDERAÇÕES PARA A RELAÇÃO ENTRE EDI E OS PDG.....	100
5.2 MODELIZAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE GAMES EDUCATIVOS.....	103
<b>6 ENSAIO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>121</b>
6.1 APRESENTAÇÃO DA MODELIZAÇÃO.....	121
6.2 QUAL TIPO DE <i>SOFTWARE</i> EDUCATIVO SERÁ DESENVOLVIDO?.....	124
6.3 PRIMEIRA FASE DA MEDIG.....	125
6.4 SEGUNDA FASE DA MEDIG.....	131
6.5 TERCEIRA E QUARTA FASE DA MEDIG.....	136
6.6 QUINTA E SEXTA FASE DA MEDIG.....	137
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>147</b>
7.1 METODOLOGIA E CONFIRMAÇÃO DAS HIPÓTESES.....	147
7.2 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS.....	150
7.3 ENCAMINHAMENTOS FUTUROS.....	152

<b>7.3.1 Desenvolvimento de games com a MEDIG.....</b>	<b>153</b>
<b>7.3.2 Propor um Sequencia Didática utilizando a MEDIG.....</b>	<b>153</b>
<b>7.3.3 Utilização de desenvolvimento de <i>games</i> em sala de aula como estratégia de ensino e aprendizagem.....</b>	<b>153</b>
<b>7.3.4 Formação de professores de matemática.....</b>	<b>154</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>155</b>
<b>APÊNDICE A - ESQUEMA DE PROTOTIPAGEM EM PAPEL DE UM GAME.....</b>	<b>161</b>
<b>APÊNDICE B - ROTEIRO DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....</b>	<b>162</b>
<b>APÊNDICE C - 2º ENCONTRO – ATIVIDADES IV E V.....</b>	<b>166</b>
<b>APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA MAIORES DE 18 OU EMANCIPADOS. TCLE.....</b>	<b>172</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há algum tempo, os diferentes espaços da sociedade são tomados por tecnologias. Surgem o conceito de cidades inteligentes, ensino em ambientes virtuais de aprendizagem, armazenamento em nuvens, tecnologia 5G entre outras. Assim, os diferentes ambientes corporativos necessitam da utilização de várias plataformas tecnológicas, tornando-as essenciais para a sobrevivência e competitividade das diferentes relações.

Entre os ambientes que sofreram mudanças e foram provocados a uma mudança de mentalidade, estão os espaços escolares/educacionais, ou seja, onde tínhamos carteiras enfileiradas, massificação do ensino e exclusão de características individuais, com a inserção de um ambiente tecnológico, o espaço torna-se interativo, onde todos podem falar, expressar ideias, levantar hipóteses, discutir e ter autonomia de planejar e conduzir as ações de aprendizagem e desenvolvimento. Todos os artefatos tecnológicos que servem para realizar o trabalho pedagógico de construção de conhecimento, sejam elas as máquinas, conexões e todos os instrumentos são incorporados ao processo de ensino e a aprendizagem. Responsáveis por surgir conceitos e práticas relacionadas aos sistemas informatizados, as comunidades virtuais de aprendizagem e ambientes de hipermídia. Segundo Coll (2011, p.17), “as TICs revestem-se de especial importância, porque afetam o dia a dia de alunos e professores. Vivemos em uma época em que as TIC vão além da base comum do conteúdo”.

A escola passa observar os processos, metodologias e ações de todos os envolvidos (alunos, professores, família), como potencializador da capacidade de comunicação e suporte para exercício pleno de cidadania. Segundo Tiburcio (2020):

A utilização de recursos tecnológicos digitais para auxiliar o ensino e a aprendizagem de conhecimentos é uma realidade global: tutoriais, jogos, simuladores, linguagem de programação, robótica, entre outros recursos, são utilizados com frequência em ambientes de aprendizagem (virtuais ou presenciais) (TIBURCIO, 2020, p.17).

A incorporação das tecnologias nos espaços escolares, aqui tratando especificamente da informática, traz desafios constantes. Somente a sua inserção não garante a aprendizagem, sendo necessária uma utilização eficiente, consciente e objetiva, tornando-se um diferencial e não algo que dificulte a rotina, já tão permeada por desafios, dos educadores e dos estudantes. A popularização dos equipamentos eletrônicos, principalmente os celulares inteligentes e aplicativos que interagem cada vez mais com os usuários, por sua vez, permitiu que novas ações pedagógicas fossem pesquisadas e aplicadas às rotinas de ensino.

Os estudantes estão constantemente conectados às redes, fazendo com que as instituições vinculadas ao ensino, particularmente a escola, tenham sua prática reavaliada e redimensionada, não se permitindo estar à margem dos avanços tecnológicos e do universo conectado do qual crianças, adolescentes, jovens, adultos e idosos fazem parte na atualidade.

A pedagogia que apenas transmite conhecimento não encontra espaço nesse novo cenário social. Professores e estudantes precisam ter o seu papel redirecionado, de forma que contemplem um ensino e aprendizagem ativos, centrados não mais na memorização e repetição de padrões, mas na criatividade, na resolução de problemas, na proposição de desafios que façam com que os estudantes se sintam motivados, desejosos de aprender, de construir novas relações com os saberes escolares e com o mundo.

Tais discussões, embora aqui centradas no universo das tecnologias, já foram pontuadas por outros estudiosos. Segundo Freire (1996), o papel do educador não é o de preencher o educando de conhecimentos - de ordem técnica ou não - mas sim o de proporcionar, através da relação dialógica educador/educando, educando/educador, a estruturação do pensamento desenvolvidor das suas capacidades intelectuais, do pensamento independente, crítico e criativo. Nessa perspectiva, os sujeitos de transformação são os próprios estudantes, em parceria com o professor, com a consciência de que sua tarefa docente não é a de ensinar os conteúdos, mas ensinar a pensar, intervindo no mundo como seres históricos, transparecendo no estudante as belezas das formas de pertencer ao mundo. Em

vez de apenas formar, atuar através de processos educativos que induzam para o bom e produtivo (Shettini, 2010).

Essa situação torna-se mais crítica, atualmente, uma vez que é notória a ruptura temporal entre o modelo educativo que nossos antepassados tiveram, em relação aos que os atuais alunos estão precisando. Esses, no que lhes concerne, estão inseridos em uma época bem à frente dos modelos educativos tradicionais, considerando que “não habitamos mais o mesmo tempo; eles vivem outra história” (Serres, 2013, p.17). A escola ainda não entendeu a descontinuidade dos formatos de aprendizagem das gerações anteriores, baseados apenas em transmissão de conhecimento, modelo este que não cabe na contemporaneidade. A sala de aula deixa de ser culturalmente uniforme, como cita Serres (2013):

Enquanto as gerações anteriores assistiam às aulas em salas ou auditórios universitários homogêneos culturalmente, eles estudam em uma coletiva que agora convivem várias religiões, línguas, origens e costumes. Para eles e para os professores, o multiculturalismo é a regra (Serres, 2013, p.15-16).

Nessa perspectiva, os estudantes precisam de novos modelos de ensino, que os coloque como sujeitos críticos, ativos e construtivos, uma vez que a escola que não amplia novas perspectivas de educação, reflete uma formação descontextualizada do sujeito didático. Segundo Lévy (2010), os modelos e espaços de conhecimentos devem ser reconstruídos, estes espaços devem possibilitar a reconstrução do conhecimento, levando ao questionamento dos conceitos, acionando as habilidades mentais dos alunos, indo além da memorização.

Com isso, alguns atributos que são necessários para um bom ambiente escolar, não são encontrados em alguns espaços de educação.

Aproximar os espaços escolares e o cotidiano dos alunos, mais do que necessário, torna-se um desafio premente, frente às demandas sociais e interesse dos estudantes na atualidade. O desenvolvimento de *games* como recurso de ensino e aprendizagem, onde o computador pode ser a expansão da inteligência, pode ser um caminho fecundo nesse processo. Porém, para que esse recurso venha a contribuir com o ensino e a aprendizagem, os professores devem estar preparados e capacitados para utilizar essa ferramenta; do contrário, o seu uso não vai surtir

efeito pedagógico. Um meio de tornar mais ampla as reflexões e fortalecer o uso desta metodologia na escola é trabalhar com esses recursos desde a formação inicial dos professores, passando também pela formação continuada, e pelo desenvolvimento de estratégias de ensino.

Uma possibilidade de estratégia que auxilia nesta mudança dos alunos, de um papel de receptores de informações para o de sujeitos críticos e formadores de opinião é o ensino de conceitos matemáticos através de desenvolvimento de *games* com uso de *software* livre, demonstrado na literatura como um campo que promove o processo de ensino e de aprendizagem, compartilhamento de conhecimento, de troca de experiências e reflexões mais significativas. A produção de conhecimento e aprendizagem colaborativa ganham importância a partir dos movimentos de *software* livre e código aberto (Pretto, 2010), sendo um instrumento tecnológico utilizado nesta tese categorizado como *software* livre, conseqüentemente o desenvolvimento de *games* com *software* livre possibilitará uma aprendizagem mais significativa.

Neste contexto, o papel de conduzir o processo de ensino e da aprendizagem do professor passa a ter outra função, permitindo a ele apenas indicar o que é importante, orientar sobre possíveis resultados, ou seja, um tradutor dos dados técnicos para uma linguagem mais acessível (Moran, 1997). Aprender torna-se divertido, um processo cognitivo de observação do meio e capacidade de adaptação às adversidades (Veen; Vrakking, 2009), e essa interação é mediada através de um canal com maior audiência, com uma linguagem diferente e mais atrativa para os jovens (Serres, 2013), sendo um desafio para os professores diante das possibilidades abertas a partir das tecnologias contemporâneas.

Tal processo torna o mundo educacional aberto, cheio de novas possibilidades para ser pesquisado e conhecido, segundo as vontades dos educandos, afirma o sociólogo Maffesoli (2014), que compara este modelo ao de iniciação. A esse respeito, afirma Serres (2013, p.31): “a iniciação encontra o paralelo antropológico na ideia das tribos antigas, quando as pessoas eram iniciadas. Já na pós-modernidade a iniciação estava mais voltada para a utilização da *internet*”. Nesse contexto, sem espaço para educação vertical, o professor precisa se refazer, reinventar-se.

A escola deve proporcionar novas formas de ensino, onde o professor assume o papel de encorajador do conhecimento coletivo dos seus alunos, propondo espaços culturais que o conduzam à aprendizagem, espaços que buscam a criação de ideias, crenças e valores, nos quais possibilitam experiências interativas e espontâneas, que compartilhe informações, com a proposta de interação entre os sujeitos do processo de aprendizagem (Manovich, 2014). Uma relação que articula os valores educacionais democráticos com a produção colaborativa de conhecimento.

Nas interações nos processos de ensino em diferentes espaços ou situações, na sala de aula tradicional, utilizando metodologias tradicionais de ensino e de aprendizagem temos o professor como norte, ditando as regras independente do saber, já em ambientes colaborativos de aprendizagem, usando ou não tecnologia da informação, utilizando uma metodologia ativa, teremos o saber como elemento norteador. O professor, os alunos e um determinado saber são os elementos constitutivos do Sistema Didático (Brousseau, 1996), Sistema esse que se configura a partir da constituição de um meio (*milieu*), e que tem como responsabilidade do professor organizar o meio, propor situações que permitam ao(s) aluno(s) realizar(em) ações, interagir(em) com os saberes definidos no currículo como saberes a serem ensinados (Chevallard, 1985). Ao pensarmos sobre os *games*, esses podem ser entendidos como elementos que constituem o *meio (milieu)*, pois será através deles que o saber será negociado na sala de aula, mas também pode ser concebido como um saber de natureza tecnológica, que também precisa ser apropriado pelos estudantes.

Assim, esta pesquisa enveredou pelos estudos no campo do ensino de matemática, aliada a processos de desenvolvimento de *games*. Especificamente a relação entre os modelos de desenvolvimento de *games* e a Engenharia Didático-Informática (EDI).

Por se tratar de uma pesquisa em que o foco temático é o desenvolvimento de *games* no ensino de matemática, faz-se necessário a opção por um percurso metodológico que consiga relacionar os elementos da Engenharia *Software* (ES), com o processo de desenvolvimento de *games* (PDG) e as relações didáticas, na

concepção de modelizar uma metodologia específica, que agregue/articule os aspectos didáticos e pedagógicos com os tecnológicos.

Chandler (2012) cita que é comum a utilização de processos formais de engenharia de *software no desenvolvimento games*, contudo, o ciclo básico de desenvolvimento deve considerar também os aspectos criativos, de *design* e representação audiovisual. Somente os processos da engenharia de *software* não suprem todas as fases do desenvolvimento de um *game*, o que se dá de modo diferente nos *softwares* comerciais como, por exemplo: de contas a pagar e receber, estoque, farmacêuticos ou bancários, que não possuem aspectos similares (Chandler, 2012). Outra característica essencial nesta pesquisa, é aliar os aportes didáticos aos processos de desenvolvimento de *games*.

A metodologia utilizada para essa articulação, é a Engenharia Didático-Informática (EDI), uma vez que articula as teorias sobre ensino e a aprendizagem matemática e os conhecimentos da Engenharia de *Software*. De acordo com Tiburcio (2016):

Tal associação ocorre ao passo que se percebe a ausência de elementos para o desenvolvimento de produtos que contemplem necessidades do ensino e da aprendizagem da Matemática e das tecnologias (aspectos didáticos, cognitivos, epistemológicos, tecnológicos, entre outros). A Engenharia de Softwares, por sua vez, não contempla especificidades que os softwares educativos necessitam. Diante disso, observamos a necessidade de reunir os elementos pertinentes das duas engenharias: A ED com os elementos de investigação teórica e experimental sobre o ensino e a aprendizagem e a ES com a padronização do desenvolvimento de softwares e métodos de obtenção de requisitos, com a finalidade de construir um processo de desenvolvimento de softwares educativos (Tiburcio, 2016, p. 48-49).

Assim, esta pesquisa, investigou a relação entre a EDI e os PDG, com foco em promover reflexões significativas no ensino e aprendizagem de matemática com o desenvolvimento de *games*. A pesquisa pretende responder ao seguinte questionamento:

- As metodologias de desenvolvimento de *games* educativos, incorporam os aspectos pedagógicos e educacionais que favorecem o processo de ensino e de aprendizagem?

A partir dessa questão, propomos, como objetivo geral: propor uma modelo de desenvolvimento de *games* articulando os elementos da Engenharia Didático-Informática com os Processos de Desenvolvimento e *Games* que contribuam para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos.

Para buscar resolver a questão central de pesquisa, alinhando as *fases* propostas, são definidos como objetivos específicos:

- Comparar e analisar as principais metodologias de desenvolvimento de *games* educativos e verificar quais aspectos podem servir como pilares de uma modelização específica para o desenvolvimento de *games* educativos;
- Propor uma dimensão específica para a criação de *games* no modelo da EDI;
- Criar um protótipo de baixa fidelidade de um *game* para o ensino de matemática, com os aspectos da modelização entre a EDI e o PDG;

## 1.1 ESTRUTURA DA TESE

De modo a responder o problema da pesquisa, foram delineados os seguintes passos, estruturado em sete capítulos.

Neste capítulo de introdução, apresentamos o envolvimento do autor com o tema, a justificativa, estrutura da tese e os objetivos.

No segundo capítulo discutem-se as bases teóricas que envolvem desenvolvimento de *Games*. O contexto histórico dos *games*, as premissas para o desenvolvimento, descrevendo os processos para seu desenvolvimento e as principais metodologias de desenvolvimento de *games*.

No terceiro capítulo apresentamos as bases teóricas da Engenharia Didático-Informática (EDI).

No capítulo quatro são delineados todos os procedimentos metodológicos utilizados pelo pesquisador para produção e análise dos dados, iniciando com a descrição do tipo da pesquisa, as bases teóricas utilizadas, suas respectivas características, descrição da execução e apresentação de um resumo do percurso metodológico.

Na sequência, o capítulo cinco, apresentamos a proposta de modelização específica para o desenvolvimento de *games* educacionais, principal objetivo desta tese.

A pesquisa apresenta ainda, no capítulo seis, um ensaio experimental, o desenvolvimento de um *game* a partir da proposta de modelização

Por fim, o capítulo sete é destinado as conclusões, reflexões finais, e considerações de trabalhos futuros.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

Diante do apresentado, o objetivo da pesquisa é propor um modelo de desenvolvimento de *games* articulando os elementos da Engenharia Didático-Informática com os Processos de Desenvolvimento e *Games* que contribuam para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos.

### 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para buscar resolver a questão central de pesquisa, alinhando as *fases* propostas, são definidos como objetivos específicos:

- Comparar e analisar as principais metodologias de desenvolvimento de *games* educativos e verificar quais aspectos podem servir como pilares de uma modelização específica para o desenvolvimento de *games* educativos;
- Propor uma dimensão específica para a criação de *games* no modelo da EDI;
- Criar um protótipo de baixa fidelidade de um *game* para o ensino de matemática, com os aspectos da modelização entre a EDI e o PDG.

## **2 DESENVOLVIMENTO DE GAMES NO ENSINO (PRODUÇÃO DE GAMES, ENSINO E APRENDIZAGEM)**

Neste capítulo discutimos o desenvolvimento de *games* com *software* livre e as possibilidades para o ensino e aprendizagem de matemática. Comumente chamados de jogos digitais, nesta pesquisa tratamos da maneira habitualmente conhecida: *games*.

Dentro do campo das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), a produção de *games* no (para o) ensino, tem sido um tema discutido amplamente, principalmente no que se refere às suas potencialidades nos processos de ensino e na aprendizagem mais significativas da área de matemática e outras áreas (Amaral e França; Carvalho, 2013). O uso de *software* livre, nesta pesquisa, parte de uma concepção de tecnologias pautada na perspectiva de processos mais abertos, livres e colaborativos.

Assim, a seção começa contextualizando os jogos eletrônicos/digitais ou *games*. Posteriormente, o desenvolvimento/produção de *games* como uma estratégia de ensino e de aprendizagem e finalizamos com as premissas do processo de desenvolvimento de *games* e as principais metodologias para a produção de *games*. É importante destacar que a fundamentação teórica nesta pesquisa (capítulo 2 e 3) é um debate que caracteriza nossa tese e compreende as análises preliminares ou prévias do percurso metodológico como descrito no capítulo 4.

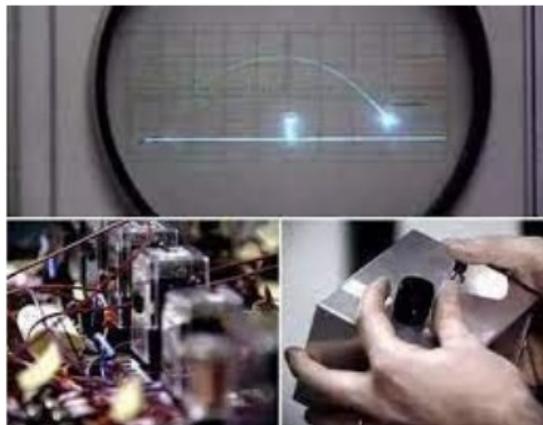
### **2.1 JOGOS ELETRÔNICOS, DIGITAIS OU SOMENTE GAMES?**

Vencer ou perder? Obviamente quando começamos a utilizar um jogo, ou participar de uma partida, passamos por um processo, ou atividades que nos levam a uma das duas possibilidades. Como jogadores escolhemos desde jogos simples, como o *Snake* (famoso “jogo da cobrinha”), popularizado nos anos 2000 nos celulares analógicos, até os mais complexos, com a participação de outros jogadores, diferentes rotinas e estratégias, como, por exemplo, o jogo *War* (jogado em um tabuleiro ou *on-line*), onde o jogador utiliza sua estratégia para conquistar territórios e

continentes, com propósito de atingir o objetivo sorteado. Os dois exemplos citados, são exemplos de jogos. Segundo Salen e Zimmerman (2012, p.83) “um jogo é um sistema no qual os jogadores se envolvem em um conflito artificial, definido por regras, que implica em um resultado quantificável”. Todavia, cabe perguntar: como estes jogos podem ser denominados? São jogos eletrônicos? Ou jogos digitais? E quando são chamados de *games*?

Historicamente, quando nos reportamos aos jogos eletrônicos, recordamos o “*Tennis for two*” (Figura 1), primeiro jogo eletrônico, criado em 1958 no Laboratório Nacional de Brookhaven em Nova Iorque, tinha como propósito atrair visitantes e divulgar as atividades desenvolvidas no Laboratório. O responsável pelo seu desenvolvimento foi o físico *William Higinbotham*, que programou e utilizou um dispositivo analógico para simular uma partida de tênis que era exibida em um osciloscópio (Turkle, 1989; Kent, 2001).

Figura 1 - Jogo Tennis for two em um osciloscópio



Fonte: Natale (2013).

Em 1961, *Martin Graetz*, *Stephen Russel* e *Wayne Wiitane* desenvolveram o *Space War*, tendo sido estes os jogos que deram origem à indústria dos jogos eletrônicos, digitais e atuais *games* (Turkle, 1989; Ceruzzi, 2003; Kent, 2001). A Figura 2 demonstra o funcionamento do *Space War*, um dos ancestrais dos atuais *games*.

Figura 2 - Jogo *Space War* sendo testado

Fonte: Natale (2013).

É possível observar que os primeiros *games* não foram jogados em casa, *lan house*, nem em casas de videogames (casas de *fliperama*<sup>1</sup>), em vez disso, os primeiros jogadores foram cientistas nas suas universidades e recrutas em instalações militares (Novak, 2010). De acordo com Novak,

Os primeiros passos do setor foram dados em departamentos de pesquisa de universidades, laboratórios, instalações militares e por fornecedores de produtos de defesa. Nas bases militares, *games* eletrônicos eram fornecidos aos recrutas para distraí-los dos rigores do treinamento básico. Enquanto isso, alguns estudantes, programadores, professores e pesquisadores de instituições acadêmicas e governamentais, insones e com excesso de trabalho, transformavam seus computadores *mainframe* em máquinas de jogos como uma maneira de relaxar de suas tarefas tradicionais de pesquisa (Novak, 2010, p.6).

Nos anos seguintes, a história dos *games* está relacionada ao trabalho de vários jovens engenheiros, como também citado por Novak (2010), e seu desenvolvimento ocorreu, na maior parte das vezes, nos ambientes universitários. *Nolan Bushnell*, engenheiro da Universidade de *Utah*, contribuiu com o avanço dos jogos eletrônicos. Ele desenvolveu, baseado no jogo eletrônico de *Higinbotham* e na tentativa de fazer algo diferente, o *Pong*, jogo que era basicamente, uma simulação simplificada de uma partida de tênis de mesa, jogo em preto e branco, composto por

1 *Games* de *fliperama* são sistemas de *games* autônomos encontrados em locais públicos – como casas de *fliperamas*, *boliches*, parques de diversão e pizzarias (uma tendência iniciada pelo fundador da Atari, Nolan Bushnell). A maioria dos *games* é jogada de pé, usando controles em forma de botões, *joysticks* ou uma combinação deles (NOVAK, 2010, p..82).

duas barras verticais (raquetes), uma linha pontilhada (a rede) e um pequeno quadrado (a bolinha), tinha como objetivo usar a raquete para rebater a bola (Novak, 2010). Entretanto, sua principal contribuição foi defender que os jogos eletrônicos deveriam ser produzidos comercialmente (Natale, 2013; Kent, 2001), tendo sido o primeiro a defender a ideia de comercialização de um *game*, segundo Novak (2010), Nolan Bushnell fundou, ao lado de Ted Dabney, a Atari e decidiu lançar o *Pong* em um mercado novo e amplo, propondo sua adaptação a uma máquina autônoma de *fliperama*. A versão de *fliperama* lançada por Bushnell foi chamada de *Computer Space* (Figura 3).

Figura 3 - Jogo Space War sendo testado



Fonte: Novak, 2010, p.6.

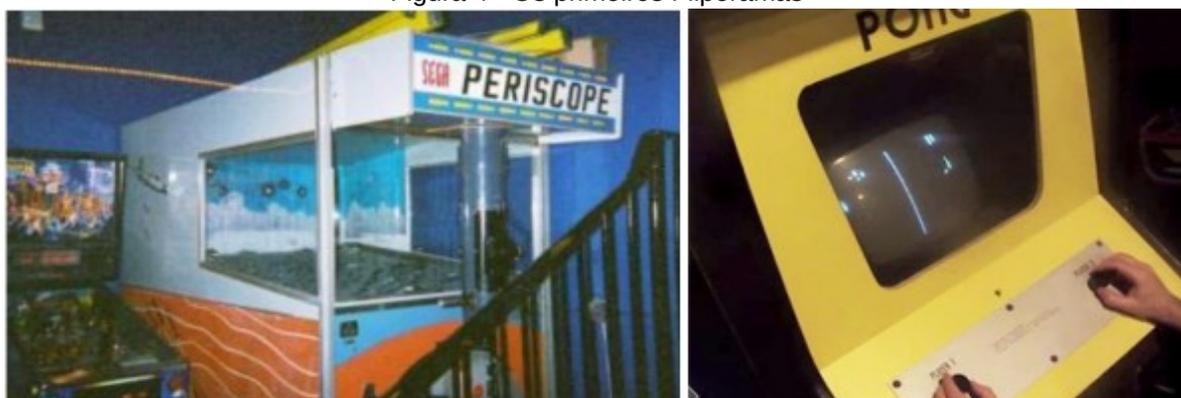
A década de 70, de acordo com Kent (2001), marca o início da exploração do potencial econômico dos *games*, graças a uma maior atenção dos interessados e tornando-se cada vez mais comum a sua distribuição em ambientes públicos. É dado início, então, a uma rede de desenvolvimento e criação de novos recursos, novos sistemas, novas tecnologias e linguagens de programação. Uma das primeiras empresas responsáveis pela comercialização dos conhecidos *arcades* ou *fliperamas* foi a Atari, de N. Bushnell e T. Dabney.

No Brasil, a história dos jogos eletrônicos também começa nos anos 70, em um mundo diferente do atual. A *internet* como a conhecemos não existia, os telefones eram usados apenas para conversas ponto a ponto, o que não reflete sua utilização na contemporaneidade.

O marco da indústria dos jogos eletrônicos, nas décadas de 80 e 90, foi o estabelecimento dos jogos como um produto a ser consumido e de grande faturamento. A indústria dos *games* conheceu neste período os gráficos em 3D e lançou a primeira versão do *console*<sup>2</sup> *Playstation*, pela *Sony*, em 1994. Os jogos *Super Mario Bros* (1985) e *The Legend of Zelda* (1987) marcaram a geração dos primeiros consoles e estabeleceram o ritmo de criação dos *games* das gerações seguintes (Kent, 2001; Novak, 2010).

Ainda nos anos 90, surge a possibilidade de jogar diretamente em um computador ou aparelho celular, visto que, até então só era possível jogos com aparelhos conectados à televisão ou em casas conhecidas como *Fliperamas* (figura 4). Com a popularização da *internet* e do computador pessoal, o acesso através de *downloads* permitiu que os jogos eletrônicos ficassem disponíveis para uso *on-line* ou *off-line* (Novak, 2010).

Figura 4 - Os primeiros Fliperamas



Fonte: Natale (2013).

Segundo Turkle (1997), a interação deixou de ser apenas com o computador, passando a acontecer virtualmente com outras pessoas ou outros jogadores, isso devido ao avanço da *internet*, que contribuiu significativamente para o aumento do interesse das pessoas. Ainda que eletrônico ou digital, sejam confundidos como

<sup>2</sup> Os sistemas de console geralmente são jogados em casa, conectados a um aparelho de televisão (NOVAK, 2010, p.83)

sinônimos na área dos *games*, observamos que são conceitos distintos, sendo os processos digitais bem mais novos que a eletricidade, sugerida por Tales de Mileto e popularizada por Thomas Edison no século XIX.

Certamente, a primeira utilização da eletricidade em jogos para fins comerciais que se conhece, foi inserida nas divertidas máquinas de *pinball*, as primeiras fabricadas pela empresa *Pacific Amusements* (Novak, 2010). Essas máquinas utilizavam um sistema de molas e a gravidade sobre a mesa de madeira, e obstáculos que impediam ou permitiam que a bola fosse perdida pelo jogador, utilizando a eletricidade apenas para marcar a pontuação, com a função de liberar os compartimentos e fases da jogabilidade. Um sistema básico analógico, não muito diferente do *tennis for two* de William Higinbotham, que utilizava o visor de um osciloscópio adaptado para funcionar como um monitor, com interação através do equipamento eletrônico, baseado no suporte de saída o monitor do osciloscópio, que seria posteriormente patenteada pelo físico americano *Thomas T. Goldsmith*, pioneiro no desenvolvimento dos aparelhos de televisão (Kent, 2001).

Nos anos 2000 em diante, a indústria dos jogos muda a percepção social sobre os jogos. É a partir dessa década que os *games* começaram a alcançar valores de faturamento e protagonismo na área de entretenimento cada vez maiores. A denominação “jogo eletrônico” apresenta-se agora como termo apenas para o resgate histórico da origem dos antepassados dos atuais jogos digitais ou *games*, termos sinônimos que, de maneira geral, tinham pouco ou nenhum poder de processamento. Com o advento dos microprocessadores, avanço das telecomunicações, *internet* e todas as tecnologias da informação, a jogabilidade e possibilidades tornaram-se praticamente infinitas. A partir de então, a indústria dos jogos experimentou um aquecimento sem precedentes (Novak,2010).

Os dispositivos com o suporte de inteligência artificial, a convergências das redes, computação em nuvens, foram apenas algumas tecnologias que permitiram a mudança do eletrônico/analógico para digital. Isso trouxe possibilidades muito importantes para os jogos digitais, ou simplesmente *games*. Assim agora denominados, por poderem gravar, processar, reprocessar, enviar, receber, editar, enfim, realizar uma diversidade de funções que não eram disponíveis nos jogos

anteriores. A diversão proporcionada atualmente pelos *games*, vai desde o reconhecimento de gestos, até movimentos corporais sincronizados reconhecido por inteligência artificial (Kent, 2001). De acordo com Novak (2010):

Depois de décadas de desenvolvimento em paralelo, os segmentos de games para console e para computador começaram a experimentar certo grau de convergência tecnológica, com a intersecção de características desses mercados anteriormente separados. Isso foi impulsionado por uma evolução inesperada no campo dos games on-line. O mundo on-line tornou-se um lugar popular de comunicação e entretenimento. (Novak, 2010, p. 33).

Dos jogos eletromecânicos para os eletrônicos, chegando aos digitais ou *games*, a indústria evoluiu muito nas últimas décadas, conforme já relatamos. Hoje, o desenvolvimento de um novo jogo ou uma versão atualizada de um jogo simples envolve milhões de dólares de investimentos (Novak, 2010). Do desenvolvimento até entregar o produto ao mercado, uma série de processos são realizados, como, por exemplo, a escolha do tema. Cada jogo eletrônico é criado de acordo com a plataforma na qual será utilizado, podendo ser um microcomputador, um *console*, um *tablet*, um *smartphone*, uma *smartTV*, ou seja, em qualquer equipamento conectado à rede de *internet* (Chandler, 2012).

## 2.2 DESENVOLVIMENTO DE GAMES NO ENSINO

Compreender o processo de desenvolvimento de *games* e suas potencialidades, assim como a sua utilização em diversas áreas, é de grande importância para desenvolvermos processos de construção de significados na educação. Segundo Castells (2006), desde vinte anos atrás, os jovens e adolescentes relacionam-se com as tecnologias digitais com muita facilidade, pois se trata de uma geração que nasceu e está crescendo cercada pelas tecnologias digitais, vendo-as inerentes ao seu mundo, com a mesma simplicidade que os adultos assistem a TV. Mesmo os que não têm acesso ao computador ou a internet, sofrem certa influência dos meios digitais, pois a maioria tem experiência com os

*videogames*. Se pensarmos que essa afirmação do autor foi postulada há vinte anos, podemos refletir sobre o quanto essa relação está ainda mais estreita.

Bonilla, já em 2005 (p. 85) refletia que “muitos estão imersos na linguagem digital, jogam os mais diversos jogos de computador, RPG, *videogame*, criam desenhos animados a partir de *softwares* de autoria e histórias para RPG”. Para Papert (2008, p.20), esse início de século estava marcado por um novo paradigma de aprendizagem, em que os professores “provaram ser capazes de ensinar aos aprendizes as possibilidades e limitações” de um novo conhecimento.

Os jogos digitais, ao serem utilizados como forma de mobilizar espaços de autonomia, conseguem estimular o desenvolvimento da curiosidade crítica, também desenvolvem os elementos essenciais para a produção e para a difusão de conhecimento. Eles não falam em tecnologia, falam em brincar, em desenvolver um site, sentindo-se confortáveis, interagindo com as tecnologias e descobrindo como funcionam, à medida que essa interação acontece, à medida que brincam, comunicam-se, trabalham, estudam e criam. A “autonomia às crianças para testar ideias, utilizando regras e estruturas preestabelecidas - de um modo como poucos brinquedos são capazes de proporcionar” (Papert, 2008, p.20).

Brandt e Moretti (2016) discutem que a aprendizagem no jogo é compartilhada, o que pode ser também informalmente observado em outros contextos. Em momentos como esses, há uma troca entre os estudantes, que aprendem e ensinam, com os seus pares, novas brincadeiras, partilhando diversos conhecimentos, inclusive os matemáticos.

Pretto (2012), já há uma década, defendia que todos os produtos científicos e culturais disponíveis na humanidade passam a ser didáticos no momento em que são utilizados em processos formativos qualificados. Afirma, ainda, que a educação precisa resgatar a sua dimensão fundamental de ser o espaço da criação, da colaboração, da generosidade e do compartilhamento. Para o autor,

Essas articulações precisam compreender que a educação, a cultura, a ciência, a tecnologia, o digital, entre tantos outros campos e áreas, são, essencialmente, elementos históricos e, como tal, ao mesmo tempo que vêm para facilitar alguns processos, criam novos obstáculos, especialmente quando trazidos como elementos vivos para a sala de aula. Novos obstáculos que favorecem a criatividade [...]. (Pretto, 2012, p.100)

Lemos (2015) corrobora com essa ideia, afirmando que essas tecnologias se fazem presentes em qualquer prática cotidiana, e que também estão relacionadas à dimensão estética do belo, da arte, bem como dos afetos e emoções compartilhados. O desenvolvimento de *games*, como uma atividade prática contemporânea, por englobar conceitos como programação, computação gráfica, multimídia, redes, inteligência artificial, cálculo, física e outras áreas, é considerado multidisciplinar, e permite, segundo Pretto e Riccio (2010), uma nova abordagem na construção de conhecimento, com outra forma de pensar, que reconhece os processos computacionais elementos transformadores das realidades.

Os estudantes passaram a viver em uma sociedade digital, com um currículo cultural de valores e saberes mais ou menos organizado, por intermédio neste caso dos *games*, que interfere diretamente na forma de pensar, interagir e de aprender. Todos os artefatos culturais utilizados no cotidiano das pessoas (aqui particularmente os *games*), contêm valores e significados, que foram desenvolvidos por outras pessoas e perpetuados com a sua utilização por outras, um processo de construção de conhecimento entre o sujeito e máquina, ou seja, entre o aluno/jogador e o *game*, nesta mediação/interação o *game* é o mediador (LÉVY,2010).

Ainda segundo Lévy (2010), apontava que os *games* (como ambientes virtuais), são espaços de aprendizagem que possibilitavam o compartilhamento de conhecimento, interatividade, autonomia, oportunizando o desenvolvimento crítico dos sujeitos, características que são perceptíveis na contemporaneidade.

O estabelecimento dos *games* como artefatos educacionais contemporâneos caracterizou o surgimento de um padrão social composto da relação entre o conhecimento, as tecnologias (*games*) e pessoas, um conjunto fecundo para pesquisas no campo educacional. Esse potencial campo de pesquisa surge no momento que se aproxima das práticas socioculturais e os elementos educacionais que necessitam de ressignificação no contexto dos educandos. A ação de jogar exige horas de concentração e interação com o meio digital, ato que estimula o pensamento, que Prensky (2001) compara a rotina escolar, onde os estudantes

passam horas desenvolvendo atividades de leitura e escrita com tempo determinado.

Essas características são destacadas pelas pesquisas como principal motivador para a inserção dos *games* no contexto escolar, entendendo que os *games* já se fazem presentes no cotidiano dos educandos como citado por Lévy (2010).

As interações possibilitadas ao se jogar determinado *game* permite o aproveitamento educacional em vários aspectos, como foram citados até aqui, porém o foco da pesquisa são os aspectos de construção/desenvolvimento do artefato *game* e se estes aspectos possibilitam a ampliação das possibilidades educacionais de ensino e a aprendizagem.

### 2.3 PREMISSAS DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE GAMES

O processo de produção de um *game* (PDG) é semelhante e utiliza das metodologias e processos de desenvolvimento da indústria da Engenharia de *Software*. Conforme define Chandler (2012), o processo de desenvolvimento de um *game* (figura 5) é dividido basicamente em quatro fases: pré-produção, produção, testes e pós-produção. Para Schuytema (2008) e Novak (2012), a primeira fase, é fase de conceito ou conceituação, porém no modelo apresentado por Chandler (2012), a fase de conceito uma é uma etapa da pré-produção. Assim, consideramos nesta tese, o processo apresentado por Chandler (2012).

Figura 5 - Ciclo básico para produção de games



Fonte: Chandler, 2012, p. 4.

A criação do conceito do *game*, como mostra Schuytema (2008), contempla a fase inicial de concepção do *game* e tem por finalidade descrever a proposta conceitual, criando a ideia do jogo em uma ou duas frases que identificam o público-alvo e os recursos empregados na sua construção. Nesta fase os profissionais envolvidos são os seguintes e suas respectivas responsabilidades conforme descrito no quadro 01.

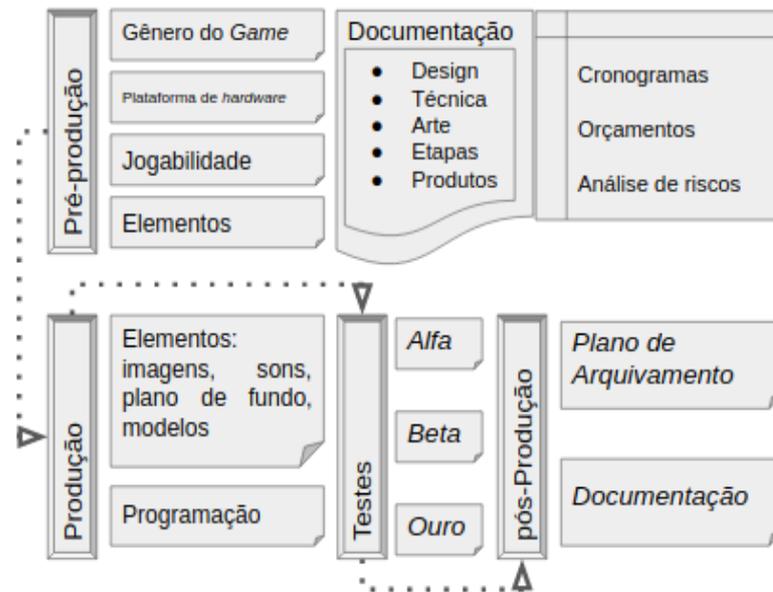
Quadro 1 - Profissionais e responsabilidades da fase conceitual

<b>Profissional</b>	<b>Responsabilidades</b>
Produtor	Supervisão da conceituação; Documentação
Diretor de <i>Game Design</i>	Determinar as ideias sobre as regras e universo do <i>game</i> ; Conduzir discussões
Designers	Criar desenhos conceituais Criar <i>storyboards</i> Definir tempo, personagens e estilo, baseado no <i>game design</i>
Diretor de Programação	Cria e demonstrar as capacidades tecnológicas

Fonte: Adaptado Schuytema (2008).

Diagrama 01, fases do processo de desenvolvimento de um *game*, baseado nos elementos definidos por Chandler (2012).

Diagrama 1 - Fases do processo de desenvolvimento de um game



Fonte: Adaptado Chandler (2012).

As fases do processo de desenvolvimento de um *game* (conceito, pré-produção, protótipo, produção, alfa, beta, ouro e pós-produção) serão descritas nas próximas seções.

### 2.3.1 Conceito

Os *games* são feitos de ilusão, fantasia, todos os tipos de histórias, que envolvem os usuários, que são protagonistas no comando das ações. Essas ações, enredo, personagens e outros aspectos são definidos na fase de conceito. O conceito do *game* compreende em descrever o jogo e transmitir essa ideia a outras pessoas. O resultado dessa fase é o desenvolvimento do documento de conceito (Novac, 2010; Chandler, 2012).

Com a definição inicial do conceito do *game*, uma equipe primária deve descrever mais detalhadamente os objetivos e os principais elementos de jogabilidade<sup>3</sup>, considerando que muitos conceitos iniciais são vagos. Essa ação vai fortalecer a concepção do projeto (Chandler, 2012). O autor cita que essa fase também define a plataforma de hardware e gênero do jogo, já que estas decisões modelaram o crescimento do conceito.

A definição inicial gera uma “declaração de missão”, conforme explicita Chandler (2012):

Uma declaração de missão deixa as pessoas estimuladas em relação ao jogo em que estão trabalhando. Ele define o que pode ser feito e para quem está sendo feito. A equipe inteira deve ser na definição e modelagem da declaração de missão, assim todos terão contribuído com uma parte do projeto (Chandler, 2012, p.6).

A fase de conceito é encerrada após a definição dos elementos básicos de jogabilidade, que são: o esquema de controle, o gênero, a história, os personagens e outros. É importante ressaltar que a fase de conceito, para alguns autores, acontece antes da pré-produção. Para outros, como Chandler (2012), faz parte da fase de pré-produção.

### 2.3.2 Pré-produção

De acordo com as fases de desenvolvimento de um *game*, segundo Chandler (2012), na fase de pré-produção é realizado o primeiro esboço do jogo que será desenvolvido, é o momento de definição de todas as linhas de produção, identificação das necessidades para fazer o jogo e delineamento dos detalhes do universo e regras. Nesta fase define-se: gênero do *game*, plataforma de *hardware*, jogabilidade, esquema de controle, história, personagens e outros elementos.

Chandler (2012) divide a fase de pré-produção nos componentes: conceito do jogo, requisitos do jogo, planejamento do jogo e avaliação de risco. Com o intuito de verificar possíveis erros, após a definição dos conceitos é realizada uma análise de

---

3 São as escolhas, os desafios ou as consequências enfrentadas pelos jogadores ao navegar no jogo ou ambiente virtual (NOVAK, 2010).

risco através da prototipação, que verificam os elementos propostos e possíveis ajustes necessários (Chandler, 2012).

Ainda na pré-produção são definidos os requisitos do jogo. Nessa fase são levantados todos os requisitos de arte, design e engenharia, como resultado a produção dos seguintes documentos:

- Documentação de design;
- Documentação técnica;
- Documentação de arte;
- Documentação das etapas;
- Documentação de produtos.

Os autores Chandler (2012) e Schuytema (2008), destacam que ao final da fase de planejamento do *game*, com todos os cronogramas e orçamentos definidos, mais uma análise de risco deve ser realizada, para que possa passar para a fase de produção.

### 2.3.3 Protótipo

Desenvolver um protótipo dá a oportunidade à equipe de validar novos recursos de jogabilidade e quaisquer outros detalhes que não estejam bem definidos. Nos *games*, um protótipo é uma versão inicial jogável de uma ideia ou mecânica proposta inicialmente (Novac, 2010; Chandler, 2012).

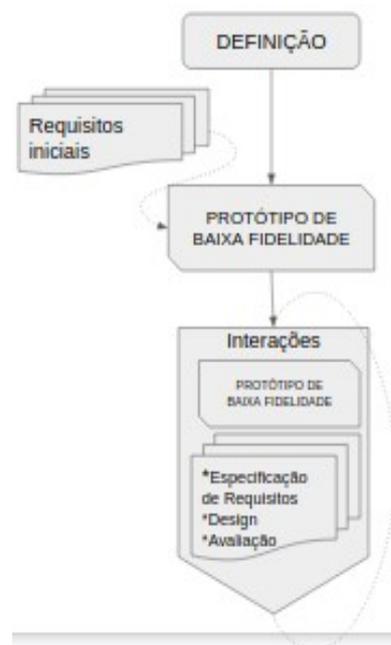
Os protótipos iniciais de *software*, independentemente de sua finalidade, não têm necessariamente que serem digitais. Em alguns casos, os protótipos, chamados de baixa fidelidade, são construídos em papel. Uma característica importante que eles precisam fornecer é a de ser um modelo dinâmico, funcional e apresentar qual pode ser a melhor representação da experiência de jogabilidade (Chandler, 2012). Os modelos em papel, conseguem esboçar telas e objetos de interação, é uma técnica clássica de grande aceitação entre os desenvolvedores de *softwares*, devido a sua simplicidade, baixo custo e por ser muito efetiva. O protótipo desenvolvido nesta tese foi um modelo caracterizado como de baixa fidelidade, por seu estado ainda

rudimentar. O modelo com esta característica permite demonstrar o comportamento de telas em estágios iniciais de processo de desenvolvimento.

Segundo Chandler (2012), os protótipos construídos no desenvolvimento de um *game* podem ser do tipo exploratórios, quando usados em investigação de novas ideias, na identificação de requisitos ou na busca de novas alternativas. Os protótipos do tipo experimentais são utilizados para validação de requisitos do sistema.

O processo de prototipagem de um *game* está representado pelo diagrama 02. Segundo Chandler (2012, p.230), “embora o processo de prototipação possa ser superficialmente caracterizado em fases, essas fases não podem ter um início e um fim distintos, principalmente durante a interação”.

Diagrama 2 - Processo de prototipagem de um Game



Fonte: Adaptado de Chandler (2012).

Chandler (2012) explica esse processo da seguinte forma:

Normalmente, o processo começa com a definição do que está sendo prototipado. Em seguida, um protótipo de baixa fidelidade é criado, com base nesses requisitos iniciais. A equipe fará interações nesse protótipo. A interação envolve um ciclo de especificação dos requisitos, o design de algo que atenda, avaliação dos resultados e início do ciclo novamente (Chandler, 2012, p.220).

Os protótipos podem ser construídos em qualquer fase do ciclo de desenvolvimento; não existe uma quantidade de protótipos que devem ser desenvolvidos, o importante que sejam construídos tantos quantos forem necessários, dentro do cronograma de produção e orçamento disponível (Chandler, 2012).

### 2.3.4 Produção

Na produção ou fase de produção, acontece o processo de desenvolvimento do que foi planejado na fase anterior, ou seja, na fase de pré-projeto.

São produzidos todos os elementos do jogo: modelos bidimensionais ou tridimensionais, planos de fundo, todas as imagens e sons. Nesta fase começa a codificação de algumas rotinas de programação, que podem ser iniciadas após a aprovação de um protótipo de alta-fidelidade, dentro da etapa de pré-produção (Schuytema, 2008; Chandler, 2012; Cruz, 2013). Com o *game* desenvolvido, são realizados testes em diferentes versões.

A produção consiste segundo Chandler (2012), em três ciclos:

- Produção do design: o ciclo envolve muita interação e evolução dos recursos. Após o recurso ser implementado no jogo como originalmente é planejado, o *design* continuará a ajustar e polir a implementação, até que fique perfeita.
- Produção artística: ciclo que cria personagens, os veículos, objetos, armas, ambiente, ou seja, toda a arte do *game* e a cinemática.
- Produção de programação: ciclo de codificação e depuração dos recursos do *game*.

### 2.3.5 Teste

A fase dos testes é realizada em três versões diferentes do *game*. A primeira versão (*alfa*), é uma versão inacabada, porém já pode ser jogada do início ao fim, com o objetivo de encontrar lacunas no fluxo de jogabilidade. Na segunda versão (*beta*), os testes buscam consertar erros que ainda existam, sem acrescentar outros conteúdos. São realizadas apenas alterações que buscam estabilizar ou melhorar o sistema na totalidade. A versão final (ouro), tendo todas as falhas verificadas e corrigidas, o *game* está pronto para publicação e comercialização (Chandler, 2012; Novak, 2010).

### 2.3.6 Pós-produção

A pós-produção ou finalização encerra o ciclo de produção de um *game*. Após a publicação, Chandler (2012) cita a importância de documentar todo o jogo. Para isso, é sugerido um plano de arquivamento ou documentação geral do *game*, criado com o propósito de facilitar a recuperação dos elementos utilizados no jogo, facilitando a continuação do projeto, seja com o objetivo de desenvolver novas versões ou remixar para outras plataformas.

Após a apresentação destes aspectos de desenvolvimento de games, não encontramos nestas premissas, características que são necessárias para o desenvolvimento de games educativos.

Consideramos como importante, por exemplo, a participação de profissionais da educação, ou seja, nas considerações apresentadas existe uma preocupação mais com as funcionalidades do *game*, esquecendo-se da experiência educativa que o jogador deve vivenciar ao jogar. Ou seja, essas referências apresentadas, nestas premissas, são para o desenvolvimento de *games* com fim genérico, necessitando assim, uma articulação destas premissas, com metodologias específicas existentes, a metodologias já consolidadas e técnicas promissoras que permita apresentar uma modelização específica para o campo de desenvolvimento de games educativos.

## 2.4 METODOLOGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE GAMES

O desenvolvimento de *games*, assim como na área de concentração Engenharia de *Software*, é um campo da tecnologia da informação que exige interdisciplinaridade, participação de profissionais de diferentes áreas que desenvolvem coletivamente os artefatos de *software*. E para que essa diversidade de espaços e profissionais trabalhando coletivamente se conectem, é fundamental seguir alguns critérios metodológicos, que estão presentes no desenvolvimento de *games*, como: documentação de conceito, documentos técnico, documento de arte e o *Game Design Document* (GDD) (NOVAK, 2008), o autor cita que este último, o GDD, permite que o desenvolver e toda a equipe de programação tenha uma visão de todas o artefato que está sendo produzido, considerado o documento mais importante antes das etapas de desenvolvimento de códigos fontes.

Dentre os métodos existentes na literatura para o desenvolvimento de *games* estão classificados em três grupos: as Metodologias específicas (para um determinado jogo, ou simulação, ou aprendizagem/treinamento), as Metodologias para desenvolvimento de simulação e jogo educacional e as Metodologias para desenvolvimento de jogos sérios.

Nesta tese, destacamos, as metodologias que apresentam o GDD ou parte deste *design* em suas fases de produção de jogos educacionais, destacando as principais características que possam ser incorporadas a EDI. Outra opção escolhida foi por metodologias ou modelos de desenvolvimento de *games*/jogos sérios, por se tratar de *games* com propósito explícito que vai além de apenas divertimento, e sim *software* cuidadosamente desenvolvidos para a área da educação, saúde, treinamento empresarial, políticas públicas e outras áreas. São *games* construídos alinhados a filosofia construtivista, uma vez que permite “brincar” e construir a sua própria compreensão de mundo, que trabalha várias competências específicas, assim estes modelos, chamados sérios, são utilizados em grande parte dos *games* com propósitos educativos.

Entre as fontes de pesquisas, foi utilizado o acervo digital da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), composto de anais de eventos, jornais e livros de

visibilidade internacional que concentram a produção científica resultante de pesquisas e discussões na área de Computação, inserido na SBC é realizado o Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (*SBGames*), que tem o objetivo de reunir pesquisadores, estudantes que tenham os *games* como objetivo de pesquisa e desenvolvimento, entre os tópicos de interesse no evento estão os de foco da nossa pesquisa, que é a produção de *games* e educação com jogos. A escolha por esta base de dados, é considerar o evento como o principal de comunicação de pesquisas no país, com *qualis A* na área de engenharia de *software* da Capes.

Como a pesquisa necessariamente envolve os aspectos didáticos do ensino de matemática, outras fontes de pesquisa são os principais eventos da área de ensino de matemática:

- Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática (SIPEM), as 5 últimas edições, seminário que acontece a cada 3 anos;
- Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), as 5 últimas edições, encontro que acontece a cada 3 anos e;
- Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática (EBRAPEM), analisando as 5 últimas edições, sendo que este acontece anualmente.

Revistas:

- BOLEMA – Boletim de Educação Matemática, periódico que possui publicação semestral da UNESP – Instituto de Geociência e Ciência Exatas – Departamento de Matemática – Rio Claro/SP – Programa de pós-graduação em Educação, para este artigo foi pesquisado todos os números publicados nos últimos 5 anos;
- Educação Matemática em Revista (SBEM), têm publicação trimestral da Sociabilidade Brasileira de Educação Matemática, para este artigo foi pesquisado todos os números publicados nos últimos 5 anos;
- Revista Educação Matemática Pesquisa (PUC), do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática da PUC-SP, de regularidade quadrimestral, espaço de divulgação científica da área, em âmbito

internacional, para este artigo foi pesquisado todos os números publicados nos últimos 5 anos;

- ZETETIKÉ, da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas (em parceria editorial com a UFF), tendo como objetivo contribuir, de um lado, para o desenvolvimento da pesquisa na Área da Educação Matemática e, de outro, para a formação de pesquisadores dessa área, mediante intercâmbio e divulgação de pesquisas e estudos realizados por educadores matemáticos vinculados a instituições brasileiras ou estrangeiras, a partir do número 27 de 2009 passou a adotar o sistema de publicação contínua, para este artigo foi pesquisado todos os números publicados nos últimos 5 anos.

Os critérios para seleção dos eventos e revistas foram os seguintes: eventos consolidados da Sociedade Brasileira de Educação Matemática – SBEM, principais eventos de comunicação de pesquisas no país e revistas de Qualis A na área de ensino da Capes.

#### **2.4.1 Modelo *Cognitive Behavioral Game Design* (CBGD)**

A *Cognitive Behavioral Game Design* (CBGD), ou design de jogos cognitivo-comportamentais, é um modelo de desenvolvimento de *games* que incorpora os elementos da Teoria Social Cognitiva (SCT) e da teoria das Inteligências Múltiplas (IMs) de Gardner com os elementos de *design* de jogos.

Com o desafio de educar e entreter, a CBGD aplicada ao desenvolvimento de *games* para o campo da saúde segundo Starks (2014), é um modelo metodológico para o desenvolvimento de *games* que auxilia pessoas a incorporarem hábitos saudáveis de alimentação, como por exemplo: o consumo de frutas e vegetais, a diminuição no consumo de calorias e o controle de problemas respiratórios como a asma.

Entre os elementos cognitivos incorporados da SCT nesta metodologia estão presentes: conhecimento, auto-eficácia, metas, expectativas de resultados e impedimentos (Bandura, 2006). Em relação aos elementos das Inteligências Múltiplas,

Starks (2014) traduziu doze características que foram incorporadas aos *games*, por exemplo, a inteligência musical na CBGD é traduzida em música e som, incorporado em um *game* para que o jogador se identifique através do som o início ou fim da partida, ou determinada música representa uma fase/etapa do *game*. Dentre as IMs incorporadas na CBGD estão os seguintes elementos: gráficos, espaço, relacionamentos, música, narrativa, números, movimentos, padrões, linguagens, humor, natureza e reflexão. E por fim os elementos de *design*: engajamento, desafio, fluxo, persistência e domínio (Prensky, 2001).

As características cognitivas incorporadas da SCT:

- Conhecimento - o que o *game* está tentando transmitir, por exemplo o conhecimento dos riscos à saúde que aquele *game* está tentando transmitir, deve ser cuidadosamente elaborado para que não estimule o desenvolvimento de outras patologias.
- Metas - os objetivos reais do *game* (quebra-cabeça, um mistério, aprender um conceito matemático...) ou para o estabelecimento de passagem de tempo, por exemplo, barras exibindo quanto tempo o jogador deve esperar até a próxima fase ou nova execução.
- Expectativas de resultados – a expectativa de que resultados gerados leve a novas ações dentro do jogo, como o desbloqueio de uma nova fase ou recebimento de uma recompensa.
- Impedimentos - fatores que dificultam o alcance de metas e que colocam os jogadores para desenvolver habilidades de enfrentamento.

Entre as IMs incorporados na CBGD destaco as seguintes:

- Gráficos - envolve a inteligência visual ou espacial, todas as imagens situam o jogar sobre o assunto ou local, mesmo que o jogador não consiga entender o idioma do *game*, através das imagens o público de um outra cultura, que tenha um outro idioma, com a utilização dos gráficos no *game*, os jogadores de idiomas diversos conseguem se comunicar com os *games* e identificar palavras.
- Espaço ou posição - localização dentro do *game*, também faz parte da inteligência visual/espacial, a visualização da posição do jogador em

relação ao local que ele está no *game*, por exemplo em uma sala ou labirinto.

- Relacionamentos - as relações com outros personagens do jogo, pode ser outros jogadores ou mesmo personagens virtuais.
- Música - músicas e efeitos sonoros podem facilitar a aprendizagem, os jogadores diferenciam notas, associam músicas a passar de fase, ganhar prêmios ou perder o *game*.
- Narrativa - um dos elementos chave de um *game* (Prensky, 2001), é um elemento facilitador da cognição e muitos pesquisadores envolvem a aprendizagem dentro de uma narrativa;

Números, movimentos, padrões, linguagens, humor, natureza e reflexão também foram incorporados, porém não são elementos inerentes aos *games* como os anteriores destacados.

Um destaque para a metodologia CBGD é a associação entre os elementos cognitivo-comportamentais e as Inteligências Múltiplas, que podem ajudar os desenvolvedores a compreenderem como criar uma experiência de aprendizagem em *games* sérios e como oportunizar os jogadores a adquirirem conhecimento, suporte social, e eficiência, ao contrário da passividade convencional das salas de aula, essa promoção de interatividade leva o envolvimento com diferentes IMs.

A CBGD demonstra que a associação entre conceitos de aprendizagem e diversão é importante para os *games* com propósitos educativos. Sendo que a base para o processo CBGD é responder: Como expressar um ou mais elementos sociais cognitivos através de uma ou várias inteligências múltiplas, que seja, atrativo e divertido, ou seja, usar todas as inteligências para aprimorar os cognitivo-comportamentais, com o objetivo de introduzir uma mudança de comportamento do mundo real (Bandura, 2006).

Na implementação do *game*, os elementos são incorporados ao *game design*, a metodologia utiliza bibliotecas no jogo, moderação de dificuldades de níveis e pontos de salvamento e restauração. Etapas não observadas nos processos de desenvolvimentos de *games* e que trazem contribuições a modelização apresentada nesta tese.

### **2.4.2 EGDA: *educational game development approach***

Uma das principais características da *Educational Game Development Approach* (EGDA), é a combinação de técnicas, sendo uma responsável pela modelagem do projeto (WEEV) e outra para a prototipação (Adventure) (Torreent et al., 2014).

É uma metodologia baseada em quatro princípios básicos. O primeiro princípio é o da convicção de uma abordagem centrada no usuário, prezando pela não memorização de procedimentos, promovendo uma aprendizagem situada, que ajude os jogadores a recordar e realizar uma sequência correta dos procedimentos do *game*.

Sendo a concepção de jogos educativos por natureza, um processo multidisciplinar, assim, o segundo princípio básico da EGDA é a participação e colaboração de especialistas, a metodologia defende que é necessária uma aproximação entre os especialistas da área de computação (desenvolvedores, engenheiros de software, programadores), com os especialistas externos (os professores, educadores, profissionais da área de educação), ligados ao eixo da educação.

Desenvolvimento Ágil, terceiro princípio, o modelo propõe o ciclo iterativo de desenvolvimento ágil, modelo bastante consolidado no mercado de desenvolvimento de *softwares* (tarefas envolvidas: análise, design do *game*, implementação e qualidade, e suas subtarefas).

O quarto princípio, a EGDA foi projetada para desenvolvimento de *games* em duas dimensões do tipo apontar e clicar, que utiliza ambientes de navegação mais simples que os desenvolvidos em 3D, o que permite um desenvolvimento mais simples, com um custo mais baixo e de fácil instalação e execução (Torreent et al., 2014).

As Fases de desenvolvimento da EGDA como citadas anteriormente, o princípio de desenvolvimento Ágil, o quadro 02 descreve as atividades executadas em cada tarefa e subtarefa da EGDA.

Quadro 2 - Fases da EGDA

Tarefa	Subtarefa	Descrição	Resultado
<b>Análise</b>	Ambiente e configurações	Descrição de cenários; possíveis objetos, pessoas e agentes que interagem	Documento com a descrição detalhada do ambiente, objetos, elementos, materiais e prováveis participantes
	Capturando e formalizando a sequência de passos	Descrição da sequência e etapas, seguindo uma abordagem top-down, formalizando as etapas básicas e as interações subsequentes são divididas em várias sub etapas	Formalização acordada compreensível a todos os participantes
<b>Design de Game</b>	Projetando o Mundo Virtual	Descrição de alto nível do ambiente	Telas compostas por imagem única do ambiente, com materiais e/ou participantes
	<i>Script</i> do jogo	Forma interativa que promove a imersão no jogo, com a função de situar o jogador, com os objetivos e regras gerais	<i>Script</i>
	Apoio à Decisão	Suporte a tomada de decisão pela mecânica do <i>game</i>	Exemplo: clicar, arrastar e soltar uma chave em determinada fechadura
	Comentários	O <i>feedback</i> potencializa processo de aprendizagem, por isso deve ser projetada e planejada	Uma resposta quando zerar o <i>game</i> , encerrar o <i>game</i> ou mesmo ao perder uma partida
	Gamificação do <i>Design</i>	Aplicada com propósito de aumentar o engajamento e motivação dos alunos	Exibir a pontuação do jogador, status ou habilidade adquiridas com o progresso no <i>game</i>
	Balço de Complexidade	Revisar a complexidade geral do <i>game</i>	Garantir a utilização dos recursos a disposição e entrega no prazo
<b>Implementação</b>	Prototipagem Rápida	Testar a mecânica do <i>game</i> e identificar possíveis armadilhas no <i>design</i>	Protótipos tipo maquete; protótipos intermediários e protótipos Beta ou Final
	Recursos Artísticos	Imagens, animações, sons, vídeos e outros recursos artísticos produzidos	Documento com as descrições dos formatos e todos os arquivos artísticos
<b>Qualidade</b>		São avaliadas as características: confiabilidade, experiência, usabilidade e valor educacional	Destaco valor educacional, pois o <i>game</i> deve ser exato e preciso, e fornecer informações pertinentes ao jogador/aluno

Fonte: Torrente (2014).

A metodologia EGDA se preocupa com um desenvolvimento de baixo custo, que para o contexto educacional é um fator importante, por considerarmos a escassez de investimento em educação no nosso país.

Uma característica interessante apontada pela EGDA, não encontrada em outras metodologias de desenvolvimento de *games* é a proposta de combinação de dois softwares:

- WEEV, um software com a proposta de modelagem para auxiliar os desenvolvedores a projetar um game;
- Adventure, software de prototipagem de games.

É um modelo que se aproxima das características da EDI, sendo que esta incorporação de dois softwares permite a metodologia realizar *designs* que são fáceis de revisar e que podem ser transformados protótipos de mais alto níveis, o que reduz bastante o custo de desenvolvimento.

### **2.4.3 ModelDriven – Modelo para desenvolvimento de jogos Educativos**

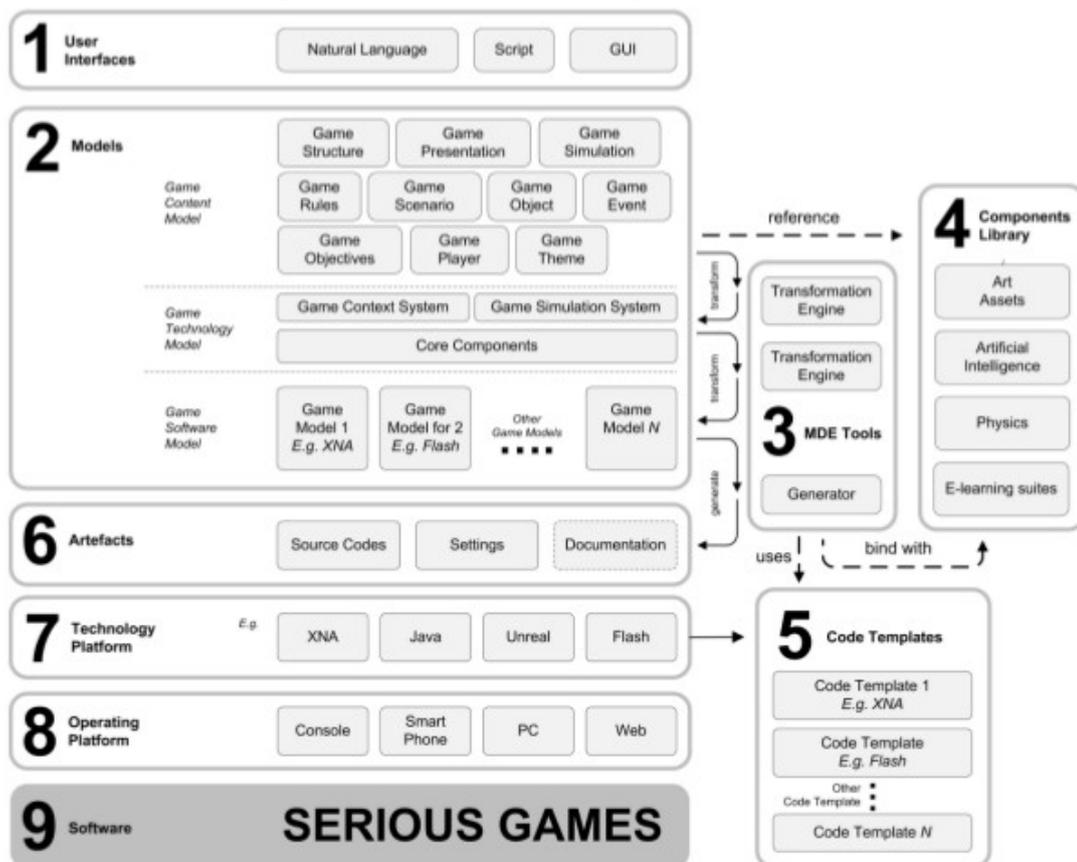
*ModelDriven* ou Modelo para desenvolvimento de jogos Educativos (MDE) é um *framework*, ou seja, um conjunto de bibliotecas e estruturas, que auxilia o desenvolvimento de *softwares*, ou mesmo um conjunto de códigos para desenvolver outros *softwares*, que permite a representação abstrata dos aspectos de *software* para pessoas com pouca habilidade em desenvolvimento de *software*, e estes podem ser transformados em artefactos de *softwares* mais robustos e posteriormente em *games* para usuário final (Tang e Hanneghan, 2010).

O modelo utiliza gráficos que são caracterizados como artefatos primários através da Linguagem de Modelagem Específica de Domínio (DSML), é a linguagem responsável por diminuir a complexidade do *framework* e representar formalmente a estrutura, o comportamento e os requisitos do *software*. Segundo Tang e Hanneghan (2010), o primeiro passo para sua utilização, é definir um modelo para o conceito estudado, esta representação facilitará a construção de um *software* concreto. A abordagem que ajuda a simplificar o tempo de desenvolvimento de um game, permite a interoperabilidade e portabilidade entre sistemas de plataformas distintas, bem como o suporte a geração de documentação e facilidade de manutenção, além de outras características como:

- Capacidade de encapsular aspectos técnicos do desenvolvimento;
- Produção de código com menos erros;
- Minimiza erros de modelagem;
- Melhor mapeamento de código;
- Facilita entender o trabalho do desenvolvedor.

O MDE consiste em 9 partes, ou etapas (Figura 6) cada entidade independente, o que permite que os desenvolvedores substituam módulos sem que interfira no desenvolvimento do outro. As partes são respectivamente: Interfaces de usuário (UI), Modelos, Ferramentas MDE, Biblioteca de componentes, Modelos de código, Artefatos, Plataforma Tecnológica, Plataforma Operacional e Software (Tang e Hanneghan, 2010).

Figura 6 - Model-driven serious games framework



Fonte: Tang e Hanneghan, (2010).

Os modelos (etapa 2) em nível de abstração possuem 3 camadas (*Game Content Model (GCM)*, *Game Technology Model (GTM)* e *Game Software Model (GSM)*), a primeira especifica a lógica do *game* educacional, a segunda camada representa o modelo dependendo da tecnologia escolhida ou até a finalidade do *game* e a terceira camada representa o modelo para uma plataforma tecnológica escolhida (Tang e Hanneghan, 2010).

As ferramentas MDE (etapa 3) transformam os modelos em artefatos (mais refinados), antes de transformá-los em *games* para a utilização do usuário final. Esses modelos são então transformados em artefatos mais refinados usando ferramentas MDE específicas (3) antes de gerar os artefatos de *software* apropriados. As etapas 7, 8 e 9, reorganizam os modelos em linguagens específicas, substituindo a construção lógica para o *game* a nível de usuário final, são ações mais específicas para engenheiros de *software*, em nível de codificação, o que não é necessário explicar nesta tese (Tang e Hanneghan, 2010).

A camada GCM combina conceitos necessários para representar um *game*, formalizando as principais definições do jogo, para que a equipe de desenvolvedores não precise traduzir conceitos essenciais em nível de codificação. São dez conceitos-chave que inter-relacionados representam, respectivamente, estrutura do jogo, apresentação do jogo, simulação do jogo, regras do jogo, cenário do jogo, evento do jogo, objetivo do jogo, objeto do jogo, jogador do jogo e tema do jogo (Tang e Hanneghan, 2010).

Essa abordagem de representação, a GCM, é independente de plataforma computacional, ou seja, pode ser utilizada para os diferentes ambientes computacionais, e traz vantagem ao ser incorporado a uma modelização, considerando o desenvolvimento a nível de etapas de programação não depende dos conceitos que são concebidos nas etapas de concepção do *game*.

Foi observado que entre as demais metodologias apresentadas, a MDE é detalhada e combina bastante etapas operacionais e níveis de desenvolvimento, o que pode levar a oneração do custo final de desenvolvimento, e isto não é interessante para o cenário educacional brasileiro.

#### 2.4.4 Modelo pesquisa-ação

O modelo possibilita a participação dos jogadores/usuários no processo de desenvolvimento, caracterizado como um processo de desenvolvimento de *games* sérios, ele é dividido em dois ciclos, cada um com 5 etapas distintas, que compreendem respectivamente, diagnóstico, planejamento, ações, avaliação e especificação. A pesquisa-ação está como fundamentação metodológica do modelo, por sua natureza colaborativa de desenvolver ideias práticas para problemas educativos, reunindo ação e reflexão, teoria e prática, com a participação de todos os envolvidos (Hine, 2013, Contreras-Espinosa e Eguia-Gómez, 2016).

A primeira etapa, caracterizada como etapa de diagnóstico, tem como finalidade identificar as características de três níveis: pedagógico, tecnológico e criativo. Assim, identificado o nível do *game* que se deseja desenvolver, são observadas todas as tendências e preparado o *design* do jogo. Na etapa é realizada uma revisão de literatura e análise de concorrentes com os *games existentes no mercado*.

Na etapa de planejamento, por sua vez, a pesquisa-ação faz o levantamento dos requisitos necessários para o *game* e *descreve* as regras do jogo, mecânica, personagens, jogabilidade e habilidades incorporadas ao jogo. A etapa de ação, o *game* é prototipado e passa por testes de usabilidade (fase de avaliação). A última fase, o *game* é especificado (fase de especificação), ou seja, a equipe registra todas as fases que levou ao desenvolvimento e elabora um relatório (Contreras-Espinosa e Eguia-Gómez, 2016).

A coparticipação de professores e alunos, em parceria com os desenvolvedores é o ponto positivo do modelo pesquisa-ação, conferindo um papel ativo aos principais usuários de um *game* com este propósito. A metodologia é de natureza colaborativa, característica que é semelhante a EDI, com foco participativo de professores e aluno buscando reunir ação e reflexão, teoria e prática, com o propósito de encontrar soluções para problemas, um processo adequado para desenvolver design de games educativos.

#### 2.4.5 Metodologia de *Design* e Desenvolvimento (DDR)

A Metodologia de *Design* e Desenvolvimento (DDR), é considerada uma metodologia sistemática e flexível, aplicada às práticas educacionais, baseada em 5 premissas: Desenvolvimento multi e interdisciplinar; Métodos mistos; Trabalho em equipe cíclico e interativo; e ambiente colaborativo de pesquisas (Sahrir *et. al.*, 2012).

A DDR utiliza ferramentas acessíveis a pesquisadores e professores que, mesmo sem conhecimento aprofundado em desenvolvimento de *software*, queiram criar seus próprios *games*. A primeira premissa, envolve análises multi e interdisciplinares, com uma abordagem direcionada a resolver vários aspectos dos problemas de aprendizagem. Entre os métodos mistos são realizados quatro tipos de avaliação: avaliação formativa, que é uma revisão realizada por um especialista, avaliação individual, teste de grupo e teste de campo ( Sahrir *et. al.*, 2012).

Os ciclos interativos são divididos em fase de análise, design, desenvolvimento, implementação e avaliação, que nos estudos pesquisados por esta tese não são bem aprofundados, no que tange ao funcionamento de cada ciclo e sua respectiva fase, porém o pesquisador observa que fases genéricas são empregadas por outras metodologias de desenvolvimento. Assim, observamos que metodologia DDR não deixa claro a abordagem metodológica de sua execução, apenas explica que os protótipos possuem flexibilidade ao serem projetados, por realizar revisões em seus ciclos interativos para que um ambiente real e autêntico seja entregue ao usuário final.

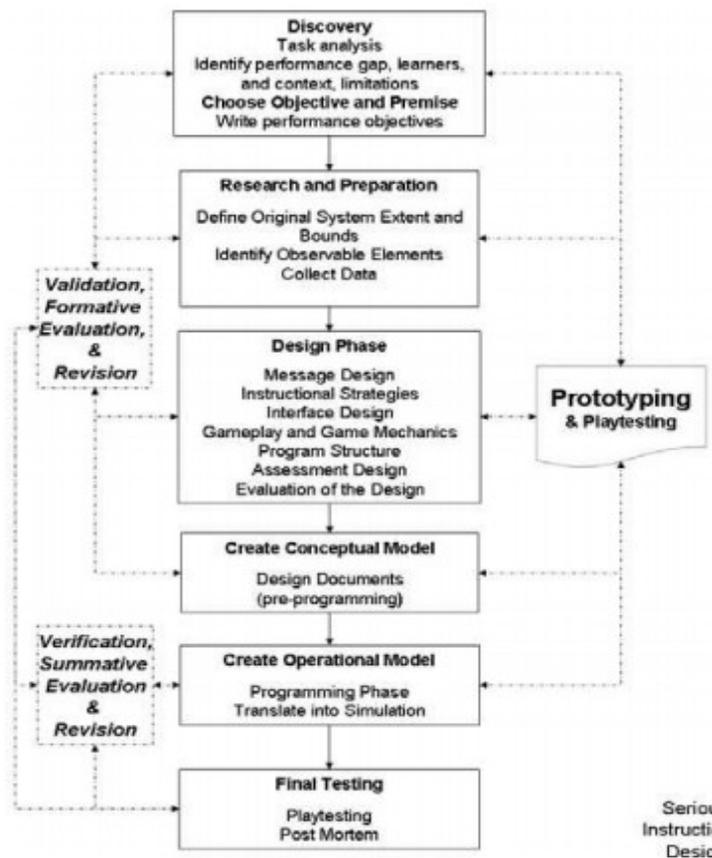
#### 2.4.6 Processo *Synergy* (PS)

A motivação para a concepção de um *game* pode acontecer a partir de uma motivação única, de algo divertido ou que o designer percebeu que é interessante, com uma ideia central, além das motivações cima citadas, os *games* educacionais, surgem para suprir lacunas de desempenho, no processo de ensino ou de aprendizagem e das simulações que são construídas para responder perguntas, até

pelo busca de alternativas para as dificuldades educacionais existentes. Ou seja, a concepção de *game* surge a partir de várias orientações diferentes, principalmente os de propósito educativo, que tem o objetivo de fornecer uma experiência divertida ao jogador aliada a instruções que são amplamente focadas no conteúdo (Becker e Parker, 2011).

O Processo *Synergy* (PS) combina 3 abordagens e divide-se em seis fases (figura 7), combina a abordagem utilizada nos *games* comerciais, com as simulações e as de caráter instrucionais ou educativas (Becker e Parker, 2011).

Figura 7 - Processo *Synergy*



Fonte: Becker e Parker, (2011).

O processo chamado de descoberta é a fase inicial da PS, que tem a finalidade de analisar todas as necessidades do contexto do *game* (características dos usuários, idade, origem, conhecimentos prévios) (Becker e Parker, 2011).

A pesquisa e preparação é uma fase específica dos modelos baseados em simulações no desenvolvimento de *games* com propósito educacionais, e consiste em definir os limites do sistema, identifica e observa elementos e coleta dados. Na fase de design, o *game* é modelado e criado um protótipo, com estratégias de ensino e aprendizagem, jogabilidade, mecânica dos jogadores, estrutura do programa e avaliações (de design e evolução), posteriormente criar o modelo conceitual, que consiste em documentar todo o projeto detalhadamente, como resultado da fase é elaborado um documento de *design*. As fases finais são respectivamente o Modelo operacional e Testes, na PS estas fases já desenvolveram o modelo implementável com todos os detalhes em que pode ser aplicado testes de usabilidade (Becker e Parker, 2011).

Deste modo, consideramos que o modelo Processo *Synergy*, não apresenta um diferencial a ser acrescentado a uma nova modelização para o desenvolvimento de *games*, as fases apresentadas são genéricas para o desenvolvimento de *games* e já estão contempladas na EDI.

#### **2.4.7 Processo baseado no design centrado no usuário**

O processo de desenvolvimento centrado no usuário visa abranger especialidades do usuário final, no caso de *games* educativos, os alunos, e o processo, a fim de garantir um desenvolvimento bem-sucedido, exige a participação do aluno durante o processo de desenvolvimento, já no estágio inicial. O Processo destaca inicialmente quatro aspectos fundamentais e contempla sete etapas (Freitas Jarvis, 2006).

Os aspectos fundamentais no processo consideram: o **contexto**, que são fundamentais para a eficácia de *game* e visa definir onde o game será jogado, seja em sala de aula ou ambiente externo; as **especificações do jogador**, as particularidades, preferências, bem como sua experiência em utilização das Tecnologias da Informação e a forma como a aluno aprende; **a representação**, que diz respeito aos níveis de engajamento, imersão, fidelidade e interatividade do *game*; e o **modelo ou abordagem pedagógica**, que diz respeito às teorias e

abordagens pedagógicas que são utilizadas na aplicação do *game* (Freitas Jarvis, 2006).

Etapas do processo baseado no *design* centrado no usuário:

- Etapas 1 e 2, são realizadas entrevistas semiestruturadas com os alunos, etapa chamada de licitação de usuários, e são criados gráficos (etapa 2) a partir das entrevistas;
- Etapa 3, serão validados (validação de casos) com especialistas em atividades realizadas através de *workshop*.
- Etapa 4, os cenários são codificados (Desenvolvimento de cenários de uso) e refinados para uma outra validação de casos, como resultado um protótipo de alta fidelidade;
- Etapa 5, são criados, nesta etapa, os relatórios para a produção de um modelo final para testes;
- Etapas 6 e 7, realiza-se o teste formativo e avaliação apenas com os membros de grupos de alunos e o teste interativo de demonstradores com grupo de usuários que não participaram do desenvolvimento (Freitas Jarvis, 2006).

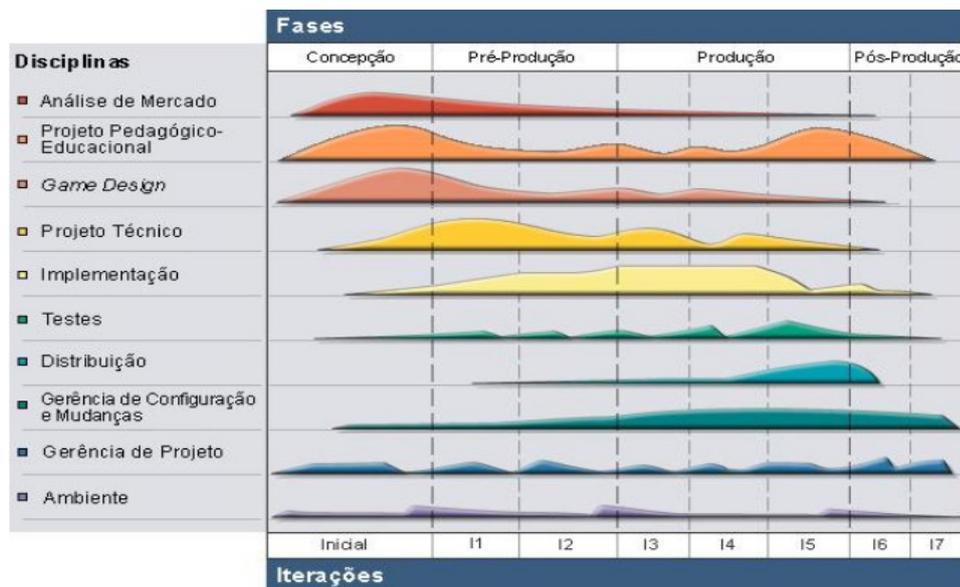
Os aspectos, as preferências e particularidades do aluno ou grupo de alunos são características do modelo centrado no usuário e têm uma influência real sobre a eficácia de *game* na prática. Quando este é desenvolvido com a preocupação de observar como o aluno aprende e quais são suas experiências com as tecnologias, as chances de desenvolver um *game* que atenda as expectativas são maiores, está é uma característica não observada em outras metodologias e que agrega a modelização proposta nesta pesquisa.

#### **2.4.8 RUP - Rational Unified Process**

O processo de desenvolvimento iterativo de software, *Rational Unified Process* (RUP), combina estágios, técnicas e práticas definidas de Engenharia de *Software* com os componentes documentais, diagramas, modelos, códigos e manuais, dentro de uma estrutura unificada.

Este é um modelo que vem sendo utilizado no desenvolvimento de *games* educativos. O modelo adaptado ao desenvolvimento de *games* possui uma estrutura com duas dimensões, sendo uma estática e outra dinâmica, sendo, respectivamente, vertical a estática e horizontal a dinâmica, com um conjunto de disciplinas alinhadas em formato de linha do tempo (figura 8). As fases estão alinhadas com os modelos dos processos de desenvolvimento de *games*: Concepção, Pré-Produção e Pós-Produção. Em dinâmica as disciplinas são divididas: Análise de Mercado, Projeto Pedagógico-Educacional, Game Design, Projeto Técnico, Implementação, Teste e Distribuição (Rodrigues et al, 2010)

Figura 8 - Fases do modelo RUP



Fonte: Rodrigues et al, (2010).

Na utilização do modelo RUP para desenvolver um *game*, segundo Rodrigues et al. (2010), é necessária a passagem pelas quatro fases, associando as sete disciplinas propostas para criação do artefato *game* educacional, que estão divididas em dois grupos. O quadro 3 apresenta as disciplinas associadas à atividade desempenhada.

Quadro 3 - Disciplinas do modelo RUP

<b>Disciplina</b>	<b>Atividade</b>
<b>Grupo Criação</b>	
Análise de Mercado	Elaboração do conceito baseado atendendo a necessidade educativa do artefato; Esforço maior na concepção
Pedagógico-Educacional	Estabelecimento de objetivos educativos, com esforço na Concepção e Pré-Produção Analisa o uso dos conceitos na Produção
<i>Game Design</i>	Definição os elementos inseridos (elementos de artísticos, áudio, enredo, jogabilidade); Com esforço na Concepção e Pré-Produção
Projeto Técnico	Especificação de elementos técnicos; Esforço Pré-produção
Implementação	Codificação e prototipagem Esforço Produção
Testes	Testes (alpha e beta) Concentra esforço na Pós-produção
Distribuição	Finalização e lançamento Esforço na Pós-produção
<b>Grupo Apoio</b>	
Gerência de configuração e mudanças	Monitoramento das mudanças solicitadas Pouco esforço no início e pode crescer ao longo do tempo
Gerência de Projetos	Identificação de riscos, elaboração de plano de projeto e alocamento de recursos Esforço cíclico ao longo do projeto
Ambiente	Suporte de processos e ferramentas auxiliares Esforço cíclico ao longo do projeto, geralmente maior no início e menor ao final

Fonte: Adaptado Rodrigues et al, (2010).

O RUP é um modelo consolidado no campo da engenharia de *software*, que permite principalmente a inter e multidisciplinaridade exigidas para o desenvolvimento de *games* educativos. Ele auxilia na definição das etapas, fases e disciplinas que cada equipe deve estar inserida, o que aumenta o nível de qualidade do software desenvolvido. Como existe a necessidade de uma equipe multidisciplinar, o modelo também favorece o entendimento e visualização de todos envolvidos no desenvolvimento, aumentando e inserindo principalmente a participação dos alunos e professores em todo o processo.

A metodologia RUP é apresentada nesta pesquisa, por observar na literatura que esta é umas das mais consolidadas no campo da Engenharia de *Software*, e

sua adaptação ao desenvolvimento de *games* é utilizada para o desenvolvimento de *games* de diferentes propósitos, além de modelos educacionais e indústria dos jogos.

Por fim, apresentamos na sequência o quadro 4, um breve resumo das metodologias pesquisadas e suas principais características que sugerimos a serem incorporadas a modelização apresentada ao final desta tese.

Quadro 4 - Resumo das características incorporadas a modelização

Processo Metodológico	Característica/Contribuição
Modelo <i>Cognitive Behavioral Game Design</i> (CBGD)	<p>A CBGD pode contribuir durante a etapa de análises conceitual, acrescentando os aspectos da Teoria Social Cognitiva e da Teoria das inteligências múltiplas. Sendo incorporadas no formato de bibliotecas no jogo, que podem servir para moderação de dificuldades de níveis e pontos de salvamento e restauração. Outra sugestão, é incorporação de questões norteadoras na fase citada.</p> <p>Quais elementos da Teoria Social Cognitiva (SCT) e da teoria das inteligências múltiplas (Ims) podem auxiliar durante o jogo a aprendizagem dos conceitos?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SCT: conhecimento, metas, expectativas de resultados e impedimentos;</li> <li>• Ims: gráficos, espaço ou posição, relacionamentos, música e narrativa.</li> </ul>
EGDA: <i>educational game development approach</i>	<p>Tem como ponto positivo uma metodologia com um desenvolvimento de baixo custo; Apresenta um modelo que se aproxima das características da EDI, sendo que a incorporação de dois softwares permite a metodologia realizar designs que são fáceis de revisar e que podem ser transformados em protótipos de mais alto níveis, o que reduz bastante o custo de desenvolvimento.</p> <p>Deixa como sugestão para a modelização, a combinação de dois softwares utilizados na metodologia EGDA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• WEEV, software que auxilia os desenvolvedores a projetar um game;</li> <li>• Adventure, software de prototipagem de alto nível para games.</li> </ul> <p>Esses softwares poderão ser utilizados para desenvolver os componentes externos (interfaces, layout, objetos, relações entre objetos e funcionalidades do game).</p>
Modelo pesquisa-ação	Contribui na etapa de teste de usabilidade, pois a metodologia Pesquisa-Ação, em sua fase de avaliação, o game é prototipado e passa por uma

	<p>verificação, que é um método de avaliação centrada no usuário, de forma experimental ou empírica, utilizando técnicas de questionamento e métodos.</p> <p>Uma a avaliação que acontece por meio de questionários e entrevistas.</p>
Metodologia de <i>Design</i> e Desenvolvimento (DDR)	<p>Optar por utilização de ferramentas acessíveis a pesquisadores e professores, que mesmo sem conhecimento aprofundado em desenvolvimento de software conseguem criar em sala de aula seus próprios games. Ou seja, a modelagem não vai exigir dos membros da equipe de desenvolvimento experiência em programação de software, uma das premissas da metodologia.</p>
Processo baseado no design centrado no usuário	<p>A característica de desenvolver com foco em observar como o aluno aprende e quais são suas experiências com as tecnologias é premissa da metodologia e isso é importante a ser incorporado, além de utilizar na fase de levantamento de requisitos, entre as sete etapas do design centrado no usuário, utilizar: licitação de usuários, gráficos e validação de casos.</p>

Fonte: Do autor, 2023.

Os demais processos metodológicos apresentados, não tiveram características que consideramos relevantes a serem incorporadas na metodologia proposta, porém, é importante ressaltar que são processos que apresentam relevância em suas especificidades de desenvolvimento e que a partir de uma pesquisa que coloque na prática a proposta da modelização, possam ser revisitadas com uma outra perspectiva não observada no decorrer desta tese.

### 3 ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA E O DESENVOLVIMENTO DE GAMES

O ciclo básico de desenvolvimento de *games* proposto por Chandler (2012), como discutimos no capítulo anterior, é alicerçado na teoria da Engenharia de *Software*. Se considerarmos que essa tese está direcionada fundamentalmente para o desenvolvimento de *games* educacionais para o ensino de matemática, entendemos que a Engenharia de *Software* não dá conta de muitas de nossas questões, uma vez que não contempla os aspectos didáticos.

Essa articulação da engenharia de *software* e as teorias sobre ensino é contemplada na Engenharia Didático-Informática, conforme proposto por Tiburcio (2016). Segundo ele,

O termo “Engenharia Didático-Informática” constitui-se na utilização dos procedimentos metodológicos de duas engenharias: Didática e de Softwares. Utilizamos tal expressão para designar esse estudo, pois o mesmo fundamenta uma engenharia de software com os contributos teóricos e metodológicos da Engenharia Didática (Tiburcio, 2016. p.48).

Considerando que a Engenharia Didático-Informática é a metodologia que mais se aproxima aos processos do desenvolvimento de *games* articulado ao ensino, neste capítulo vamos discutir as bases teóricas da EDI, que são os elementos tecnológicos da Engenharia de Software e os processos da Engenharia Didática, para propor uma articulação da EDI e os elementos dos Processos de Desenvolvimento de *Games*.

O capítulo inicia com a contextualização da Engenharia de *Software* (ES) e da Engenharia Didática, com foco nos elementos que são base para EDI. Cabe destacar que esse capítulo não é apenas parte da fundamentação teórica desse estudo. Ele configura-se, também, como um debate teórico-analítico essencial para caracterizar a nossa tese, em consonância com os objetivos por nós propostos.

### 3.1 A ENGENHARIA DE SOFTWARE

A indústria do desenvolvimento de *software* se dedica, desde o início da década de 70, à adoção de processos efetivamente industriais para a produção de um *software*. Um dos grandes problemas, à época, foi a desorganização ao planejar e efetivar todo o processo de desenvolvimento. Por outro lado, a crescente necessidade mundial de *softwares* cada vez mais complexos desorientava os desenvolvedores, ocasionando vários problemas como cronogramas atrasados, orçamentos estourados, *software* de baixa qualidade, não gerenciáveis, difíceis de manter e evoluir. Essa característica marcou o que foi chamado de “Crise do Software” (Sommerville, 2019).

O autor explica que, inicialmente proposto em 1968, o conceito de engenharia de *software* surge durante uma conferência da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), nessa conferência alguns participantes passaram a divulgar o termo “crise do software”, que estava relacionado a uma não evolução dos *softwares*, que não conseguiam acompanhar o desenvolvimento dos computadores (os *hardwares*), pois estes, tinham ficados poderosos, era uma evolução necessária em toda cadeia de produção. Basicamente, a produção de um *software* custava mais do que o previsto, passavam do prazo de entrega, o que em muitos casos, os tornavam obsoletos, isso quando os projetos não eram simplesmente cancelados.

Para Pressman (2011), o termo mais adequado não seria “crise”, e sim, “aflição” de *software*, alusão a um conjunto de problemas que eram encontrados no desenvolvimento de *software*, em decorrência da crescente demanda de desenvolvimento de *software* e de acompanhar a demanda por sistemas cada vez mais complexos que atendessem a desafios reais. Ainda segundo o autor, foi necessário o desenvolvimento de novas técnicas e métodos para controlar a complexidade inerente aos grandes sistemas de *software* e melhorar as atividades envolvidas no seu desenvolvimento. A solução foi empregar os aspectos da engenharia tradicional, baseada em uma relação adequada de custo/benefício do produto, que não falhasse e que fosse eficiente em toda cadeia de produção de um *software*.

Assim, a Engenharia de *Software* (ES) surge como solução para a demanda crescente por *software*, dentro de custo e prazo adequados. Para Pressman (2011), ela pode ser resumida como uma tecnologia em camadas ou níveis (figura 9).

Figura 9 - Camadas da Engenharia de *Software*



Fonte: Pressman, 2011, p.39.

De acordo com o autor, a base de sustentação da ES é o foco na qualidade do *software*, sendo a qualidade, na Engenharia de *Software*, baseada nos conceitos de gerenciamento da qualidade total para a melhoria contínua dos processos, sendo essa uma abordagem organizacional para obter sucesso a longo prazo com os clientes. Na camada de *processo*, busca-se a integração entre as camadas de *métodos* e *ferramentas*, com o propósito de atender aos prazos e desenvolver em perfeita conformidade os processos. Os *métodos* correspondem ao conjunto de tarefas, que incluem análise de requisitos, projeto, implementação, testes e manutenção. Por fim, a última camada entrega as *ferramentas* necessárias para a automatização (Pressman, 2011, Hirama, 2011).

Sommerville (2019) define a ES como,

(...) uma disciplina da engenharia que está relacionada com todos os aspectos da produção de *software*, desde os estágios iniciais de especificação de sistema até a sua manutenção, depois que este entrar em operação (Sommerville, 2019, p.5).

Pressman (2011) define a ES como,

A engenharia de *Software* é o estabelecimento e o emprego de sólidos princípios de engenharia de modo a obter *software* de maneira econômica, que seja confiável e funcione de forma eficiente em máquinas reais (Pressman, 2011, p.39).

No entanto, existe uma distância entre o que é proposto na Engenharia de *Software* e o que é aplicado nos desenvolvimentos de *software*. É necessário

entender que os processos da ES são diferentes, dependendo do *software* que vai ser desenvolvido, da sua finalidade, de usuários e recursos à disposição. As ações e atividades realizadas na criação de algum produto, ou seja, os processos de *software*, não seguem uma prescrição rígida; ao contrário, eles se adequam às pessoas envolvidas no processo e definem os conjuntos de tarefas a serem realizadas (PRESSMAN,2011). Ainda segundo o autor, uma metodologia genérica para o desenvolvimento de um projeto de *software*, independentemente do tamanho ou complexidade, é alicerçada em cinco atividades, descritas no quadro 05 abaixo:

Quadro 5 - Atividades de um processo de *software*

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO
<b>Comunicação</b>	Comunicação com o cliente, com o objetivo de entender o propósito do projeto e levantar as necessidades que ajudarão a definir as funções e características do <i>software</i> .
<b>Planejamento</b>	Plano do projeto de <i>software</i> ou mapa, que é o caminho que guia o trabalho da ES, e descreve as técnicas a serem conduzidas, os riscos prováveis, os recursos necessários, os produtos resultantes e o cronograma de trabalho.
<b>Modelagem</b>	O “esboço” ou ideia do todo, quando são criados modelos para entender as necessidades do <i>software</i> e o projeto que atenderá a essas necessidades.
<b>Construção</b>	Geração de códigos (programação) e testes (revendo erros de codificação)
<b>Emprego</b>	Entrega do <i>software</i> e validação.

Fonte: Pressman (2011).

Pressman (2011) cita outras atividades de apoio à metodologia do processo, que, segundo o autor, ajudam a equipe de desenvolvimento a controlar o processo, gerenciar a qualidade, as mudanças e o risco. São elas:

**Controle e acompanhamento do projeto** – possibilita que a equipe avalie o progresso em relação ao plano do projeto e tome as medidas necessárias para cumprir o cronograma. **Administração de riscos** – avalia riscos que possam afetar o resultado ou a qualidade do produto/projeto. **Garantia da qualidade de software** – define e conduz as atividades que garantem a qualidade de software. **Revisões técnicas** - avaliam artefatos da engenharia de software, tentando identificar e eliminar erros antes que se propaguem para as atividades seguintes. **Medição** – define e coleta medidas (do processo, do projeto e do produto). Auxilia na entrega do *software* de acordo com os requisitos; pode ser usada com as demais atividades (metodológicas e de apoio). **Gerenciamento da configuração de software** – gerencia os efeitos das mudanças ao longo do processo. **Gerenciamento de reusabilidade** – define critérios para o reuso de artefatos (inclusive componentes de *software*) e estabelece mecanismos para a obtenção de componentes reutilizáveis. **Preparo e produção de artefatos de software** – engloba as atividades necessárias para criar

artefatos como, por exemplo modelos documentos, logs, formulários e listas (Pressman,2011, p.41-42).

Como declarado anteriormente, todas essas atividades são tratadas como universais. A ES não deve ser um processo seguido à risca, porém, isso não significa que o processo seja desorganizado, e, sim, permite que ele seja adaptável ao problema, ao projeto, à equipe e à cultura organizacional, de maneira ágil (Pressman, 2011). Essa característica não torna o processo de *software* informal, ela permite agilidade, adaptabilidade e flexibilidade. Pressman (2011) ressalta que os modelos ágeis de processo são abordagens que conduzem à produção de *softwares* mais eficientes. Sommerville (2019) concorda com essa ideia e afirma que em *softwares* de negócios, os requisitos são frequentemente alterados; assim, um processo flexível e ágil é provavelmente mais eficaz.

Como o foco da pesquisa tem como um dos referenciais teóricos os elementos da ES que são pilares para a EDI, vamos resgatar aqui apenas os citados por Tiburcio (2020).

O autor traz para a EDI, os seguintes aspectos da ES:

- Composição e organização das equipes de desenvolvimento;
- Princípios ágeis;
- Ciclo de vida do *software*;
  - Requisitos;
  - Desenvolvimento;
  - Validação;
  - Manutenção/Evolução.

As próximas seções apresentamos os aspectos da Engenharia de Software que são integrados na Engenharia Didático-Informática.

### **3.1.1 Princípios Ágeis**

A ES ágil especifica que o desenvolvimento de *software* é realizado com a ajuda dos “outros”. Pressman (2011) cita como um dos principais pilares desse processo é a comunicação contínua entre desenvolvedores e clientes. Segundo o autor, ES ágil parte da relação dos princípios de desenvolvimento com a filosofia

ágil, que defende: simplicidade no desenvolvimento; o mínimo de artefatos de ES; equipes pequenas e altamente motivadas; desenvolvimento utilizando métodos informais; e satisfação do cliente e entrega incremental prévia.

Os princípios dos modelos ágeis foram colocados no Manifesto Ágil, e assinados por vários pesquisadores da área, entre os quais *Martin Fowler*, *Alistair Cockburn* e *Robert Martin* (AGILE, 2011). O manifesto estabelece o seguinte:

Nós estamos descobrindo formas melhores de desenvolver software fazendo e ajudando outros a fazer. Através desse trabalho chegamos aos seguintes valores:

a) Indivíduos e interações estão acima de processos e ferramentas b) Software funcionando está acima de documentação compreensível. c) Colaboração do cliente está acima de negociação de contrato. d) Responder às mudanças está acima de seguir um plano. Ou seja, enquanto forem valorizados os primeiros, os outros valerão mais (Agile, 2011).

O modelo ágil não apresenta uma “receita de bolo”, com instruções prévias ou fases a serem executadas; a essência são os valores humanos e sociais, diferente do que propõem os modelos tradicionais ou prescritivos. Os modelos tradicionais são baseados em especificações completas de requisitos, projetos, construção e testes, e não atendem a um desenvolvimento rápido de *software*. Quando os requisitos mudam ou quando os problemas aparecem, o projeto precisa ser retrabalhado e serem realizados novos testes; conseqüentemente o cronograma não é cumprido e o *software* é entregue muito depois do originalmente especificado. Isso não implica, todavia, em entender o modelo ágil como modelos de processos menos complexos ou simplistas. Não se trata apenas de simplicidade, mas de focar mais nos resultados que no processo (Sommerville, 2019).

Paula Filho (2012) compara as situações favoráveis aos métodos ágeis e aos métodos tradicionais. A tabela 01 resume algumas características que estão sendo citadas no texto.

Tabela 1 - Metodologias ágeis x Tradicionais

Área	Característica	Ágeis	Tradicionais
Desenvolvedores	Cultura	Mais informal	Mais formal
	Tamanho equipe	Menor	Maior
Clientes	Relacionamento	Cooperativo	Formal
	Localização	Próxima	Distante
Requisitos	Natureza	Emergente	Bem conhecidos
	Variabilidade	Alta	Baixa
Arquitetura	Foco	Solução Imediata	Expansibilidade
Projeto	Tamanho	Menor	Maior

Fonte: Adaptado Paula Filho (2012).

Ainda segundo Sommerville (2019), em ambientes de negócios que mudam constantemente as dinâmicas das interações, quando solicitada uma solução de *software* cuja produção demora, podem ser causados problemas reais. Um *software*, quando finalmente entregue ao cliente, pode não mais atender a sua necessidade inicial. Segundo ele, a razão original para sua aquisição de um software específico pode ficar obsoleta. Portanto, os negócios exigem agilidade no desenvolvimento e entrega de soluções rápidas. Um requisito específico que hoje é importante, no dia seguinte pode não ser mais essencial, causando prejuízo aos clientes e empresa de desenvolvimento de software.

Existe um conjunto significativo de modelos atuais que são considerados metodologias ágeis. Alguns são até muito diferentes entre si, mas praticamente todos consideram como pontos fundamentais em seu funcionamento o seguinte conforme descrito no quadro 06:

Quadro 6 - Pontos fundamentais das metodologias ágeis

Ponto	Descrição
Os processos de especificação	Não há uma especificação detalhada de sistema e a documentação do projeto é minimizada; O documento de requisitos define apenas as características mais importantes do sistema.
O sistema desenvolvido em incrementos	Os usuários finais participam da especificação e da avaliação de cada incremento; Pode ser proposta alteração e novos requisitos.
Sistema de desenvolvimento iterativo	Interfaces criadas rapidamente por desenho ou inserção de ícones na interface.

Fonte: Adaptado Sommerville (2011).

O sentido de desenvolvimento incremental da ES ágil possibilita a entrega do *software* em incrementos, em vez de em um único pacote. Essa característica acelera a entrega dos serviços aos clientes e engaja o usuário com o sistema. Para Sommerville (2011), o engajamento do usuário com o sistema possibilita que os clientes vejam os requisitos, na prática, e especifiquem mudanças para serem incorporadas nos incrementos posteriores. Paula Filho (2012) cita também a importância dos métodos ágeis, por serem mais relacionados às atividades cooperativas do que no formalismo e na documentação escrita.

Essa aproximação dos usuários, considerando o contexto educacional (educadores, alunos e sistema escolar) e desenvolvedores possibilitado pela ES Ágil, consegue preencher uma lacuna e dificuldades das metodologias para a produção de *softwares* com intenções didáticas, que é conseguir definir objetivos a serem seguidos e como implementar soluções mais próximas à realidade educacional. Apesar de existirem uma série de esforços para descobrir soluções para o ensino e aprendizagem com a utilização de *softwares* educativos, um dos problemas que a ES Ágil consegue solucionar é como dar ênfase a participação dos envolvidos (usuários) na situação educacional que o *software* pretende atender.

Tiburcio (2020) compreende que a ES ágil traz benefícios que são agregados à EDI, pois considera a participação dos usuários no processo de desenvolvimento essencial. O autor cita as metodologias ágeis, como favoráveis ao fortalecimento do trabalho da equipe, as interações e o envolvimento de toda equipe multidisciplinar na construção de um *software*.

Compreendendo as principais características da metodologia ágil, Tiburcio (2020), lista como pilares a serem incorporados na EDI os seguintes princípios:

- Aproximação dos usuários no processo;
- Consideração dos requisitos levantados pelos usuários;
- As habilidades e conhecimentos da equipe (transdisciplinar);
- As mudanças constantes dos requisitos;
- Simplicidade na produção.

### 3.1.2 Ciclo de Vida do Software

Em um processo de desenvolvimento de *software*, citado no início deste capítulo, o ponto de partida para a arquitetura de um processo é a escolha de um modelo de ciclo de vida. No âmbito da ES, apenas ciclos de vida, também chamados de processos, precisam ser diferenciados de “projetos”. De acordo com CRUZ (2013), o projeto diz respeito a atividades temporárias, destinadas a produzir um produto ou serviço, executado por um grupo de pessoas. O processo, citado por Wazlawick (2013), é o conjunto de regras que definem como um projeto deve ser executado.

Aqui vamos tratar o termo *processo* como um ciclo de vida, pois se refere ao ciclo que o *software* cumprirá durante o período compreendido entre sua concepção e sua descontinuidade. Wazlawick (2013) descreve que um ciclo de vida possui vantagens para o desenvolvimento de um projeto de *software*, tais como:

- Redução no tempo de treinamento, já que funções e procedimentos bem definidos e documentados facilitam a inclusão de novo membro na equipe de trabalho;
- Produção de artefatos mais uniformizados, uma vez que a previsibilidade do processo ajuda a equipe a trabalhar de forma mais padronizada;
- Transformação de experiências em valor, considerando que a sistemática utilização do procedimento poderá aperfeiçoá-lo com o tempo.

Os ciclos de vida podem conter divisões em sua estrutura: as fases - um conjunto de atividades afins e com objetivos bem definidos são realizados em uma fase. O modelo cascata de desenvolvimento, por exemplo, apresenta fases bem definidas, qual seja, a fase dos requisitos, a fase do projeto, da programação e assim por diante. As Atividades ou tarefas - comumente descritas com conceitos semelhantes - constituem um projeto em pequena escala. Elas visam promover modificações nos artefatos do processo, que podem ser descritos como diagramas, documentos, programas e tudo o que puder ser desenvolvido no processo. As atividades devem possuir entradas, saídas, responsáveis, participantes e recursos bem definidos (Pressman, 2011, Paula Filho, 2012; Sommerville, 2019).

Há, no entanto, certos modelos de processos ditos prescritivos, que contêm descrições de como as atividades são realizadas. Pressman (2011) cita que, originalmente, para organizar a área de desenvolvimento de *software*, estes modelos, os prescritos, foram criados. Mas, segundo o autor, os modelos tradicionais contribuem fornecendo um roteiro razoavelmente eficaz para as equipes de *software*. São modelos aplicados há anos, que se esforçam em estruturar o desenvolvimento de *software*. Pressman (2011) explica que esses modelos sugerem fluxos diferentes, de acordo com cada processo ou etapa do desenvolvimento, porém, todos efetivam o mesmo conjunto de processos metodológicos genéricos (comunicação, planejamento, modelagem, construção e emprego).

Os modelos genéricos descrevem a organização de processos de software. Tiburcio (2020) resume as vantagens e desvantagens dos modelos de ciclos de vida de software:

- Modelo Cascata
  - Vantagens – funciona bem para equipes tecnicamente mais fracas; e produz documentação em cada fase;
  - Desvantagens – estrutura rígida e procedimentos inflexíveis; não reconhece a necessidade de retornar às fases anteriores e corrigir erros; Versão operacional do sistema apenas disponível numa fase avançada.
- Modelo Prototipagem
  - Vantagens - Apresenta resultados sem necessitar de toda a informação no início do projeto; é útil quando os requisitos mudam rapidamente e o utilizador está relutante em aceitar um conjunto de requisitos; e ajudam a definir os requisitos.
  - Desvantagens - Pode levar a falsas expectativas, isto é, o utilizador muitas vezes pensa que o *software* está terminado; Pacotes de softwares pobres, devido ao objetivo principal do método, o desenvolvimento rápido; É impossível determinar com exatidão o tempo que o projeto vai demorar a ser desenvolvido; Não há forma de saber o número de iterações que serão necessárias;

- Modelo Espiral
  - Vantagens - As iterações iniciais do processo de desenvolvimento são menos dispendiosas, permitindo que as tarefas de maior risco sejam concebidas com menor custo; e componente de análise de risco disponibiliza uma ferramenta de medida.
  - Desvantagens - Aplicação complexa, implicando muitos anos de prática para aplicar o método com eficácia.
- Modelo Ágil
  - Vantagens - Os utilizadores (clientes) estão envolvidos ativamente durante projeto;
  - Desvantagens - Não são adequados para pacotes de software grandes, estáveis e com requisitos bem definidos; e os pedidos informais para melhorias, após cada fase podem gerar confusão.

Para Tiburcio (2020), a EDI é alicerçada em fundamentos da ES, assim as principais atividades do processo de desenvolvimento de *software* são seguidas, porém, o caminho não é guiado por uma instrução definida, ou seja, como se utilizasse um manual com os passos a serem realizados, com a finalidade de construir um software. O autor elenca as atividades fundamentais e comuns aos ciclos acima apresentados, que na próxima seção serão discutidos: Especificação (Requisitos), desenvolvimento, validação e manutenção/Evolução.

### 3.1.2.1 Requisitos

O levantamento e análise dos requisitos de um *software* se caracteriza como uma das principais etapas do desenvolvimento. O requisito tem a responsabilidade de estabelecer pontes para o projeto e para a construção. A fase de requisitos de *software* preocupa-se com a concepção, análise, especificação e validação das propriedades que devem ser apresentadas para resolver tarefas relacionadas ao *software* que será desenvolvido (Pressman, 2011; paula Filho, 2012). Eles são as características que definem os critérios de aceitação de um *software* e tem por

objetivo colocar nos *softwares* as características que são apresentadas, por exemplo, pelos clientes/usuários. Segundo os autores, os requisitos expressam as necessidades e restrições colocadas num produto de *software*, que contribuem para a solução de algum problema do mundo real (Pressman, 2011; Paula Filho, 2012; Wazlawick, 2013; Sommerville, 2019).

Na definição dos requisitos, a atividade executada por um profissional especialista em requisitos tem a oportunidade de aprimorar a alocação das funções do *software*, além de supri-lo com a especificação de requisitos, que é o documento fundamental no relacionamento entre o usuário e desenvolvedor (Wazlawick, 2013). Para Pressman (2011), a Engenharia de Requisitos (ER) é a ferramenta para entender o desejo do cliente, ou seja, ela permite analisar as necessidades, avaliar a viabilidade, especificar sem erros, propondo uma solução razoável, ao mesmo tempo que o desenvolvimento é realizado. As responsabilidades da ER na ES, citadas por Pressman (2011), são as seguintes: concepção, levantamento, elaboração, negociação, especificação, validação e gestão.

Os elementos da Engenharia de Requisitos, segundo Tiburcio (2020), como uma área de conhecimento, são importantes pois permitem obter, analisar, especificar e validar os requisitos para a construção de um software. O autor cita, ainda, que o ponto central da Engenharia de Requisitos - ER é permitir o estabelecimento de uma base sólida para o projeto e para a construção do software. Sem ER a produção de um *software* tem grande possibilidade de não atender às necessidades dos usuários.

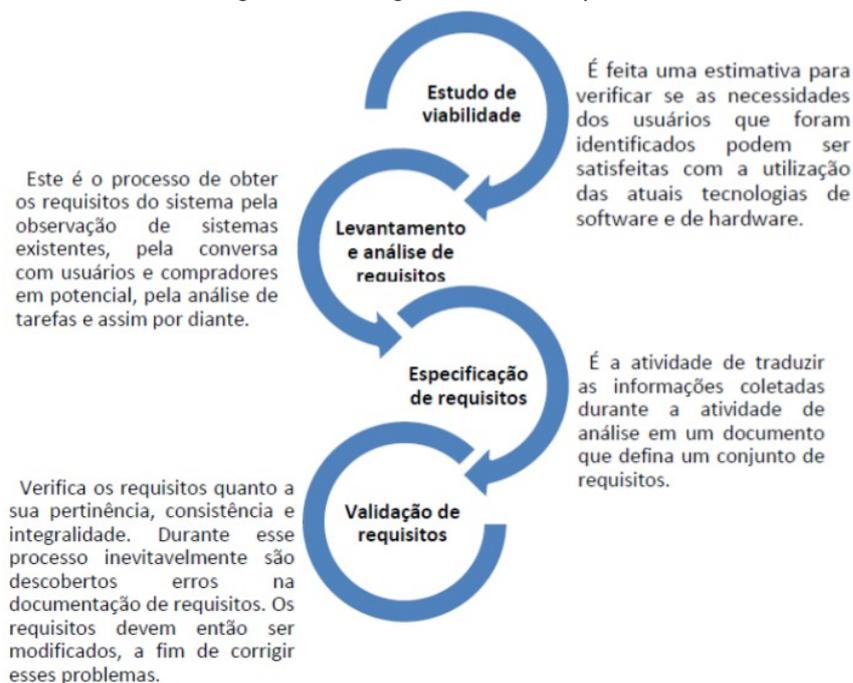
A classificação dos requisitos que norteiam a EDI tem como referência a sugerida por Sommerville (2011), que são, respectivamente, os requisitos de usuário e os requisitos de sistema. Os requisitos de usuário são os serviços que se espera que o sistema execute e as restrições às quais ele deve obedecer. Em relação aos requisitos de sistema, esses definem as funções que serão implementadas, por exemplo, enviar uma um boleto de cobrança, gerar um determinado relatório definido em contrato entre o cliente e o desenvolvedor.

Tiburcio (2020) cita que os requisitos de usuário são mais compreensíveis pelos usuários do sistema, que na EDI são os professores, educadores, estudantes

e em sua maioria não compreendem jargões técnicos nem notações estruturadas ou formais do software. Segundo Sommerville (2011), os requisitos de usuário devem descrever os requisitos funcionais e não funcionais, que sejam compreensíveis pelos usuários do sistema que não possuem conhecimento técnico detalhado. Para isso, são utilizadas linguagens simples, com tabelas, formulários simples e diagramas intuitivos.

O processo de criar e manter um documento de requisitos inclui estudo de viabilidade, elicitac o e análise, especifica o, valida o e gerenciamento de requisitos (Pressman, 2011; Paula Filho, 2012; Wazlawick, 2013; Sommerville, 2019). Tiburcio (2020, p.54) representa o processo de ER com o diagrama 03, a seguir, apresentando contribui o da ER para EDI.

Diagrama 3 - Engenharia de Requisitos



Fonte: Tiburcio, 2020, p.54.

O Estudo de viabilidade, foca e procura resolver uma série de questões, entre elas, se o *software* contribui para os objetivos da empresa, se será implementado atendendo às demandas tecnológicas atuais, dentro dos custos e prazos, e se pode ser integrado com outros sistemas (Sommerville, 2019). Conforme destacado no diagrama elaborado por Tiburcio (2020), se o atendimento das demandas solicitadas

pelos usuários (professores, alunos, pesquisadores e outros) serão satisfeitas com as atualizações das tecnologias de *software* e *hardware*. Nessa etapa é importante entender que as ações do estudo de viabilidade devem nortear o trabalho de levantamento de requisitos. No primeiro momento é necessário entender o que o cliente precisa, em vez do que o cliente quer; no entanto, é muito comum que os clientes não saibam precisamente do que necessitam ou que tenham dificuldade em expressá-lo.

O processo de levantamento e análise de requisitos é bastante genérico, dependente de fatores locais, como o nível de conhecimento da equipe e dos usuários, da característica do *software* a ser desenvolvido e dos padrões utilizadas. As Atividades de levantamento de requisitos são descritas no quadro 07.

Quadro 7 - Atividades de levantamento de requisitos

<b>Atividade</b>	<b>Descrição</b>
Obtenção de requisitos	Processo de interação com os <i>stakeholders</i> <sup>4</sup> no sistema para coletar seus requisitos. Os requisitos de domínio são também descobertos durante essa atividade, provenientes dos <i>stakeholders</i> e da documentação,
Classificação e organização de requisitos	Essa atividade envolve a coleção de requisitos não estruturados, agrupa os requisitos relacionados e os organiza em conjuntos coerentes.
Priorização e negociação de requisitos	Inevitavelmente, quando vários <i>stakeholders</i> participam do processo, os requisitos são conflitantes. Esta atividade está relacionada à priorização de requisitos, à procura e à resolução de conflitos de requisitos por meio da negociação.
Documentação de requisitos	Os requisitos são documentados. Podem ser produzidos documentos de requisitos formais e informais.

Fonte: Sommerville, 2011, p.99.

Os requisitos podem ser levantados com base em sistemas existentes, na análise de tarefas e usuários, que na EDI são professores e alunos (Tiburcio, 2020). Sommerville (2019) afirma que as fontes de levantamento de informações, durante o levantamento de requisitos, incluem, além da documentação, todas as pessoas ou grupos que são ligados direta ou indiretamente pelo sistema.

4 O termo Stakeholder é usado para se referir a qualquer pessoa ou grupo afetado pelo sistema, direta ou indiretamente (Sommerville, 2019, p.98).

Concluído o levantamento, tem início a análise de requisitos. Essa análise deve considerar, inicialmente, quais requisitos que descrevem as funções executadas pelo software, por exemplo, formatar algum texto ou imprimir um relatório. Estes requisitos são classificados como “funcionais”. Os requisitos funcionais definem a funcionalidade que o *software* deve prover, com o objetivo de capacitar os usuários a realizarem suas tarefas (Pressman, 2011; Paula Filho, 2012; Wazlawick, 2013; Sommerville, 2019).

Ainda segundo os autores citados anteriormente, em relação à especificação de propriedades, como, por exemplo, tempo de resposta, armazenamento, memória, esses são classificados nos requisitos “não funcionais”, não se caracterizando como relações específicas do *software*.

A partir da documentação dos requisitos, a especificação estabelece uma relação entre o cliente e desenvolvedores. O documento de especificação descreve para o usuário, em uma linguagem natural, as estimativas reais de custos, risco e cronograma (Paula Filho, 2012). A especificação pode beneficiar os usuários e os demais envolvidos, como visto em IEEE (2004):

1. Estabelece a base para a concordância entre clientes e fornecedores, naquilo que o software deve produzir;
2. Reduz o esforço para o desenvolvimento. Uma revisão cuidadosa dos requisitos pode trazer à tona omissões e falhas em fases iniciais no ciclo de desenvolvimento quando esses problemas são mais fáceis de corrigir;
3. Fornece a base para estimativa de custos e agendas. A descrição do produto a ser desenvolvido é uma base realista para a estimativa dos custos do projeto e pode ser usada como referência de preço do produto; e
4. Fornece uma linha de base para validação e verificação. As organizações podem desenvolver seus planos de validação e verificação de forma muito mais produtiva a partir de uma boa ER.

Por fim, os requisitos necessitam ser validados. Sommerville (2019) explica que a validação se empenha em verificar se os requisitos são realmente os necessários ao

sistema que o usuário solicitou. Existem, de acordo com Sommerville (2019), cinco verificações, conforme descritas no quadro 08.

Quadro 8 - Verificações dos requisitos

<b>Verificação</b>	<b>Descrição</b>
Verificação de validade	Um usuário pode pensar que um sistema é necessário para desempenhar determinadas funções. Contudo, mais estudos e análises podem identificar que funções adicionais e diferentes são necessárias. Os sistemas têm diversos <i>stakeholders</i> com necessidades diferentes e quaisquer conjuntos de requisitos é, inevitavelmente, um compromisso da comunidade de <i>stakeholders</i> .
Verificações de consistência	Os requisitos em um documento não devem ser conflitantes. Isso significa que não devem existir restrições ou descrições contraditórias para a mesma função do sistema.
Verificações de completudeza	O documento de requisitos deve incluir requisitos que definam todas as funções e as restrições desejadas pelo usuário do sistema.
Verificações de realismo	Usando o conhecimento da tecnologia existente, os requisitos devem ser verificados quanto a se realmente podem ser implementados. Essas verificações também devem levar em consideração orçamento e o prazo para o desenvolvimento do sistema.
Facilidade de verificação	Para reduzir o potencial de divergências entre cliente e fornecedor, os requisitos do sistema devem sempre ser escritos no modo que sejam verificáveis. Isso significa que você não deve ser capaz de escrever um conjunto de testes que possa demonstrar que o sistema entregue atende a cada requisito especificado.

Fonte: Sommerville, 2011, p.106.

### 3.1.2.2 Desenvolvimento

O desenvolvimento de um *software* é complexo, exige muito trabalho em equipe. O seu desenvolvimento pode ser comparado ao sistema de funcionamento de uma escola. Necessitam-se professores, alunos, secretaria, diretoria, setor pedagógico, portaria, cantina e outros. Não é possível a realização do plano de ensino do professor sem as ideias de planejamento pedagógico, sem o calendário escolar. Da mesma forma, é necessário realizar as atividades de concepção, engenharia de requisitos, análises e outras, necessárias para chegar no desenvolvimento.

Na etapa do desenvolvimento será determinada como realizar as funções do software. Aspectos como a sua arquitetura, as estruturas de dados, os procedimentos a serem implementados, a forma como o projeto será transformado

em linguagem de programação, a geração de código e os procedimentos de teste devem ser encaminhados nessa fase (Sommerville, 2019; Paula Filho, 2012).

Para Sommerville (2019), uma das características do desenvolvimento ágil, citadas anteriormente, diz respeito aos benefícios dos processos de criação incremental, em que partes, versões ou protótipos do sistema podem ser entregues aos usuários antes da finalização do todo. Segundo ele, uma versão inicial do sistema pode ser disponibilizada aos usuários; esse protótipo, permite demonstrar conceitos, opções do projeto e antecipar possíveis problemas e suas prováveis soluções. O autor cita, ainda, que todos os grupos ou pessoas que são afetados direta ou indiretamente pelo sistema podem experimentar o protótipo mais cedo no processo.

Os protótipos podem ser utilizados em várias fases do desenvolvimento. Na ER podem ajudar na descoberta e validação dos requisitos do sistema, no projeto um protótipo de alta-fidelidade, pode contribuir na criação da *interface* com o usuário e soluções específicas. No processo de teste, um protótipo é usado na realização de teste completos com o sistema que será entregue para o usuário (Sommerville, 2019). Para Tiburcio (2020), os protótipos dão aos usuários a possibilidade de validar se o sistema atende as necessidades do usuário, além disso, demonstrarem quais são os pontos positivos e negativos do sistema, os requisitos não identificados em outras fases, e revelarem novos requisitos necessários.

### 3.1.2.3 Verificação e Validação (V&V)

Verificação e Validação (V&V) permite identificar e corrigir problemas nas atividades de desenvolvimento para aumentar a produtividade de novos projetos de software. Pressman (2021, p.341) diferencia Verificação e Validação (V&V): o papel da primeira é “verificar se o *software* está de acordo com as suas especificações”, já a segunda é “assegurar que o sistema de *software* atenda às expectativas dos clientes”. Ainda, segundo o autor, os processos têm como principal objetivo estabelecer a confiança que o *software* realiza e analisar se está adequado para o

que foi proposto. O nível de confiabilidade é determinado de acordo com a finalidade do *software*, expectativas dos usuários e ambiente de mercado.

Tiburcio (2020) descreve três estágios de validação de software (quadro 09), baseados em testes, a saber: testes de desenvolvimento, testes de sistema e testes de aceitação, conforme mostra o quadro a seguir.

Quadro 9 - Estágio de Validação de software

<b>Estágio de validação</b>	<b>Descrição</b>
Testes de desenvolvimento	Testado pelos desenvolvedores. Cada componente é avaliado de forma independente, separado dos outros. Os componentes podem ser entidades simples, como funções do software ou classes de objetos (menus e funcionalidades), ou podem ser agrupamentos dessas entidades.
Testes de sistema	Os componentes são integrados para criar um sistema completo. Esse processo se preocupa em encontrar os erros resultantes das interações inesperadas entre componentes e problemas de interface. Também visa mostrar que o sistema satisfaz seus requisitos funcionais e não funcionais, bem como testar as propriedades emergentes do sistema
Testes de aceitação	Antes que o sistema seja aceito para uso operacional ele deve ser testado com dados fornecidos pelo cliente, e não com dados advindos de testes simulados. O teste de aceitação pode revelar erros e omissões na definição dos requisitos do sistema, pois dados reais exercitam o sistema de formas diferentes dos dados de teste.

Fonte: Tiburcio,2020, p.57.

Sommerville (2019) ressalta que, apesar da realização de inspeções durante o processo de desenvolvimento, os testes serão sempre a técnica principal de verificação e validação de *software*, e à medida que descobre defeitos no programa que está sendo testado, há uma oportunidade de alterar o programa para corrigir os seus defeitos.

Requisitos incompletos e incorretos indicam problemas no software que podem ocasionar falhas, caso não sejam corrigidos durante a operação e uso do software. Essas falhas levam a defeitos de desenvolvimento, que segundo Sommerville (2019), acontecem em qualquer fase de desenvolvimento do *software*. Então, ele sugere que a fase de V&V deve ser aplicada em todo o ciclo de desenvolvimento (Pressman, 2011).

Outras maneiras de verificar erros ou defeitos é pelo tipo de dano que eles podem causar no *software*. Alguns podem ser corrigidos rapidamente e não causam mau funcionamento do *software*. São considerados erros pequenos, como, por exemplo, erro de digitação e omissões em textos. Os erros relacionados às especificações que podem causar mau funcionamento do *software*, como uma falha no código, são considerados erros grandes. E, por fim, os que podem comprometer o projeto, implicando na necessidade de refazer todo sistema, ou parte dele, e a recodificação do *software*, os erros sérios.

### 3.1.2.3 Manutenção/Evolução

Assim como qualquer outro produto, o *software*, ao longo do tempo, sofrerá uma deterioração da qualidade, sendo necessário o processo de manutenção para manter sua característica. A redução do padrão de funcionamento pode ocorrer por falhas detectadas, requisitos que não foram atualizados e *softwares* mais avançados, que são lançados no mercado. Um processo geral de mudanças pode ser desencadeado após a entrega ao cliente. As mudanças podem ser para correção de erros simples, erros de projeto ou melhoria significativas para novos requisitos (Sommerville, 2019).

As categorias de manutenção, descritas por Sommerville (2019) são:

- Manutenção para reparo de defeitos de software – erros de codificação, geralmente mais baratas, diferente dos erros de projetos, que podem envolver a reescrita de diferentes componentes, e os erros de requisitos, que podem ocasionar a necessidade de reprojeto.
- Manutenção para adaptar o software a um ambiente operacional diferente – manutenção necessária quando a plataforma de *hardware* ou *software* é diferente dos requisitos de implantação do *software*. Por exemplo, o *software* foi desenvolvido para um sistema operacional proprietário, porém o cliente mudou todos os sistemas operacionais da empresa para *softwares* livres.

- Manutenção para adicionar funcionalidade ao sistema ou modificá-lo – quando os requisitos mudam em respostas às mudanças das rotinas operacionais dos usuários.

Essas manutenções possuem várias nomenclaturas, porém, os pesquisadores referendados em nosso estudo utilizam manutenção corretiva, manutenção adaptativa e manutenção evolutiva. Tiburcio (2020) explica que uma manutenção corretiva é uma forma genérica, para se referir a uma correção de um determinado defeito, neste caso, um defeito no software. Porém, quando existe a necessidade de adicionar uma nova funcionalidade, isso leva à realização de uma manutenção adaptativa, por exemplo, o software precisa se adaptar a uma nova plataforma de hardware ou sistema operacional. Por último, quando existe a necessidade de aperfeiçoamento ou melhorias, para que o sistema evolua e não fique obsoleto, esse último tipo chamado de manutenção evolutiva.

O processo de evolução do software é necessário para evitar a obsolescência do software, prolongando sua vida útil. Caso tal evolução não seja feita, o software pode chegar a ser aposentado. Para que isso não venha acontecer Tiburcio (2020, p. 58) explica o seguinte:

A etapa de manutenção/evolução é contínua, no sentido de prover novos requisitos e possibilidades de atualizações do software. Ao utilizar as atuais tecnologias digitais de informação e comunicação, como smartphones, computadores, tablets, por exemplo, percebe-se que os softwares (aplicativos) são atualizados com uma frequência intensa. Novas versões, novas funcionalidades, novos menus, correção de erros, enfim, são diversas possibilidades a cada atualização. A interação do usuário com os sistemas e aplicativos proporciona feedbacks importantes para as equipes de construção que estão trabalhando para a evolução dos produtos.

Assim, entendemos que o processo de evolução e manutenção de um *software* é guiado por solicitações e mudanças. Como consequência das mudanças são gerados impactos financeiros, planejamento de versões ou incrementos e implantação.

### 3.2 ENGENHARIA DIDÁTICA

Motivado pela constante mudança dos processos de ensino e aprendizagem ao longo de muitas décadas, a atividade docente se destaca como um dos principais temas pesquisados no campo da educação. Diante deste contexto, é dever do professor propor novas estratégias de ensino, de modo que forneçam aos estudantes experiências que lhes permitam levantar hipóteses, prever, manipular objetos, fazer perguntas, pesquisar, investigar, imaginar e inventar.

O processo tradicional de ensino, baseado no princípio em que o saber é algo dado pelo professor, é substituído por uma concepção de construção ativa de significado. Essa relação fundamenta-se nas proposições construtivistas e/ou construcionistas de aprendizagens, dos pressupostos teóricos de Vygotsky, Piaget e outros (Pommer, 2013; Lima, 2018). Segundo Pommer (2013), para o campo da educação, os aportes teóricos citados, são referências de importantes fundamentos, que proporcionam ao professor criar situações em que o aluno tenha um papel social e participativo na sua aprendizagem.

Segundo Lima (2018), as pesquisas na educação deixaram de preocupar-se apenas com os processos educativos que se referiam unicamente ao ensino e ao processo efetivo do ato de ensinar. Surgiram diversos caminhos de investigação com foco na participação ativa do aluno no processo de ensino e aprendizagem. As pesquisas passaram a observar e valorizar as ações de pensar, agir, refletir e validar os argumentos das questões propostas pelo professor.

Pesquisas dessa natureza foram realizadas por alguns estudiosos da Didática da Matemática, entre eles estava Guy Brousseau, que apesar de compreender que o professor e o aluno eram atores protagonistas do processo de ensino, decide questionar as contribuições do meio (*milieu*) em que a situação é organizada para o ensino de um determinado saber, nomeando esse corpo de conhecimentos como Teoria das Situações Didáticas (Pommer, 2013; Lima, 2018).

Alinhado aos referenciais que tinham como objetivo colocar o ensino como projeto social, Lima (2018) cita que a Engenharia Didática foi inicialmente concebida como uma forma de concretizar os ideais e pressupostos de investigação da Escola

da Didática da Matemática Francesa. A ED tinha duas diferentes finalidades: poderia ser utilizada como referencial metodológico qualitativo ou para a elaboração de situações didáticas mais significativas em sala de aula (Brousseau, 2006).

Segundo Artigue (1996), a Engenharia Didática é um processo empírico que objetiva conceber, realizar, observar e analisar as situações didáticas. A autora pondera que a Engenharia Didática (ED) possui dupla função (conforme já mencionamos): pode ser compreendida como uma produção para o ensino, como também uma metodologia de pesquisa qualitativa.

A ED compreende quatro fases: Análises Preliminares; Concepção e Análise a priori; Experimentação; e Análise a posteriori e Validação.

As *Análises Preliminares* se configuram como uma etapa que pode comportar as seguintes vertentes, de acordo com Almouloud (2007): a de análise do ensino e seus resultados; a análise do estado e dos fatores didáticos dependentes das situações de ensino; o atendimento ao foco e objetivos de pesquisa; a possibilidade de examinar o material didático; como também, ressaltar problema(s) de ensino e aprendizagem e qual ou quais problemas tenta solucionar.

É o momento em que o pesquisador conhece a realidade e o material existente. Nessa fase é realizada uma revisão bibliográfica, o estado da questão ou Estado da Arte. Para Pais (2002),

[...] o objeto é submetido a uma análise preliminar, através da qual se faz as devidas interferências, tais como levantar constatações empíricas, destacar concepções dos sujeitos envolvidos e compreender as condições da realidade sobre a qual a experiência será realizada. Para melhor organizar a análise preliminar, é recomendável proceder a uma descrição das principais dimensões que definem o fenômeno a ser estudado e que se relacionam com o sistema de ensino, tais como a epistemológica, cognitiva, pedagógica, entre outras (Pais, 2002, p.99).

Na *Concepção e Análise a priori* o pesquisador, com base na análise do material existente, organiza e estrutura o caminho, ou seja, constrói o alicerce da pesquisa.

Na fase de concepção e análise a priori, o pesquisador relaciona um determinado conjunto de variáveis, chamadas de variáveis de comando do ensino. Estas, teoricamente, influenciam na construção de um determinado fenômeno, que posteriormente serão analisadas no transcorrer da sequência didática (Pais, 2002).

Para Almouloud (2007), nesta fase o pesquisador elabora uma sequência de situações-problemas e as analisa. Para o autor, são questões simples ou complexas, em situação relativamente matematizadas, permeadas por situações e problemas colocados em um ou muitos domínios de conhecimentos e saberes.

O momento de se colocar em prática todo o dispositivo construído, ou seja, aquele em que o pesquisador deve colocar a mão na massa, é o momento de elaboração de uma sequência didática, que será posta em prática na fase seguinte (Pais, 2002, Almouloud e Silva, 2012).

Na fase de *Experimentação*, segundo os pesquisadores, é necessário apresentar o dispositivo experimental; discutir os objetivos que sustentam o dispositivo; descrever as condições e o contexto da experimentação e aplicar a situação numa sequência didática.

Por fim, na visão dos autores citados, na *Análise a posteriori e validação*, o pesquisador deve organizar e analisar as produções dos alunos, levando em consideração as atividades propostas e as informações produzidas no decorrer da experimentação. É nessa fase, também, que novamente se lança um olhar sobre a Análise a priori, de modo a avaliar se o que ela propunha corresponde ao que o processo como um todo possibilitou desenvolver, ou se alguns elementos ainda precisam ser acrescentados na Análise a priori, de modo a poder ter um melhor controle sobre as variáveis da experimentação.

Ainda do ponto de vista de Almouloud (2007), a ED é uma metodologia de pesquisa que num primeiro momento descreve um esquema experimental, com base em realizações didáticas ocorridas em sala de aula.

Segundo Artigue (1996), a ED pelo seu caráter empírico é associada ao,

[...] ofício do engenheiro que, para realizar um projeto preciso, se apoia sobre conhecimentos científicos de seu domínio, aceita submeter-se a um controle de tipo científico mas, ao mesmo tempo, se vê obrigado a trabalhar sobre objetos bem mais complexos que os objetos depurados na ciência e, portanto, a enfrentar [...] problemas que a ciência não quer ou não pode levar em conta (Artigue, 1996, p. 193).

Uma característica importante da Engenharia Didática é que sua utilização, ao longo dos anos, desde que foi criada, vem trazendo novas possibilidades de estudos

e pesquisas. Essas possibilidades estão, atualmente, sendo divididas em duas vertentes: a Engenharia Didática de primeira geração (conhecida também como Engenharia Didática Clássica) e a Engenharia Didática de segunda geração (que contém atualizações teóricas e metodológicas do referencial inicial) (Almouloud e Silva, 2012).

Na Engenharia Didática de segunda geração o objetivo maior é a produção de recursos que podem ser utilizados pelo professor em sua aula, ou para a formação de professores (inicial ou continuada), fazendo com que os docentes aprendam a matemática, ou compreendam a matemática para o ensino (Almouloud e Silva, 2012). Ainda segundo os pesquisadores, na ED de 2ª geração, “podem-se distinguir dois tipos de engenharias didáticas em função da pergunta inicial da investigação, sendo a Engenharia Didática para a Investigação (IDR) e a Engenharia Didática de Desenvolvimento (IDD)” (Almouloud e Silva, 2012, p. 28).

O objetivo da Engenharia Didática para a Investigação (IDR), é explorar as situação e capacidades do meio (*milieu*), para a evolução dos conhecimentos dos estudantes, enquanto o professor atua também como pesquisador, contudo, com suas ações investigativas transparentes. Já a ED de Desenvolvimento (IDD) tem o foco na produção de recursos didáticos que auxiliem o professor ou que sejam utilizados para a sua formação (Almouloud e Silva, 2012).

Tiburcio (2020) identifica que os indicativos teóricos e metodológicos da ED de primeira geração, aliados com a IDD (ramificação da ED, de 2ª geração) são os que mais contribuem para a criação de um *software* educativo e, respectivamente, para a implementação da EDI.

A Engenharia Didática, nesta tese, estará presente em dois momentos distintos: o primeiro, a Engenharia como pilar para a EDI; o segundo, como aporte metodológico, a ser descrito no Capítulo 4.

### 3.3 ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA

Na tentativa de conceber uma metodologia de desenvolvimento de *software* que conseguisse considerar além dos aspectos técnicos da engenharia de *software* pura, no desenvolvimento de *softwares* educacionais, Tiburcio (2016) contribui com o campo, através da apresentação da Engenharia Didático-Informática (EDI), uma metodologia que consegue unir os aspectos metodológicos e teóricos das Engenharia de *Software* (ES) e da Engenharia Didática (ED). Os estudos de Ramos (2014) foram fundamentais para o desenvolvimento desse campo. Ao desenvolver uma versão digital do Jogo “Bingo dos Números Relacionais”, Ramos (2014) emprega aspectos metodológicos da ES na ED, base na qual foi desenvolvido o jogo em sua versão tradicional.

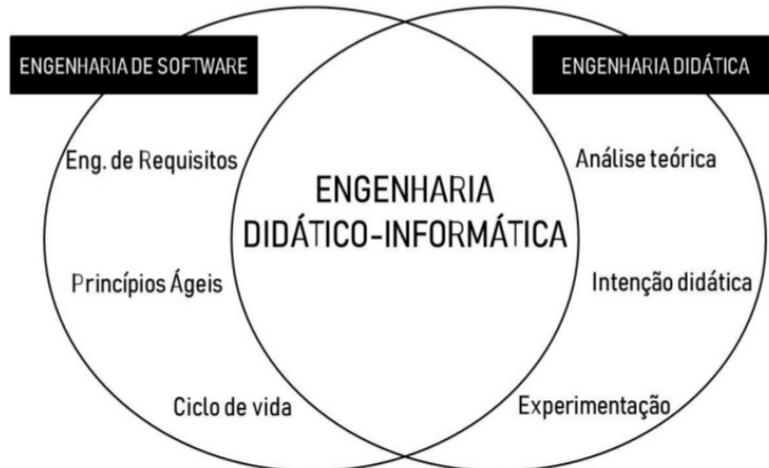
É importante ressaltar que Tiburcio (2020) trata a EDI como sendo uma metodologia que pode fornecer as bases teóricas para o desenvolvimento não só dos softwares educativos de uma tipologia específica, em particular. Seus estudos estavam centrados no desenvolvimento de recursos tecnológicos classificados como micromundos. Para o autor, a Engenharia Didático-Informática é uma metodologia que serve como alicerce para a concepção de outras tipologias de *software*, tais como os *games*, tutoriais, ambientes virtuais de aprendizagem, entre outros recursos tecnológicos educativos, não se restringindo aos micromundos. Com isso, a EDI fornece requisitos teóricos e tecnológicos para diversos tipos de recursos. Justifica-se, assim, a utilização de tal referencial neste estudo, como base teórica que mais se aproxima para os processos de desenvolvimento de *games*.

Alicerçar a pesquisa na EDI evita a construção de um *game* que ignore os aspectos da Educação Matemática e da ES. No desenvolvimento de um *software* educativo é necessário o emprego das técnicas, métodos e análises da ES, associados às referências da Educação (Ramos, 2014; Tiburcio, 2020).

A partir dessa discussão, apresentamos nesta seção os aspectos da EDI fundamentados nas engenharias Didática e de *Software*, que são os seus pilares para, posteriormente (capítulo 5), buscar apresentar uma modelização com os processos e ciclo de desenvolvimento de *games*, apresentados no capítulo 2.

Segundo Tiburcio (2020), as relações-bases estabelecidas, quando comparado as etapas descritas das Engenharias de *software* e Didática, para a concepção de um *software* educativo, são ilustradas no diagrama da figura 10.

Figura 10 - Aportes da EDI



Fonte: Tiburcio, 2020, p. 73.

Tiburcio (2020, p.72) aponta que é importante explicar onde está situada a EDI, com relação aos “estudos de concepção, produção e utilização de tecnologias computacionais para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos”. De acordo com o autor,

[...] a EDI é uma metodologia para a produção de *software* educativos que possui como métodos princípios da Engenharia de Software e da Engenharia Didática, bem como os processos de criação de situações de utilização e situações didáticas propostos nessas duas engenharias[...] (TIBURCIO, 2020, p.74).

As relações de aporte para a EDI são as seguintes: Concepção e análise teórica ou a priori (oriundas da 1ª fase da ED) e o levantamento de requisitos do ciclo de desenvolvimento ágil (oriundo da ES), essa relação possibilita a articulação para a participação dos usuários (professores, alunos e pesquisadores) no processo de desenvolvimento. Sendo também, que essa primeira relação possibilita o surgimento de reflexões sobre a análise teórica dos requisitos iniciais para o desenvolvimento de *softwares* educativos (Tiburcio, 2020).

Ainda segundo o autor, o professor estabelece as situações, e estas são analisadas pelo pesquisador, que busca entender as relações do uso das tecnologias educacionais, tendo o estudante como auxiliar no processo de experiência de uso do *Software* Educacional (SE). Essa análise, segundo o autor, consegue suprir as demandas educacionais de ensino e de aprendizagem, com as tecnologias da informação que contribuem para este processo. Segundo Tiburcio (2020):

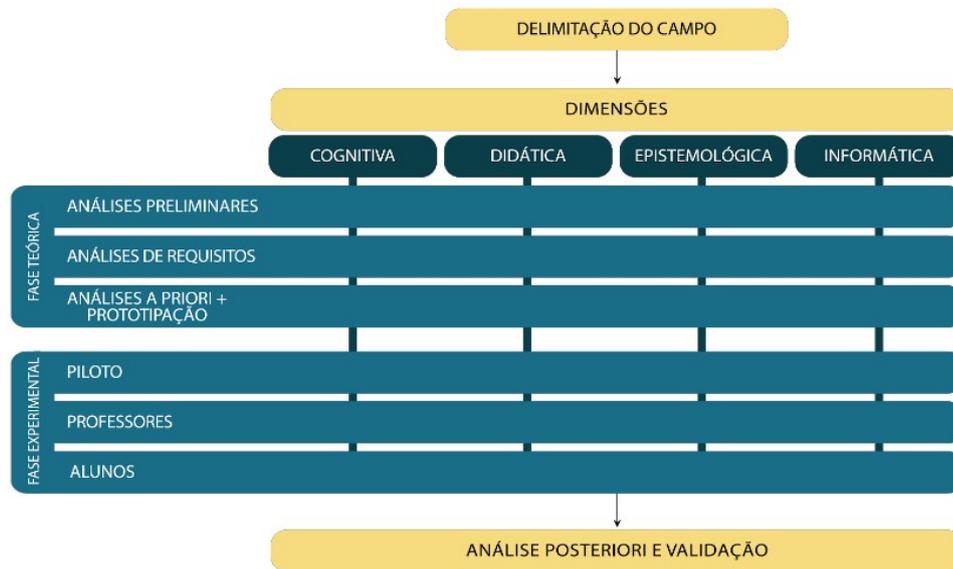
- Intenção didática: o SE é visto como auxiliar do processo de ensino e aprendizagem. Assim é necessário compreender qual a contribuição que o software trará à relação ensino e aprendizagem;
- Experimentação: são as situações reproduzíveis da ED, que consistem em reprodução em contextos e usuários diferentes. Essa experimentação deve criar situações em que o usuário, mesmo com poucas instruções, consiga utilizar o SE;
- Ciclo de Vida: as etapas processarias para começar o desenvolvimento de um SE, terminar toda implementação e posterior evolução.

A primeira versão do modelo de processo de *Software* Educacional, fundamentado na EDI, foi apresentada nas pesquisas de mestrado de Tiburcio, em 2016, porém o modelo passou por três versões em sua pesquisa de doutorado, até chegar na 4ª e última versão. Assim, explicamos o modelo a partir da 3ª versão, que se assemelha às versões iniciais (figura 11), apresentada em formato de *framework*<sup>5</sup>. E na seção 3.1.1 o modelo final, que é apresentado em ciclos.

---

5 Um framework em desenvolvimento de software, é uma abstração que une códigos comuns entre vários projetos de software provendo uma funcionalidade genérica.

Figura 11 - Modelo de processo de *Software* Educacional (*framework*)



Fonte: Tiburcio, 2020, p. 165.

O modelo de Processo de *Software* Educacional (PSE), desenvolvido pelo pesquisador, inicia delimitando o campo ou objeto. Posteriormente, articula as dimensões, cognitiva, didática e epistemológica da ED, mais a dimensão informática, com respectivas situações da ES. Esse processo se dá, segundo Tiburcio (2016), inicialmente norteado por questionamentos específicos de cada uma das quatro dimensões. O processo ocorre em forma sequenciada, porém, caso seja necessário, o processo retorna para a etapa anterior (Tiburcio, 2016).

A delimitação do campo é a etapa inicial do PSE, que define os conceitos matemáticos abordados pelo *software* e a equipe de desenvolvimento, com suas respectivas contribuições (Tiburcio, 2016).

O pesquisador divide o modelo em duas etapas. O quadro 10 explica os processos ou encaminhamentos das fases do PSE.

Quadro 10 - Processos ou encaminhamentos das Fases da EDI

<b>Etapa</b>	<b>Fase</b>	<b>Processo/Encaminhamento</b>
Fase Teórica	Análises preliminares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecer quais são os encaminhamentos Didáticos, Epistemológicos, Cognitivos e Tecnológicos do conhecimento delimitado;</li> <li>• Analisar e fazer um apanhado das pesquisas sobre o campo;</li> <li>• Definir variáveis de comando vão nortear os primeiros requisitos.</li> </ul>
	Análises de requisitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantar dos requisitos de sistema e de SE que atendam à revisão teórica;</li> <li>• Utilizar na etapa a engenharia de requisitos da ES.</li> </ul>
	Análises a priori mais prototipação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nessa etapa são pensadas situações de uso nos possíveis problemas, nas hipóteses de respostas de usuários e no desenvolvimento do protótipo para iniciar os testes;</li> <li>• Verificação de erros do protótipo antes da fase de teste.</li> </ul>
Fase Experimental	Piloto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teste de protótipo de <i>software</i>;</li> <li>• Verificar falhas, sugestões de melhorias e verificar se atende aos objetivos dos usuários;</li> <li>• O Piloto deve ser desenvolvido com um grupo de controle, antes de testar com professores e alunos (que são de fato os usuários).</li> </ul>
	Professores	
	Alunos	

Fonte: Adaptado Tiburcio (2016).

O processo é encerrado com a realização da análise a posteriori e validação, que são caracterizadas pelo confronto das hipóteses com os resultados da experimentação, o que contribui para o aprimoramento do SE (Tiburcio, 2016). Na validação é analisado o conjunto teórico da fase experimental e verifica-se se esse conjunto trouxe contribuições significativas para o processo de ensino e a aprendizagem dos estudantes envolvidos.

As pesquisas de Tiburcio (2016; 2020) que fundamentam essa tese, detalham toda composição da equipe transdisciplinar que participa da criação de um SE, as interações entre esses pesquisadores e os questionamentos para obtenção dos requisitos de um SE. Essas etapas serão referenciadas aplicação da EDI, no desenvolvimento da proposta.

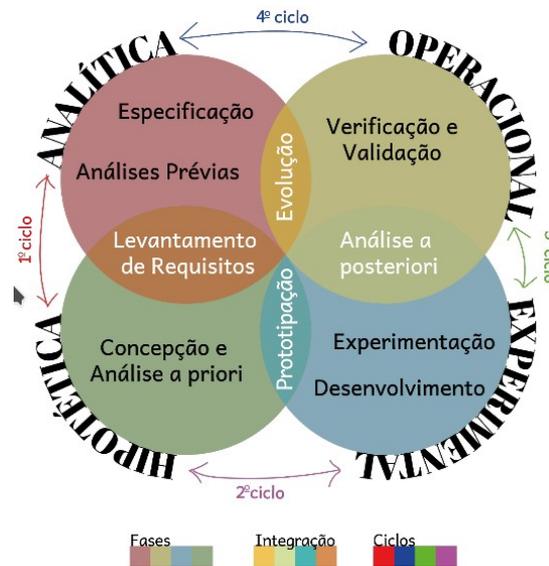
### 3.3.1 Ciclos da EDI

A versão final da Engenharia Didático-Informática (figura 12) é dividida em quatro fases (analítica, hipotética, experimental e operacional) e quatro ciclos, que são frutos das relações de todas suas etapas, fases e procedimentos (Tiburcio, 2020). São eles:

- I. Analítico-hipotético (quadro 10);
- II. Hipotético-experimental (quadro 11);
- III. Experimental-operacional (quadro 12);
- IV. Operacional-analítico (quadro 12).

A seção sistematiza as fases do Modelo de Processo de Software – Engenharia Didático-Informática.

Figura 12 - Modelo de Processo de Software – Engenharia Didático-Informática



Fonte: Tiburcio, 2020, p. 168.

O ciclo analítico-hipotético, sistematizado no quadro 11, inicia-se com a delimitação da função que o *software* irá realizar, de acordo com o problema proposto, para depois formar a equipe de desenvolvimento, que deve cumprir a premissa de que a composição da equipe deve ser transdisciplinar. Ainda neste ciclo, as análises prévias são iniciadas. Com um levantamento analítico são observados os encaminhamentos necessários para as dimensões Didática, Epistemológica,

Cognitiva e Informática que o software contemplará. A EDI apresenta questionamentos que orientam como realizar esta etapa, com o objetivo de a equipe compreender os requisitos iniciais (Tiburcio, 2020).

Quadro 11 - Analítico-hipotético da EDI

Processo	Descrição	Fase
Especificação	Delimitação do problema;	Analítica
	Determinação de quais serão os usuários	
	Conhecimentos abordados	Hipotética
Composição da Equipe	Equipes transdisciplinares com perspectiva de interseção para que novos conhecimentos sejam criados. Professores, aluno e outros.	
Análises prévias	Levantamento analítico com o intuito de compreender os encaminhamentos das dimensões Didática, Epistemológica, Cognitiva e Informática	Analítica
	Requisitos iniciais	
	Primeiro documento norteador;	
Levantamento de Requisitos	A ER é guiada pelo rol de contribuições percebidas nas dimensões Didática, Epistemológica, Cognitiva e Informática	Conexão Analítica/Hipotética
	Podem ser modificados considerando as hipóteses e a experimentação	
	Possibilita obter, analisar, especificar e validar os requisitos.	

Fonte: Adaptado Tiburcio (2020).

A etapa seguinte, levantamento de requisitos, evidencia, através de uma quantidade de informações relevantes percebidas nas dimensões, quatro dimensões: os requisitos de *software* que serão obtidos, analisados, especificados e validados (Tiburcio, 2020).

No ciclo hipotético-experimental, sistematizado no quadro 12, são desenvolvidas as situações de uso, as hipóteses de interações humanas com o

computador, as prováveis situações que surgem com a utilização do *software* e o desenvolvimento de protótipo. O desenvolvimento utiliza o protótipo como base e nesta etapa é realizada a especificação dos componentes internos e externos, sendo essa fase, provavelmente, simultânea à experimentação (Tiburcio, 2020).

Quadro 12- Hipotético-experimental da EDI

Processo	Descrição	Fase
Concepção e análise a priori	Situações de utilização do SE, das referências teóricas e metodológicas que auxiliam no processo de ensino e aprendizagem, com objetivo de superar os problemas relativos a esse processo.	Hipotética
	Prototipação realizada em “telas”.	Conexão Hipotético-Experimental
Desenvolvimento	Define componentes demais características. Resultado, componentes internos (SO, LP, HW e outros), <i>interfaces</i> , <i>layout</i> , codificação e outros)	Experimental
Experimentação	Processo de Desenvolvimento que ocorre de forma simultânea com a experimentação	Experimental
	Deve ser utilizado pelos usuários experimentais	
	Manual do usuário, instrutivo apresentando as funcionalidades básicas e o que será utilizado na experimentação	

Fonte: Adaptado Tiburcio (2020).

O próximo ciclo, experimental-operacional (quadro 13), realiza a execução do que foi desenvolvido. Com o acréscimo de novas funcionalidades nesta fase de experimentação, a fase indica dois tipos de procedimentos: os internos e externos. A experimentação já possibilita a realização da análise posteriori, que verifica a validade das situações propostas que o *software* deve suprir (Tiburcio, 2020).

Quadro 13 - Experimental-Operacional da EDI

Processo	Descrição	Fase
Experimentação	Situações reais de utilização, com potenciais usuários do SE.	Experimental
	Indicado realizar oficina ou curso de curta duração.	
Análise a posteriori	Testagem a validade das situações propostas	Conexão experimental-operacional
As etapas de análise a posteriori e validação tem início ainda na experimentação, acontecem de forma simultânea.		
Verificação e Validação	Verificação de falhas	Operacional
	Sugestões de implementações por parte dos usuários e pela análise da equipe.	

Fonte: Adaptado Tiburcio (2020).

Por fim, no ciclo *operacional-analítico* (quadro 14), com o confronto das hipóteses iniciais e o que produzido com a experimentação, é indicado realizar uma validação Teórica e outra Experimental.

Tiburcio (2020), em sua pesquisa, orienta como realizar estas validações: o ciclo é encerrado com o conceito de evolução da ES, que possibilita novas especificações, considerando a evolução de outros objetos de *software*, novos requisitos ou novas versões. Por fim, a manutenção do software, que é uma das premissas da evolução do software e tem por finalidade administrar o seu funcionamento, que continuará sendo estudado e aperfeiçoado, está premissa é classificada em 4 tipos: corretiva, adaptativa, perfectiva e preventiva.

Quadro 14 - Operacional-analítico da EDI

Processo	Descrição	Fase
Análise a posteriori	Confronto das hipóteses iniciais com o que se observou com a utilização do software em caráter experimental. Confrontar a análise a priori, a fim de verificar o atendimento dos objetivos do software e posteriormente validar suas contribuições	Operacional
Validação	1. Teórica – consiste em verificar se as teorias e hipóteses, com as situações e funcionalidades do <i>software</i> , devem ser refutadas ou aprovadas	
	2. Experimental – se a utilização do software apresenta contribuições efetivas para os problemas elencados na fase de sua concepção.	

Evolução	Ciclo da EDI recomeça	Conexão operacional-analítica
	Novas Funcionalidades	
	Novos objetivos de <i>software</i>	
	Novos membros	
	Novos requisitos	
	Processo reiniciado	
	Manutenções: corretiva, adaptativa, perfectiva e preventiva *premissa da evolução	

Fonte: Adaptado Tiburcio (2020).

Como citamos no início da seção, o modelo de processo da EDI é apresentado em ciclos e fases, permitindo que as equipes compreendam visualmente que desenvolver um software educacional não deve ser algo sequencial e rígido, ou seja, uma das suas premissas é a possibilidade de voltar etapas, andar em paralelo e revisitar quando necessário qualquer das etapas.

No capítulo seguinte delineamos todos os procedimentos metodológicos utilizados por esta tese para produção e análise dos dados.

## 4 ESTRUTURA METODOLÓGICA

Esse estudo teve por objetivo propor um modelo de desenvolvimento de *games* articulando os elementos da Engenharia Didático-Informática com os Processos de Desenvolvimento de *Games* que contribuam para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos.

Nesse capítulo apresentamos o tipo da pesquisa, destacando as suas bases teóricas, suas características, uma breve descrição da execução e o resumo do percurso metodológico em forma de diagrama e quadro. Em seguida, trazemos o campo e os sujeitos de pesquisa. Posteriormente, são apontados os instrumentos foram utilizados e como se deu análise de dados. Por fim, serão contempladas algumas questões éticas da pesquisa.

### 4.1 PERCURSO METODOLÓGICO

O processo de investigação da tese foi inspirado na Engenharia Didática Clássica, proposta por Michelle Artigue (1998) e apresentada por Pais (2002) Machado (1999) Almouloud e Coutinho (2010).

A ED estuda os processos de ensino e a aprendizagem de um dado objeto matemático, tendo como base as análises, intervenções e construções em sala de aula, delineando a possibilidade de estabelecer um elo entre a construção do saber matemático e a prática reflexiva investigativa, partindo, para tanto, de uma sequência didática (Artigue, 1998).

Artigue (1998) explica que o viés metodológico da ED é caracterizado por um esquema experimental, com base em realizações didáticas, isto é, na construção, realização, observação e análises de sessões de ensino, podendo ser utilizadas nas pesquisas que visam os processos de ensino e aprendizagem de um determinado saber matemático. Ainda segundo a autora, a metodologia direciona a pesquisa, que pode ser executada em quatro etapas da ED: análises prévias; concepções e análise *a priori*; implementação das experiências; análise *a posteriori* e avaliação.

De acordo com Figueiredo (2009), as características básicas de uma pesquisa qualitativa contemplam o tratamento de dados não quantificáveis e não precisam lidar com uma grande amostra. Nesta abordagem, o pesquisador trabalha com um universo de conceitos, o que está relacionado ao ambiente mais profundo das relações, fenômenos que não são tratados como operações de variáveis (Minayo, 2001). Ainda de acordo com o autor, considera-se que esses estudos e conceitos, não nascem apenas da investigação do pesquisador, inquietação ou curiosidade; são continuações de estudos elaborados por quem já pesquisou o assunto.

Segundo Godoy (1995), é possível identificar uma pesquisa qualitativa, por um conjunto essencial de características, tais como:

- O ambiente natural como fonte direta de dados;
- O pesquisador como instrumento fundamental;
- O caráter descritivo;
- O significado que as pessoas dão às coisas e;
- O enfoque indutivo.

O investigador entra no mundo das pessoas que pretende estudar, tenta conhecê-las, dar-se a conhecer e ganhar a sua confiança, elaborando um registro escrito e sistemático de tudo aquilo que ouve e observa. O material assim produzido, é complementado com outros tipos de dados, como os registros escolares, os artigos de jornais e fotografias.

Segundo Flick (2009), os pesquisadores envolvidos com a investigação qualitativa se debruçam sobre os participantes em suas práticas e seus conhecimentos. Para isso, o pesquisador precisa estar imerso na comunidade, com o objetivo de perceber em minuciosos detalhes, o que pensa cada sujeito, exigindo dele um tempo significativo inserido nesse ambiente natural.

Após a proposição da articulação entre os elementos da Engenharia Didático-Informática e os Processos de Desenvolvimento de *Games*, o segundo momento dessa pesquisa, que aqui será apresentado em detalhe, contempla a realização de um ensaio, a aplicação da modelização para discussão e futuras validações. Este ensaio, realizamos no *campus* Santa Maria da Boa Vista do Instituto Federal de

Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPe), fase de ensaio de desenvolvimento de um protótipo de baixa fidelidade utilizando a modelização proposta.

Os sujeitos dessa pesquisa foram um professor e dois alunos, caracterizados respectivamente como:

- Professor do colegiado de licenciatura em matemática;
- Aluno 1 e 2, alunos da licenciatura em matemática;

O campo e os sujeitos são detalhados nas respectivas seções 4.1.1 e 4.1.2.

A pesquisa considerou inicialmente a realização de uma revisão de literatura, com análise dos processos de desenvolvimento de *games* e das metodologias utilizadas para a produção de *games* e após a conclusão das etapas de análises prévias ou preliminares até análise a priori (primeiro momento da pesquisa) conseguimos propor a articulação da EDI e PDG.

Como instrumentos de pesquisa desse segundo momento de nosso estudo, utilizamos a observação *in loco* (observação participante) das atividades realizadas no ensaio para desenvolver um protótipo e diário de campo, de modo a captar explicações e interpretações a respeito da utilização da modelização proposta.

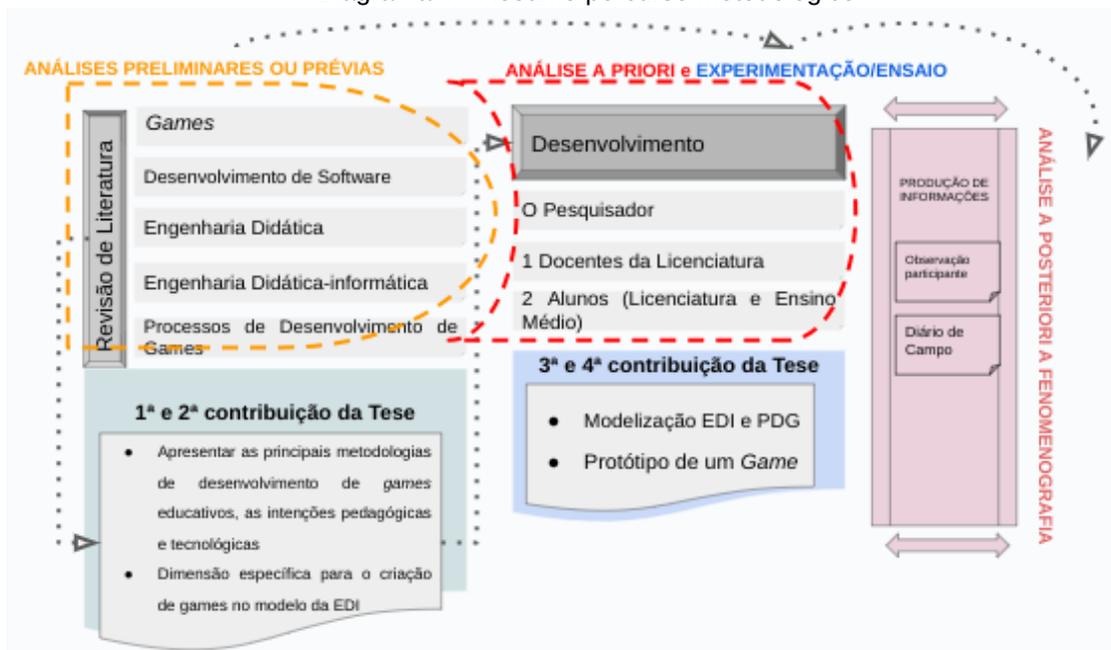
O diagrama 04 e o quadro 15, apresentados na sequência, explicam detalhadamente como foram as fases e seu desenvolvimento no seu respectivo momento.

O Diagrama 04 ilustra o resumo do processo metodológico que foi percorrido, os procedimentos metodológicos que contemplam as etapas da Engenharia Didática, uma vez que, como explicamos anteriormente, esta pesquisa tem a ED como inspiração. Assim, algumas etapas da ED são executadas em nosso percurso metodológico e outras são substituídas por outros procedimentos metodológicos que julgamos necessários (sobretudo, identificado com as figuras com traços pontilhados, nas cores amarelo, vermelho, azul e rosa) estão em destaque.

A ilustração também destaca as contribuições da tese que são por nós identificadas, a saber:

- 1ª contribuição – Apresentação das principais metodologias de desenvolvimento de *games* educativos, das intenções pedagógicas e tecnológicas;
- 2ª contribuição – Proposição da dimensão específica para a criação de *games* no modelo da EDI;
- 3ª contribuição – Modelização entre a Engenharia Didático-Informática e os Processo de Desenvolvimento de *Games*;
- 4ª contribuição – Ensaio de protótipo de um *Game*, desenvolvimento de um protótipo de baixa fidelidade a partir da modelização.

Diagrama 4 - Resumo percurso metodológico



Fonte: Do autor (2023).

A pesquisa foi dividida em 6 momentos:

- I. A revisão de literatura, que compreende as análises preliminares ou prévias;
- II. Apresentação de uma modelização entre a EDI e os PDG, momento que aconteceu entre duas etapas da Engenharia Didática (foi realizado entre as análises prévias e análise a priori);

- III. Desenvolvimento de protótipo de *game* pelo pesquisador e professor e alunos. Assim como a modelização, esse momento também ocorreu em duas etapas da ED (análise a priori e experimentação);
- IV. Aplicação da proposta, ensaio de desenvolvimento de protótipo, correspondente à etapa de Experimentação.
- V. Análise a Posteriori e Análise Fenomenográfica, os últimos momentos de execução metodológica, que resultou na elaboração das conclusões da pesquisa.

O quadro 15 tem o propósito de situar as fases da ED utilizadas como metodologia de pesquisa, os procedimentos utilizados na fase, a sua contribuição e observações pontuais. A critério de apresentação, as Fases da Engenharia Didática estão abreviadas, quais sejam: Análises Preliminares (Apr) ou Prévias (P); Análise a Priori (AP); Ensaio do Protótipo (EN) e Experimentação do Protótipo (EX); Análise a Posteriori (APo) e Análise Fenomenográfica (AF).

Quadro 15 - Resumo percurso metodológico

Fase da ED	Procedimento	Principais Instrumentos	Contribuição	Sujeito(s)
APr ou P (seção 4.2) *Procedimento que foi revisitado em todo processo metodológico.	Organização das Bases teóricas; Leituras e fichamentos.	Revisão de Literatura	Apresentar as principais metodologias de desenvolvimento de <i>games</i> educativos; Propor dimensão específica para a criação de <i>games</i> .	Não se aplica.
AP (seção 4.3)	Definição das variáveis do Ensaio; Desenvolvimento do Protótipo de baixa fidelidade.	Observação participante; diário de bordo.	Modelização EDI e os PDG Desenvolvimento do protótipo;	Pesquisador; Aluno da Licenciatura em matemática; Professor;
EN e EX (seção 4.4)	Ensaio, Experimentação.		Desenvolvimento do protótipo;	Pesquisador; Aluno da Licenciatura em matemática; Professor;
APo (seção 4.5)	Análise e conclusões.		Escrita e conclusão.	Não se aplica.
AF (seção 6.6)	Análise e conclusões.		Escrita, conclusão e trabalhos futuros.	Não se aplica.

Fonte: Do autor (2023).

Nas próximas seções estão detalhados o campo de investigação, os sujeitos do segundo momento da pesquisa, e todas as etapas e procedimentos metodológicos.

#### **4.1.1 Campo de investigação**

O segundo momento da pesquisa, fase do encontro entre professor e aluno, foi desenvolvida no Instituto Federal Sertão Pernambucano – IFSertãoPE, *Campus* Santa Maria da Boa Vista, tendo como sujeitos dois alunos do curso de licenciatura em matemática, um professor do colegiado do curso de licenciatura em matemática.

Segundo Godoy (1995), o “campo” é o local natural, ou seja, o ambiente natural dos sujeitos, diferentes daqueles que estão em laboratório. A unidade de ensino é sediada na cidade Santa Maria da Boa Vista, em Pernambuco, e suas atividades acadêmicas foram iniciadas em 2014, ofertando Ensino Médio Integrado em Agropecuária e Edificações, curso na modalidade de jovens e adultos - PROEJA - em auxiliar agropecuário, curso de graduação em Licenciatura em Matemática e pós-graduação *Lato Sensu* em Gestão Escolar.

O Campus está situado às margens da BR 428, km 90, zona rural do município, a 98km da sua Reitoria, cuja sede está na cidade de Petrolina (figura 13).

Figura 13 - Área de atuação do IFSertãoPE



Fonte: IFSertãoPE (2020).

O prédio conta com uma estrutura completa para agregar 1200 alunos, possui um auditório com capacidade para 175 pessoas, biblioteca, refeitório, laboratórios de línguas, química, física, informática, alimentos, topografia, desenho e matemática quadra poliesportiva e espaço de vivência, todos respeitando os critérios de acessibilidade.

Nesse *Campus* é ofertado ensino técnico de qualidade, com corpo docente e administrativo qualificado nas áreas específicas, e apresenta infraestrutura organizada da melhor maneira em benefício dos alunos que compreendem as cidades de Santa Maria da Boa Vista, Orocó, Lagoa Grande e Cabrobó, todas no estado de Pernambuco.

#### 4.1.2 Sujeitos sociais

Os sujeitos sociais foram dois alunos do curso superior de licenciatura em Matemática da turma do último período, convidados e que aceitaram participar da pesquisa, e um docente do colegiado do curso superior de licenciatura em Matemática, que também participou da fase de ensaio e desenvolvimento do protótipo. Este docente convidado possui formação em licenciatura em matemática.

## 4.2 ANÁLISES PRELIMINARES OU PRÉVIAS

As análises preliminares ou prévias, segundo Artigue (1996), configuram-se como a etapa responsável por reunir as primeiras informações que vão dar subsídios para a elaboração de uma sequência didática. Porém, é importante explicar que nesta pesquisa, a etapa da ED vai subsidiar principalmente as fases de apresentação das metodologias, proposta de dimensão específica para criação de games e elaboração da modelização da EDI e PDG. Artigue (1996) cita, que as análises prévias realizadas pelo pesquisador devem ser retomadas no decorrer das etapas seguintes do trabalho.

Em nossa tese foi realizada uma revisão de literatura, situando o quadro teórico da área, através de busca em bancos de teses e dissertações no Brasil e exterior, anais e revistas de ensino de matemática com foco nos temas: Ensino de matemática e *games*; Engenharia de *Software*; Engenharia Didática; Engenharia Didático-informática; e Processos de desenvolvimento de *Games* e metodologias de desenvolvimento de *games*.

A revisão de literatura, como citado, auxiliou para a elaboração das principais contribuições desta tese e principalmente na construção da proposta de modelização entre as Engenharia Didático-informática e os Processos de desenvolvimento de *games*.

## 4.3 ANÁLISE A PRIORI

Nesta etapa definimos as variáveis de comando do Sistema Didático, que poderão interferir na constituição do fenômeno; as correlações entre as metodologias, a EDI e o PDG, variáveis que foram analisadas e articuladas no decorrer da pesquisa para a construção da modelização.

Parte desta fase da pesquisa foi desenvolvida durante o ensaio, em conjunto com os alunos da licenciatura em matemática e o professor da licenciatura.

Durante todo processo de elaboração do ensaio e protótipo, foi realizada a análise a priori de cada situação encontrada, de forma que pudesse contribuir com

nossa modelização, surgindo, assim, a necessidade de uma dimensão específica para o desenvolvimento de games na EDI, contando com instrumento e a observação participante, preenchimento de registro, com propósito de formar base para nossa as análises finais. O ensaio do protótipo do *game* foi a contribuições seguinte da tese.

#### 4.4 ENSAIO E EXPERIMENTAÇÃO

O ensaio e experimentação foi conduzido pelo pesquisador e realizado por dois discentes e um professor, todos do curso de licenciatura em matemática do Campus Santa Maria da Boa Vista, a convite do pesquisador. No primeiro encontro foi apresentado um roteiro (apêndice B) com a previsão da realização de 3 encontros.

De acordo com o roteiro, o pesquisador dividiu este experimento em cinco atividades, como base as fases da proposta de modelização concebida para desenvolvimento de *Games*, distribuídas nas seguintes etapas:

- I. Apresentação da modelização, com o objetivo de situar os participantes sobre os conceitos abordados;
- II. Qual tipo de *software* educativo será desenvolvido?
- III. Primeira fase da modelização;
- IV. Segunda fase da modelização;
- V. Terceira e quarta fase da modelização;
- VI. Quinta e sexta fases da modelização.

Este ensaio e experimentação compreende a quarta contribuição da nossa pesquisa.

#### 4.5 ANÁLISE A POSTERIORI

A análise a Posteriori encerra as etapas do percurso metodológico alicerçado na ED. Aqui foram produzidas as informações por meio de Diário de Campo e

anotações. Utilizamos editor de texto on-line para compartilhamento de dados e informações com os alunos e professor da licenciatura.

#### 4.6 ANÁLISE FENOMENOGRÁFICA

A última atividade foi a reflexão a partir dos resultados da análise a Posteriori. O desenvolvimento da análise serviu de aporte para as reflexões do capítulo de conclusão da tese e trabalhos futuros.

A etapa foi fundamentada na Análise Fenomenográfica, análise que investiga a experiência que as pessoas possuem na e da realidade, sendo a aprendizagem aqui definida como uma mudança qualitativa na forma de uma pessoa ver, conceitualizar, experienciar e compreender algo no mundo real (Marton e Booth, 1997).

#### 4.7 QUESTÕES ÉTICAS

Esta tese foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. Os participantes tiveram acesso ao objetivo da pesquisa e todos os processos metodológicos e assinaram documentos de o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (apêndice D), com a finalidade de obtenção de autorização de participação na pesquisa.

Desta maneira, os participantes da pesquisa tiveram assegurados o anonimato e o sigilo dos dados. Além disso, os participantes da pesquisa tinham a possibilidade de comunicação, a qualquer momento, com o pesquisador, para obter eventuais informações acerca da pesquisa. Os participantes ficaram cientes dos riscos referentes a possíveis constrangimentos, e dos benefícios advindos de sua participação na pesquisa, assim como, também tinham a possibilidade de se retirar da pesquisa e solicitar a não utilização dos seus dados, caso julgassem necessário.

Destarte, a pesquisa está de acordo com a resolução nº 510 do Conselho Nacional de Saúde, que regulamenta as pesquisas desenvolvidas com seres

humanos aplicadas às Ciências Humanas e Sociais, satisfazendo as questões éticas e respeitando a dignidade dos participantes, bem como, protegendo a identidade dos sujeitos da pesquisa e dos dados que eles produzem. Essa pesquisa se compromete ainda em fazer uso de dados produzidos em campo exclusivamente para os fins de estudo, a fim de garantir as questões éticas referentes à pesquisa e inibir a exposição desnecessária do participante e de suas informações.

No capítulo seguinte apresentamos os principais resultados alcançados por nossa tese.

## 5 PROPOSTA DE MODELIZAÇÃO DA EDI COM FOCO EM DESENVOLVIMENTO DE GAMES

Apresentamos neste capítulo a proposta de Modelização Específica para o Desenvolvimento de *Games* Educacionais (MEDIG), a partir da EDI e das características do PDG e metodologias da área. Mediante a revisão bibliográfica das Engenharias e procedimentos apresentados, trazemos a proposta de modelização para auxiliar o desenvolvimento de *games* educativos. O capítulo começa situando teoricamente a modelização e, em seguida, apresenta o modelo.

### 5.1 CONSIDERAÇÕES PARA A RELAÇÃO ENTRE EDI E OS PDG

A partir da revisão de literatura realizada, foi possível observar caminhos para propor a modelização, a partir da relação entre a Engenharia Didático-Informática e os Processos de Desenvolvimento de *Games*. Todavia, existem algumas considerações a serem realizadas antes de propor um modelo para a articulação entre a EDI e PDG; o principal, é apresentar uma dimensão específica para a criação de *games* no modelo da EDI.

Ao considerarmos os passos para o desenvolvimento de um *software* educacional fundamentado na EDI, percebemos que o esforço para o desenvolvimento de uma aplicação educacional é bem mais complexo e envolve mais recursos humanos (equipe pluridisciplinar) do que os *softwares* “tradicionalis” ou *softwares* comerciais, como é o caso, por exemplo, de um aplicativo para farmácia, supermercado, padaria, entre outros, em que a Engenharia de *Software* “pura” consegue suprir as necessidades de desenvolvimento.

Observamos, também, a importância de considerar os aspectos didáticos na construção de um *software* educacional, perspectiva que a EDI consegue fundamentar a partir da Engenharia Didática, trazendo todo aporte educacional necessário para construção de um *software* voltado para o processo de ensino e de aprendizagem, destacando a participação dos professores, alunos e pesquisadores em todo processo de concepção.

Tiburcio (2020) destaca que a utilização da EDI inicialmente teve foco no desenvolvimento de ambientes de simulação e micromundo. Todavia, a partir da sua pesquisa, observa-se que a EDI serve de aporte metodológico para o desenvolvimento de outros tipos de *software*, inclusive o desenvolvimento de *games* educacionais. Ele cita que:

O referencial da Engenharia Didático-Informática, antes do início da presente investigação, foi utilizado para desenvolver projetos de software caracterizados como ambientes de simulação/micromundos. Assim, observamos a possibilidade de que outros estudos, pesquisas, investigações e projetos de desenvolvimento de software educativo possam utilizar o referencial da EDI a fim de que se criem outros tipos de software: jogos digitais, tutoriais em páginas online, aplicativos para smartphones, entre outros, para verificar as contribuições e limitações do referencial nas referidas construções (TIBURCIO, 2020, p.185).

Ao observar o PDG e as metodologias apresentadas nos capítulos anteriores e analisar a EDI, em parte a EDI contempla vários aspectos do desenvolvimento de *games*. Contudo, a hipótese de modelizar a EDI com aspectos oriundos dos PDG é válida, visto que foram encontradas na revisão pontos específicos do desenvolvimento de *games* que acreditamos contribuir bastante para o desenvolvimento de *games* com intenções didáticas.

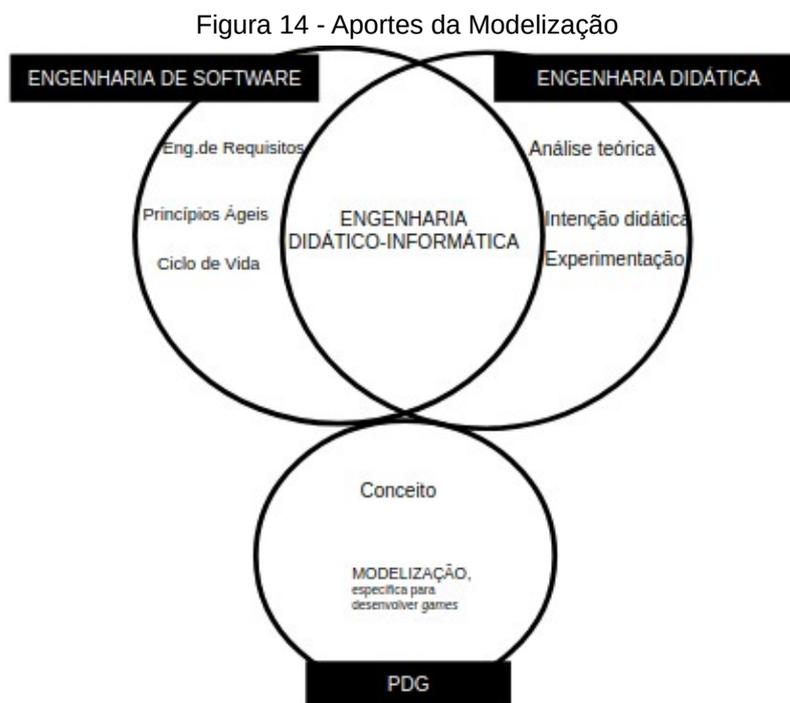
Consideramos que uma modelização da EDI, com foco em *games* educacionais, contribui em futuras pesquisas para o desenvolvimento de *games* no “chão da escola”, com foco nos aspectos da EDI e dos PDG necessários para construção de conhecimento matemático ou de outros campos, enquanto os discentes desenvolvem *games*.

Assim, observamos na revisão de literatura realizada, que o caminho para a modelização traça várias relações, principalmente em relação às técnicas e análises oriundas da ES articuladas na EDI. Entretanto, a primeira fase para produzir um *game* não é realizada pela EDI; desenvolver um *game*, de acordo com a literatura, tem como primeiro passo a construção da ideia e posterior desenvolvimento do documento de conceito. Neste documento é definido a ideia inicial, os objetivos, os principais elementos de jogabilidade, o gênero do jogo, a plataforma de hardware, esquema de controle, história e personagens.

As principais relações teóricas entre a EDI e o PDG são motivadas pelo alicerce teórico na Engenharia de *Software*, presente na EDI e no PDG. As relações

conceituais da Engenharia Didática não são realizadas no PDG, e isso chama-nos bastante atenção, uma vez que nos *games* com foco educacional existe a preocupação com os aspectos didáticos que vão nortear o processo de ensino e de aprendizagem.

Assim sendo, a modelização proposta por esta Tese, aplica os aspectos encontrados na EDI (ES e ED), os processos de criação de situações didáticas e tecnológicas - figura 14 - com base nos aportes da EDI e o ciclo básico de produção de *games* de Chandler, a fase de Conceito/Pré-produção. Os demais aspectos tecnológicos advindos da ES estão presentes no PDG, porém, não fazem parte do PDG, quais sejam, os aspectos didáticos da ED.



Fonte: Adaptada Tiburcio, 2020, p. 74.

A proposta de modelização para a criação de *games* educacionais com os aportes teóricos da EDI (tecnológicos e didáticos) e os referenciais do PDG compreende um refinamento metodológico com foco em *games* educativos. Ao analisarmos as principais metodologias para o desenvolvimento de *games* educativos, a hipótese de modelização entre a EDI e o PDG é um caminho metodológico e teórico que contempla aspectos não presentes na EDI, importantes

para os *games*, e os não presentes no PDG, também essenciais para os *games* educativos.

Nesse aporte teórico da modelização, acrescentamos a primeira fase para o desenvolvimento de um *game* de Chandler, Conceito/Pré-produção, por consideramos que a proposta conceitual do *game* e o Documento de conceito são essenciais ao desenvolvimento/produção de um *game*, surgindo a partir deste momento uma dimensão específica para os *games*, a dimensão para a criação de *games* no modelo da EDI.

Assim, a modelização específica para desenvolver um *game* educacional tem como ponto de partida o Conceito/Pré-produção, bem como as teorias, orientações e referenciais educacionais presentes na EDI. Em relação aos métodos, técnicas e análises oriundos da ES, como são especificados na ES e do PDG, nesta pesquisa vamos seguir o que já foi refinado na EDI e alguns oriundos de metodologias encontradas na revisão de literatura.

## 5.2 MODELIZAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE GAMES EDUCATIVOS

A modelização sugerida por esta pesquisa é apresentada nesta seção em três formatos. Escolhemos a primeira modelização em formato de *framework* (figura 15), pois entendemos que no campo da ES este é o formato mais utilizado pelos desenvolvedores de software e pesquisadores da área.

Diferentemente da versão final da EDI, apresentada por Tiburcio (2020), que contempla quatro fases (analítica, hipotética, experimental e operacional), a 3ª versão considerava que o processo de software educativo se resumia a duas fases (teórica e experimental), como apresentado no *framework*. Entretanto, o processo de desenvolvimento possui atividades que transitam em mais de uma fase como, por exemplo, a prototipação, que não é simplesmente uma atividade da fase teórica (como visto na 3ª versão da EDI) e sim, considerada como sendo também do ciclo hipotético-experimental. Como foi explicado no início da seção, este modelo (3ª versão da EDI) é utilizado por ser um formato mais utilizado na área de desenvolvimen-

to de software, sendo uma opção do pesquisador utilizá-lo para apresentar a inserção de uma 5ª dimensão.

Reforçamos que a forma de apresentação inicial ilustra a apresentação de um processo mais formal de desenvolvimento de games educativos, com etapas sequenciais, porém, concordamos e defendemos que os processos necessitam de reformulações de requisitos, objetos e outras características no decorrer do seu desenvolvimento. Em virtude disto, a modelização ao final do capítulo considera as conexões e relações apresentadas na EDI.

Baseado na 3ª versão da EDI, apresentada na pesquisa de Tiburcio (2020), como discutimos na seção anterior, a primeira observação está relacionada à concepção de um game. Percebemos a necessidade de inserir ao processo de produção o documento norteador para a produção de jogos, que tem por objetivo descrever a história, as ações, o enredo, os personagens e outros aspectos que são definidos na fase de conceito.

Assim, partindo do que foi discutido, sugerimos, na modelização proposta pela tese, a inserção de uma 5ª dimensão a EDI, ou seja, além das dimensões cognitiva, didática, epistemológica e informática, propomos a dimensão que chamamos inicialmente de Jogabilidade Educativa. Nessa dimensão específica para desenvolvimento de *games*, temos a inserção da proposta conceitual do jogo, a ideia do *game*, as ações, o enredo e os personagens, conforme já mencionamos. Como resultado desta quinta dimensão, a elaboração do documento de conceito, essencial e ponto de partida para o desenvolvimento de qualquer *game*, seja ele educacional ou não. A figura 15, na página seguinte, descreve esse modelo.

Figura 15 - Framework do modelo de processo de SE com a 5ª dimensão



Fonte: Adaptada Tiburcio, 2020, p. 167.

A dimensão **Jogabilidade Educativa** objetiva direcionar e auxiliar todo o levantamento de requisitos artísticos e de história, característicos a produção de *games*, além de diversas outras características próprias dessa tipologia de software.

Esta dimensão pretende responder as seguintes indagações:

- Qual a ideia e história do game?
- Qual plataforma ou plataformas serão utilizadas? (PC, *SmartPhone*, *web*...)
- Quantos jogadores?
- Qual o gênero do *game*? (Ação, estratégia, aventura...)
- Qual o objetivo?
- Quais recursos disponíveis? (O jogador não pode sair de uma determinada área, ou controlar uma nave...)

Assim, será possível construir o documento de conceito do *game*, baseado nas principais características apresentadas por Chandler (2012) Schuytema (2008) e Novak (2012). Entre os principais aspectos selecionamos nove que consideramos

mais importantes, para que a equipe de desenvolvedores possa posteriormente criar um *game*. A estrutura básica do documento de conceito é apresentada no quadro 16, a seguir.

Quadro 16 - Estrutura documento de conceito

Aspecto		Detalhes	Observações
Visão Geral	Resumo	Uma síntese da experiência de como será a utilização do <i>game</i> .	Breve visão geral do game, com a intenção de permitir que qualquer pessoa entenda rapidamente a ideia do <i>game</i> .
	Aspectos fundamentais	Uma lista ou parágrafo único com os componentes fundamentais do game que constituirão a trama central	<i>O que fará o game se destacar e ter boa jogabilidade.</i>
Contexto do Game	História	Explicação da história do game. Do início ao fim.	Descrever o mundo que rodeia o <i>game</i> . <i>Todo jogo existe dentro de um determinado contexto. Por exemplo, uma determinada batalha, guerra ou interação entre personagens.</i>
	Eventos anteriores	A secção mostra o que aconteceu antes,	
	Principais jogadores	Apresenta e explica os principais jogadores	
Objetos	Personagens	Descreve os principais personagens da história, os aliados e os inimigos. Os personagens não são controlados pelos jogadores.	Os objetos que afetam a experiência do <i>game</i> .
	Armas	Armas ou habilidades que podem ser utilizadas pelo jogador	
	Objetos	Objetos relevantes ao game. Podem ser componentes com soluções ou enigmas.	
Conflitos e soluções	Interações que representem conflitos entre as entidades no <i>game</i> .		
Fluxo	Descrever o fluxo e colocação dos objetos nos ambientes do game. Descrever onde determinadas soluções ou enigmas são encontrados.		
Controles	Definição de comandos e controles do usuário.		
Definições	Indicar aqui termos que não são seja, claros. Criar aqui, caso necessário uma espécie de glossário.		
Referências	Informações sobre qualquer material de referência. Indicar filmes, livros ou histórias que inspiraram o desenvolvimento do <i>game</i> .		

Fonte: Adaptado Chandler (2012) Schuytema (2008) e Novak (2012).

Este modelo inicialmente delimita o campo ou objeto, ou seja, os saberes matemáticos que o *game* irá abordar. E diferente do proposto por Tiburcio (2020), em que a próxima atividade seria as Análises preliminares, esta modelagem segue para a fase conceitual da dimensão Jogabilidade Educativa, para responder aos questionamentos e elaboração do documento de conceito. Em seguida, segue o fluxo de articulação entre as dimensões, conforme questionamentos e observações,

ocorrendo de forma sequenciada. Caso seja necessário, o processo retorna para a etapa anterior.

O quadro 17 explica os processos ou encaminhamentos das fases da modelização sugerida por esta Tese.

Quadro 17 - Processos e encaminhamentos das fases da modelização

Etapa	Fases	Processo/Encaminhamento
Teórica	Conceito e pré-produção	Proposta conceitual
	Análises preliminares	Desenvolvimento do documento de conceito; Definição dos encaminhamentos Didáticos, Epistemológicos, Cognitivos e Tecnológicos do conhecimento delimitado; Análise e apanhado das pesquisas sobre o campo; Definição de variáveis de comando vão nortear os primeiros requisitos.
	Análises de requisitos	Levantamento dos requisitos de arte; Levantamento dos requisitos de sistema e de SE que atendam a revisão teórica; Utilização na etapa a engenharia de requisitos da ES.
	Análises a priori mais prototipação	São pensadas situações de uso nos possíveis problemas, nas hipóteses de respostas de usuários e no desenvolvimento do protótipo para iniciar os testes; Verificação de erros do protótipo antes da fase de teste.
Experimental	Piloto	Teste de protótipo de <i>software</i> ;
	Professores	Objetivo de verificar falhas, sugestões de melhorias e verificar se atende aos objetivos dos usuários;
	Alunos	Piloto é um grupo de controle antes de testar com professores e alunos (que são de fato os usuários).

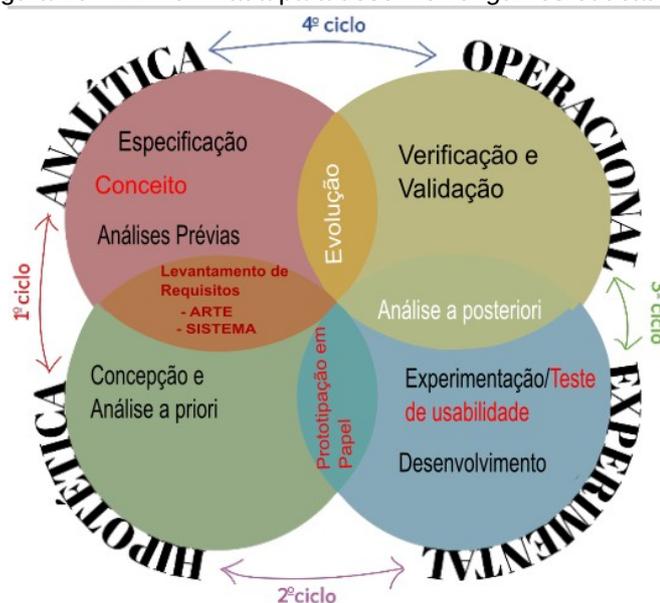
Fonte: Adaptado Tiburcio (2020).

Ao final é realizada a análise a posteriori e validação, o confronto das hipóteses com os resultados da experimentação, o que contribui para o aprimoramento do *game* desenvolvido a partir da modelagem. A validação analisa o conjunto teórico da fase experimental e verifica-se se esse conjunto trouxe contribuições significativas para o processo de ensino e de aprendizagem dos jogadores.

A apresentação seguinte é modelizada a partir da versão final da EDI, modelo apresentado em ciclos, articulando todas as etapas do processo. Assim como o apresentado na EDI por Tiburcio (2020), a modelização proposta por esta tese continua apresentada em quatro fases (analítica, hipotética, experimental e operacional) e quatro ciclos que são representados pela integração das fases, os

ciclos analítico-hipotético, hipotético-experimental, experimental-operacional e operacional-analítico. A figura 16, ilustração da EDI remixada<sup>6</sup> para um *game* educacional, ao final do capítulo apresentamos a ilustração da modelização final.

Figura 16 - EDI remixada para desenvolver *games* educativos



Fonte: Adaptada Tiburcio, 2020, p. 168.

Um projeto de desenvolvimento de *software* educativo, utilizando como metodologia de desenvolvimento a EDI é iniciado pelas fases do ciclo analítico-hipotético. Todavia, caso seja observada alguma necessidade de alteração do que foi proposto em algum dos ciclos durante a fase de produção, as equipes de desenvolvimento podem visitar alguma etapa, ou mesmo avançarem de forma simultânea, diferentemente das metodologias tradicionais de desenvolvimento de *software* e do processo de desenvolvimento de *games* e suas metodologias, que são, em sua maioria, compostas por etapas e fases rígidas e sequenciadas.

Dessa forma, a primeira ação da modelagem proposta, é a de responder qual tipo de aplicação será desenvolvida. Sendo uma aplicação educacional tradicional, ou seja, não é um *game*, o desenvolvimento segue o proposto pela EDI “pura”, caso

<sup>6</sup> Termo da cultura da participação do *software* livre, que se dá pela participação e uso livre e aberto de obras e *software*.

contrário, o software a ser desenvolvido é um *game* educacional, utilizaremos a modelização proposta.

O primeiro ciclo da modelização, o ciclo analítico-hipotético, possui a responsabilidade de delimitar a “ideia do *game*”, primeira fase<sup>7</sup>, definindo a finalidade que o *game* vai ser aplicado e a quem se destina. Esse ciclo tem por objetivo entender as especificidades iniciais para o desenvolvimento de um *game* e o proposto pela EDI, a fase de Especificação é norteada respondendo aos seguintes questionamentos:

- Qual a ideia do *game*? (*personagens, cenários, estilo e história*)
- Sobre o “jogador”. O que ele vai fazer? O que ele não vai fazer?
- Qual o objetivo de cada fase?

Os próximos questionamentos baseados na EDI, porém, substituímos aqui *software* por *game*:

- Quais são os problemas percebidos que o *game* poderá se apresentar como solução?
- Quais conhecimentos se pretende abordar jogando?
- Considerando as relações entre os saberes delimitados, quais conceitos e definições devem estar presentes?
- Qual será o diferencial da utilização do *game* comparado a um ambiente papel e lápis?

Uma importante definição da fase de especificação inicial é a composição da equipe, sendo uma característica da EDI a constituição de uma equipe transdisciplinar para o desenvolvimento. Na equipe, a EDI considera indispensável a participação de um professor/pesquisador da área, um estudante e um profissional da área de computação.

O pesquisador desta tese, por ter formação em Ciência da Computação e experiência em desenvolvimento de *software*, entende a necessidade de um “programador” (profissional da área da computação) fazer parte da equipe de desenvolvimento para uma aplicação educacional robusta que utiliza a EDI, porém, para desenvolver um *game*, existem ferramentas de desenvolvimento que não

---

7 Vamos chamar de fases, as etapas da modelização, com o intuito de ajudar os pesquisadores a utilizar o modelo.

exigem um conhecimento aprofundado em desenvolvimento de *software*. Por exemplo, faz parte da metodologia de *Design* e Desenvolvimento (DDR) a utilização de ferramentas (*software* de desenvolvimento de *games*) acessíveis a pesquisadores e professores, que mesmo sem conhecimento aprofundado em desenvolvimento de *software* conseguem criar em sala de aula seus próprios *games*. Ou seja, a modelagem não vai exigir dos membros da equipe de desenvolvimento experiência em programação de *software*, uma das premissas da metodologia DDR incorporada na modelagem.

Assim, a presente modelização de desenvolvimento de *games* educativos sugere que as equipes de desenvolvedores tenham os seguintes integrantes, os professores/pesquisadores e alunos, que assumiram algumas responsabilidades iniciais específicas do desenvolvimento de *game*, definida nessa Tese baseada no modelo de Schumytema (2008), que lista os profissionais e responsabilidades da fase conceitual, são eles:

- Professor ou aluno produtor – supervisionar o conceito do *game* e documentação;
- Professor ou aluno diretor - determinar as ideias sobre as regras e universo do *game* e organiza as discussões;
- Professor ou aluno *designer* – desenvolver os desenhos conceituais, definir o tempo, os personagens e estilo;
- Professor ou aluno programador – integrante com mais habilidade em Tecnologia da Informação.

Constituída a equipe de desenvolvimento, a segunda fase - analítica, subsidiará a equipe na compreensão do levantamento de requisitos de arte e requisitos de sistema. Nesta fase é desenvolvido o documento analítico de conceito e realizadas as análises prévias.

O documento de conceito contempla a compreensão da dimensão jogabilidade educativa sobre o conhecimento a ser trabalhado com o *game*, as análises prévias compreendem os encaminhamentos das demais dimensões (Cognitiva, Didática, Epistemológica e Informática), como explicado por Tiburcio (2020) na EDI.

A EDI sugere questionamentos para nortear estas análises nas dimensões cognitiva, didática, epistemológica e informática. Nesta modelagem, além das sugestões da EDI, vamos acrescentar questionamentos que norteiam a dimensão jogabilidade educativa. A abordagem metodológica CBGD contribui para esta modelização nesta etapa de análises conceitual, acrescentando os aspectos da Teoria Social Cognitiva e da Teoria das inteligências múltiplas. O quadro 18, lista os questionamentos que norteiam a fase.

Quadro 18 - Processos ou encaminhamentos das Fases da Modelização

DIMENSÕES	QUESTIONAMENTOS
Cognitiva	Existem indicações na literatura de como o estudante aprende? Quais dificuldades de aprendizado são identificadas? Quais etapas são elencadas para a construção do conhecimento?
Didática	Qual é o estado atual do ensino do conhecimento? Quais são as consequências desse ensino? Quais são as dificuldades em ensinar esse conhecimento?
Epistemológica	Quais intervenções são realizadas para adaptar o saber matemático ao saber a ser ensinado? Quais são os aspectos do conhecimento que podem dificultar e/ou facilitar a aprendizagem?
Informática	Quais são as contribuições tecnológicas que o software deve conter para auxiliar na compreensão e ensino dos conhecimentos? Em que aspectos as tecnologias digitais influenciam no currículo e nas mudanças das práticas docente e discente?
Jogabilidade educativa	Quais elementos do <i>game</i> contribuem para o ensino e a aprendizagem? Quais elementos da Teoria Social Cognitiva (SCT) e da teoria das inteligências múltiplas (Ims) podem auxiliar durante o jogo a aprendizagem dos conceitos? <ul style="list-style-type: none"> <li>• SCT: conhecimento, metas, expectativas de resultados e impedimentos;</li> <li>• Ims: gráficos, espaço ou posição, relacionamentos, música e narrativa.</li> </ul> (ver seção 2.4.1)

Fonte: Adaptado de Tiburcio (2020).

Com o auxílio dos documentos desenvolvidos nas fases anteriores, a equipe tem à disposição as características necessárias que o *game* deve possuir para solucionar os problemas elencados das dimensões sugeridas na modelização. Na EDI, a fase de requisitos de *software*, está situada entre fase analítica e hipotética, com o propósito de mostrar aos desenvolvedores, caso necessário, os requisitos podem ser analisados novamente, revisitados e reavaliados.

Diferentemente da EDI, a nossa modelização classifica os requisitos em dois tipos: os requisitos de arte e os requisitos de sistema. Os requisitos de arte, terceira

fase do ciclo analítico-hipotético proposto pela modelização, observa o que foi analisado na fase anterior, a dimensão jogabilidade educativa, e realiza o levantamento de requisitos de arte.

Na quarta fase, levantamento de requisitos de sistema, com as mesmas características dos requisitos de *software* da EDI, as análises são guiadas nas dimensões didática, cognitiva, epistemológica e informática, com os requisitos norteados por questionamentos, como proposto por Tiburcio (2020).

A seguir, listamos os questionamentos norteadores da modelização proposta para as duas fases de levantamento de requisitos. São questões norteadoras baseadas na proposta de Tiburcio (2020). Uma diferença na nossa modelização é a contribuição do processo baseado no design centrado no usuário para a modelização nesta fase de levantamento de requisitos. Entre as sete etapas do design centrado no usuário, nesta fase aplicaremos: licitação de usuários, gráficos e validação de casos.

- Como o ensino e a aprendizagem podem ser favorecidos através do *game*? Ou seja, como estou aprendendo ao mesmo tempo que estou me divertindo com o *game*? Como a compreensão dos saberes é auxiliada no momento em que o indivíduo está jogando? Quais recursos e situações o *game* propõe para ajudar o jogador a compreender os conhecimentos?
- Análise externa ou análise de concorrentes. Quais *games* já possuem a mesma funcionalidade? Qual o diferencial do *game*? Qual a inovação do *game* a ser desenvolvido?

Com as informações produzidas na etapa de análises, o documento de requisitos de arte e requisitos de sistema é construído com base nas primeiras fases do processo alicerçado no design centrado no usuário.

Assim, deverão ser aplicadas entrevistas semiestruturadas com possíveis jogadores (licitação de usuários) e serão criados gráficos (tabela 02), para posteriormente realizar a validação dos requisitos (validação de casos) com especialistas (outros usuários, pesquisadores). A indicação segue o mesmo formato sugerido por Tiburcio 2020, uma tabela de requisitos de arte e sistema.

Tabela 2 - Sugestão de documentação de requisitos de arte e sistema

DIDÁTICOS	COGNITIVOS	EPISTEMOLÓGICOS	INFORMÁTICOS	JOGABILIDADE EDUCATIVA	OUTROS

Fonte: Adaptado Tiburcio (2020).

Os requisitos na modelização são refinados e validados, a critério de sugestão neste momento pode ser desenvolvido um protótipo em papel (protótipo de baixa fidelidade, técnica da ES) e posteriormente refinados para outra validação de requisitos. Um protótipo em papel pode validar requisitos nos primeiros estágios do ciclo de vida de um *game*.

Na quinta fase da modelização, concepção e análise a priori, é iniciado o ciclo hipotético e experimental da EDI, que, segundo Tiburcio (2020), se dá quando se desenvolve a idealização de situações de uso, as hipóteses de interações dos usuários com o sistema e a verificação dos problemas que podem surgir com a utilização do *software* e, por fim, o desenvolvimento de protótipos. Assim como nas situações de uso sugeridas pela EDI, os *games* também seguirão as instruções que consideram todo levantamento teórico das dimensões, a partir do levantamento de requisitos de arte e de sistema.

Estas situações de uso são verificadas ao mesmo tempo que o protótipo é desenvolvido, como foi sugerido anteriormente. Utilizaremos a prototipagem em papel como modelo de prototipação na modelização (sexta fase), tendo como objetivo principal verificar se os problemas de ensino e de aprendizagem são superados com a utilização do *game*.

A sugestão da técnica de prototipagem, além de validar os requisitos, evita ambiguidade entre as perspectivas dos integrantes da equipe e é uma técnica de baixo custo, em relação às prototipações que utilizam ferramentas robustas.

A critério de sugestão, a modelização apresenta o seguinte esquema para prototipagem em papel (apêndice A).

A fase de desenvolvimento (sétima fase), representa a fase de definição dos requisitos técnicos, ou seja, a plataforma de *hardware* (*desktop*, *Smartophone* ou *Web*), sistema operacional e linguagem de programação, chamados de componentes internos (TIBURCIO, 2020). Em relação à escolha de uma plataforma específica de

desenvolvimento de *games*, o ideal é a utilização de *software* livre, porém, isso vai depender da afinidade da equipe envolvida no desenvolvimento. A pesquisa deixa como sugestão para a modelização, a combinação de dois softwares utilizados na metodologia EGDA:

- WEEV, software que auxilia os desenvolvedores a projetar um *game*;
- *Adventure*, software de prototipagem de alto nível para *games*.

Esses *softwares* poderão ser utilizados para desenvolver os componentes externos (*interfaces*, *layout*, objetos, relações entre objetos e funcionalidades do *game*).

A fase experimental/Teste de Usabilidade (oitava fase), tem como objetivo registrar as experiências de utilização do protótipo por possíveis usuários. A nossa modelização utiliza o teste de usabilidade para verificar possíveis novas especificações ou possíveis novas funcionalidades. Seguimos também a mesma proposta da EDI, que orienta a criação de um manual de usuário nesta fase, contendo: guia de instalação do *game*, requisitos mínimos de *hardware*, plataforma de *software* e guia de demonstração de instalação/utilização.

No teste de usabilidade, etapa que é adicionada a partir da metodologia Pesquisa-Ação, em sua fase de avaliação, o *game* é prototipado e passa por uma verificação, que é um método de avaliação centrada no usuário, de forma experimental ou empírica, utilizando técnicas de questionamento e métodos. Para Preece et al. (2005, p. 343), “os testes de usabilidade envolvem avaliar o desempenho de usuários típicos em tarefas cuidadosamente preparadas, por sua vez típicas daqueles para os quais o sistema foi desenvolvido”. A avaliação acontece por meio de questionários e entrevistas.

Nossa modelização sugere um plano detalhado para a realização de um teste, quando várias questões devem ser respondidas. Dentre essas questões temos:

- Qual o objetivo se deseja alcançar?
- Qual o local de realização desses testes?
- Que tempo irá levar cada teste?
- Quais serão os equipamentos utilizados, *hardware*?

- Que *softwares* serão utilizados?
- Quais são os jogadores?
- Quantos são os jogadores?
- Quais são os critérios para cada tarefa e para determinar o sucesso do que está se testando (uma fase do *game* ou um determinado enigma)?
- Quais dados serão coletados e analisados?

Os Testes de Usabilidade são controlados e realizados em condições bastante formais, neste caso todas as ações dos usuários (comentários, expressões, toques no teclado e outros) são registradas.

Dois fatores são decisivos para essa tarefa, o primeiro é a confiabilidade, que determina o grau de certeza de teste, sendo repetido mais de uma vez, e verificado se vão gerar os mesmos resultados, “a confiabilidade ou consistência de uma técnica, diz respeito a quão ela produz os mesmos resultados em ocasiões diferentes” (PREECE et al., 2005, p.375). O segundo fator, é a validade, que confirma os resultados obtidos mediante os aspectos testados.

Os testes são compostos por quatro etapas distintas: preparação, introdução, teste e sessão final.

A preparação consiste em deixar todo ambiente do teste limpo, ou seja, sem quaisquer resultados de testes anteriores e o *game* deve ser colocado em modo inicial.

A introdução é a fase responsável por colocar os usuários frente aos testes, de maneira que fiquem à vontade, deixando claro para cada participante alguns pontos, como:

- O que está sendo avaliado é o *game*;
- Não devem ficar constrangidos em realizar qualquer comentário a respeito do *game*;
- Os resultados possuem o propósito de melhorar o *game*;
- Devem evitar comentários com outras pessoas que não fazem parte dos testes, pois podem ser possíveis pessoas a testarem o *game*;

- Os participantes são voluntários, sendo assim podem parar a qualquer momento; e não serão expostos, pois não são publicados resultados de testes;
- Avisar, caso seja realizada gravação por qualquer meio (vídeo ou áudio);
- Avisar que os experimentadores não podem receber ajuda em determinadas tarefas, referentes aos testes.

A sessão final, após o término do tempo de execução das tarefas, os usuários responderão os questionários elaborados ou são convidados a fazerem comentários e sugestões.

Na nona fase, análise a posteriori, a equipe observa se o *game* está atendendo à finalidade de ensino e de aprendizagem que foram propostos, e se ele auxilia na construção e compreensão dos saberes.

Esta fase avalia o conjunto de resultados que são extraídos na fase de teste anterior da modelização, e que contribuem para melhoria dos conhecimentos didáticos que se têm sobre as condições da transmissão do saber em jogo. Esta análise, realizada à luz da análise a priori, dos fundamentos teóricos, das hipóteses e da problemática de ensino e aprendizagem, tem o propósito de relacionar as observações com os objetivos definidos a priori, e estimar a reprodutibilidade e a regularidade dos fenômenos didáticos identificados.

Os requisitos tecnológicos (*interfaces*, os comandos, botões, *menus* e outros) também são verificados, dando início ou ocorrendo simultaneamente à penúltima fase, verificação e validação.

Este último ciclo, verifica e valida se o conjunto teórico-hipotético utilizados na concepção do *game* e se ele construiu corretamente o que foi planejado. O papel da verificação envolve identificar se o *game* está acordo com as especificações (verificar se o *game* atende aos requisitos de arte e de sistema), enquanto a validação deve assegurar que o *game* está atendendo as expectativas dos usuários, contribuindo com o ensino e a aprendizagem dos saberes conceitos elencados.

A validação indicada na EDI por Tiburcio (2020) é realizada de forma teórica e experimental, sendo orientada por questionamentos. Nesta modelização acrescentamos outros questionamentos às duas formas sugeridas em sua pesquisa.

Os questionamentos da tabela 03 são orientados conforme proposto pela EDI e pela nossa modelização.

Tabela 3 - Questionamentos norteadores para Validação

<b>VALIDAÇÃO TEÓRICA</b>
A utilização do <i>game</i> contribuiu para superar/auxiliar nos problemas elencados quanto ao ensino e a aprendizagem?
Foi possível contemplar todos os conhecimentos idealizados na fase de análise?
Qual a diferença entre estudar, aprender e ensinar com o <i>game</i> e o ambiente papel e lápis foi alcançado?
A composição da equipe e as plataformas sugeridas tornou possível desenvolver um <i>game</i> , mesmo sem conhecimentos aprofundados em desenvolvimento de software?
O <i>game</i> apresentou diferenciais em relação a outros que versam sobre a mesma temática?
Os referenciais teóricos adotados foram úteis para o desenvolvimento e criação de situações de uso do <i>game</i> ?
As possibilidades de hardware e recursos digitais auxiliaram na criação do <i>game</i> ?
Outros comentários
<b>VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL</b>
O <i>game</i> contribuiu para o ensino e a aprendizagem dos saberes elencados?
As dificuldades de compreensão dos saberes foram minimizadas com a utilização do <i>game</i> ?
As funcionalidades e recursos digitais contribuíram para as relações entre ensino e aprendizagem dos conhecimentos?
Os sujeitos envolvidos no experimento contribuíram de que modo para o desenvolvimento do <i>game</i> ?
As situações propostas foram facilitadoras para compreender os conhecimentos trabalhados?
Quais foram as implementações que surgiram com a realização do experimento?
Houve incompreensões ou dificuldades de jogabilidade?
Outros comentários

Fonte: Adaptado Tiburcio (2020).

Com o encerramento da fase, o *game* estará apto ao seu propósito, isso significa que ele poderá auxiliar na construção de saberes, porém, neste momento podem surgir mudanças necessárias. Quando na fase de validação são observadas as necessidades de acréscimo de uma nova fase ou uma nova funcionalidade, ou ainda a modificação de funcionalidades, o *game* deverá evoluir para atender às necessidades emergentes dos jogadores, chegando à fase de evolução.

A evolução de um *game* educacional é inevitável, assim como de qualquer projeto genérico de *software*. Os requisitos mudam, ao mesmo tempo que surgem

novas tecnologias, novas necessidades educacionais e novos modelos e questões para o ensino e a aprendizagem. Ao serem analisados os relacionamentos entre requisitos, podem surgir novos requisitos e alguma ou toda análise de requisitos devem ser repetidas. Pode, então, ser necessário reprojeter as partes do *game* de acordo com os novos requisitos ou mudar qualquer rotina que tenha sido implementada e testar novamente o *game*.

Em relação à manutenção, que é considerada como uma das principais premissa da evolução dos *softwares*, quando se trata de *games* não seria diferente. Porém, além das manutenções propostas por Tiburcio (2020), a saber: manutenção corretiva, adaptativa, perfectiva e preventiva; sugerimos para a fase de evolução, a abordagem para a redução de retrabalho (prevenção e tolerância) e uma abordagem para lidar com as mudanças de requisitos (prototipação e entrega incremental).

A prevenção de mudanças ocorre quando o processo de desenvolvimento inclui atividades capazes de prever as mudanças possíveis, antes que seja necessário qualquer retrabalho. Por exemplo, um protótipo de alta fidelidade, com o objetivo de mostrar algumas características-chave do *game*. Os jogadores podem experimentar o protótipo e refinar seus requisitos, antes da necessidade de mudanças que acarretem o comprometimento com elevados custos de produção posterior.

Em relação à tolerância a mudanças, no desenvolvimento incremental as mudanças podem ser acomodadas a um custo relativamente baixo. Assim, as alterações podem ser aplicadas em incrementos que ainda não foram desenvolvidos. Já a prototipação segue quando uma versão do *game* ou de parte dele é desenvolvida rapidamente, para verificar as necessidades dos jogadores a viabilidade de algumas decisões de projeto. Esse processo previne mudanças, uma vez que permite aos jogadores experimentarem o *game* antes da entrega final e, então, a equipe de desenvolvimento pode refinar seus requisitos.

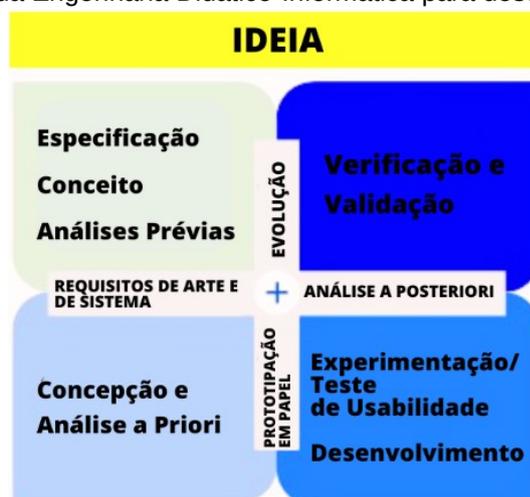
E, por fim, nesta fase de entrega incremental, os incrementos do *game* são entregues aos jogadores para comentários e experimentação. Essa abordagem dá suporte tanto para a prevenção de mudanças quanto para a tolerância a mudanças.

Essa última fase não se caracteriza por um ponto final na modelização, ou uma etapa fim do modelo, assim como acontece na EDI, que não tem uma etapa

final. Com a apresentação de novas implementações o ciclo realiza novas especificações e novas análises.

Assim, apresentamos o *framework* (figura 17), a modelização entre a EDI e os PDG, que expande visualmente a discussão do capítulo, sendo essa nossa principal contribuição para o campo teórico, pois consideramos que a partir da modelização proposta poderão ser desenvolvidos *games* educativos teoricamente embasados nos conceitos educacionais e utilização de técnicas de desenvolvimento de *games*, que possam ser trabalhados em sala por educadores/pesquisadores/educandos que não possuem conhecimento aprofundado em tecnologia da informação.

Figura 17 - Modelização da Engenharia Didático-Informática para desenvolver *games*: MEDIG



Fonte: Do autor (2023).

A proposta de modelização para a criação de *games* educacionais com os aportes teóricos da EDI (tecnológicos e didáticos) e os referenciais do PDG é um refinamento metodológico, com foco em *games* educativos.

A nomenclatura MEDIG, faz a seguinte referência: o “M” de Modelização, “EDI” de Engenharia Didático-Informática e “G” de *Games*, ou seja, uma Modelização específica para o Desenvolvimento de *Games* Educacionais.

Ao analisarmos as principais metodologias para o desenvolvimento de *games* educativos, a hipótese de modelização entre a EDI e o PDG é um caminho metodológico e teórico que contempla aspectos não presentes na EDI, importantes

para os *games*, e os não presentes no PDG, também essenciais para os games educativos.

O próximo capítulo realizamos um ensaio experimental a partir da utilização da MEDIG com alunos e professor do campus Santa Maria da Boa Vista, que se disponibilizaram a desenvolver desde o documento de conceito do game, sugerido pela dimensão de jogabilidade educativa protótipo até a etapa prototipagem de baixa fidelidade um *game*, seguindo os passos da modelização.

## 6 ENSAIO EXPERIMENTAL

Neste capítulo realizamos um ensaio experimental de desenvolvimento de um *game*, a partir da proposta de modelização desta tese. Neste ensaio inicial executamos as fases iniciais da MEDIG. Como foi descrito no capítulo sob o título Percurso Metodológico, o desenvolvimento foi realizado por dois discentes e um professor, todos do curso de licenciatura em matemática do campus Santa Maria da Boa Vista.

### 6.1 APRESENTAÇÃO DA MODELIZAÇÃO

De acordo com o roteiro, o pesquisador dividiu este ensaio em cinco atividades, cada atividade relacionada com fases específicas da MEDIG (Modelização da EDI para desenvolvimento de *Games*):

- I. Apresentação da Modelização, com o objetivo de situar os participantes sobre os conceitos abordados; Qual tipo de software educativo será desenvolvido?
- II. Primeira fase da MEDIG;
- III. Segunda fase da MEDIG;
- IV. Terceira e quarta fase da MEDIG;
- V. Quinta e sexta fase da MEDIG.

As próximas seções estão divididas conforme as atividades desenvolvidas e as fases da modelização. Salientamos que os resultados obtidos foram fruto da construção de dois alunos e um professor da área da matemática, sem experiência na área de desenvolvimento de *software*, apenas com o direcionamento do pesquisador diante de sua experiência profissional em Engenharia de *Software*.

Desta forma, na sequência exibiremos as respostas aos questionamentos e os resultados obtidos, que são chamados de artefatos de *software*. É importante ressaltar que o processo de desenvolvimento de um *software* exige conhecimento aprofundado em programação, porém, a proposta de *game* produzido por nesta tese apresentará o *game* desenvolvido até a fase de prototipação (sexta fase), sendo a técnica de prototipação sugerida pela MEDIG, a prototipagem em papel.

Antes de iniciar as etapas de produção do *game*, o pesquisador, com o objetivo de situar os participantes da pesquisa e convidá-los a participar como desenvolvedores, realizou a primeira atividade (atividade I) prevista no roteiro (apêndice B).

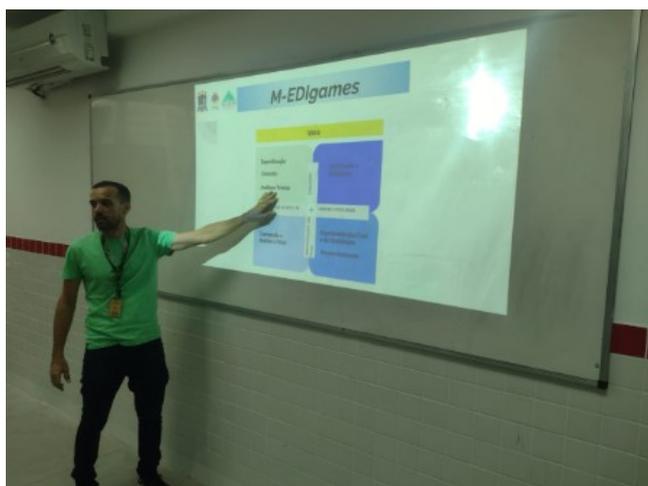
Assim, foi realizada uma apresentação da modelização e dos demais conhecimentos que são necessários para a sua concepção:

- Apresentação dos processos de desenvolvimento de *games*;
- Apresentação das principais metodologias de desenvolvimento de *software*;
- Apresentação da Engenharia Didático-Informática.

Este primeiro contato de apresentação dos conceitos e convite para participar da pesquisa aconteceu durante um turno. Neste primeiro encontro, participaram 6 alunos e 1 professor (desenvolvedores<sup>8</sup>), a apresentação dos conceitos teve a duração de 1h e 20 minutos, a partir de apresentação por *slides* e, em seguida, foram esclarecidas algumas dúvidas sobre a pesquisa e sobre como seria a participação neste ensaio.

Na figura 18, o pesquisador apresenta a modelização aos participantes da pesquisa.

Figura 18 - Pesquisador apresentando a MEDIG



Fonte: Do autor (2023).

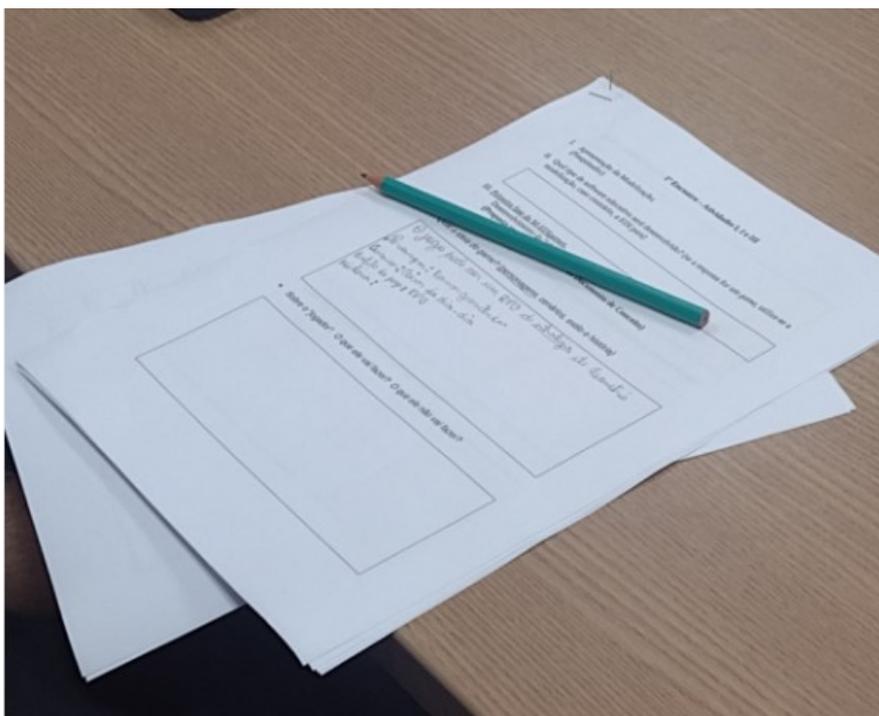
---

8 Desenvolvedores, são como vamos chamar os participantes da pesquisa.

Ao final da apresentação e discussão, todos aceitaram participar do desenvolvimento, assinaram o TCLE, sendo que, apenas dois alunos e o docente compareceram posteriormente ao primeiro encontro de desenvolvimento do *game*.

As atividades foram entregues em material impresso, para que fossem respondidas (figura 19), mas por decisão dos desenvolvedores os arquivos foram compartilhados em aplicativo de edição na “nuvem”, entre eles e o pesquisador. Esta forma de utilização não estava prevista (e deve ser incorporada na Análise a Priori), porém, o pesquisador entendeu a importância da autonomia dos desenvolvedores na produção dos artefatos de *softwares*, além disso, a sugestão tornou o processo mais dinâmico, o que possibilitou além dos encontros presenciais previstos, outros encontros *on-line* por eles administrados.

Figura 19 - Primeira atividade do ensaio MEDIG



Fonte: Do autor (2023).

As próximas imagens apresentadas serão os recortes das respostas aos questionamentos norteadores para a produção dos artefatos de *softwares*. O principal neste processo inicial de desenvolvimento é a construção do documento de conceito do *game*. Nele será registrado todas as mais diferentes ideias, ajudando

assim, no mapeamento de toda dinâmica que as pessoas encarregadas do projeto devem saber para construir o *game*.

## 6.2 QUAL TIPO DE *SOFTWARE* EDUCATIVO SERÁ DESENVOLVIDO?

Como primeira ação da MEDIG, antes de iniciar a primeira fase da modelização, os desenvolvedores definiram qual tipo de aplicação seria desenvolvida (Figura 20).

Portanto, os desenvolvedores responderam ao primeiro questionamento que direciona para o tipo de *software* educativo que se deseja desenvolver. Isso permite ao professor discutir em sala sobre os tipos de *software* existentes, qual a importância das metodologias e suas especificidades para criar um determinado *software*. Estimulando o interesse do educando a saberes além dos previstos nos programas de ensino.

Figura 20 - Definição do tipo de artefato

- II. Qual tipo de software educativo será desenvolvido? (se a resposta for um *game*, utiliza-se a modelização, caso contrário, a EDI pura)

Game
------

Fonte: Do autor (2023).

Sendo uma aplicação educacional tradicional, ou seja, não é um *game*, o desenvolvimento seguiria o proposto pela EDI “pura”, caso contrário, o *software* a ser desenvolvido é um *game* educacional, utilizaremos a modelização proposta.

Apesar do ensaio necessariamente poder induzi-los a responder que seria o desenvolvimento de um *game*, a pergunta tem a intenção de levar a outras indagações, como citado anteriormente, sobre quais seriam os outros tipos de *software* educativos que poderiam ser desenvolvidos.

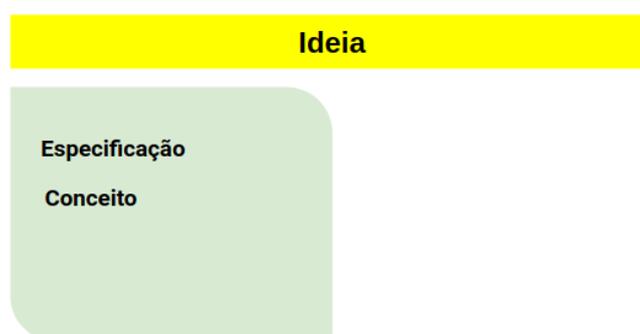
Por fim, o pesquisador explicou quais eram os tipos de *software* educacionais existentes, quais os seus propósitos e suas características e, da mesma forma, a opção de utilização da EDI no processo de desenvolvimento destes.

### 6.3 PRIMEIRA FASE DA MEDIG

Descrevemos nesta seção os resultados obtidos na primeira fase de execução do desenvolvimento de um *game* utilizando a MEDIG.

Esta primeira fase teve como objetivos: delimitar a “ideia do game”, entender as especificidades iniciais e formar a equipe de desenvolvimento (figura 21).

Figura 21 - Primeira fase da MEDIG



Fonte: Do autor (2023).

Inicialmente, norteados por sete questionamentos, os desenvolvedores propuseram a seguinte ideia para o *game* que iriam desenvolver:

O *game* seria do tipo *Role-Playing Game* (RPG), um *game* de interpretação de papéis, onde o personagem principal é um determinado estudante (o jogador), com o principal objetivo de conseguir ingressar na escola de matemática Grega. Para conseguir o ingresso na escola de matemática Grega, o personagem deverá resolver doze atividades matemáticas diferentes e conseguir desvendar os desafios em doze fases diferentes, sendo uma fase para cada mestre da matemática Grega. Essas atividades, ou tarefas, são desenvolvidas por mestres da escola de matemática, que são os professores como personagens do *game*.

O questionamento 1 (figura 22) norteou o desenvolvimento desta ideia inicial, que delimitou: tipo, história, objetivo, personagem principal, personagem secundário e fases. Deve ser observado que as ideias apresentadas estão em fase inicial, em um processo de refinamento, e que devem aprimoradas e revisitadas quantas vezes sejam necessárias. O objetivo de utilizar desenvolvimento de *games* no processo de

ensino e a aprendizagem de matemática tem como foco alimentar a curiosidade e apresentar uma estratégia mais prazerosa.

Figura 22 - Questionamentos iniciais (ideia do game) da MEDIG

*Qual a ideia do game? (personagens, cenários, estilo e história)*

O personagem principal será um estudante que terá que realizar 12 tarefas matemáticas, assim como os 12 trabalhos de Hércules, o cenário se passará na Grécia, concluir essas 12 tarefas é um requisito para o estudante faça parte da escola de matemáticos, essas tarefas foram elaboradas pelo mestre da escola de matemáticos. Esse jogo é no estilo RPG e terá níveis que os jogador deve passar até concluir o jogo.

Fonte: Do autor (2023).

A partir dos questionamentos 2, 3, 4 e 5 (figura 23) foi possível determinar os saberes matemáticos e pressupor como será a experiência do jogador ao utilizar o *game*, determinando, assim, as seguintes características a serem acrescentadas ao documento de conceito:

- Em cada uma das 12 fases do *game* o jogador deverá responder a problemas matemáticos necessários para liberar o acesso a próxima fase do *game*;
- Os problemas inicialmente sugeridos: geometria e raciocínio lógico;
- Os desenvolvedores pressupõem que ao participar de uma partida/jogada desperte no aluno/jogador o espírito investigativo e argumentativo, características que poderão despertar o interesse pela matemática.
- Foi observado, durante a elaboração desta fase, que o *game* poderá ser utilizado como uma estratégia motivadora para os estudantes, favorecendo o processo de ensino e da aprendizagem.
- Outra observação diz respeito à possibilidade de uma maior interação entre os alunos e professores, que estariam se divertindo e estudando ao mesmo tempo, possibilitando uma maior interação entre os estudantes e professores.

Figura 23 - Questionamentos saberes aplicados (ideia do game)

*Sobre o "jogador". O que ele vai fazer? O que ele não vai fazer?*

O jogador tem que resolver os problemas matemáticos de cada tarefa.

*Qual o objetivo de cada fase?*

O objetivo de cada fase é concluir uma das 12 tarefas para se tornar um estudante da escola de matemáticos.

*Quais são os problemas percebidos que o game poderá apresentar como solução?*

Problemas matemáticos de maneira interdisciplinar que visam desenvolver o pensamento matemático e despertar a curiosidade pela Matemática.

*Quais conhecimentos se pretende abordar jogando?*

Geometria e raciocínio lógico.

Fonte: Do autor (2023).

Os questionamentos 6 e 7 (figura 24) direcionam as considerações sobre as relações entre os saberes delimitados e quais conceitos e definições devem estar presentes. Possibilitam, também, a discussão sobre qual será o diferencial da utilização do *game* comparado a um ambiente papel e lápis.

Foram respondidos e definidos os seguintes saberes e considerações:

- Um dos saberes definidos foi a opção por geometria plana e espacial: conceito de perímetro, identificação de figuras geométricas, área, nomenclatura de poliedros, ponto, reta, plano, espaço, planificações e sólidos de Platão;
- Consideraram, também, o saber raciocínio lógico, com o propósito de estruturação do pensamento e desenvolvimento de lógica matemática.

Figura 24 - Questionamentos sobre a delimitação dos saberes aplicados e diferencial (ideia do game)

Considerando as relações entre os saberes delimitados, quais conceitos e definições devem estar presentes?

Geometria plana e espacial: perímetro, identificação das figuras planas, área, nomenclatura dos poliedros, ponto, reta, plano e espaço, planificações, sólidos de platão.

Raciocínio lógico: estruturação do pensamento, lógica-matemática.

Qual será o diferencial da utilização do *game* comparado a um ambiente de papel e lápis?

Estar dentro de ambientes interativos e que trabalham a Matemática de maneira lúdica

Fonte: Do autor (2023).

Na concepção dos desenvolvedores, esse é um ponto bastante positivo. Diferentemente do ensino utilizando papel e lápis, eles pressupõem que a utilização do lúdico na educação (através de ambientes interativos, ou seja, os games) é um exercício que trabalha a imaginação e fantasia, tornando o processo de ensino e a aprendizagem permeado por um instrumento de diversão e desenvolvimento de habilidades.

Por fim, nesta fase foi definida a equipe de desenvolvimento (figura 25): o professor ficou responsável por supervisionar o conceito do *game* e toda documentação, na equipe ele é assume a função de “professor produtor”; o aluno 1 ocupou a função de direção, que tem responsabilidade por organizar as ideias e discussões sobre as regras e universo do *game*, assumindo a função de “aluno diretor”; o aluno 2, por possuir mais habilidades em desenho e edição de imagem, assim como conhecimentos básicos de programação, assumiu as duas últimas funções, a de aluno designer (o membro da equipe que define os personagens, estilos, tempo e todos os desenho conceituais) e aluno programador, apesar de que, nesta fase não é necessário produzir linhas de códigos do *game*, o ensaio não executará a de desenvolvimento. A figura 25 ilustra essa configuração.

Figura 25 - Composição da Equipe

**Composição da Equipe**

Professor ou aluno produtor – supervisionar o conceito do game e documentação;

Professor

Professor ou aluno diretor - determinar as ideias sobre as regras e universo do *game* e organiza as discussões;

Aluno 01

Professor ou aluno *designer* – desenvolver os desenhos conceituais, definir o tempo, os personagens e estilo;

Aluno 02

Professor ou aluno programador – integrante com mais habilidade em Tecnologia da Informação.

Aluno 02

Fonte: Do autor (2023).

Como resultado, a fase produz um documento, o documento com o nome de quadro de conceito (figura 26), que é elaborado com os dados abaixo listados:

- Iniciais do *game*
- Informações sobre a visão geral
  - Resumo
  - aspectos fundamentais
- O contexto em que o *game* está inserido
  - Eventos
  - Jogadores;
- Os objetos iniciais existentes
  - Personagens;
  - Armas;
  - objetos;
- Os possíveis conflitos e soluções;
- Os controles;
- Definições;
- Referências.

Figura 26 - Documento de Conceito do game proposto

Aspecto		Detalhes	Observações
Visão Geral	Resumo	É um Game matemático em formato RPG em que o jogador deve solucionar as 12 tarefas que envolvem conteúdos matemáticos de geometria e raciocínio lógico.	preparação de uma linguagem de programação para efetuar a criação do ambiente computacional em que ocorrerá o jogo.
	Aspectos fundamentais	Todo o jogo <u>ocorrerá</u> no cenário da Grécia antiga em várias fases que <u>envolverão</u> as 12 provas, e com referências matemáticas da época, que <u>serão</u> os personagens.	
Contexto do Game	História	Um aspirante a Matemático deseja se tornar um discípulo da escola de Matemática, para isso o mestre da escola de Matemática solicita que ele vá ao encontro de alguns matemáticos e resolva as tarefas propostas por eles.	
	Eventos anteriores	A história da geometria na Grécia antiga e os conhecimentos prévios sobre os conceitos de geometria plana e espacial e também o uso do raciocínio lógico.	
	Principais jogadores	Aspirante a matemático (Jogador);	
Objetos	Personagens	Personagem 1(Mestre da Escola), Personagem 2 (Matemáticos Gregos a definir)	
	Armas	Não se aplica	
	Objetos	Compasso e régua, sólidos geométricos	
Conflitos e soluções	A definir		

Fluxo	O jogador percorrerá um mapa onde passará por cada desafio em um ambiente diferente do anterior. Sendo o ambiente 1: (geometria das coisas) ambiente 2: (Enigma geométrico) ambiente 3: (Circuito geométrico) ambiente 4: (Perímetro das formas) ambiente 5: (Ligando os pontos) ambiente 6: (Volumes obtidos) ambiente 7: (Somando as áreas) ambiente 8: ( A definir) ambiente 9: ( A definir) ambiente 10: ( A definir) ambiente 11: ( A definir) ambiente 12:( A definir)
Controles	A princípio será usado as teclas do teclado do notebook e o mouse pad
Definições	A definir
Referências	BARBOSA, J. L. M. Geometria Euclidiana Plana. 11. ed. Rio de Janeiro: SBM, 2012. DOLCE, O. et al. Fundamentos de Matemática Elementar. 9. ed. São Paulo: Atual, 2013. MUNIZ NETO, Antonio Caminha. Tópicos de matemática elementar: geometria euclidiana plana. 2. ed. Rio de Janeiro: SBM, 2013. 448 p. v. 2 il. (Coleção professor de matemática) DOLCE, Osvaldo; POMPEO, José Nicolau. Fundamentos de Matemática Elementar: Geometria Espacial. 7.ed. Vol. 10. São Paulo. Atual. 2013. WAGNER, Eduardo. CARVALHO, Paulo Cezar Pinto. MORGADO, Augusto Cezar de Oliveira. A Matemática do Ensino Médio Volume 2. 7. ed. Rio de Janeiro: SBM, 2013. MUNIZ NETO, Antonio Caminha. Geometria. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Matemática, 2013.

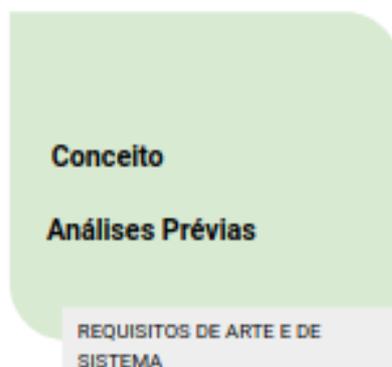
Fonte: Do autor (2023).

A construção do quadro foi importante para a fase de construção do Documento Analítico de conceito e as Análises Prévias, próxima fase da modelização.

#### 6.4 SEGUNDA FASE DA MEDIG

Nesta fase, a equipe de desenvolvimento no segundo encontro, os participantes construíram o documento analítico de conceito e realizaram as análises prévias que subsidia a equipe na compreensão do levantamento de requisitos de arte e requisitos de sistema do *game* proposto. A figura 27 representa a segunda fase da MEDIG.

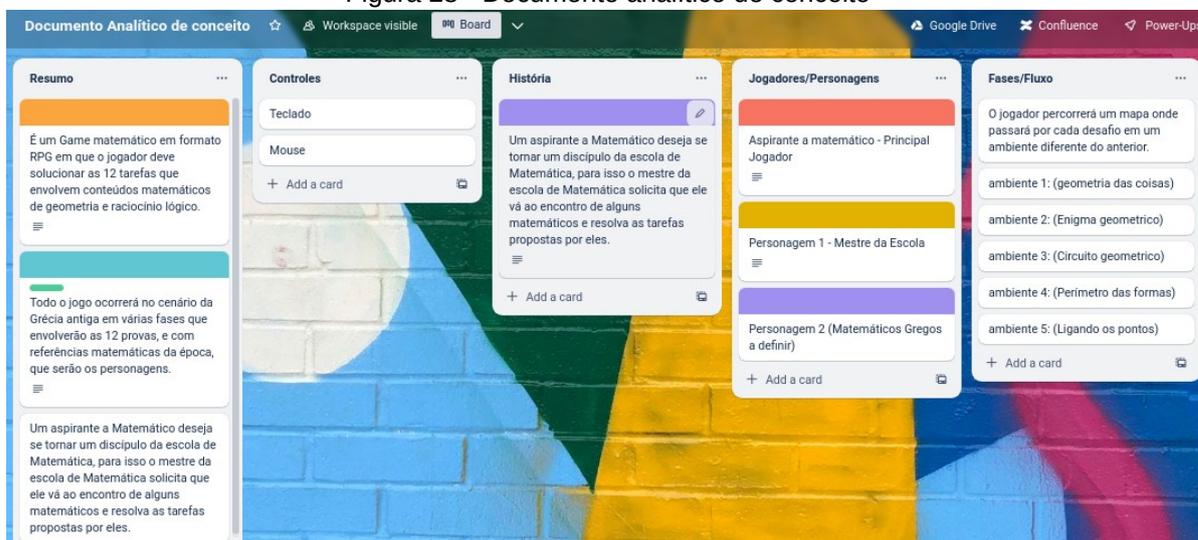
Figura 27 - Segunda fase da MEDIG



Fonte: Do autor (2023).

O documento analítico de conceito foi organizado visualmente em aplicativo de gestão de projeto. Esta foi uma sugestão do professor produtor, que possuía experiência em gestão de projetos e indicou a uma ferramenta para ilustrar e gerenciar dinamicamente o documento que será utilizado durante as demais fases do desenvolvimento (figura 28).

Figura 28 - Documento analítico de conceito



Fonte: Do autor (2023).

A modelização sugere, ainda nesta fase de análises prévias, e com a finalidade de completar os documentos iniciais, a realização de uma análise de possíveis problemas que possam surgir a partir das cinco dimensões sugeridas na modelização. Para isto, a modelagem indica aos desenvolvedores responderem os

questionamentos respectivos de cada dimensão. Estas perguntas foram respondidas pelos três desenvolvedores e organizadas em formato de quadro, que está apresentado no apêndice C.

Na dimensão cognitiva, surgem pistas de que os estudantes aprendem através das análises críticas e associativas aos conteúdos matemáticos, e estes são aliados à realidade cotidiana, o que podemos confirmar nos estudos de Brandt e Moretti (2016), que propõem que a aprendizagem no jogo é uma aprendizagem partilhada. Isso também acontece informalmente em diferentes ambientes, nos intervalos das aulas, nos momentos de saída da escola. São nesses momentos que os estudantes aprendem e ensinam novas brincadeiras, que carregam, muitas vezes, conhecimentos de várias áreas, inclusive conhecimento matemático e que posteriormente podem ser utilizados com o professor e a colegas em sala.

Consideramos isso positivo, pois os *games* estão há muito tempo no cotidiano dos estudantes e a partir da sua utilização nesta pesquisa, no processo de desenvolvimentos, pressupomos a possibilidade de inserir ações pedagógicas mais eficientes do que as tradicionais.

Outro questionamento classifica quais fatores são considerados como desfavoráveis para a aprendizagem. Assim, as questões indicadas foram, por exemplo: a dificuldade de acesso às tecnologias da informação, o que poderia ser um aliado da aprendizagem, como citado por Pretto (2012), que considera as disciplinas da área das ciências exatas mais temerosas, e que o uso das TIC no processo de aprendizagem pode ser um excelente meio para a construção do conhecimento, como também pode ajudar no desenvolvimento da autonomia dos alunos.

Ainda na dimensão cognitiva, foi perguntado sobre quais seriam as etapas para a construção de conhecimento. Assim, na perspectiva dos desenvolvedores, foram elencadas as seguintes etapas: Reconhecimento; Associação; Imaginação e criatividade; Construção a partir de análises críticas; Prática e resoluções em situações reais; Revisão de conceitos anteriores; e Conhecimento.

No quadro sobre as questões da dimensão didática, os desenvolvedores citam que o saber geometria tem sido abandonado na formação básica, não existindo

consequentemente, um aprofundamento do ensino do saber geometria, em detrimento, a preferencia existente nos currículos pelo ensino de álgebra e aritmética.

Sobre quais as conseqüências que este ensino poderia contribuir, eles citam que uma formação docente mais contextualizada possibilitaria corrigir algumas dificuldades, o que levaria ao exercício da prática docente mais diversificada. Este aspecto nos parece crucial, pois a formação continuada é considerada por eles como uma forma de criar um ambiente de aprendizado que consiga ser mais estimulante e motivador. As reflexões de Kenski (2012) vão nessa direção e mais além, uma vez que ele reflete sobre o papel da compreensão do uso das novas tecnologias e de suas possibilidades. Para esse autor, a compreensão da lógica que permeia a movimentação entre os saberes é um aspecto fundamental. Entendemos que a formação continuada pode ser um caminho importante para o desenvolvimento de tais compreensões.

Acerca da dimensão epistemológica, os desenvolvedores (professor e alunos) citam que a ludicidade e uma linguagem informal criam associações mais relevantes para o educando.

Sobre os aspectos informáticos, são citadas contribuições tecnológicas no auxílio da compreensão e ensino de conhecimentos matemáticos. E a respeito da influência no currículo e nas mudanças das práticas docente e discente, presumem que os *games*:

- Possibilitam a construção de novos saberes;
- Auxiliam os educadores a avaliar o processo de aprendizagem dos alunos;
- Flexibilizam o planejamento das atividades;

Por fim, as considerações da dimensão de Jogabilidade educativa. No primeiro questionamento, os desenvolvedores consideram que os elementos desafios, recompensas, metas e respostas imediatas contribuem para o ensino e a aprendizagem. Eles exemplificam esta afirmação tomando um quebra-cabeça ou uma determinada missão de determinados jogadores (estudantes) que estarão explorando tópicos educacionais de forma prática e mais envolvente. E citam, ainda, quais elementos da Teoria Social Cognitiva (SCT) e das Inteligências Múltiplas (Ims) auxiliarão a aprendizagem dos jogadores (estudantes).

- Teoria Social Cognitiva (SCT):
  - Imitação, pois a imitação de modelos e a aprendizagem com base na experiência dos outros jogadores;
  - Autorregulação, controlar as metas, observa o progresso e procura ajustar as estratégias;
  - Autoavaliação e auto-observação;
  - Autoconhecimento - eles conhecem suas habilidades;
  - Auto-reforço e autopunição - os jogadores consideram que podem influenciar seu comportamento por meio de recompensas e punições.
- Inteligências Múltiplas (Ims):
  - Lógica matemática;
  - Espacial - percebendo um mundo visual;
  - Musical - o reconhecimento de uma música e a possibilidade de vinculá-la com o sentimento de felicidade (ao conseguir passar de uma fase), ou o sentimento de tristeza (aos ser derrotado), assim relacionando a capacidade de reconhecer sons e os padrões sonoros;
  - Interpessoal – sobre a habilidade de socialização entre os colegas e professores, sentimento de empatia, compreensão das emoções dos outros jogadores ao ganhar ou perder, ou até ao aprender um determinado conteúdo.

Finalizada a análise prévias, os desenvolvedores têm à disposição todas as informações necessárias e documentadas (estes documentos são chamados de artefatos de *software*) para produção de levantamento de requisitos de arte e de sistema do *game*.

É importante citar, que havendo a necessidade de alteração, acréscimo ou até exclusão de aspectos ou características levantadas nas fases realizadas, estas poderão ser revisitadas e acrescentadas novas informações ou mesmo alteradas no decorrer de todo o processo de desenvolvimento.

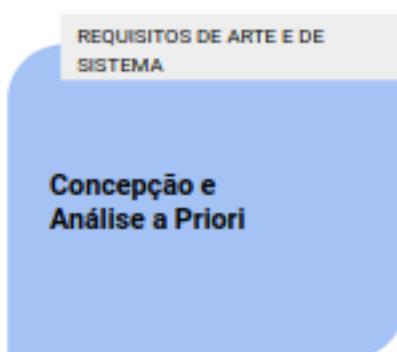
## 6.5 TERCEIRA E QUARTA FASE DA MEDIG

Nestas duas fases desta seção, detalhamos as funcionalidades, as características e restrições que um *game* possui para atender as necessidades e expectativas dos jogadores.

A engenharia de requisitos, campo da ES, é aplicada nesta etapa para levantamento dos requisitos. Ela atua como um guia para o processo de desenvolvimento, por ter a função de ajudar a definir o que o *game* deve fazer e como ele deve se comportar. É uma etapa importante, pois os requisitos formam a base para todo processo de *design*, implementação, teste e validação.

Na MEDIG identificamos duas categorias de requisitos, os requisitos de arte e os requisitos de sistema (figura 29).

Figura 29 - Terceira e quarta fase da MEDIG



Fonte: Do autor (2023).

Os requisitos de arte e sistema elaborados neste ensaio de produção de *game*, foram classificados com as nomenclaturas a seguir:

- RD: Requisito Didático;
- RA: Requisito de Arte;
- RJE: Requisitos Jogabilidade Educativa;
- RE: Requisitos Epistemológico; e
- RI: Requisito informático.

O apêndice C apresenta todos os requisitos iniciais elaborados para a construção o *game*. Essa construção foi norteada por questionamentos sugeridos pela modelização, listados abaixo:

- Como o ensino e a aprendizagem podem ser favorecidos através do *game*? Ou seja, como estou aprendendo ao mesmo tempo que estou me divertindo com o *game*? Como a compreensão dos saberes é auxiliada no momento em que o indivíduo está jogando? Quais recursos e situações o *game* propõe para ajudar o jogador a compreender os conhecimentos?
- Análise externa ou análise de concorrentes. Quais *games* já possuem a mesma funcionalidade? Qual o diferencial do *game*? Qual a inovação do *game* a ser desenvolvido?

Os requisitos informáticos não foram construídos nesta etapa de desenvolvimento, em razão dos desenvolvedores entenderem, que eles podem ser construídos em uma nova versão do protótipo, em versões com implementações computacionais, através de *softwares* de desenvolvimento de *games*, na fase de codificação/programação.

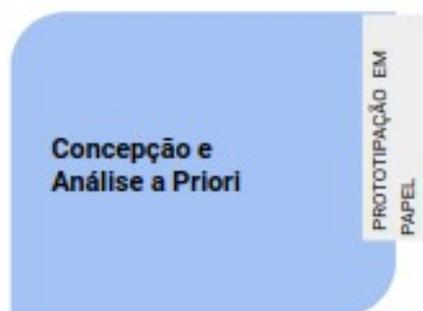
Estes requisitos subsidiaram o desenvolvimento do primeiro protótipo, apresentado na seção seguinte.

## 6.6 QUINTA E SEXTA FASE DA MEDIG

Nesta fase os desenvolvedores realizaram a prototipação do *game*. É nesta fase que inicia-se o ciclo hipotético-experimental da modelização, onde são validados os requisitos levantados com o propósito de verificar se os problemas de ensino e de aprendizagem são superados com a utilização do *game* (figura 30).

A modelização faz a indicação da técnica de prototipagem em papel, que é uma técnica de baixo custo em relação às prototipações que utilizam ferramentas robustas. O apêndice A apresenta um esquema para prototipagem em papel.

Figura 30 - Quinta e sexta fase da MEDIG



Fonte: Do autor (2023).

A técnica não envolve programação ou ferramentas complexas, o que permite ao desenvolvedor explorar várias ideias de forma ágil e criativa, inclusive tendo a característica de ser um técnica de baixo custo, por requerer apenas utilização de papel, caneta, se possível adesivos, lápis de cor e a criatividade, para a partir dos requisitos desenvolver as telas e possíveis interações. A figura 31 exhibe os materiais utilizados e o início do trabalho de desenvolvimento do protótipo.

Figura 31 - Abordagem de prototipação da MEDIG.



Fonte: Do autor (2023).

É importante ressaltar que os protótipos de baixa fidelidade não replicam fielmente a experiência do usuário final. Nesta fase testamos apenas conceitos e

fluxos gerais, e conforme são refinados os modelos, os protótipos são migrados para versões digitais, utilizando programas específicos, sempre que o *design* for se solidificando.

Para este ensaio específico, foram prototipadas quatro telas com a técnica de prototipagem em papel, porém, por decisão dos desenvolvedores, partindo da curiosidade e desejo de conhecer uma ferramenta de modelagem de *game*, eles utilizaram, após a finalização da técnica de prototipagem proposta, a opção de continuar o desenvolvimento. Assim, por escolha e decisão deles, utilizaram também um *software* de criação de *games* em 2D (GDvelop<sup>9</sup>) e iniciaram um protótipo mais robusto, apresentado nesta seção.

É importante evidenciar, que o *Gdvelop* é *software* para o desenvolvimento de *games* em que qualquer jovem ou adulto pode começar criar seus *games*. Independente dos usuários conhecerem os conceitos de programação, eles conseguem começar a programar com o uso do *software*. Isso é possível porque o *software* conta com um sistema de interação direta com os eventos genéricos, favorecendo a compreensão, aprofundamento, por usuários iniciantes ou não, bem como, a escolha das ações que devem articular a parte lógica da programação. E assim, de maneira intuitiva - “arrastar e soltar” - os *games* são produzidos a partir do *Gdvelop*.

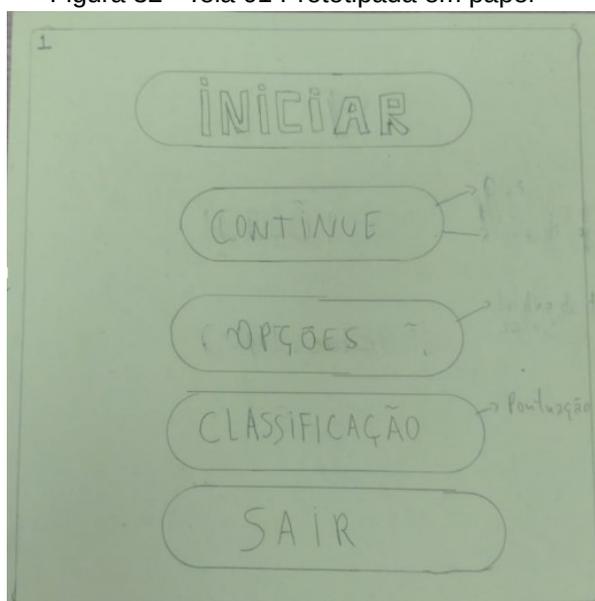
Assim, a primeira tela desenvolvida foi a tela de inicialização, que possui os botões “Iniciar”, “Continue”, “Opções”, “Classificação” e “Sair”, sendo a primeira tela identificada como necessária para o protótipo do *game* (figura 32). Cada botão tem a seguinte finalidade:

- INICIAR – começar a utilização do *game*;
- CONTINUE – retornar a uma etapa do *game*;
- OPÇÕES – acesso as configurações do *game*;
- CLASSIFICAÇÃO – exibi os jogadores com mair pontuação;
- SAIR – sair do jogo.

---

9 GDvelop é software para desenvolvimento de jogos em 2D. <https://gdvelop.io/>

Figura 32 - Tela 01 Prototipada em papel

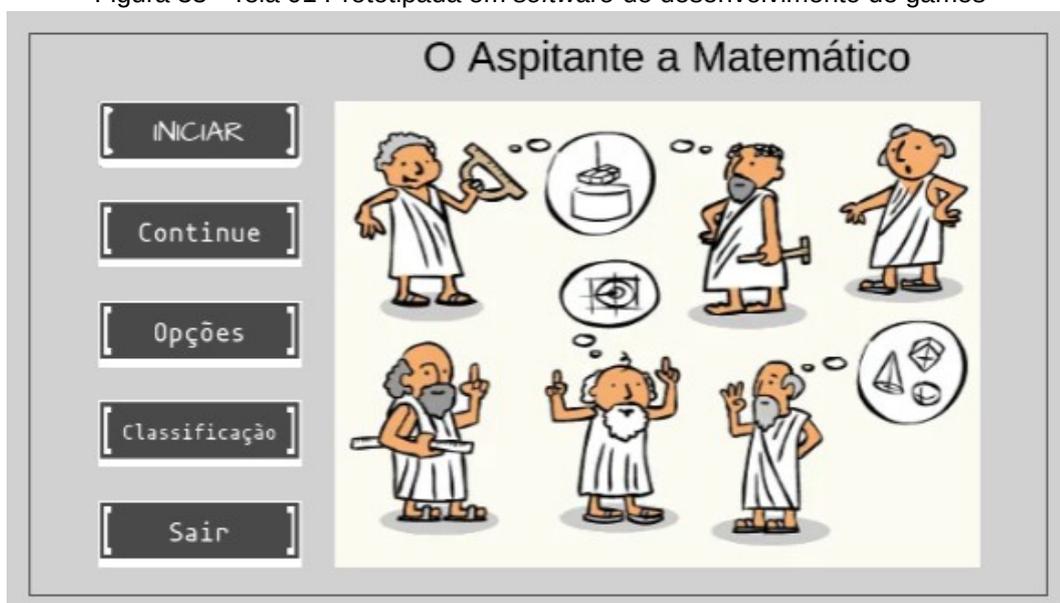


Fonte: Do autor (2023).

A partir do protótipo em papel foi desenvolvida a primeira modelagem considerada de alto nível, ou ainda, uma primeira versão da tela inicial do *game* (figura 33).

Como foi citado anteriormente, foi utilizado para o desenvolvimento da primeira versão, o *software Gdevelop*, que é um *software* gratuito e de código aberto, desenvolvido sob licença MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts), esta é uma licença de programa de computadores criada pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) e pode ser usado para criação de jogos com ou sem fins lucrativos. O *GDevelop* pode ser usado em qualquer plataforma: *smartphones*, *tablets*, *laptops* ou computadores de mesa e na versão *Web*.

Figura 33 - Tela 01 Prototipada em software de desenvolvimento de games



Fonte: Do autor (2023).

A segunda tela prototipada, tem a finalidade de introduzir a história principal do *game*, ela apresenta seus principais personagens e as fases que devem ser percorridas para alcançar o objetivo principal. Apresentam nesta tela os botões, os controles do *game* e o acesso a um tutorial.

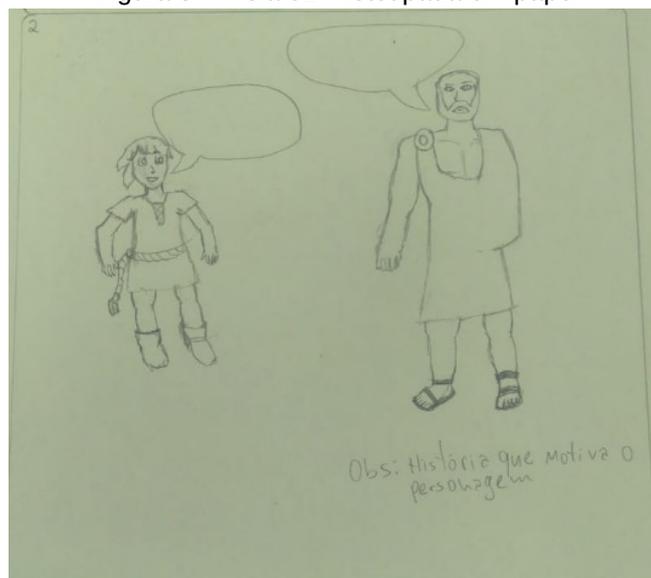
O *game* tem início através de um diálogo, entre o principal personagem (o aspirante a matemático) e um dos mestres da matemática, e neste longo diálogo, o personagem mestre da matemática, efetua a primeira pergunta ao jogador, a pergunta é a respeito se o jogador está pronto para tornar-se um mestre da matemática (figura 34), sendo positiva a resposta, o fluxo do *game segue para a tela 3*.

Os desenvolvedores citaram que o diálogo acontecerá em formato de balões de conversa, tendo entre as perguntas iniciais, indagações sobre qual o nível de escolaridade do jogador, assim, vai permitir que o *game* selecione os desafios matemáticos, de acordo com o nível de escolaridade do jogador.

Em outra conversa entre os desenvolvedores, foi observada a preocupação em relação aos sons e cores, pois eles chamaram a atenção para os sons utilizados a partir da tela inicial. Estes sons deverão empolgar o jogador e, em alguns casos, as músicas precisarão associar-se ao acontecimento, como por exemplo, a escolha por músicas que sejam relacionadas à vitória, momento que o jogador acerta um

desafio. Essa observação foi apresentada pela abordagem metodologia CBGD, e para ajudar na escolha das imagens e sons, aplicariam o que estava previsto na abordagem.

Figura 34 - Tela 02 Prototipada em papel



Fonte: Do autor (2023).

A seguir, figura 35, a mesma tela já na primeira versão de protótipo desenvolvido através do *software GDevelop*.

Figura 35 - Tela 02 Prototipada em software de desenvolvimento de games



Fonte: Do autor (2023).

A terceira tela, designada de mapa das fases do *game* (figura 36), representa em formato de mapa as seis primeiras que deverão ser percorridas pelo jogador. O desafio de cada fase será apresentado por um personagem (mestre da matemática) matemático Grego. Com o intuito de despertar a curiosidade do jogador, o desenvolvedor docente, sugeriu que as demais fases só serão apresentadas após o êxito do jogador nas cinco primeiras fases.

As fases inicialmente se apresentarão bloqueadas e no decorrer das jogadas exitosas ficarão disponíveis para o determinado jogador que conseguir desbloqueá-la, ou, se conectando através da opção continue no início do *game*.

Não foi previsto no documento de conceito, porém, é citado pelos desenvolvedores a opção de um determinado professor participar do *game*, assumindo o personagem mestre matemático, com a proposta de apresentar um desafio extra em algumas fases específicas. Outra sugestão observada durante a prototipação e não acrescentada ao documento de conceito, relaciona-se ao acréscimo de ajudas, ou seja, “vidas”, onde o jogador será bonificado com vídeos curtos, sobre o saber matemático proposto pelo desafio. E assim, a cada fase bem sucedida, o aspirante acumularia o direito de assistir até 3 vídeos na fase seguinte, acumulados caso não fossem utilizados, acumulando no máximo três vídeos.

Figura 36 - Tela 03 Prototipada em papel



Fonte: Do autor (2023).

Diferentemente das imagens iniciais, sugeridas em cada fase, para o protótipo modelado no *Gdevelop*, os desenvolvedores optaram por representar cada fase homenageando os grandes nomes da matemática (figura 37).

Figura 37 - Tela 03 Prototipada em software de desenvolvimento de games



Fonte: Do autor (2023).

Por fim, é prototipada uma tela (figura 38), exemplificando um determinado desafio do saber matemático razão e proporção, em uma das fases. No protótipo, o mestre matemático faz a seguinte indagação: “Três terrenos têm frente para a rua A e para a rua B, como representa a figura. As divisas laterais são perpendiculares à rua A. Qual é a medida de frente para a rua B de cada lote sabendo que a frente total para essa rua tem 180 m?”

Na ocasião, a tela exibe uma ilustração que faz parte do questionamento realizado pelo mestre matemático que, por sua vez, ajuda na resolução do problema. Entre as observações que devem ser acrescentadas para a versão digital do protótipo, foram citadas a contagem de um tempo para realização do problema, ou seja, o jogador pode, no momento de execução do *game*, solicitar a ajuda prevista, caso a tenha, e a quantidade de vezes que ele possuir de ajuda pode ser utilizada. Existe um campo específico para digitar sua resposta e um campo específico para a escrita da resolução da questão, em que deve ser apresentada a resolução, passo a passo, do problema proposto.

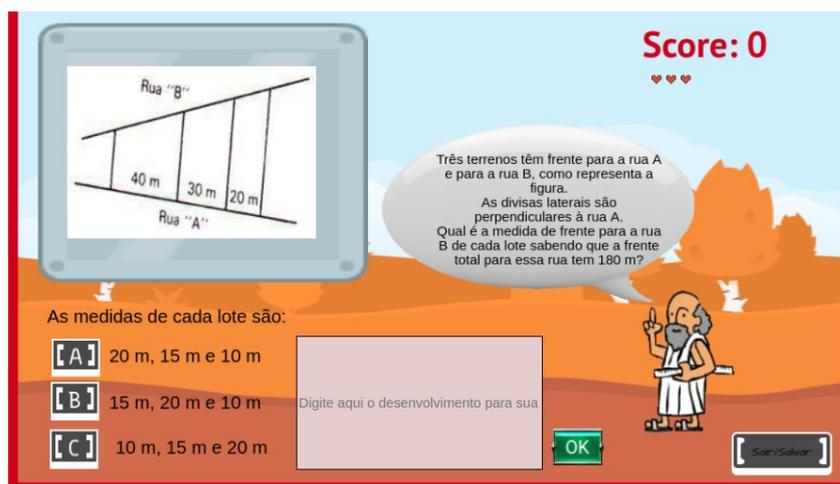
Figura 38 - Tela 04 Prototipada em papel



Fonte: Do autor (2023).

Por fim, exibimos na figura 39 a prototipação do primeiro desafio utilizando o *Gdevelop*. A fase apresenta um desafio, conforme explicado anteriormente, e para que o jogador consiga êxito, é necessário desenvolver o problema proposto.

Figura 39 - Tela 03 Prototipada em software de desenvolvimento de games



Fonte: Do autor (2023).

Os exemplos apresentados nesta seção, através da prototipação em papel e a utilização de um *software* de desenvolvimento de *games* (não previsto no ensaio), demonstraram que foi aguçada a curiosidade dos desenvolvedores para irem além do que estava previsto da sexta fase da MEDIG. Demonstram, também, que não é necessário ter conhecimentos/habilidades aprofundadas em programação para desenvolver um *game*.

Deste modo, concluímos o ensaio de prototipagem de baixa fidelidade de *game*, a partir da modelização. O protótipo construído é apenas um artefato ainda em forma bruta que tem a possibilidade de implementação para sua forma mais robusta e que poderá ser utilizado para a finalidade principal que é entretenimento com ensino e aprendizagem de matemática.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos neste capítulo as considerações a respeito dos resultados obtidos através desta pesquisa. Discutimos aqui quais foram os resultados alcançados quanto aos questionamentos levantados sobre a proposta principal apresentada, que era a de apresentar um modelo de desenvolvimento de *games* articulando os elementos da Engenharia Didático-Informática com os Processos de Desenvolvimento e *Games* que contribua para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos. E, por fim, as possibilidades de continuidade da pesquisa e trabalhos futuros.

### 7.1 METODOLOGIA E CONFIRMAÇÃO DAS HIPÓTESES

O desenvolvimento de *software* envolve várias etapas e processos complexos até a sua entrega ao usuário final. Em relação aos processos de desenvolvimento de *softwares* educativos, o processo torna-se ainda mais complexo e envolve a participação de uma equipe bem mais diversificada, equipe que exige a participação de especialistas em diversas áreas de estudo e pesquisa.

A Engenharia Didático-Informática, fruto de pesquisas realizadas pelo grupo pesquisa Ateliê Digital, do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica (EDUMATEC) da Universidade Federal de Pernambuco (UFRPE), liderado pelo professor Franck Bellemain, e concebida a partir de um conjunto de pesquisas do grupo e apresentada na Tese do professor Ricardo Tiburcio, consegue direcionar metodologicamente os processos para a construção de um *software* educativo que articula as análises teóricas e metodológicas das Engenharias Didática e de *Software*.

Como nosso foco de pesquisa foi um modelo para desenvolvimento de *games* educativos, encontramos na EDI uma proposta metodológica que consegue apresentar caminhos para desenvolver *games* educativos e contribuir de forma efetiva no processo de ensino e aprendizagem no chão da escola.

A partir da EDI “pura” já foram desenvolvidos e apresentados *games* que tiveram, em seu processo de desenvolvimento, o processo metodológico da EDI. Porém, estes artefatos tecnológicos apresentados comunidade acadêmica, são desenvolvidos a partir de *games* que já existem no mundo físico. Ou seja, já foram concebidos para o propósito em formato “físico” e o desenvolvimento lógico, criado a partir da EDI. Todavia, o processo de desenvolvimento de um *game* pesquisado nesta tese possui aspectos específicos de sua natureza, que não fazem parte da EDI. Esses aspectos estão relacionados aos processos de desenvolvimento de *games* e de metodologias específicas para desenvolver *games*.

Dessa forma, tivemos como objetivos:

- Comparar e analisar as principais metodologias de desenvolvimento de *games* educativos e verificar quais aspectos podem servir como pilares de uma modelização específica para o desenvolvimento de *games* educativos;
- Analisar a possibilidade de uma dimensão específica para a criação de *games* no modelo da EDI;
- Articular a Engenharia Didático-Informática (EDI) e o Processo de desenvolvimento de *games* (PDG) modelizando uma metodologia específica para a produção de *games* educativos;
- Criar um protótipo de baixa fidelidade de um *game*, para o ensino de matemática, com os aspectos da modelização entre a EDI e o PDG;

O percurso metodológico foi inspirado nas fases da Engenharia Didática e dividida em 5 momentos.

A partir da etapa que compreende as análises preliminares da ED realizada, por esta pesquisa, buscamos identificar os principais aspectos dos processos de desenvolvimento de *games* e de metodologias específicas para desenvolver *games*, que poderiam ser incorporados aos aspectos pedagógicos e educacionais para favorecer o processo de ensino e de aprendizagem.

Entre as metodologias apresentadas como específicas para o desenvolvimento de *games* educacionais, encontramos incorporados ao seu processo de produção apenas a necessidade da participação de professores e alunos no processo de

desenvolvimento, ou seja, a participação de especialistas ligados ao eixo educacional em parte do processo.

Da mesma forma, a ES não apresenta em seus processos, a capacidade de resolver os aspectos relativos às dimensões didáticas, cognitivas e epistemológica. Portanto, a possibilidade de realizar uma articulação entre a EDI, que consegue atender os aspectos necessários das dimensões da ED com os necessários ao desenvolvimento de *games* é válida.

Mesmo assim, compreendemos que importantes características das metodologias poderiam ser incorporadas à modelização para o desenvolvimento de *games* que estávamos propondo.

A partir da segunda etapa, análise a priori, foi possível compreender a necessidade de incorporação de uma quinta dimensão à EDI, esta seria uma dimensão específica para o desenvolvimento de *games* educacionais. Nesta dimensão foi possível perceber a importância da incorporação dos aspectos iniciais para a produção de um *game*.

Estes aspectos formariam a quinta dimensão, apresentada para incorporação à EDI, quando contemplaríamos os conceitos iniciais da ideia do *game*, que culminaria no desenvolvimento do artefato de software chamado de documento de conceito. Tal documento constitui-se como o principal documento do projeto de um *game*, e traz as definições essenciais para o *game* ser construído. É um tipo de mapa, que vai orientar a sintonia do trabalho em equipe.

Na fase de ensaio e experimentação da ED foi possível identificar os aspectos teóricos da Engenharia Didático-informática e dos Processos de Desenvolvimento de *Games para* modelização de uma metodologia específica para o desenvolvimento de *games* educativos. Foram incorporadas à EDI as situações específicas que permitem o desenvolvimento de um *game* com os propósitos da EDI, processos que já são consolidados para o desenvolvimento de qualquer tipologia de *software* educacional, inclusive *games*. Entretanto, havia uma necessidade de olhar para o campo específico do desenvolvimento de *games*, para agregar metodologicamente passos que consideramos importantes. Mesmo que seja, ainda, uma proposta que necessita

de amadurecimento, esta modelização que foi desenvolvida é um caminho promissor para futuras pesquisas.

Por fim, realizamos um ensaio, com o desenvolvimento de um protótipo utilizando a modelização apresentada até a fase de prototipação da MEDIG. A partir deste ensaio, foi possível demonstrar que temos metodologicamente um caminho de fácil interpretação para pessoas que não são da área específica da tecnologia da Informação, como professores de matemática, obviamente desconsiderando os que se capacitam para enveredar pela aprendizagem de programação e outras áreas da TI.

Assim, esse caminho metodológico, em conjunto com a utilização de *software* que possuem as características do *software* apresentado no capítulo 6 é, de fato, um resultado que consideramos de grande relevância. Portanto, é na sala de aula, e não somente nas aulas de informática, que o desenvolvimento de *games* deve ser utilizado. Em vista disso, o processo de aprendizagem de matemática e das demais áreas, com a utilização desenvolvimento de *games* como processo de ensino, mesmo considerando que os professores e alunos envolvidos não possuam conhecimento aprofundado em programação de *games*, é um campo fecundo de possibilidades.

## 7.2 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS

A pesquisa realizada por essa tese considera que foi possível alcançar os objetivos que foram propostos.

Apresentamos a comunidade acadêmica uma modelização específica para o desenvolvimento de *games* educacionais, que considere os aspectos didáticos e tecnológicos, sendo modelizada a partir da Engenharia Didático-Informática e os Processos de Desenvolvimentos de *Games*.

Foi possível também:

- Comparar e analisar as principais metodologias de desenvolvimento de *games* educativos e verificar quais aspectos podem servir como pilares de uma modelização específica para o desenvolvimento de *games* educativos;;

As metodologias apresentadas no capítulo 2, seção 2.4, contemplam os métodos existentes na literatura para o desenvolvimento de *games*, pesquisadas a partir do acervo digital da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) e dos principais eventos da área de ensino de matemática.

- Análise da possibilidade de uma dimensão específica para a criação de *games* no modelo da EDI;

A dimensão Jogabilidade Educativa é apresentada por esta tese, e consideramos necessária para a produção de *games* com propósito educacional. Logo, nessa dimensão proposta, temos a inserção da proposta conceitual do jogo, as ideias do *game*, as ações, o enredo, os personagens e outras características de suma importância para a concepção de um *game*. E, como resultado, a dimensão possibilita o desenvolvimento do documento de conceito, documento essencial para a construção de um *game*, que levará à construção de requisitos artísticos e de história característicos a produção de *games*.

- Articular a Engenharia Didático-Informática (EDI) e o Processo de Desenvolvimento de Games (PDG) modelizando uma metodologia específica para a produção de *games* educativos;

Apresentamos no capítulo 5 a MEDIG, uma proposta de modelização para desenvolvimento de *games* educativos, que é um refinamento metodológico, com foco em *games* educativos. A MEDIG é um modelo que tem como pilares a Engenharia Didático-Informática e as principais características necessárias para o desenvolvimento de um *game* e é um caminho metodológico e teórico que contempla aspectos não presentes na EDI, importantes para os *games*, e os não presentes no PDG, também essenciais para os *games* educativos. Como citamos anteriormente, é uma proposta que necessita amadurecimento, porém, este amadurecimento só será possível a partir de pesquisas futuras que utilizem a modelização como caminho metodológico para o desenvolvimento de *games* com propósito educativo.

- Criar um protótipo de baixa fidelidade de um *game* para o ensino de matemática, com os aspectos da modelização entre a EDI e o PDG;

Realizamos nesta tese um ensaio a partir da modelização proposta. Contamos com a participação de dois alunos e um professor da licenciatura em matemática do

Campus de Santa Maria da Boa Vista, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. Estes foram convidados e orientados pelo pesquisador e, a partir de um roteiro estabelecido, conseguiram executar as etapas da modelização, desde a etapa de ideia, até a fase de prototipagem de papel. Posteriormente, pesquisaram e utilizaram um *software* para desenvolver a primeira versão do *game*.

Este objetivo específico encheu o coração de esperança e motivação, deste pesquisador, para futuras pesquisas no campo do ensino e aprendizagem de matemática, através do desenvolvimento de *games*. Neste ensaio foi possível observar que, apesar de não ter tido tempo hábil para aplicação de instrumentos mais específicos, considerando a experiência como professor de disciplinas de projetos de desenvolvimento de *software* e programação, existe a possibilidade de que alunos e educadores possam, mesmo que não possuam conhecimento básico ou intermediário dos citados, interpretar uma metodologia de desenvolvimento de *software* e aplicá-la, utilizando uma ferramenta menos complexa do ponto de vista dos conceitos de programação.

Assim, concluímos que todos os objetivos elencados foram alcançados. E apresentamos ao campo de estudo, um modelo específico para o desenvolvimento de *games* educativos e que podem ser utilizados no chão da escola, como engajador e motivador para o processo de ensino e a aprendizagem dos nossos educandos da contemporaneidade.

### 7.3 ENCAMINHAMENTOS FUTUROS

Observa-se, ao concluir esta pesquisa, que existem questões relevantes a serem investigadas. Os processos de desenvolvimento de *games* educativos são um campo de estudo cheio de lacunas a serem preenchidas por nova pesquisas, principalmente por consideramos a área da tecnologia da informação e da educação em constante evolução.

Assim, seguem algumas possibilidades de pesquisas a partir da temática apresentada.

### **7.3.1 Desenvolvimento de games com a MEDIG**

Entre as principais propostas para trabalhos futuros, julgamos necessário o desenvolvimento de *games* utilizando a modelização como abordagem metodológica, verificando assim as principais contribuições para o desenvolvimento de artefatos de *games* educativos e os aperfeiçoamentos necessários, pois consideramos que a modelização necessita ser apresentada e utilizada para que possamos identificar seus principais pontos positivos e quais precisam ser melhorados.

### **7.3.2 Propor um Sequencia Didática utilizando a MEDIG**

Entendemos que é necessário diversificar a maneira como as aulas são apresentadas na contemporaneidade. A educação, necessita explorar outros tipos de abordagens que possam atrair a atenção dos estudantes, e a utilização das tecnologias já são apresentadas como aliadas no processo de ensino e a aprendizagem, assim, a modelização proposta por esta tese pode ser utilizada por meio de sequencias didáticas em diversas atividades nos diferentes níveis de ensino.

De modo, outra possibilidade de pesquisa, é a proposta de desenvolvimento de sequencia didática para o ensino de matemática, utilizando a modelização MEDIG para o ensino a aprendizagem através do desenvolvimento de *games* para os diferentes níveis educacional.

### **7.3.3 Utilização de desenvolvimento de *games* em sala de aula como estratégia de ensino e aprendizagem**

Investigar a proposta de colocar como prática pedagógica, a utilização de desenvolvimento de *games* no processo de ensino e da aprendizagem. Quais são os limites e as possibilidades do potencial criativo e produtivo que desenvolver *games* proporcionam para o campo da matemática ou de outras áreas da educação? E se realmente é uma estratégia favorável ou prejudicial para o ensino e aprendizagem dos educandos?

### **7.3.4 Formação de professores de matemática**

Elaborar e experimentar uma proposta de formação inicial de professores de matemática, em uma perspectiva libertadora de utilização de desenvolvimento de *games* para o ensino de matemática.

## REFERÊNCIAS

AGILE. **Manifesto for Agile Software Development**, 2011. Disponível em <<http://agilemanifesto.org>>. Acesso em: jun. 2021.

ALMOULOUD, S. A. **A Teoria das Situações Didáticas**. São Paulo: PUC-SP, 2004.

ALMOULOUD, S. A. **Fundamentos da Didática da Matemática**. Paraná: UFPR, 2007.

ALMOULOUD, S. A.; COUTINHO, C. Q. S. **Engenharia Didática: características e seus usos em trabalhos apresentados** no GT-19, ANPED. Revemat: revista eletrônica de educação matemática, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 62-77, 2008. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/13031/12137>. Acesso em: 22 fev. 20122.

AMARAL, H. J. C.; FRANÇA, R. S. **Proposta Metodológica de Ensino e Avaliação para o Desenvolvimento do Pensamento Computacional com o Uso do Scratch**. II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013) Disponível em: <<http://ojs.sector3.com.br/index.php/wie/article/view/2646/2300>>. Acesso em: 15 abr. 2022.

ARTIGUE, M. **Ingenierie didactique**. In: BRUN, J. (org.). *Didactique des mathématiques*. Lausanne, Paris, 1996. Cap. 4, p. 243-274.

ARTIGUE, M. **Ingénierie didactique. Recherches em Didactique dês Mathématiques**, v. 9, n. 3, p. 281-308, 1998.

BANDURA, A. **Toward a psychology of human agency**. *Perspect. Psychol. Sci.* 1, 164–180.2006 <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00011.x> Palestra. São Paulo: PUC, 2006.

BECKER, K.; PARKER, J. R. **The Guide to Simulations and Games**: Wiley Inc. 2011.

BETHKE, E. **Game development and production**. Plano: Wordware Publishing, Inc, 2003.

BONILLA, M. H. **Escola aprendente: pra além da sociedade da informação**. QUARTET, Rio de Janeiro, 2005.

BRANDT, C.F.; MORETTI, M.T. **Ensinar e aprender matemática: possibilidades para a prática educativa** [online]. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2016, 307 p. ISBN 978-85-7798-215-8.

BROUSSEAU, G. A. **Teoria das Situações Didáticas e a Formação do Professor**. Palestra. São Paulo: PUC, 2006.

BROUSSEAU, G. A. **Fundamentos e Métodos da Didáctica da Matemática**. In: BRUN, J. Didáctica das Matemáticas. Tradução de: Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996a. Cap. 1. p.35-113.

CARVALHO, M. L. B.; CHAIMOWICZ, L.; MORO, M. M. **Pensamento Computacional no Ensino Médio Mineiro**. In: XXI Workshop sobre Educação em Computação, 2013, Maceió. Anais do XXXIII CSBC.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede: do conhecimento à política**. In.: CASTELLS, Manuel; CARDOSO, Gustavo (Org.). A sociedade em rede: do conhecimento à acção política. Brasília: Imprensa Nacional-Casa da Moeda: 2006, p. 17-30.

CERUZZI, P. **A History of Modern Computing**, The Mit. Press, Cambridge, 2003.

CHANDLER, H. M. **Manual de Produção de Jogos Digitais**. 2a. Ed. Porto Alegre: Bookman. 2012.

CHEVALLARD Y. **La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. La Pensée Sauvage, Argentina. 1991.

COLL, C. O. **Construtivismo na sala de aula**. Ática, São Paulo, 2011.

CONTRERAS-ESPINOSA, R. S.; EGUIA-GÓMEZ, J. L. **Investigación-acción como metodología para el diseño de un serious game**. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, v.19, n.2, p 71-90, 2016. Disponível em: <<http://revistas.uned.es/index.php/ried/article/view/15624>>. Acesso em: 28 ago. 2022.

CRUZ, F. **Scrum e PMBOK unidos no Gerenciamento de Projetos**. Editora Brasport, Rio de Janeiro, 2013.

FIGUEIREDO, N. M. A. **Método e Metodologia na Pesquisa Científica**. 3. ed São Paulo: YENDS EDITORA, 2009.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 2. ed. São Paulo: ARTMED, 2009.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, S.; JARVIS, S. **A Framework for Developing Serious Games to meet Learner Need**. In Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference, páginas 1-11, 2006.

GODOY, A. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. In Revista de Administração de Empresas, v.35, n.2, Mar./Abr. 1995a, p. 57-63.

HIRAMA, K. **Engenharia de software : qualidade e produtividade com tecnologia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

HINE, G. S. **The importance of action research in teacher education programs**. Is-

sues in Educational Research, 23(2), 151-163.2013

IEEE. **SWEBOK: a project of the IEEE Computer Society Professional Practices Committee**. Los Alamitos: IEEE, 2004.

KRAWCZYK, M.; NOVAK, J. **Game Development Essentials: Game Story and Character Development**. USA: Thomsom Delmar Learning, 2006.

KENSKI, V. M. **Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8ª ed. Campinas, SP: Papirus, 2012.

KENT, S. L. **The ultimate history of video games: from Pong to Pokemon – the story behind the craze that touched our lives and changed the world**. New York: Three River Press, 2001.

LEMOS, A. **Cibercultura: tecnologia e vida solcial na cultura contemporânea**. 7. ed. Porto Alegre: Sulina, 2015.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. 3. ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

LIMA, J. R. T. **Robótica educacional no ensino de física: contribuições da engenharia didática para a estruturação de sequências de ensino eaprendizagem** / José Roberto Tavares de Lima. – Recife, 2018. 188 f.: il.

MACHADO, S. D. A.. **Engenharia Didática**. In: MACHADO, Silvia Dias Alcântara. (Org.). Educação Matemática: uma (nova) introdução. 3 ed. São Paulo: EDUC, 2010. p. 233-248.

MAFFESOLI, M. **O sistema educacional não funciona mais”**. Entrevistador: Carlos Macedo. Zero Hora. 2014 Disponível em:<https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2014/04/o-sistema-educacional-nao-funciona-mais-diz-michel-maffesoli-4473443.html>. Acesso em: 10 março. 2022.

MANOVICH, L. **El software toma el mando**. [S.l.]: UOCPress Comunicación, 2014.

MARTON, F.; BOOTH, S. **Learning and awereness**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Inc. Publishers 1997.

MINAYO, M. C. S. **O desafio da pesquisa social**. In: MINAYO, M. C. S. (org.). Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001. p. 9-29.

MORAN, J. M. **Como utilizar a Internet na educação**. Ci. Inf. n.2, maio/ago 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-19651997000200006>. Disponível em: <[www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100-19651997000200006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100-19651997000200006&script=sci_arttext)>. Acesso em: 8 jul. 2021.

MOORE, M. E.; NOVAK, J. **Game Development Essentials: Game Industry Career Guide**. USA: Delmar: Cengage Learning, 2010.

NATALE, A. A. **A ciência dos videogames: tudo dominado... pelos elétrons!** Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2013.

NOVAK, J. **Game Development Essentials: An Introduction.** Canada: Delmar: Cengage Learning, 2008.

NOVAK, J. **Desenvolvimento de Games.** São Paulo: Cengage Learning, 2010.

OLIVEIRA S. M. L. S.; NUNES, R. D. S. N. A.; SILVA JUNIOR, R. C. G. **Development process of an educational game: An experience in brazil.** In Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment, 2014.

PAIS, L. C. **Questões metodológicas e a engenharia didática.** In: PAIS, Luiz Carlos. Didática da matemática: uma análise da influência francesa. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2002. p. 99-108

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática.** Porto Alegre: Artmed, 2008.

PARKER, F. **An art world for artgames. Toronto: Loading...** The Journal of the Canadian Game Studies Association Vol 7(11): 41-60, 2013.tabela

PAULA FILHO, W. P. **Engenharia de Software: Produtos.** 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

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

PRENSKY, M. **Digital Natives Digital Immigrants.** In: PRENSKY, Marc. On the Horizon. NCB University Press, Vol. 9 No. 5. 2001.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software: Uma abordagem profissional.** 7. Ed. McGraw-Hill, 2011.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software: Uma abordagem profissional.** 9. Ed. McGraw-Hill, 2021.

PRETTO, N. L.; SILVEIRA, S. A. **Além das redes de colaboração: internet, diversidade cultural e tecnologias do poder.** [online]. Salvador: EDUFBA, 2008. 232 p. ISBN 978-85-232-0524-9.

PRETTO, N. L. **Professores-autores em rede.** Recursos Educacionais Abertos: práticas colaborativas políticas públicas / Bianca Santana; Carolina Rossini; Nelson De Lucca Pretto(Organizadores).Salvador: Edufba; São Paulo: Casa da Cultura Digital. 2012.

PRETTO, N. L.; CORDEIRO, S.; OLIVEIRA, W. **Produção cultural e compartilhamento de saberes em rede: entraves e possibilidades para a Cultura e a Educação**. Educação em Revista. v.29, n.03. p.17-40. Belo Horizonte. 2013.

PRETTO, N. L.; RICCIO, N. C. R. **A formação continuada de professores universitários e as tecnologias digitais**. Educar, Curitiba. 2010.

POMMER, W. M. **A Engenharia Didática em sala de aula: Elementos básicos e uma ilustração envolvendo as Equações Diofantinas Lineares**. São Paulo: USP, 2013. Disponível em: < <http://stoa.usp.br/wmpommer/files/3915/20692/Livro+Eng%C2%AA+Did%C3%A1tica+2013.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

RODRIGUES, H.F.; MACHADO, L.S; VALENÇA, A.M. **Definição e Aplicação de um Modelo de Processo para o Desenvolvimento de Serious Games na Área de Saúde**. In Proc. Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - Workshop de Informática Médica, p.1532-1541, 2010.

SAHRIR, M. S. et al. **Employing design and development research (DDR) approaches in the design and development of online Arabic vocabulary learning games prototype**. The Turkish Online of Educational Technology, v.11, n.2, p 108-119, abr. 2012. Disponível em: <<http://www.tojet.net/articles/v11i2/11211.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2021.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Rules of Play: Game Design Fundamentals**. Londres: The MIT Press, 2004.

SCHUYTEMA, P. **Design de Games: uma abordagem prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. SOFTEX. Tecnologias de visualização na indústria de jogos digitais: potencial econômico e tecnológico para a indústria brasileira de software. Campinas: Softex, 2005.

SCHUYTEMA, P. **Design de Games: Uma abordagem prática**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SERRES, M. **Polegarzinha: Uma nova forma de viver em harmonia, de pensar as instituições, de ser e de saber**. 1. ed. Bertrand Brasil, 2013.

SHETTINI, Luiz Filho. **Pedagogia da Ternura**. 1. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 9. ed. São Paulo: Pearson Education, 2011.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 10. ed. São Paulo: Pearson Education, 2019.

STARKS, K. **Cognitive behavioral game design: a unified model for designing serious games**. *Frontiers in Psychology*, v.5, n.5, p 1-10, fev. 2014. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3910127/>>. Acesso em: 28 ago. 2021.

TANG, S.; HANNEGHAN, M. A. **Model-Driven Framework to Support Development of Serious Games for Game-based Learning**. 3rd International Conference on Developments in e-Systems Engineering (DESE2010), London, UK. 2010.

TIBURCIO, R. S. **A Engenharia Didático-Informática: Uma metodologia para a Produção de Software Educativo**. 2020. f. 191. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica – Edumatec). Recife. UFPE. 2020.

TIBURCIO, R. S. **Processo de desenvolvimento de software educativo: um estudo da prototipação de um software para o ensino de função**. 2016. f. 112. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica – Edumatec). Recife. UFPE. 2016.

TORRENTE, J. et al. Development of game-like simulations for procedural knowledge in healthcare education. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v.7, n.1, p 69-82, jan. mar. 2014. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/document/6678341/> >. Acesso em: 28 ago. 2021.

TURKLE, S. **A Vida no Ecrã: a Identidade na Era da Internet**. Tradução de Paulo Faria. Lisboa: Relógio D'Água Editores, 1997.

TURKLE, S. **O Segundo Eu: os computadores e o espírito humano**. Tradução de Manuela Madureira. Lisboa: Editorial Presença, 1989.

VEEN, W.; VRAKKING, B. **Homo Zappiens: educando na era digital**. Trad. de Vinícius Figueira. Porto Alegre: Artmed, 2009.

WAZLAWICK, R. S. **Engenharia de software: conceitos e práticas**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

## APÊNDICE A - ESQUEMA DE PROTOTIPAGEM EM PAPEL DE UM GAME.

Basicamente utilizaremos material de escritório.

- Lista de Material: papel A4, cartolina, lápis, caneta, pincel (de diversas de cores), tesoura, cola e marcadores autoadesivos.
- Identificar o que prototipar, para isso, é necessário realizar análise dos documentos de requisitos de arte e de sistema, posteriormente desenvolver um protótipo da fase inicial do *game*, inicialmente utilize o formato em telas (pense em uma tela de computador) e posteriormente se o *game* tiver como plataforma os dispositivos moveis, refaça pensando na tela de um *smartphone*.
- Defina as tarefas mais importantes: tarefas comuns, tarefas críticas e com maior impacto no ensino e na aprendizagem.
- Os protótipos não precisam estar completos para serem testados, então, defina de três a quatro tarefas que podem ser testadas e comece a jogar e se divertir, pois uma característica da prototipação de *game*, é motivar e se divertir com o próprio *game*, criando um ambiente mais agradável entre professores e alunos.
- Por fim, use a criatividade o máximo possível.

## APÊNDICE B - ROTEIRO DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.

Muito obrigado por participar desta pesquisa. O objetivo do desenvolvimento deste protótipo de *game* é utilizar a modelização proposta na pesquisa de doutorado do aluno Francisco de Assis de Lima Gama. Para tanto, você participante desenvolverá a partir da modelização um *game* até a fase de prototipação em papel.

Nenhum dado pessoal seu será registrado. Não haverá registro eletrônico ou audiovisual de sua participação. Todos os dados coletados serão utilizados em um trabalho de tese de doutorado da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Se estiver de acordo com os termos, é pedido assine o este termo. Por favor, avise sobre qualquer dúvida que tenha a respeito.

### **Atividades**

- I. Apresentação da Modelização;
- II. Qual tipo de software educativo será desenvolvido? (se a resposta for um *game*, utiliza-se a modelização, caso contrário, a EDI pura)
- III. Primeira fase da MEDIG.  
 Desenvolvimento da "ideia"/Fase Conceito  
**(Proposta conceitual - Produção do Documento de Conceito)**  
**Especificação**
  - Qual a ideia do *game*? (personagens, cenários, estilo e história)
  - Sobre o "jogador". O que ele vai fazer? O que ele não vai fazer?
  - Qual o objetivo de cada fase?
  - Quais são os problemas percebidos que o *game* poderá se apresentar como solução?
  - Quais conhecimentos se pretende abordar jogando?
  - Considerando as relações entre os saberes delimitados, quais conceitos e definições devem estar presentes?
  - Qual será o diferencial da utilização do *game* comparado a um ambiente papel e lápis?**Composição da Equipe**
  - Professor ou aluno produtor – supervisionar o conceito do *game* e documentação;

- Professor ou aluno diretor - determinar as ideias sobre as regras e universo do *game* e organiza as discussões;
- Professor ou aluno *designer* – desenvolver os desenhos conceituais, definir o tempo, os personagens e estilo;
- Professor ou aluno programador – integrante com mais habilidade em Tecnologia da Informação.

A estrutura básica é do documento de conceito.

Aspecto		Detalhes	Observações
Visão Geral	Resumo		
	Aspectos fundamentais		
Contexto do Game	História		
	Eventos anteriores		
	Principais jogadores		
Objetos	Personagens		
	Armas		
	Objetos		
Conflitos e soluções			
Fluxo			
Controles			
Definições			
Referências			

#### IV. Segunda fase da MEDIG.

*Desenvolvimento do Documento Analítico de Conceito e Análises Prévias*

DIMENSÕES	QUESTIONAMENTOS
Cognitiva	Existem indicações na literatura de como o estudante aprende? Quais dificuldades de aprendizado são identificadas? Quais etapas são elencadas para a construção do conhecimento?
Didática	Qual é o estado atual do ensino do conhecimento? Quais são as consequências desse ensino? Quais são as dificuldades em ensinar esse conhecimento?
Epistemológica	Quais intervenções são realizadas para adaptar o saber matemático ao saber a ser ensinado? Quais são os aspectos do conhecimento que podem dificultar e/ou

	facilitar a aprendizagem?
Informática	Quais são as contribuições tecnológicas que o software deve conter para auxiliar na compreensão e ensino dos conhecimentos? Em que aspectos as tecnologias digitais influenciam no currículo e nas mudanças das práticas docente e discente?
Jogabilidade educativa	Quais elementos do <i>game</i> contribuem para o ensino e a aprendizagem?  Quais elementos da Teoria Social Cognitiva (SCT) e da teoria das inteligências múltiplas (Ims) podem auxiliar durante o jogo a aprendizagem dos conceitos? <ul style="list-style-type: none"> <li>• SCT: conhecimento, metas, expectativas de resultados e impedimentos;</li> <li>• Ims: gráficos, espaço ou posição, relacionamentos, música e narrativa.</li> </ul>

V. Terceira e quarta fase da MEDIG.  
*Requisitos de arte e de sistema*

- Licitação de usuários, gráficos e validação de casos.
  - Como o ensino e a aprendizagem podem ser favorecidos através do *game*? Ou seja, como estou aprendendo ao mesmo tempo que estou me divertindo com o *game*?
  - Como a compreensão dos saberes é auxiliada no momento em que o indivíduo está jogando jogando?
  - Quais recursos e situações o *game* propõe para ajudar o jogador a compreender os conhecimentos?
  - Análise externa ou análise de concorrentes. Quais *games* já possuem a mesma funcionalidade? Qual o diferencial do *game*? Qual a inovação do *game* a ser desenvolvido?
  -

DIDÁTICOS	COGNITIVOS	EPISTEMOLÓGICOS	INFORMÁTICOS	JOGABILIDADE EDUCATIVA	OUTROS

VI. Quinta e sexta fase da MEDIG

*Concepção e análise a priori; Prototipagem em papel*

**Esquema de prototipagem em papel de um *game*.**

Basicamente utilizaremos material de escritório.

- Lista de Material: papel A4, cartolina, lápis, caneta, pincel (de diversas cores), tesoura, cola e marcadores autoadesivos.
- Identificar o que prototipar, para isso, é necessário realizar análise dos documentos de requisitos de arte e de sistema, posteriormente desenvolver um protótipo da fase inicial do *game*, inicialmente utilize o formato em telas (pense em uma tela de computador) e posteriormente se o *game* tiver como plataforma os dispositivos moveis, refaça pensando na tela de um *smartphone*.
- Defina as tarefas mais importantes: tarefas comuns, tarefas críticas e com maior impacto no ensino e na aprendizagem.
- Os protótipos não precisam estar completos para serem testados, então, defina de três a quatro tarefas que podem ser testadas e comece a jogar e se divertir, pois uma característica da prototipação de *game*, é motivar e se divertir com o próprio *game*, criando um ambiente mais agradável entre professores e alunos.
- Por fim, use a criatividade o máximo possível.

## APÊNDICE C - 2º ENCONTRO – ATIVIDADES IV E V

### IV. Desenvolvimento do Documento Analítico de Conceito e Análises Prévias

DIMENSÕES	QUESTIONAMENTOS
Cognitiva	<p><b>Existem indicações na literatura de como o estudante aprende?</b>            Sim, através da análise crítica e de associação de conteúdos matemáticos bases, aliados com a realidade cotidiana.</p> <p><b>Quais dificuldades de aprendizado são identificadas?</b>            1- O não contato com as tecnologias digitais;            2- Uma base matemática pouco desenvolvida durante a vida estudantil do aluno;            3- Medo de compreender a matemática por pensar que é muito difícil sem ao menos se permitir tentar.</p> <p><b>Quais etapas são elencadas para a construção do conhecimento?</b>            1-Reconhecimento; ( pois partimos de que o aluno já se conhece algo sobre as assuntos matemáticos que serão abordados ao longo de sua vida estudantil e acadêmica);            2- Associação;            3- Imaginação e criatividade;            5- Construção a partir de análises críticas;            6- Prática e resoluções em situações reais;            7- Revisão de conceitos anteriores;            8- Conhecimento. ( Na perspectiva continuada, onde o aluno seja capaz de visitar a amplitude de conceitos e aprendizagens que desenvolveu ao longo da sua vida para resolver problemas reais do seu cotidiano).</p>
Didática	<p><b>Qual é o estado atual do ensino do conhecimento?</b>            Alguns alunos apresentam limitações na sua formação porque o conteúdo Geometria é apresentado, muitas vezes, nos currículos, o mínimo possível, e existe uma preferência dos professores em priorizar a álgebra e a aritmética. Nesses casos, o currículo das escolas não possibilita um aprofundamento do conteúdo, conseqüentemente, causando a defasagem na formação desse assunto.</p>

	<p>Sendo ela uma área muito extensa, e pode é dividida nas seguintes subáreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometria analítica: relaciona a álgebra e a análise matemática com a geometria;</li> <li>• Geometria plana: também chamada de Geometria Euclidiana, estuda o plano e o espaço baseando-se nos postulados de Euclides;</li> <li>• Geometria Espacial: realiza o estudo de figuras tridimensionais. Nessa área de estudo, é possível calcular o volume de um sólido geométrico.</li> </ul> <p><b>Quais são as consequências desse ensino?</b></p> <p>1- Melhora a criatividade e a imaginação matemática;  2- Desenvolve a percepção e o raciocínio lógico;  3- Traz para o aluno os conteúdos que seriam trabalhados em sala de aula na forma tradicional, de maneira lúdica proporcionando para o aluno a motivação que é essencial para aprender.</p> <p><b>Quais são as dificuldades em ensinar esse conhecimento?</b></p> <p>Uma formação docente mais significativa e contextualizada , que permita a aquisição de habilidades e competências para o exercício de uma prática docente diferenciada.</p>									
Epistemológica	<p><b>Quais intervenções são realizadas para adaptar o saber matemático ao saber a ser ensinado?</b></p> <p>Ludicidade; Adaptabilidade da linguagem dos conceitos técnicos para a informal não substituindo-a mais sim criando associações que sejam relevantes para aluno, permitindo que o mesmo entenda.</p> <p><b>Quais são os aspectos do conhecimento que podem dificultar e/ou facilitar a aprendizagem?</b></p> <table border="1" data-bbox="483 1601 1444 1986"> <thead> <tr> <th data-bbox="483 1601 986 1675">Dificultar</th> <th data-bbox="986 1601 1444 1675">Facilitar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="483 1675 986 1749">Fórmulas de decifrações</td> <td data-bbox="986 1675 1444 1749">Ludicidade</td> </tr> <tr> <td data-bbox="483 1749 986 1868">Não ter a base dos conhecimentos anteriores</td> <td data-bbox="986 1749 1444 1868">Interdisciplinaridade</td> </tr> <tr> <td data-bbox="483 1868 986 1986">Ensino tradicional (Tradicionalismo matemático)</td> <td data-bbox="986 1868 1444 1986">Criatividade e imaginação matemática</td> </tr> </tbody> </table>		Dificultar	Facilitar	Fórmulas de decifrações	Ludicidade	Não ter a base dos conhecimentos anteriores	Interdisciplinaridade	Ensino tradicional (Tradicionalismo matemático)	Criatividade e imaginação matemática
Dificultar	Facilitar									
Fórmulas de decifrações	Ludicidade									
Não ter a base dos conhecimentos anteriores	Interdisciplinaridade									
Ensino tradicional (Tradicionalismo matemático)	Criatividade e imaginação matemática									

<p>Informática</p>	<p><b>Quais são as contribuições tecnológicas que o software deve conter para auxiliar na compreensão e ensino dos conhecimentos?</b></p> <p>1- Linguagem acessível;  2- Boa interface de interação;  3- Funcionalidade (on-line e off-line);</p> <p><b>Em que aspectos as tecnologias digitais influenciam no currículo e nas mudanças das práticas docente e discente?</b></p> <p>1- Na diversificação e construção de novos saberes;  2- Ajuda os professores a ajustar as aulas e avaliar o progresso dos alunos e as metas de longo prazo, além de inserir os alunos no mundo tecnológico.  3- A não ter um planejamento fechado, possibilitando sempre que possível uma flexibilização e inovação dessas aprendizagens.</p>
<p>Jogabilidade educativa</p>	<p><b>Quais elementos do <i>game</i> contribuem para o ensino e a aprendizagem?</b></p> <p>A apresentação dos conceitos e conhecimentos são mais atraentes que o formato do ensino tradicional, apresentados através de <b>desafios, recompensas, metas e respostas imediatas</b>.</p> <p>Por exemplo: quebra-cabeças, simulação, missões e outras atividades interativas permitem que os jogadores (estudantes) explorem tópicos educacionais de maneira prática e envolvente. Melhorando a retenção de informações, o engajamento dos alunos e aplicação prática de conhecimento adquirido, transformando o processo de aprendizado em algo mais dinâmico e participativo.</p> <p><b>Quais elementos da Teoria Social Cognitiva (SCT) e da teoria das inteligências múltiplas (Ims) podem auxiliar durante o jogo a aprendizagem dos conceitos?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SCT: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Imitação</b>, pois a imitação de modelos e a aprendizagem com base na experiência dos outros jogadores</li> <li>• <b>Autorregulação</b>, controlar as metas, observa o progresso e procura ajustar as estratégias;</li> <li>• <b>Autoavaliação e auto-observação</b>;</li> <li>• <b>Autoconhecimento</b> - eles conhecem suas</li> </ul> </li> </ul>

	<p>habilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Auto-reforço e autopunição</b> - os jogadores consideram que podem influenciar em seu comportamento por meio de recompensas e punições.</li> <li>• Ims: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lógica-matemática;</li> <li>• Espacial - percebendo um mundo visual</li> <li>• Musical - reconhece uma música e relaciona com felicidade, ao conseguir passar de uma fase, ou tristeza quando uma música perdendo pontuação... relaciona a capacidade de reconhecer sons e padrões sonoros.</li> <li>• interpessoal - habilidade de socialização, empatia, compreender as emoções dos outros jogadores ao ganhar ou perder, ou ao aprender um determinado conteúdo.</li> </ul> </li> </ul>
--	--

#### V. Requisitos de arte e de sistema

Como o ensino e a aprendizagem podem ser favorecidos através do game? Ou seja, como estou aprendendo ao mesmo tempo que estou me divertindo com o game? Como a compreensão dos saberes é auxiliada no momento em que o indivíduo está jogando? Quais recursos e situações o game propõe para ajudar o jogador a compreender os conhecimentos?

Análise externa ou análise de concorrentes. Quais games já possuem a mesma funcionalidade? Qual o diferencial do game? Qual a inovação do game a ser desenvolvido?

#### Requisitos de arte e sistema

DIDÁTICOS	COGNITIVOS	EPISTEMOLÓGICOS	INFORMÁTICOS	JOGABILIDADE EDUCATIVA	OUTROS

*Didático*

*RD1 - Ensinar Cálculo de área*

*obs. Mostrar através das provas de geometria as informações de altura e largura das formas, para que o jogador possa realizar a prova.*

*RD2- Ensinar Cálculo de perímetro.*

*obs.*

*RD3- Ensinar a usar o raciocínio lógico.*

*obs.*

*RD4- Ensinar a nomenclatura das figuras e sólidos geométricos*

*obs. destinado a uma fase onde, o jogador deverá realizar a prova de*

*RD5- Reconhecimento das formas com suas nomenclaturas.*

*RD6- Ensinar ponto, reta, plano e espaço, planificações, sólidos de platão.*

*Arte*

*RA0- Introdução histórica ilustrativa de alguns segundos, na segunda interface após o cadastro, mostrando os passos para se formar na escola dos matemáticos gregos.*

*RA1 - Música de vitória*

*RA2 - Música de game over*

*RA3 - Cenário 1 ao 12.*

*Obs: Cada fase terá um cenário diferente para manter o interesse e concentração do aluno.*

*RA4 - Música de fundo durante o jogo*

*RA5 - Música de fundo no menu do jogo*

*RA6- Possibilidade de salvamento na fase 6.*

*RA7- Para destravar a próxima fase deve-se concluir a anterior.*

*RA8- Mostrar o Mapa depois da introdução histórica da segunda tela.*

*RA9- Mostrar Rank de classificação dos jogadores.*

*RA10- Opção continuar.*

*RA11- o personagem terá 3 vidas, cada vida em formato de coração vermelho na parte superior ao lado do nome do personagem.*

JOGABILIDADE EDUCATIVA

*RJE 1- aquisição de novas habilidades ao longo do jogo.*

*obs.*

*RJE 2- Interação dentro do cenário*

*Obs: O jogador terá possibilidade de desbravar o mapa e interagir o ambiente*

*RJE 3 - Interação com personagens*

*Obs: O jogador ao longo do jogo se comunicará com os personagens*

*RJE 4 -Entendimento do conceito e proposta de solução dada pelo jogador*

EPISTEMOLÓGICO

*RE1 - Associação do conteúdo com o cotidiano*

*RE2 - Associação da matemática com outras áreas afins*

*RE3 - Metodologia práticas para resolução de problemas*

INFORMÁTICOS

*Não definidos*

OUTROS

*Por enquanto não se aplica*

**APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
PARA MAIORES DE 18 OU EMANCIPADOS. TCLE**

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO  
PERNAMBUCANO

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS (Resolução Nº 466/12 CNS)**

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa **DESENVOLVIMENTO DE GAMES EDUCATIVOS APLICADO AO ENSINO DE MATEMÁTICA: Uma modelização entre a engenharia didático-informática e os processos de desenvolvimento de Games**, que está sob a responsabilidade do pesquisador do pesquisador Francisco de Assis de Lima Gama, com endereço rua da Gameleira, 400, bairro Park Massangano, 400, Petrolina-PE, CEP 56310-795, telefone (87) 99627-6347 (inclusive ligações a cobrar) e está sob a orientação de: Anna Paula de Avelar Brito Lima Telefones para contato:(81)991854547, e-mail: apbrito@gmail.com e Ricardo Tiburcio dos Santos Telefones para contato:(81)997384142, e-mail: rico.tiburcio@gmail.com.

Ao ler este documento, caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa que está aplicando a pesquisa, para que o/a senhor/a esteja bem esclarecido (a) sobre tudo. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, caso aceite em fazer parte do estudo, rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa o (a) Sr. (a) não será penalizado (a) de forma alguma. Também garantimos que o (a) Senhor (a) tem o direito de retirar o consentimento da sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalidade.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

Esta pesquisa tem como objetivo apresentar uma modelização para o desenvolvimento de *games* educativos para o ensino de matemática. Para isso, o processo de investigação foi inspirado na Engenharia Didática Clássica, a pesquisa realizou uma revisão de literatura, situando o quadro teórico da área, através de busca em bancos de teses e dissertações no Brasil e exterior, anais e revistas de ensino de matemática com foco nos temas: Ensino de matemática e *games*; Engenharia de Software; Engenharia Didática; Engenharia Didático Informática (EDI); e os Processos de Desenvolvimento de *Games* (PDG) e metodologias de desenvolvimento de *games*. Com base nas etapas da Engenharia Didática, analisamos as teorias e metodologias e conseguiu-se apresentar uma modelização para o desenvolvimento de *games* educativos para o ensino de matemática. Com a proposta, consideramos que a modelização da EDI, com foco em *games* educacionais, vai contribuir para futuras pesquisas para o desenvolvimento de *games* no “chão da escola”, com foco nos aspectos da EDI e dos PDG necessários para construção de conhecimento matemático ou outros campos, enquanto os discentes desenvolvem *games*.

A participação é voluntária e acontecerá entre 21 de junho de 2023 a 15 de julho de 2023. Durante esse período o pesquisador irá participar de encontros com os participantes.

**Riscos, desconfortos e benefícios:** Sua participação nesta pesquisa não infringe as normas legais e éticas, visto que é uma pesquisa realizada com seres humanos, você estará exposto a riscos mínimos nessa pesquisa, sendo estes o desconforto que você pode ter diante de alguma atividade. A fim de minimizar este risco, informamos que você tem o direito de não realizar as atividades que lhe causarem incômodo. Risco seria o do surgimento de questões relacionadas alguma atividade da pesquisa, surgindo algum desconforto que não possa ser trabalhado em grupo, será sugerido um momento a sós com o participante a fim de minimizar tal risco. Você não receberá benefícios financeiros ao fazer parte dessa pesquisa, mas poderá se sentir beneficiado ao contribuir com o processo de produção e expansão do conhecimento científico referente a temática pesquisada. Indiretamente, espera-se que a pesquisa possa beneficiar o participante quanto as implicações práticas que

podem ocorrer com a finalização da pesquisa e com a publicação dos resultados. Garantias éticas: Todas as despesas que venham a ocorrer com a pesquisa serão custeadas exclusivamente pelo pesquisador responsável. É garantido ainda o seu direito a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa. Você tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo.

Os dados coletados nesta pesquisa (na forma de gravações, entrevistas, fotos, filmagens, bem como outros instrumentos similares ou equivalentes) ficarão armazenados em pastas de arquivo ou computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador Francisco de Assis de Lima Gama, no endereço acima informado, pelo período de no mínimo 5 anos.

O (a) senhor (a) não pagará nada para participar desta pesquisa. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do IF SERTÃO-PE no endereço: Reitoria – Anexo, Rua Valério Pereira, 72, sala 201, Centro, Petrolina-PE, CEP 5604-060, Telefone: (87) 2101-2359 / Ramal 104, <http://www.ifsertao-pe.edu.br/index.php/comite-de-etica-em-pesquisa>, [cep@ifsertao-pe.edu.br](mailto:cep@ifsertao-pe.edu.br); ou poderá consultar a Comissão nacional de Ética em Pesquisa, Telefone (61)3315-5877, [conepep@saude.gov.br](mailto:conepep@saude.gov.br).

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é um colegiado interdisciplinar e independente, que deve existir nas instituições que realizam pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil, criado para defender os interesses dos sujeitos da pesquisa em sua integridade e dignidade para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

\_\_\_\_\_  
(assinatura do pesquisador)

#### CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, após a leitura deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo, **DESENVOLVIMENTO DE GAMES EDUCATIVOS APLICADO AO ENSINO DE MATEMÁTICA: Uma modelização entre a engenharia didático-informática e os processos de desenvolvimento de Games**, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento).

Local e data \_\_\_\_\_

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

Impressão  
digital  
(opcional)

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):**

NOME:	NOME:
ASSINATURA:	ASSINATURA: