



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

ARTUR DE OLIVEIRA DA ROCHA FRANCO

**ADAPTAÇÃO AUTOMÁTICA DE HISTÓRIAS PARA RPGS NÃO-LINEARES: UMA
ABORDAGEM COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA E OTIMIZAÇÃO
EVOLUTIVA**

FORTALEZA

2025

ARTUR DE OLIVEIRA DA ROCHA FRANCO

ADAPTAÇÃO AUTOMÁTICA DE HISTÓRIAS PARA RPGS NÃO-LINEARES: UMA
ABORDAGEM COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA E OTIMIZAÇÃO
EVOLUTIVA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Ciências da Computação. Área de Concentração: Redes e Engenharia de Software

Orientador: Prof. Dr. Miguel Franklin de Castro

Coorientador: Prof. Dr. José Gilvan Rodrigues Maia

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F894a Franco, Artur de Oliveira da Rocha.

Adaptação Automática de Histórias para RPGs Não-Lineares : Uma Abordagem com Inteligência Artificial Generativa e Otimização Evolutiva / Artur de Oliveira da Rocha Franco. – 2025.
140 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação , Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Miguel Franklin de Castro.

Coorientação: Prof. Dr. José Gilvan Rodrigues Maia.

1. Narrativa interativa. 2. Jogos de interpretação. 3. Geração procedural de conteúdo. 4. Gramáticas de grafo. 5. Algoritmos genéticos. I. Título.

CDD 005

ARTUR DE OLIVEIRA DA ROCHA FRANCO

ADAPTAÇÃO AUTOMÁTICA DE HISTÓRIAS PARA RPGS NÃO-LINEARES: UMA
ABORDAGEM COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA E OTIMIZAÇÃO
EVOLUTIVA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Ciências da Computação. Área de Concentração: Redes e Engenharia de Software

Aprovada em: 25/08/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Miguel Franklin de Castro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Gilvan Rodrigues Maia (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Windson Viana de Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos de Salles Soares Neto
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof. Dr. Amauri Holanda de Souza Junior
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

À todos os professores e escritores que participaram da minha formação.

AGRADECIMENTOS

Antes de mais nada, agradeço à banca por aceitarem participar do meu processo de defesa. Portanto, agradeço nominalmente ao prof. Dr. Miguel Franklin de Castro, Prof. Dr. José Gilvan Rodrigues, prof. Dr. Windson Viana de Carvalho, prof. Dr. Carlos de Salles Soares Neto e prof. Dr. Amauri Holanda de Souza Junior. Agradeço, também, ao Esteban Walter Gonzalez Clua pela sua participação na banca de proposta de tese.

Agradeço a todos os professores, amigos e familiares que apoiaram a minha formação. Não tenho condições de nomear todos, mas vou citar alguns e espero que faça justiça a todos os demais.

Agradeço aos meus professores que lembro com carinho Ana Paula, Maíza, Rosália, Jaqueline, Hamilton, André Fonseca, Gabriel Paillard, Melo Júnior, Eduardo Novais, Chica Natal, Edgar Marçal, Alisson Diniz, Glaudiney Mendonça, Henrique Silva, Fernando Lincoln, Levi Bayde, Rocileide, George Gomes, Windson Viana, João Paulo, Cátia Silva, Raquel Santiago, Eduardo Junqueira, Robson Loreiro, Ticiane Linhares, Ricardo Brauner, Raquel Freire, Maria de Fátima, José Aires, Luciana Lima e tantos outros que, com sua atenção e dedicação, serviram e servirão de inspiração para mim e outros alunos.

Quero agradecer também aos meus ex-colegas que são referências como pessoas, profissionais e estudantes até hoje. Dentre eles, agradeço com carinho Juscelino Koji, Felipe de Almeida, Thiago de Almeida, Israel, Pedro Evandro, Brendo, Thiago Rodrigues, Michael Douglas, Mateus Mota, Davi Malveira, Rodolfo Sabino, Jefferson Torres, Daniel Maranhão, Frederico Tomé e outros. Quero destacar os meus colegas de graduação com uma dedicação especial ao Alberto Jucá e João Ramos.

No âmbito da pesquisa e trabalho, preciso agradecer, também, aos meus ex-colegas: Albano Nunes, Aparecida Prado, Paulo Bruno, Arleudo, Felipe, Paulo Gomez, Thomaz Veloso, Lenilson, Vanessa Viana. Quero fazer um agradecimento especial ao Wedson que me ensinou a programar e a usar o Linux. Ao Walner Mendonça por ensinar a base da Álgebra e da Teoria dos Grafos, sua orientação me permitiu apropriar-me de uma base matemática no ensino superior. Ao Thiago Iachilei pela amizade e pelo apoio nas mais diversas lutas laborais. Também agradeço aos meus ex-alunos que hoje são ou foram colegas de pós-graduação: Alexandre Magno, Caio Oliveira, Thamires Andrade, João Batista e Vitor Gomes. Quero agradecer a todos no campus de Itapajé, professores, alunos, técnicos e terceirizados. Agradeço em especial àqueles que puderam me apoiar em todo o processo de afastamento, em especial ao Juan Sebastián, Israel Barros e

João Henrique por sua insistência em meu afastamento.

Quero agradecer aos meus orientadores de graduação e pós-graduação, mesmo que novamente: meu primeiro orientador prof. Me. Wellington Sarmiento que permitiu aprender toda a base de sistemas que recebi em um ano, ao prof. Dr. Rafael Carmo que me aceitou como voluntário e permitiu aprender diversas técnicas de programação avançadas, agradeço ao prof. Dr. Herbert Lima pelos anos de orientação no grupo de pesquisa de decomposições tensoriais aplicadas à dados da educação, ao prof. Dr. Miguel Franklin de Castro por aceitar me orientar no mestrado e doutorado com temas complexos e pouco convencionais. Por fim, um agradecimento especial ao professor Dr. José Gilvan Rodrigues Maia por ter me orientado na graduação e co-orientado na pós-graduação apoiando em tópicos e trabalhos sempre com muita gentileza e atenção. Também, agradeço pelo apoio do prof. Dr. José Wellington Franco da Silva no final do mestrado e ao apoio ao longo do doutorado que foram essenciais para conclusão de ambos.

Agradeço também de forma mais pessoal, à minha família meu pai prof. Raimundo Nonato que sempre me apoiou nos estudos e é a pessoa que conheço que sempre deu a máxima importância para educação e a importância de se preocupar com as pessoas. Agradeço à minha irmã, Dra. Andréa Franco, pela força e pela referência de mulher, pesquisadora e integridade. Também agradeço à minha mãe pela seu apoio, carinho e formação humana e artística. Agradeço em especial às minhas amadas tias e tios com destaque à tia Nanete, tia Bete e tia Teresa. Bem como às finadas, amadas e sempre lembradas enquanto eu viver: tia Júlia e tia Quinia. Por fim, agradeço ao amor da minha vida Sara Rebeca Pereira de Moraes que vem me acompanhando e apoiando ao longo destes anos.

Agradeço também à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento (Funcap), pelo financiamento da pesquisa de doutorado via bolsa de estudos. Bem como o MDCC que me acolheu apoiou e a todos os seus funcionários.

A lista de pessoas para agradecer é longa e sei que é impossível fazer justiça à todos os que participaram e apoiaram esse projeto e a minha formação. Mas, espero que todos estejam contemplados a contento direto ou indiretamente.

“O sonho é que leva a gente para frente. Se a gente for seguir a razão, fica aquietado, acomodado.”

(Ariano Suassuna)

RESUMO

Os *Role-playing Games* (RPGs) são produtos de presença consistente nos mercados analógico e digital, exercendo uma grande influência na cultura no Brasil e no Mundo. RPGs são fortemente vinculados aos elementos narrativos da aventura construída ao longo das sessões de jogo, as quais são governadas por mecânicas derivadas a partir de representações de seu universo, enredo, personagens e demais elementos dessa aventura. Isso significa que a estrutura intrincada do RPG deve ser tangível para os designers de jogos, servir à estrutura narrativa e permanecer viável dentro das restrições impostas por um sistema de RPGs. Assim como em outras produções artísticas, os jogos permitem revisitar e ressignificar obras clássicas de forma lúdica, seja como uma releitura dessas obras ou como referências a materiais familiares ao público dos jogos. Todavia, adaptar narrativas existentes à estrutura dos RPGs é uma tarefa desafiadora e demorada. Este trabalho tem como objetivo propor um novo método automático para: (1) geração de estruturas narrativas não-lineares a partir de uma gramática generativa de grafo estocástica, a qual define padrões reusáveis de desdobramento para aventuras de RPG; (2) ponderação da gramática generativa de grafo via otimização por Algoritmos Genéticos; (3) extração da estrutura narrativa a partir de textos de domínio público; e (4) adaptação dessa estrutura para modelos de aventuras interativas de RPG usando técnicas de Inteligência Artificial Generativa. Essa estrutura narrativa é armazenada em um grafo direcionado, o que permite lidar com qualidades estéticas da aventura, tais como sua duração, número de escolhas e quantidade de finais distintos. O método proposto utiliza Gramáticas de Grafo para gerar a estrutura do jogo, garantindo a coesão narrativa por meio do encadeamento de causas e consequências mediante as escolhas feitas pelo jogador. O processo é otimizado usando Algoritmos Genéticos para adaptar a gramática à criação de jogos baseados no conteúdo textual de obras literárias extraído de um texto base e adaptado para a aventura por meio de redes neurais generativas. Os modelos obtiveram resultados positivos nas avaliações das funções de *fitness* aplicados no algoritmo genético, além de uma distribuição razoável na avaliação qualitativa estabelecida por um conjunto de LLM ao avaliarem qualidades estéticas.

Palavras-chave: narrativa interativa; jogos de interpretação; geração procedural de conteúdo; inteligência artificial generativa; gramáticas de grafo; algoritmos genéticos.

ABSTRACT

Role-playing games (RPGs) have a consistent presence in both the analog and digital markets, exerting a significant influence on culture in Brazil and worldwide. RPGs are strongly tied to the narrative elements of the adventure constructed throughout game sessions, which are governed by mechanics derived from representations of their universe, plot, characters, and other elements of that adventure. This means that the intricate structure of the game must be tangible to game designers, serve the narrative framework, and remain viable within the constraints imposed by an RPG system. As with other artistic productions, games enable the revisiting and reinterpretation of classic works playfully, whether through reinterpretation of those works or as references to material familiar to gaming audiences. However, adapting existing narratives to the structure of RPGs is a challenging and time-consuming task. This work aims to propose a new automatic method for: (1) generating non-linear narrative structures from a generative stochastic graph grammar, which defines reusable unfolding patterns for RPG adventures; (2) weighting the generative graph grammar via optimization using Genetic Algorithms; (3) extracting the narrative structure from public domain texts; and (4) adapting this structure to interactive RPG adventure models using Generative Artificial Intelligence techniques. This narrative structure is stored in a directed graph, which enables the exploration of the aesthetic qualities of the adventure, such as its length, number of choices, and the number of distinct endings. The proposed method uses Graph Grammars to generate the game structure, ensuring narrative cohesion through the chaining of causes and consequences based on the player's choices. The process is optimized using Genetic Algorithms to adapt the grammar to the creation of games based on the textual content of literary works extracted from a base text and adapted for the adventure through generative neural networks. The models obtained positive results in the evaluations of the *fitness* functions applied in the genetic algorithm, in addition to a reasonable distribution in the qualitative evaluation established by a set of LLM when evaluating aesthetic qualities.

Keywords: interactive storytelling; role-playing game; procedural content generation; generative artificial intelligence; graph grammar; genetic algorithm.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visualização gerada pelo próprio autor a partir da obra “Nascido das Trevas”, atribuído aos pseudônimos “Gianpaolo Celli” e “Paladino” publicado na revista “Só Aventuras” volume 6. Os agrupamentos dos subgrafos que estão fora do caminho principal são destacados em verde nesta visualização. . . .	23
Figura 2 – Visão geral do objetivo deste trabalho. Esta visão permite verificar a motivação do trabalho ao apontar “Técnicas de Adaptação” como uso de <i>Procedural Content Generation</i> (PCG) e <i>Large-Language Model</i> (LLM) para unir diretrizes de <i>design</i> para adaptar automaticamente um texto em linguagem natural extraído de uma “Material Escrito em Linguagem Natural” para gerar um jogo e seus subprodutos reutilizáveis por um humano.	24
Figura 3 – Representação em grafo do clássico livro-jogo <i>The Warlock of Firetop Mountain</i> (do inglês, “O Feiticeiro da Montanha de Fogo”) da série “ <i>Fighting Fantasy</i> ”.	29
Figura 4 – Exemplo de um multigrafo direcionado.	34
Figura 5 – Exemplos de regras <i>Left-hand side</i> (LH) para inicialização de redes de grafos. Os vértices são rotulados com: (1) identificador numérico; (2) tipo - ‘S’ (início), ‘E’ (fim) ou ‘T’ (não-terminal).	39
Figura 6 – Exemplos de regras LH para expansão de grafos: (esquerda) inserção de vértice “boss” (b) antes de vértice final; (direita) criação de bifurcação. . . .	40
Figura 7 – Grafo inicial, com 6 vértices. Suas arestas são: [(0:s, 2:T), (2:T, 3:t), (3:t, 4:t), (3:t, 5:t), (4:t, 1:e), (5:t, 1:e)]. Note que a fonte está no $id = 0$ (0:s) e o sumidouro tem o segundo id, o $id = 1$, (1:e).	44
Figura 8 – Lista de regras, subgrafo com regra à esquerda em [(0:t, 2:t), (2:t, 1:e)], e as regras à direita são: (1) [(0:t, 1:e)] e [(0:t, 2:b), (2:b, 1:e)].	44
Figura 9 – Grafo inicial, com 6 vértices. Suas arestas são: [(0:s, 2:T), (2:T, 3:t), (3:t, 1:e), (3:t, 5:b), (5:b, 1:e)]. Note que o vértice 4:t fica desconexo do grafo M , mas pode ser removido a depender da gramática.	45
Figura 10 – Visão geral do processo de um algoritmo genético.	46
Figura 11 – Comparação do desempenho de modelos para <i>benchmarks</i> em português. . .	49
Figura 12 – Visão geral do trabalho.	68

Figura 13 – O <i>CSAcademy Graph Editor</i> é uma página web interativa para manuseio simples de grafos e que possui finalidade educacional. Contudo, devido à sua facilidade de manuseio e visualização, foi utilizado nesta pesquisa para modelar pequenos grafos, tais como regras para a gramática.	73
Figura 14 – Exemplo de visualização de um grafo de 40 vértices de uma aventura solo intitulada <i>Herança Maldita</i>	73
Figura 15 – Diagrama de sequência de <i>prompts</i>	77
Figura 16 – <i>Boxplot</i> comparativo das pontuações atribuídas pelas LLMs listadas.	86
Figura 17 – Matriz de correlação das pontuações atribuídas pelas LLMs listadas.	87
Figura 18 – Matriz de Spearman das pontuações atribuídas por modelos LLM.	88
Figura 19 – Matriz de valores P das pontuações atribuídas por modelos LLM.	89
Figura 20 – Gráfico de barras com a contagem de “id” do grafo que apresentaram-se como clímax para o Gemini 1.5. O “id” 0 (zero) é sempre o primeiro e 1 (um) é sempre o último, mas os demais quanto mais alto mais tendem a estarem próximo do final, o id 1.	90
Figura 21 – Gráfico de barras com a quantidade total de nós, em azul, por aventuras e quantidade nós do caminho mais curto, em laranja.	92
Figura 22 – Gráfico de barras com a quantidade de fontes dos grafos extraídos por Joby Bednar.	93
Figura 23 – Gráfico de barras com a quantidade de sumidouros dos grafos extraídos por Joby Bednar.	94
Figura 24 – Gráfico de barras com a quantidade de fins dos grafos extraídos por Joby Bednar.	96
Figura 25 – Matriz de correlação dos grafos Joby Bednar.	97
Figura 26 – Contagens de nós fora dos caminhos de menor caminho entre o começo e o bom final.	99
Figura 27 – <i>Boxplot</i> com atributos dos grafos de aventuras curtas extraídas das revistas “Primeira Aventura”, vol. 6, 7 e 8.	100
Figura 28 – Densidades dos grafos das duas coleções a primeira referente a aventuras longas e a segunda à aventuras curtas.	101
Figura 29 – Matriz de correlação das métricas extraídas das aventuras curtas das revistas “Só Aventuras”, listadas na Tabela 2.	102

Figura 30 – Contagem do tamanho dos subgrafos recortados ao redor do caminho mais curto.	104
Figura 31 – Função de valor esperado para o <i>fitness</i> ao longo de 10.000 gerações para dois <i>Graph Grammar</i> (GrG) aplicados com pesos iguais 1. O peso máximo é o de 150 para os dois casos G_1 e G_2	105
Figura 32 – Função de <i>fitness</i> ao longo de 200 gerações para dois GrG aplicados.	107
Figura 33 – Jogo de exemplo gerado pelo projeto, ele apresentou 3 telas sendo que a primeira tem uma capa com imagem de fundo pré-definida, a segunda tela com a escolha para jogar e o jogo em si com com texto gerado pela IA, com imagem selecionada pela IA e com uma navegabilidade na história equivalente a definição no grafo.	108
Figura 34 – Left-hands de nível 1.	128
Figura 35 – Right-hands de nível 1.	129
Figura 36 – Right-hands de nível 1.	130
Figura 37 – Right-hands de nível 1.	131
Figura 38 – Right-hands de nível 1.	132
Figura 39 – Right-hands de nível 1.	133
Figura 40 – Grafo da aventura “Sem Saída” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.	134
Figura 41 – Grafo da aventura “Assalto ao Mestre Arsenal” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.	134
Figura 42 – Grafo da aventura “Coragem Metálica” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.	135
Figura 43 – Grafo da aventura “Eu, O Monstro” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.	135
Figura 44 – Grafo da aventura “Herança Maldita” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.	135
Figura 45 – Grafo da aventura “Nascido das Trevas” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.	136
Figura 46 – Grafo da aventura “O Segredo do Mosteiro” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.	136

Figura 47 – Grafo da aventura “Imprevistos...” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.	136
Figura 48 – Grafo da aventura “Caça ao Necromante - Bárbaro” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.	137
Figura 49 – Grafo da aventura “Caça ao Necromante - Paladino” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.	137
Figura 50 – Os agrupamentos dos subgrafos que estão fora do caminho principal são destacados nesta visualização.	138
Figura 51 – O caminho mais curto está em rosa, mas os nós envolvidos estão circulos com uma marcação verde.	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coleção de livros disponibilizados por Joby Bednar.	64
Tabela 2 – Coleção de aventuras curtas analisadas manualmente das revistas dos anos 90 “Só Aventuras”, entre os volumes 6, 7 e 8. Há uma coluna com obras similares a <i>Role-Playing Game</i> (RPG).	65
Tabela 3 – Valores de configuração do ambiente do experimento.	66
Tabela 4 – Estrutura de Few-Shot	70
Tabela 5 – Estrutura de uma consulta de prompt genérica	70
Tabela 6 – Artigos já publicados como primeiro autor durante a produção da tese. . . .	109
Tabela 7 – Artigos já publicados como coautor que possuem relação com a tese. . . .	109

LISTA DE SÍMBOLOS

G	Grafo
V	Conjunto de vértices
E	Conjunto de arestas
LH	Left-hand, regras à esquerda
RH	Right-hand, regras à direita
$edNCE$	edge label directed Neighbourhood Controlled Embedding
NLC	Node Label Control

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Questões de Pesquisa	23
1.2	Objetivos	24
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	24
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	25
1.3	Organização da Tese	25
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1	Jogos e Role-Playing Games	26
2.1.1	<i>Narrativas Interativas para Jogos</i>	30
2.1.2	<i>Teoria das Quests</i>	31
2.2	Grafos	32
2.2.1	<i>Teoria dos Grafos</i>	33
2.2.1.1	<i>Grafos e Multigrafos</i>	34
2.2.1.2	<i>Grafos Direcionados e Não-direcionados</i>	35
2.2.1.3	<i>Grafos e Hipergrafos</i>	35
2.2.1.4	<i>Matriz de Adjacências</i>	36
2.2.1.5	<i>Outras Propriedades e Qualidades dos Grafos</i>	36
2.2.2	<i>Particionamento de Grafos</i>	37
2.2.3	<i>Gramática de Grafos</i>	39
2.3	Algoritmos Genéticos	44
2.4	Modelos de Linguagem de Grande Escala	46
2.4.1	<i>GPT</i>	47
2.4.2	<i>BERT</i>	47
2.4.3	<i>LLaMA</i>	48
2.4.4	<i>Gemini</i>	48
2.4.5	<i>Maritaca</i>	48
2.5	Engenharia de Prompt	48
2.6	Coefficiente de Pearson e Matriz de Correlação	52
3	REVISÃO DA LITERATURA	54
3.1	Geração Procedural de Conteúdo	54

3.2	Narrativa Interativa	56
3.3	RPG e Tecnologias de Inteligência Artificial	58
3.4	Gramática de Grafos	59
3.5	Conclusões Preliminares	60
4	METODOLOGIA	62
4.1	Conjunto de Dados	62
4.2	Configuração do Experimento	65
4.3	Metodologia de Avaliação	66
4.4	Avaliação com LLM	66
5	ARQUITETURA DO MODELO DE ADAPTAÇÃO	68
5.1	Fontes de Textos Originais Utilizados	69
5.2	Anatomia do <i>Prompt</i>	70
5.3	Extrações	71
5.3.1	<i>Quests</i>	71
5.3.2	<i>Entidades</i>	71
5.4	Gramática de Grafos	72
5.4.1	<i>Estrutura dos Grafos para Narrativas</i>	74
5.4.2	<i>Regras para Gramáticas</i>	74
5.5	Algoritmos Genéticos Aplicados à Ponderação das Gramáticas de Grafos Estocásticos	75
5.6	Fluxo de <i>Prompts</i>	77
5.7	Classificação dos <i>Assets</i>	78
5.8	Módulo RMMV	78
6	AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL	80
6.1	Instrumento de Avaliação	80
6.2	Histórias Seleccionadas	82
6.3	Análise por LLM	83
7	RESULTADOS	91
7.1	Análise de Grafos	91
7.1.1	<i>Análise dos Grafos Extraídos por Joby Bednar</i>	91
7.1.2	<i>Análise dos Grafos de Aventuras Curtas</i>	98
7.2	Análise do Modelo Gerador de Grafos	103

7.2.1	<i>Pré-análise do Modelo Gerador de Grafos com Valores Aleatórios</i>	105
7.2.2	<i>Análise do Modelo Gerador de Grafos com Otimização dos Algoritmos Genéticos</i>	106
7.3	Limitações	108
7.4	Publicações	108
8	CONCLUSÕES	110
8.1	Acerca do Objetivo Específico 1	110
8.2	Acerca do Objetivo Específico 2	111
8.3	Acerca do Objetivo Específico 3	111
8.4	Acerca do Objetivo Específico 4	112
8.5	Considerações Finais	113
8.6	Limitações e Ameaças a Validade	114
8.7	Trabalhos Futuros	115
	REFERÊNCIAS	116
	APÊNDICE A – PROMPT PARA GERAÇÃO DE QUEST	126
	APÊNDICE B – PROMPT PARA PREENCHIMENTO DAS QUESTS	127
	APÊNDICE C – REGRA A ESQUERDA (LH, LEFT-HAND)	128
	APÊNDICE D – REGRA À DIREITA (RH, RIGHT-HAND)	129
	APÊNDICE E – GRAFOS DAS REVISTAS SOLOS	134
	APÊNDICE F – EXPLICAÇÃO DAS VISUALIZAÇÕES DE RECORTES	138
	ANEXO A – QUESTS NA ESTRUTURA DORAM E PARBERRY	139

1 INTRODUÇÃO

Jogos e brincadeiras são elementos universais e anacrônicos da cultura humana, sendo base para criação de ordem, rituais, leis, arte e até mesmo a guerra, sendo o homem um “*ser que joga*” (HUIZINGA, 1971). A área de estudos de jogos modernos, sejam estes analógicos ou eletrônicos, está intrinsecamente ligada a uma indústria multimidiática em constante expansão, que cresce não apenas em termos de lucratividade, mas também em complexidade e diversificação de produtos e de desafios técnicos (KARVINEN, 2011). Esse desenvolvimento remonta à popularização dos jogos digitais (*games*) como produtos domésticos a partir do console *Atari*, marco que inaugurou um processo crescente de especialização do setor de *games* (RABIN, 2012).

Os primeiros jogos digitais eram desenvolvidos com poucos profissionais, não sendo raros os casos onde apenas um só desenvolvedor desempenhava os papéis de programador, *designer* e roteirista do título (MONTFORT; BOGOST, 2009), (MARTINEZ, 2017). Com o aumento da complexidade dos jogos impulsionado pela introdução de *hardwares* mais potentes e relativamente acessíveis, diversos aspectos estéticos foram consideravelmente aprimorados nos jogos com o passar dos anos (RABIN, 2012). Os elementos que mais se destacam nos jogos costumavam estar associados à representação visual, tais como o incremento na quantidade de *pixels* nas imagens, a maior profundidade de cor, na resolução das texturas e no incremento do *frame rate* em cada nova geração de consoles. A evolução sonora também foi significativa: de simples batidas e *buzzers*, os jogos passaram a incluir trilhas sonoras complexas executadas por orquestras, representações de vozes e sons especializados (HOPKINS, 2022), (CHANG *et al.*, 2007), (RABIN, 2012).

Em paralelo, outros aspectos do *design* dos jogos também contribuíram para melhorar a experiência e a imersão do jogador. Com maior poder de processamento e armazenamento, jogos mais longos, detalhados e complexos tornaram-se possíveis. Isso, em contrapartida, representou uma demanda por equipes maiores e compostas por times com profissionais em funções mais especializadas.

Muito embora os elementos visuais permaneçam relevantes na indústria de jogos contemporânea, uma nova geração de títulos ampliou as possibilidades de interação como jogos em rede ou imersivos como, respectivamente, os jogos *Massive Multiplayer Online* (MMO) e *Virtual Reality*, do inglês Realidade Virtual, (VR) (RABIN, 2012), (THEODOROPOULOS; ANTONIOU, 2022).

Nesse contexto, um gênero de jogo que transcende diversas mídias foi o RPG, manifestando-se tanto em adaptações digitais quanto em formatos analógicos associados às origens do gênero, como *Live Action Role-Playing Game* (LARP), *Tabletop Role-Playing Game* (TRPG) e algumas variações liminares entre subgêneros de jogos de tabuleiro, e.g., jogos de guerra e *dungeon crawlers* (BARTON; STACKS, 2019), (COVER, 2014). Os TRPG são jogos em que um narrador cria uma história enquanto os jogadores interpretam os personagens centrais na mesma, o quão bem-sucedidos são as ações dos personagens podem ser resolvidas por interpretação ou por rolagens de dados seguindo regras chamadas de sistemas. RPG possuem um forte apelo narrativo, demandando histórias capazes de envolver profundamente o público por meio de personagens e um mundo ficcional, promovendo uma *imersão por narrativa*, descrita por Janet Murray como um estado de absorção profunda na narrativa, onde o participante (no caso dos *games*, o jogador) se sente tão envolvido que esquece o ambiente real ao seu redor e se concentra inteiramente no universo fictício (MURRAY, 2003).

Outras variantes de RPG como os diversos subgêneros digitais e mesmo o LARP surgiram depois inspirados pelos primeiros títulos de TRPG. Apesar de sua forte associação com a fantasia medieval, principalmente devido ao sucesso do *Dungeons & Dragons* (D&D), o RPG se caracteriza pela *agência* do jogador, i.e., a capacidade que o participante possui de influenciar o desenrolar da história a partir de seus atos e omissões (COVER, 2014). Além disso, os RPG costumam explorar diversas referências ao incorporar elementos da mitologia, história, cultura *pop* e outros elementos resgatados ou ressignificados (FRANCO *et al.*, 2018), (FRANCO *et al.*, 2015), (BARTON; STACKS, 2019).

A adaptação de obras de domínio público, ricas em elementos socioculturais (SILVA, 2025), é uma prática comum na indústria do entretenimento de uma forma geral, manifestando-se nos jogos por meio da reutilização de narrativas e na recontextualização de cenários, personagens e temáticas. Portanto, a indústria criativa tende a reusar temáticas e narrativas já construídas em diversos produtos. No caso dos jogos, parte disso pode ser observada desde as referências para construção de cenários como localidades, contexto e personagens: é comum que os jogos estilo fantasia medieval se fundamentem nas mitologias greco-romana, nórdica e da literatura inglesa. Por exemplo, as iterações mais recentes da franquia *God of War* adaptaram elementos da mitologia nórdica, são um exemplo de sucesso de público e de crítica¹.

¹ <https://www.playstation.com/en-us/god-of-war/>. Acesso de 15 de jul. de 2025.

Outras obras de terror como *Rastro de Cthulhu*² e *Call of Cthulhu*³ são referências diretas à obra do estadunidense H. P. Lovecraft. Ou ainda, adotam-nas como tema, por exemplo, o estilo gótico e punk nas obras do *World of Darkness*, do inglês Mundo das Trevas (WoD), como o *Vampiro A Máscara*⁴ ou *cyberpunk* em *Shadowrun*⁵. Ou no inspirado no estilo anime/mangá do jogo nacional *Defensores de Tóquio 3ª edição* (3D&T)⁶. Ou ainda históricos tais como *Generic Universal RolePlaying System (GURPS) Imperial Rome*⁷, *Desafio dos Bandeirantes*⁸.

A complexidade inerente às sessões de RPG de mesa tornava difícil, até recentemente, a concepção de sistemas digitais capazes de substituir a inventividade de narrador humano e a agência provida. As narrativas interativas, também chamadas de *Interactive Storytelling* (IS), foram alvo de estudos utilizando modelos determinísticos em grande profusão e arrefecidos pós disseminação dos LLMs, que são grandes modelos de inteligência artificial treinados com grandes volumes de dados, costumam utilizar a arquitetura *Transformer* que utiliza auto-atenção para tratar dados onde a sequência é importante. Contudo, esta solução gerou novos problemas para IS, pois as representações determinísticas costumam levar a decisões mais fáceis de explicar do que aquelas tomadas pelos modelos baseados em redes neurais artificiais, uma qualidade que pode ser essencial ao lidar com contextos sensíveis (BURKART; HUBER, 2021). Modelos mais complexos podem ser, de um modo geral, uma combinação sofisticada de inúmeras estratégias simples. Isso posto, é razoável assumir que os estudos dos modelos *shallow learning*⁹ possuem potencial para grandes avanços em IS.

Os modelos de *Deep Learning* (DL) destacaram-se recentemente pela sua capacidade em tarefas envolvendo a geração de texto, elevando os desafios clássicos de *Question and Answering* a um novo patamar no processamento de linguagem natural. Isso se deve, em parte, aos avanços alcançados pelas redes neurais do tipo *Transformer* (VASWANI *et al.*, 2017), tais como o *Bidirecional Encoder Representations from Transformers* (BERT) (DEVLIN *et al.*, 2019). Esses recursos não demoraram para serem inseridos na sociedade com acesso a grandes serviços

² https://retropunk.com.br/editora/roleplaying/rastro_de_cthulhu/. Acesso em 15 de jul. 2025.

³ <https://www.chaosium.com/call-of-cthulhu-rpg/>. Acesso em 15 de jul. 2025.

⁴ https://www.mundogalapagos.com.br/rpg-world-of-darkness-vampiro-a-mascara/produto/WOD001?srsId=AfmBOopZK8kDOq-fAMupRWxyRUMd93gd_4tAIwr9TPE2tm9opCPZVAuR. Acesso em 15 de jul. 2025.

⁵ <https://newordereditora.com/loja/rpg/shadowrun-rpg/livro-basico-shadowrun-sexto-mundo/>. Acesso em 15 de jul. 2025.

⁶ <https://jamboeditora.com.br/produto/manual-3dt-alpha-edicao-revisada>. Acesso em 15 de jul. 2025.

⁷ <https://www.sjgames.com/gurps/books/imperialrome/>. Acesso em 15 de jul. 2025.

⁸ <https://ludopedia.com.br/jogo/o-desafio-dos-bandeirantes-aventuras-na-terra-de-santa-cruz&v=links>. Acesso em 15 de jul. 2025.

⁹ Termo que tem se tornado popular para técnicas de aprendizagem de máquina que não são do escopo do *Deep Learning*. Ou seja, métodos que não incluem um grande número de camadas ou que não façam uso dessas abstrações.

como o *ChatGPT* e seus concorrentes (ZHAO *et al.*, 2023).

Produtos baseados em interfaces conversacionais de texto começaram a surgir mesmo no âmbito dos jogos e trabalhos acadêmicos despontaram com este tema (FRANCO *et al.*, 2024). Apesar dos LLMs se apresentarem como uma espécie de panaceia para diversos problemas de *Natural Language Processing* (NLP), ou talvez mais apropriadamente, como a penicilina, representando um avanço significativo, há riscos associados à vulgarização no uso de LLM (ZHAO *et al.*, 2023). Parte desses riscos está atrelada ao custo de processamento, necessidade de grande quantidade de dados, incapacidade de generalização para toda sorte de tarefas e o risco à exposição da privacidade, bem como o deterioramento e desvalorização de certas atividades de trabalho (CHEN; BABAR, 2024), (GRUS, 2021). Isso posto, nesta tese, pretende-se usar LLM para lidar preferencialmente com tarefas que lhe são adequadas, ligadas à extração de estruturas de uma narrativa e à geração de texto.

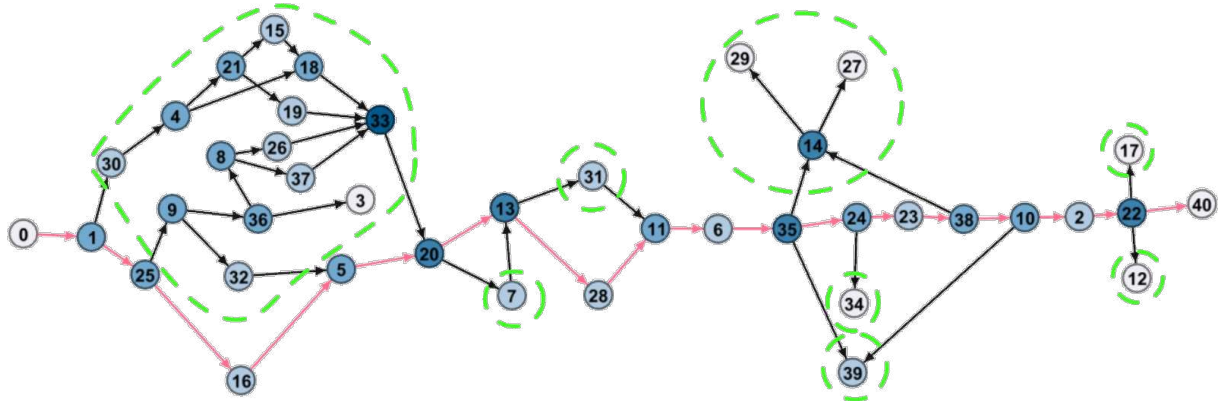
Existem muitas formas de representar uma narrativa interativa, conhecida na literatura como IS. Isso inclui desde controlar o ritmo em jogos nos quais a habilidade do jogador afeta o ritmo da narrativa, passando por apresentar múltiplos finais, construir ramificações de escolhas ou até mesmo não estabelecendo uma narrativa fechada, em que a narrativa emerge a partir das ações que o jogador realiza (LEBOWITZ; KLUG, 2011). Contudo, os autores ressaltam que, quanto maior a liberdade oferecida na narrativa, maior é a dificuldade de ter um controle na experiência do jogador. Desse modo, histórias pré-determinadas ou com estruturas gerais mais claramente delineadas são mais favoráveis para que o designer defina quais emoções e sensações o jogador terá de passar durante a sua experiência com o jogo (LEBOWITZ; KLUG, 2011).

A fim de orientar a criação de uma estrutura não-linear acessível para visualização, adotamos a representação de ramificações no enredo — conhecida na literatura como *Branching Path Stories*. Tal representação é comumente adotada em jogos analógicos como o subgênero do RPG nos chamados livros-jogos, ou *gamebooks*, em que a leitura é orientada pelas escolhas, em alguns casos, com testes de rolagens de dados ou enigmas.

Tais estruturas podem ser reduzidas à representação de grafos direcionados, onde cada vértice é uma cena da narrativa descrita em texto, que pode ou não ser acompanhada por imagens, de modo que as arestas representam transições entre as cenas. Essa estrutura é ilustrada pela Figura 1. Nessa representação, partes desses grafos (subgrafos) podem identificar certas formações como múltiplas escolhas, sequências longas ou curtas para alcançar o final da narrativa. Além disso, também podem impor certa dificuldade de alcançar o final verdadeiro ou

não, a dispor de muitas ou poucas escolhas representadas pelas arestas.

Figura 1 – Visualização gerada pelo próprio autor a partir da obra “Nascido das Trevas”, atribuído aos pseudônimos “Gianpaolo Celli” e “Paladino” publicado na revista “Só Aventuras” volume 6. Os agrupamentos dos subgrafos que estão fora do caminho principal são destacados em verde nesta visualização.



Fonte: O autor.

Mediante o exposto ao longo desta introdução, é razoável concluir que uma abordagem para geração procedural do conteúdo de narrativa interativa deve buscar incorporar regras que ajudam a formar essas propriedades estruturais do grafo da narrativa. Além disso, é desejável que o conteúdo textual seja encadeado de maneira coerente, sendo o texto de cada cena do jogo produzido a partir de informações extraídas da obra sendo adaptada. Tendo em vista esse pressuposto, este trabalho visa apresentar o estudo do desenvolvimento de um *framework* que explore: os conceitos de design de jogos, em especial os RPGs; a análise e manipulação de grafos por meio de gramáticas de grafos com algoritmos genéticos; e engenharia de *prompt*.

1.1 Questões de Pesquisa

A presente tese de doutoramento apoia-se nas seguintes Questões de Pesquisa (QP), norteadoras do estudo ora relatado:

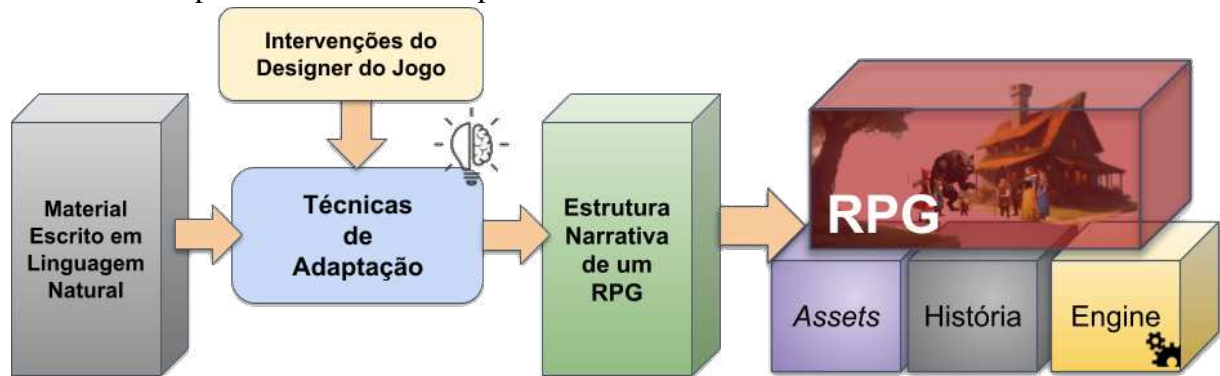
- **QP1:** Como é possível caracterizar, identificar e extrair a estrutura narrativa encontrada de um texto livre visando sua adaptação como RPG?
- **QP2:** Como é possível gerar proceduralmente a estrutura desejável que represente narrativa de um RPG?
- **QP3:** Dada uma estrutura narrativa de um RPG, como gerar texto e outros elementos que a satisfaçam como uma adaptação de uma história? e
- **QP4:** Como avaliar um volume potencialmente imenso do conteúdo gerado como adapta-

ção de uma narrativa como RPG?

1.2 Objetivos

Neste trabalho, visando explorar as QP supracitadas na seção anterior, será apresentada uma abordagem de técnicas de adaptação de texto para uma estrutura reaproveitável de uma narrativa para RPG solo e não-linear (vide Figura 2). Tais técnicas devem responder às intervenções do *designer* atreladas à estrutura de *quests* e do caminho de escolhas do jogador. O jogo apresentado ao final possui uma série de subprodutos que incluem o gerador de grafos para histórias que pode ser editado e revisado, saídas marcadas reaproveitáveis em uma *engine* adotada no experimento, metadados extraídos do jogo. Além disso, o processo de elaboração do modelo é feito através de análises que permitem extrair *insights*, alguns descritos nos Capítulo 6 e Capítulo 7.

Figura 2 – Visão geral do objetivo deste trabalho. Esta visão permite verificar a motivação do trabalho ao apontar “Técnicas de Adaptação” como uso de PCG e LLM para unir diretivas de *design* para adaptar automaticamente um texto em linguagem natural extraído de uma “Material Escrito em Linguagem Natural” para gerar um jogo e seus subprodutos reutilizáveis por um humano.



Fonte: O autor.

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho visa investigar um conjunto de métodos, combinando técnicas clássicas e modernas de PCG, com o propósito de permitir a adaptação automática de uma obra de texto para um formato de jogo não-linear aderente ao gênero RPG.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

Os seguintes objetivos específicos foram elencados visando atingir o objetivo geral desta tese:

1. Analisar estruturas de narrativas não-lineares em jogos de RPG;
2. Gerar estrutura não-linear para narrativas a partir de diretivas simples de propriedades desejáveis de grafos;
3. Explorar a adaptação automática de texto para preenchimento das cenas do grafo; e
4. Avaliar a viabilidade técnica e qualitativa da proposta.

1.3 **Organização da Tese**

O restante deste manuscrito tese está organizado da seguinte maneira:

- A seguir, no Capítulo 2, é discutida a base teórica para a compreensão dos conceitos do *game design* e de jogos, bem como dos modelos computacionais utilizados neste trabalho;
- Na sequência, o Capítulo 3 apresenta um conjunto de trabalhos relacionados que englobam desde PCG e IS, passando por trabalhos que abordam técnicas ou objetivos similares ao deste trabalho;
- As descrições dos dados, algoritmos e as configurações do ambiente utilizadas são descritas no Capítulo 4 bem como as avaliações;
- As estruturas dos modelos são detalhadas ao longo do Capítulo 5;
- As análises realizadas e a discussão dos resultados são apresentadas no Capítulo 7;
- No Capítulo 6 são discutidos uma análise utilizando outras LLM, para avaliar as qualidades estéticas em grande volume; e
- Por fim, as conclusões do trabalho são apresentadas no Capítulo 8, incluindo as limitações e trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo introduz os conceitos fundamentais para a compreensão desta pesquisa. A seguir, é feita uma breve revisão sobre grafos divididos em Teoria dos Grafos e a Gramática de Grafos. Após isso, é apresentada a descrição do modelo de *Machine Learning* (ML) aplicado neste trabalho à *Genetic Algorithms* (GA). Na sequência, há uma seção dedicada à *Engenharia de Prompt*, que lista as principais técnicas dessa área no uso de *prompts* focando na modelagem de boas perguntas com respostas, formatos precisos e outras propriedades. Na Seção 2.6 “Jogos e *Role-Playing Games*”, onde são apresentadas as noções necessárias de jogos e da aplicação, além de fornecer um contexto mais profundo da visão de *design* em relação às narrativas interativas e os jogos digitais.

2.1 Jogos e *Role-Playing Games*

Não se sabe desde quando os jogos estão presentes na história da humanidade, contudo pode-se supor que os *Homo Sapiens* primitivos, ao criarem suas ficções, já eram capazes de elaborar jogos e brincadeiras (HARARI, 2020). Todavia, muitos autores evidenciam o caráter quase universal de sua existência, que não se limita às questões físicas e psicológicas, como propõe Huizinga, ou às definições das características do jogo apresentadas por Crawford (LUCCHESI; RIBEIRO, 2009).

Os jogos ganharam relevância tanto na indústria criativa quanto no meio acadêmico, sendo este último impulsionado pelo crescimento do primeiro. Há anos, a indústria de jogos supera a do cinema em receita, tendência que se mantém devido à sua capacidade de atingir públicos diversificados, especialmente com a popularização de dispositivos móveis e a inclusão de faixas etárias e gêneros cada vez mais amplos, deixando de ser um nicho exclusivamente voltado para crianças e jovens¹

Existe uma miríade de gêneros de jogos, sobretudo se considerarmos que abrangem tanto os formatos físicos quanto digitais (RABIN, 2012). Dentre esses, os RPG destacam-se como um gênero que oscila entre a ascensão e a queda na indústria, tal como a difusão dos *Massive Multiplayer Online Role-Playing Game* (MMORPG) e o crescimento de TRPG (BARTON; STACKS, 2019).

A relação entre RPG e narrativa é intrínseca. Nos jogos de TRPG, os materiais

¹ PGB2021 Report Gratuito São Paulo: PGB. Disponível em: <https://www.pesquisagamebrasil.com.br/gratuitos/painel-gratuito-2023>. Acesso em 06 de out. 2025.

costumam ser divididos em *sistemas*, que são conjuntos de regras formalizando ações e consequências no jogo, e *cenários*, que são os elementos do universo fictício (FRANCO *et al.*, 2018), (CASSARO, 2008), (HITE, 2010), (JACKSON *et al.*, 2010). Adicionalmente, há materiais suplementares que aprofundam mecânicas ou aspectos do cenário, oferecendo diversidade ou praticidade às mesas de jogo (FRANCO *et al.*, 2018).

No contexto de materiais suplementares, destacam-se as *aventuras prontas*, estruturas narrativas que giram em torno de *quests* (missões) ou investigações, como as encontradas em D&D ou *Call of Cthulhu* (CoC), gêneros que também inspiraram versões digitais, além dos *Digital Role-Playing Game* (DRPG) (DORAN; PARBERRY, 2010; DORAN; PARBERRY, 2011; HOWARD, 2022).

Embora não haja consenso sobre um modelo universal para *quests*, Doran e Parberry propuseram uma estrutura interessante. Esse modelo organiza as motivações das missões (*Knowledge, Comfort, Reputation, Serenity, Protection, Conquest, Wealth, Ability e Equipment*), as estratégias (espionar, entrevistar *Non-Player Character* (NPC), usar um determinado item, obter luxos, exterminar pestes, obter itens raros e outros variados), ações abstratas e concretas (e.g., capturar, pegar, danificar, defender, escoltar, experimentar, explorar, matar, ouvir, ler, reportar, espionar, roubar, pegar, usar, trocar, dar, ir para algum lugar, etc.) (DORAN; PARBERRY, 2011).

Note-se que as *quests* funcionam como elo entre narrativa e *gameplay*, permitindo ao jogador avançar na história e interagir com o mundo por meio das regras enquanto descobre e cumpre missões (HOWARD, 2022). É importante destacar que o *game design* e o enredo dessas *quests* são elementos de alto custo, geralmente demandando profissionais especializados e também revisores para validar sua coerência. Isso ocorre porque as *quests* estão intrinsecamente ligadas aos componentes do mundo, servindo não apenas como pontos de interação, mas como alicerces da experiência lúdica (HOWARD, 2022). No entanto, jogos com múltiplos caminhos enfrentam diversos riscos associados a falhas de consistência na história ou no cenário, sub-exploração de conteúdo ou restrições à liberdade do jogador (LEBOWITZ; KLUG, 2011). Como alerta Lebowitz, cenários amplos, porém pobres em profundidade, podem comprometer a imersão e outros prazeres do jogador (LEBOWITZ; KLUG, 2011), o que justifica a pesquisa continuada em avanços tecnológicos, como ferramentas e *frameworks*, para viabilizar projetos complexos e de qualidade envolvendo narrativa interativa.

A origem das narrativas interativas pode ter surgido no teatro, onde as interações

com o público poderiam mudar parte da narrativa, ou ainda durante contações de histórias do homem primitivo. Porém, durante os anos 1930, nos Estados Unidos, o romance “*Consider the Consequences!*” de Doris Webster e Mary Alden Hopkins possuía vários finais para o leitor escolher interagindo com a narrativa.

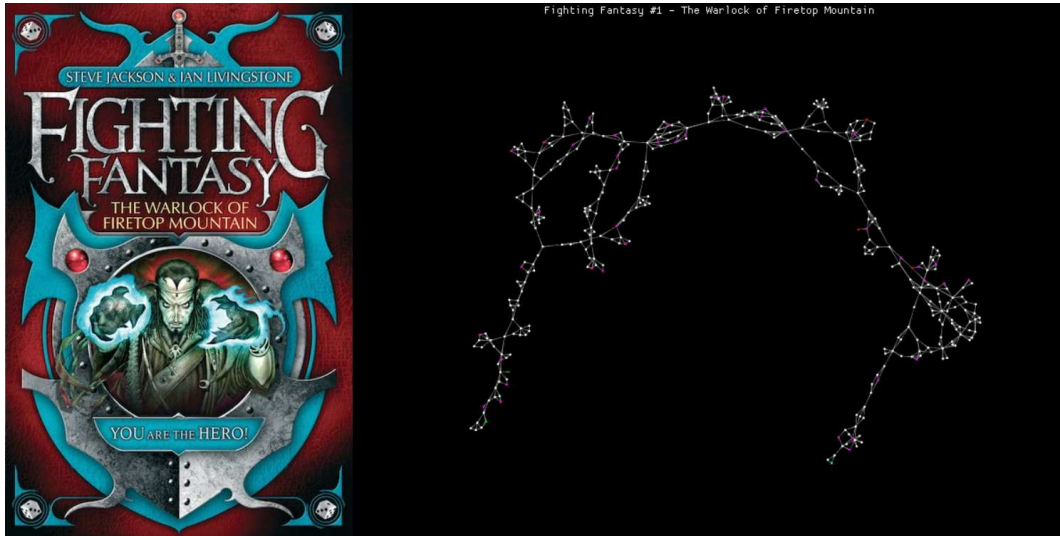
Na década de 1980, uma série de livros infantis de grande sucesso que vendeu milhões de cópias chamada *Choose Your Own Adventure* (CYOA) já possuía as mecânicas básicas dos chamados livros-jogos (COOK, 2021), que também são conhecidos como RPGs solos, *gamebooks* ou aventuras solos. RPGs solos são RPGs que dispensam um narrador e que são projetados para permitir a interação com apenas um jogador. Há duas categorias principais de RPGs solos: *livros-jogos* e *oráculos* (FRANCO *et al.*, 2024). No Brasil, nos anos 1990, este gênero foi popularizado pela série estadunidense *Fighting Fantasy* de Steve Jackson, estes influenciaram o surgimento de um subgênero de DRPG chamado de *Multi-User Dungeon* (MUD) (BARTON; STACKS, 2019).

A leitura desses livros-jogos é não linear, as escolhas numeradas direcionam o leitor a trechos distintos do livro, alterando o curso da narrativa e caracterizando o que Lebowitz e Klug denominam *Branching Path Stories*, i.e., histórias ramificadas cuja complexidade cresce exponencialmente com cada alternativa acrescentada (LEBOWITZ; KLUG, 2011). Por exemplo, em “O Feiticeiro da Montanha de Fogo” (vide Figura 3), cada trecho do texto é representado por um vértice de um grafo, onde cada aresta denota o ponto de navegação de um vértice ao outro. É importante destacar que, nesse tipo de obra, a experiência do jogador pode ser prejudicada ao investir tempo em demasia por caminhos de pouca relevância para a história. Além disso, o custo para o desenvolvimento do jogo aumenta à medida que as ramificações são adicionadas (LEBOWITZ; KLUG, 2011). Um livro-jogo também pode possuir um sistema próprio, muito embora seja tipicamente mais simples do que aqueles usados nos outros tipos de RPGs: nesses casos, o próprio jogador é responsável por conduzir mecânicas do jogo (e.g., combate).

Atualmente, outros títulos de livros-jogos têm sido produzidos nacionalmente ou importados, tais como os *AGE Gamebooks*, distribuídos pela Jambô Editora² no momento da escrita desta tese. Essa linha possui títulos como “O Maligno Mágico de Oz”, “Alice no País dos Pesadelos”, “Drácula: A Vingança do Vampiro” e o mais recente “Terra do Nuncassau”, os quais são fortemente inspirados em obras clássicas como “O Mágico de Oz”, “Alice no País das Maravilhas”, “Drácula” e “Peter Pan”, respectivamente.

² <https://jamboeditora.com.br/categoria/ace-gamebooks/>. Acesso em 20 de jul. de 2025.

Figura 3 – Representação em grafo do clássico livro-jogo *The Warlock of Firetop Mountain* (do inglês, “O Feiticeiro da Montanha de Fogo”) da série “*Fighting Fantasy*”.



Fonte: Feito por “Joby Bednar”, disponível em: <http://jobybednar.com/cyoa/>. Acesso em: em 20 de jul. 2025.

Além dos livros-jogos que seguem a estrutura de “*Branching Path Stories*”, existem também RPGs solo mais abertos como os oráculos, em que o jogador também exerce a função de narrador. Todavia, ele segue um sistema de regras que gerenciam ideias, guiando o jogador pela aventura e que pode ser alimentado de outras fontes, como escolhas orientadas por tabelas, cartas, decisões em dados ou simplesmente deixando para o jogador preencher o conteúdo com sua criatividade e bom senso. Alguns destes jogos são usados para gerar masmorras e explorações como o “*4 Against Darkness*”, “*Hero Quest*” ou o nacional “*RPG Quest*” vol. 1. Todavia, os oráculos não se restringem a isso, eles podem ser utilizados para contextos bem diferentes como o Fiasco³, no qual um grupo de jogadores constroem histórias colaborativamente sem a presença de um narrador.

Produções menores de oráculos são feitas por entusiastas. No Brasil, temos por exemplo os oráculos do Lucas Peixoto⁴ ou ainda o jogo em domínio público do Dominus RPG Solo⁵. A construção desses jogos é feita a partir do contexto e de referências. Sua classificação no “*Interactive Storytelling Spectrum*” que mede a agência de um produto, supostamente seria mais alta do que as presentes nos livros-jogos tradicionais (LEBOWITZ; KLUG, 2011).

³ <https://retropunk.com.br/editora/roleplaying/fiasco/>. Acesso em 10 de set. de 2025.

⁴ <https://lucaspeixoto.github.io/oraculos.html>. Acesso em 19 de fev. de 2025.

⁵ <https://arquivorpg.com.br/dominus/>. Acesso em 19 de fev. de 2025.

2.1.1 *Narrativas Interativas para Jogos*

O estudo de narrativas em jogos, bem como em outras mídias, tem crescido na academia (HOWARD, 2022). Deve-se enfatizar que a narrativa, no contexto lúdico, é um elemento de encenação e imersão, cujo valor reside na interatividade e na capacidade de gerar transformações significativas na história (HOWARD, 2022).

As Narrativas Interativas (NI) podem ser encontradas em diversos produtos multimídias e em outras formas de contação de histórias. Portanto, podem ser vistas no cinema, na literatura, teatro e, mais recentemente, nos jogos. Contudo, é importante discutir algumas propriedades das NI para compreender em quais aspectos esse trabalho atinge e algumas das suas limitações.

De acordo com (LEBOWITZ; KLUG, 2011), o espectador quase sempre tem alguma influência sobre a narrativa. Mesmo em um vídeo ou um livro com história linear, o espectador pode parar a história, antecipar algumas partes da história ou mesmo voltar para algum trecho. Dito isso, a priori, os jogos apresentam mais elementos de **interação**, permitindo que o espectador (jogador) opere ações dentro das mecânicas do jogo ou do cenário. Entretanto, mesmo que um jogo permita grandes interações com física complexa e detalhada para interações com o cenário, tais interações não refletem necessariamente uma alteração na narrativa do jogo. A qualidade que envolve a mudança dos eventos ao longo da história, múltiplos finais e de como a narrativa se apresenta dadas as escolhas do jogador é chamada de **agência** (MURRAY, 2003) (FRANCO *et al.*, 2024).

A capacidade de agência pode ser usada para definir um espectro da NI (LEBOWITZ; KLUG, 2011), partindo da menor para a maior agência, como se segue:

- **Histórias completamente lineares** onde não há interação com o ambiente da narrativa e nem mudança no seu fluxo. Por exemplo, ler um romance linear como *Dom Casmurro*⁶, ou assistir um filme no cinema;
- **Tradicionais histórias interativas** como os jogos digitais que permitem explorar o ambiente. Este é um exemplo bem comum em jogos famosos como *Half-Life 2*⁷, *The Last of Us*⁸ e *Age of Empires*⁹;
- **Histórias com múltiplos finais** que podem ser encontradas em jogos, mas em alguns

⁶ <https://www.gutenberg.org/ebooks/55752>. Acesso em 5 de mai. de 2025.

⁷ <https://www.half-life.com/en/half-life2>. Acesso em 5 de jul. de 2025.

⁸ <https://www.playstation.com/pt-br/the-last-of-us>. Acesso em 5 de jul. de 2025.

⁹ <https://www.ageofempires.com>. Acesso em 5 de jul. de 2025.

filmes e livros interativos;

- **Histórias com ramificações** que é o modelo visado por este trabalho, onde múltiplos caminhos estão disponíveis ao jogador, porém estes são preestabelecidos pelo jogo;
- **Histórias abertas** são pensadas como um tipo mais livre de histórias com ramificações, possuindo um universo maior para explorar e com múltiplas histórias menores que não são ordenadas; e
- Por fim, o aspecto mais abrangente é a **Narrativa Completamente Dirigida pelo Jogador** como, supostamente, os TRPG e jogos como *The Sims* e *Animal Crossing*.

Muitos trabalhos da NI utilizavam modelos determinísticos com o uso de *planners* como *STanford Real-time Information Processor (STRIPS)* ou *Hierarchical Task Network (HTN)*, vide Seção 3.2. Contudo, a ascensão da *Artificial Intelligence (AI)* generativas de texto tem despertado um crescente interesse no potencial em técnicas para improvisação e produção de narrativas sob demanda. Essas narrativas tanto podem ser livres como podem ser modelos treinados para gerar *quests*, as quais serão descritas logo a seguir.

2.1.2 Teoria das Quests

As *quests*, ou missões, fazem parte da terminologia dos jogadores casuais de DRPG. Elas tratam de pequenas porções de aventura com objetivos (geralmente) claros e demandam um conjunto de ações para alcançá-los (HOWARD, 2022). A função da *quest* une dois elementos do jogo, a narrativa e a mecânica do jogo (HOWARD, 2022) (SCHELL, 2008).

Doran e Parberry (2010), Doran e Parberry (2011) definiram uma estrutura de *quests* que é formalizada pelo objetivo, motivações, estratégias, abstrações e ações concretas das missões. Porém, não existe um modelo formal e universal amplamente aceito, por isso, há variantes em relação à terminologia, abstrações e tipos de ações que podem variar em alguns trabalhos. Entretanto, a maioria dos sistemas modela suas ações para cobrir a diversidade de ações. Por exemplo, o sistema *d20* dá suporte ao uso de várias habilidades não violentas do combate, tais como as perícias, porém ainda assim um sistema *Storyteller* de *Vampiro a Máscara* terá mais mecânicas descritas para investigação e ações sociais (FRANCO *et al.*, 2018). No sistema Dado de 20 faces (d20) os atributos mentais e resistência são Inteligência, Carisma e Sabedoria e Vontade; já em *Vampiro a Máscara*, são: Inteligência, Raciocínio, Determinação além de separar como atributos sociais Carisma, Manipulação e Autocontrole; além de possuir um atributo Força de Vontade. Portanto, não há uma estrutura generalista e talvez não seja possível, porém há

apontamentos e podemos reaproveitar as convenções que se formaram previamente, como é o caso do levantamento de (DORAN; PARBERRY, 2010) e (DORAN; PARBERRY, 2011).

Outros termos são empregados no contexto dos TRPGs para estruturar as narrativas e o jogo (FRANCO *et al.*, 2018):

- O “turno” costuma ser usado como uma das menores unidades de tempo no RPG. Geralmente mede uma ação rápida em um combate ou situação de ação;
- A “rodada” é o conjunto de todas as ações dos personagens em uma cena;
- A “cena” é o conjunto de rodadas para resolver um conflito que pode ou não ser violento. Este conflito pode ser entre personagens, como: combates, negociações ou debates. Ou ainda, pode ser dos personagens com algum outro desafio como escalar uma montanha ou tentar decifrar um texto antigo;
- A “sessão” é o encontro dos jogadores no TRPG ou ato de entrar para jogos em um DRPG. Por exemplo, quando um grupo de jogadores tiram uma tarde para se reunir e jogar, isso é considerado uma sessão, bem como quando um jogador digital inicia, joga e fecha um jogo é considerado outra sessão. Vale ressaltar que ao final da sessão, o jogador não necessariamente acabou o jogo, podendo retomá-lo em outra sessão;
- A “aventura” é um termo para uma história com começo e fim, marcados por pelo menos um objetivo principal; e
- A “campanha” se refere a um conjunto de aventuras envolvidas em uma trama mais complexa e duradoura.

Existem variantes nas terminologias a depender dos jogos, como “aventura” ser chamada de “crônica”, enquanto em outros o “narrador” pode ser chamado de mestre ou “guardião”. Todavia, a terminologia citada é a costumeira na maioria dos jogos e tende a ser compreendida pelo contexto dos jogadores (FRANCO *et al.*, 2018).

2.2 Grafos

Grafos são estruturas abstratas estudadas especialmente na Matemática e na Ciência da Computação. As aplicações de grafos são diversas, abrangendo desde modelagens de rodoviárias até interações entre pessoas seja em abordagens matemáticas (NETTO; JURKIEWICZ, 2017; NETTO, 2003) ou algorítmicas (LIPSCHUTZ; LIPSON, 2004; GERSTING, 2021), algumas voltadas para otimização (CORMEN *et al.*, 2009). Um grafo é composto essencialmente por um conjunto de vértices, também chamados de nós, e um conjunto de arestas que interligam esses

mesmos vértices, como visto na Figura 4. Vértices geralmente representam entidades, pontos ou indivíduos de interesse (e.g., os usuários de uma rede social). Arestas, por sua vez, representam relações que conectam um ou mais vértices do grafo (e.g., as relações de amizade em uma rede social); a depender do tipo de grafo, as arestas podem possuir mais ou menos propriedades, tais como sentido, peso ou até mesmo rótulos. Abstrações reduzidas aos grafos permitem abordagens matemáticas e algorítmicas, embora, para estes últimos, os problemas de busca em grafos possam ter complexidade NP, além disso, ainda existem vantagens na visualização e interpretação de dados modelados em grafos desde as exploração de medidas de análise inerentes à relação da contagem e proporção de arestas e vértices (NETTO; JURKIEWICZ, 2017; GERSTING, 2021) até representações que permitam o uso (CORMEN *et al.*, 2009) de diferentes estratégias para busca.

Um problema é não-determinístico polinomial (NP) quando, colocado em sua versão de decisão (ou seja, em forma de uma pergunta cuja resposta pode ser “sim” ou “não”) a resposta afirmativa o resolve em tempo polinomial, mas a resposta negativa, também dada em tempo polinomial, pode não resolver o problema.

O estudo de grafos é uma área extensa e complexa, cujo escopo completo não seria viável abordar nem neste capítulo, nem no âmbito deste trabalho. Contudo, a compreensão da terminologia e algumas das propriedades dos grafos é essencial para o entendimento deste trabalho, por isso dividimos a seção em alguns fundamentos da Teoria dos Grafos, na Subseção 2.2.1, a gramática de grafos na Subseção 3.4 e uma breve apresentação sobre algoritmos de particionamentos utilizados na Subseção 2.2.2.

2.2.1 Teoria dos Grafos

Para um dado grafo G , há um conjunto de vértices V , também chamados de vértices ou pontos, $V = V(G)$, e um conjunto E de pares ordenados de vértices distintos chamados de arestas, $E = E(G)$ (LIPSCHUTZ; LIPSON, 2004). Portanto, um grafo pode ser representado por uma estrutura G , na qual $G = (V, E)$ onde V é um conjunto discreto de vértices e E como uma família de elementos não vazios definidos em função de V (NETTO, 2003).

Existem diversos tipos de grafos com qualidades diferentes, porém este trabalho procura operar sobre um tipo específico, o grafo direcionado com apenas uma fonte. Mesmo dentro da área de jogos, os grafos podem representar uma grande variedade de componentes e outras representações computacionais (BUCKLAND, 2005); contudo, no nosso contexto, serão

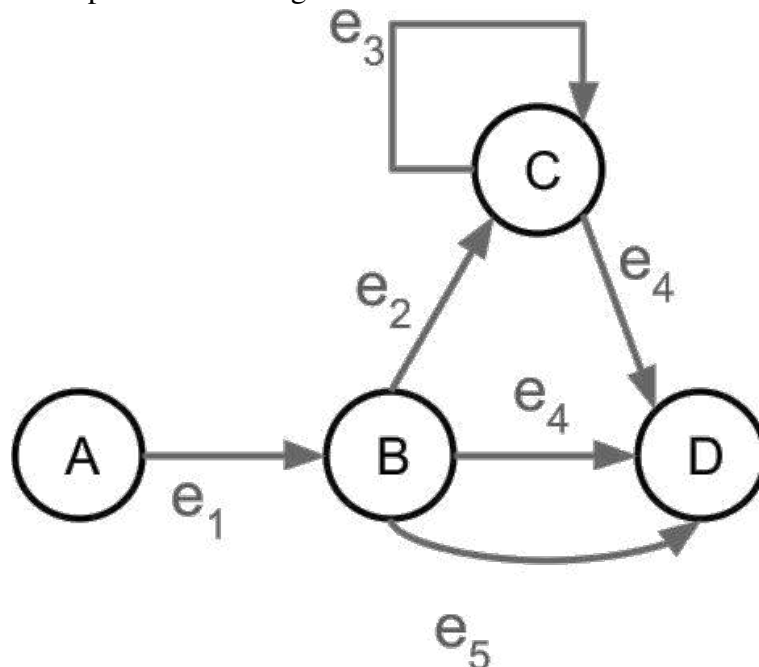
utilizados para representar porções de enredo e caminhos da história. Como essas representações serão utilizadas e as implementações envolvidas, será discutido no Capítulo 5. Ainda assim, como possíveis trabalhos futuros ou para se pensar em limitações e restrições deste trabalho, esta subseção inclui algumas dessas variantes de grafos e suas respectivas propriedades.

2.2.1.1 Grafos e Multigrafos

Ao contrário de grafos tradicionais, os multigrafos permitem laços e também arestas múltiplas (LIPSCHUTZ; LIPSON, 2004), (GERSTING, 2021). Laços são arestas que não conectam dois vértices distintos, mas sim o mesmo vértice consigo mesmo. Um exemplo de laço é a aresta e_3 , que conecta o vértice C na Figura 4.

Por sua vez, o conceito de arestas múltiplas se refere a grafos nos quais é possível ter mais de uma aresta interligando um mesmo par de vértices. Na Figura 4, as arestas e_4 e e_5 são exemplos de arestas múltiplas que conectam os vértices B e D , na Figura 4. Por exemplo, considere duas opções (arestas) de transporte para transitar entre duas cidades (vértices), sendo uma de barco e a outra de avião.

Figura 4 – Exemplo de um multigrafo direcionado.



Fonte: O autor.

2.2.1.2 Grafos Direcionados e Não-direcionados

Grafos direcionados, orientados ou comumente chamados de dígrafos, são aqueles cujas arestas possuem um *sentido*. Isso significa que uma aresta e_1 entre os vértices (v_i, v_j) , é diferente de uma aresta e_2 entre os vértices (v_j, v_i) , assumindo que $i \neq j$, portanto a relação entre esses vértices não é bidirecional. Tais arestas fazem parte do conjunto E de pares ordenados do conjunto de vértices V (NETTO; JURKIEWICZ, 2017).

No caso do grafo não-direcionado, a aresta $e_{i,j} = e_{j,i}$, ou seja, a aresta entre os vértices v_i e v_j é *bidirecional*. Vértices que apenas possuem arestas saindo deles são chamados de **fontes**, enquanto vértices que possuem apenas arestas chegando neles são chamados de **sumidouros** (LIPSCHUTZ; LIPSON, 2004), (NETTO; JURKIEWICZ, 2017). A exemplo disso, na Figura 4, o vértice A é uma fonte e o vértice D é um sumidouro.

Fontes e sumidouros são vértices comuns em grafos de fluxo, como visto na Subseção 2.2.1.5, pois fontes costumam representar um início ou entrada em um sistema, enquanto os sumidouros representam as saídas.

2.2.1.3 Grafos e Hipergrafos

Hipergrafos são grafos peculiares que possuem arestas interligando mais de dois vértices. De acordo com (DREWES *et al.*, 1997), a substituição de hipergrafos é uma abordagem elementar na reescrita de grafos, sendo a sua abordagem comumente de colagem (“*gluing approach*”).

O desenvolvimento da substituição de hipergrafos tem origem atribuída aos trabalhos iniciais de Jerome Feder em 1971 e o de Theodosios Pavlidis em 1972 (ROZENBERG, 1997). Tais hipergrafos podem ser vistos em aplicações como sistemas de recomendação que interligam diversas propriedades de um produto a ser recomendado (MCFEE; LANCKRIET, 2012), (LIU *et al.*, 2022). Em jogos, o conceito do hipergrafo poderia ser usado para modelar ações de *craft* com vários itens utilizados para gerar um novo item ou, de forma análoga, mesmo um conjunto de ações ou eventos para uma etapa de uma *quest* ou liberar uma cena de modo não-linear (PALACZ *et al.*, 2021).

2.2.1.4 Matriz de Adjacências

A matriz de adjacência é uma estrutura de dados bastante comum para representar um grafo, ou, mais especificamente, as suas arestas. Para um grafo G com n vértices, o conjunto de vértices é dado por $V = v_1, v_2, \dots, v_n$. Cada aresta que conecta um vértice de índice i a um vértice de índice j é representada por e_{ij} . A matriz de adjacência A que representa o grafo G é uma matriz quadrada de ordem n , ou seja, $A_{n,n}$. Cada elemento a_{ij} da matriz A corresponde à presença ou ausência de uma aresta entre os vértices v_i e v_j ; se houver uma aresta, o valor será 1, e se não houver, o valor será 0. Note-se que outros literais diferentes de 0 e 1 podem ser usados na matriz de adjacências para atribuir um peso ou outro metadado conveniente à aresta entre v_i e v_j . Esse comportamento é ilustrado na Equação 2.1 (LIPSCHUTZ; LIPSON, 2004).

É importante salientar que uma matriz de adjacência não é adequada para representar multigrafos onde múltiplas arestas ocorrem entre os mesmos vértices, pois ela não pode distinguir entre diferentes arestas entre dois vértices, o que poderia ser remediado assumindo que cada elemento a_{ij} é uma lista de arestas. No entanto, a matriz de adjacências com pesos ainda pode ser utilizada para representar laços.

$$e_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se existe uma aresta entre } v_i \text{ e } v_j, \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2.1)$$

Se a matriz de adjacência representar um grafo não-direcionado, então ela será uma matriz simétrica (NETTO; JURKIEWICZ, 2017). Os laços no grafo são representados na diagonal da matriz de adjacência (NETTO, 2003).

2.2.1.5 Outras Propriedades e Qualidades dos Grafos

Há uma miríade de propriedades e métodos para grafos; algumas dessas estão listadas a seguir:

- **Caminho** é um multigrafo G consiste em uma sequência alternada de vértices (v_i, v_j) e arestas $e_{i,j}$, onde as arestas interligam o vértice anterior e posterior. Como na forma $[v_0, e_{0,1}, v_1, e_{1,2}, v_2, \dots, e_{i-1,i}, v_i]$ (LIPSCHUTZ; LIPSON, 2004);
- **Conectividade** é a propriedade que garante a ligação entre vértices. Um grafo é dito conexo quando existe um caminho entre dois vértices quaisquer (LIPSCHUTZ; LIPSON, 2004), (NETTO, 2003), (NETTO; JURKIEWICZ, 2017), (GERSTING, 2021). A conectividade

possui 3 graus: fortemente conexo onde todos os vértices possuem caminhos entre si de ida e volta; unilateralmente conexos onde todos os vértices são conectados ao menos em um sentido (LIPSCHUTZ; LIPSON, 2004); e existem os fracamente conexos em que garantimos um semi-caminhos entre dois quaisquer vértices a e b ;

- **Grau** é a contagem de arestas ligadas para um vértice, como na Figura 4, o grau do vértice $deg(A) = 1$ e $deg(C) = 3$. Há duas variantes para graus, o chamado grau de entrada são vértices com arestas que chegam ao vértice no $d^+(A) = 0$ e $d^+(C) = 2$, na Figura 4, bem como o grau de saída se referem as arestas que partem do vértice como no $d^-(A) = 1$ e $d^-(C) = 2$ (LIPSCHUTZ; LIPSON, 2004); e
- Fluxos são grafos direcionados em que cada aresta possui peso. Em aplicações de transporte e rodovias a aresta tem uma capacidade máxima de transporte de recursos. O fluxo em uma aresta é o valor de recurso que é transportado de um vértice a outro, e deve obedecer a restrições de capacidade. Um exemplo de problema de fluxo é encontrar o máximo fluxo possível entre dois vértices em um grafo, respeitando as capacidades das arestas (NETTO, 2003).

Existe o potencial uso de outras propriedades de grafos na aplicação, porém estas são as contempladas nos experimentos deste trabalho.

2.2.2 *Particionamento de Grafos*

Em alguns casos pode ser interessante separar partes do grafo, tais separações podem ser literais na formação de novos subgrafos ou apenas para marcar certos vértices ou arestas. Tais separações são chamadas de particionamentos. O processo de particionamento de grafos é uma área de estudos ampla, pois como visto na Seção 2.2.1 há uma miríade de combinações possíveis de tipos de grafos. Tais tipos podem requerer diferentes estratégias para seu particionamento, pois a depender do tipo de grafo pode ser necessário utilizar propriedades dos vértices, de arestas ou outra medida que pode ser específica do tipo de grafo (YU *et al.*, 2011).

Aqui neste trabalho são utilizados dois particionamentos de grafos. Um deles é feito através de um algoritmo do próprio autor, porém trivial, que deve encontrar o caminho mais curto entre o vértice inicial e final; após isso deve-se remover o caminho principal e agrupar os demais subgrafos, vide Algoritmo 3 na Subseção 7.1.1.

O outro algoritmo de particionamento é mais complexo, pois busca separar o grafo em regiões interligadas com quantidades relativamente proporcionais. Para tal divisão, foi

implementado um algoritmo de particionamento baseado na decomposição de autovalor e autovetor da matriz laplaciana da matriz. Com a matriz de autovetores, é possível agrupar os conjuntos de vértices mais próximos. O processo é resumido no Algoritmo 1.

Algoritmo 1: Partição de Grafo Baseada em Vetor de Fiedler

Input:

- G : Grafo direcionado a ser particionado
- k : Número de partições desejadas (padrão=2)

Output: Lista de clusters contendo os vértices particionados

```

 $G_{undir} \leftarrow \text{convert\_to\_undirected}(G);$ 
 $L \leftarrow \text{laplacian\_matrix}(G_{undir});$ 
 $L \leftarrow \text{convert\_to\_dense}(L);$ 
 $\text{eigvals}, \text{eigvecs} \leftarrow \text{eigensolver}(L);$ 
 $\text{fiedler\_vec} \leftarrow \text{eigvecs}[:, 1 : k + 1];$ 
 $\text{kmeans} \leftarrow \text{KMeans}(n\_clusters = k, \text{random\_state} = 0);$ 
 $\text{labels} \leftarrow \text{kmeans.fit\_predict}(\text{fiedler\_vec});$ 
 $\text{clusters} \leftarrow [] * k;$ 
for  $i \leftarrow 0$  até  $\text{length}(\text{labels}) - 1$  do
    |  $\text{cluster\_id} \leftarrow \text{labels}[i];$ 
    |  $\text{clusters}[\text{cluster\_id}].\text{append}(i);$ 
end
return  $\text{clusters};$ 

```

A geração da matriz laplaciana é feita através de uma fórmula simples, vide Equação 2.2. Nesta equação a matriz laplaciana L é obtida a partir da subtração da matriz diagonal D com os graus de cada vértice pela matriz de adjacências A . A decomposição desta matriz por duas matrizes, uma com a diagonal de autovalores e a outra com autovetores, esta última pode ser utilizada para separar os conjuntos que tendem a estar conectados. Uma vez que os autovetores expressam uma transformação de ortogonalização da matriz original e a diagonal da matriz de autovalores expressam a variabilidade de cada atributo, ou seja, a expressividade de cada autovetor correspondente. Para tal, utilizamos a abordagem em separar com *K-means* (YU *et al.*, 2011).

$$L = D - A \tag{2.2}$$

O algoritmo *K-means* é um algoritmo de aprendizado de máquina do tipo agrupa-

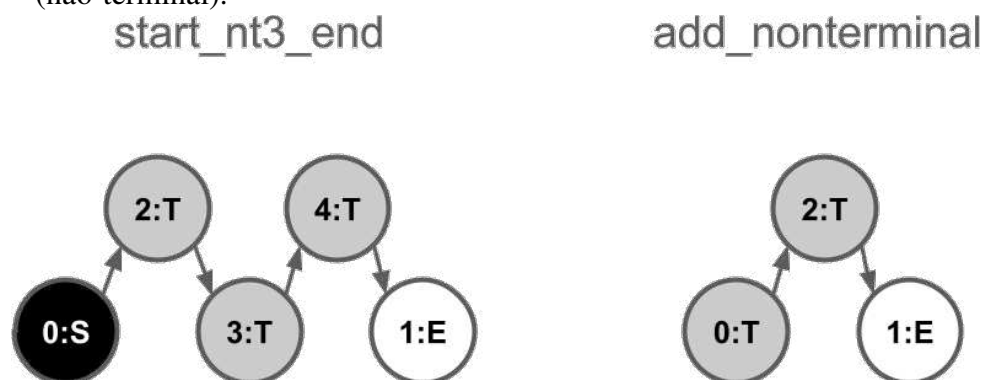
mento e não-supervisionado (COPPIN, 2015), (SILVA *et al.*, 2018), (YU *et al.*, 2011). Este algoritmo busca encontrar um número de k-centróides e agrupar os vértices mais próximos a eles.

Neste trabalho, o particionamento de grafos em grupos de vértices servem para o preenchimento de conteúdo. Pois, é interessante restringir grupos de vértices para serem relacionados às *quests*.

2.2.3 Gramática de Grafos

As gramáticas normativas da linguagem humana são conjuntos de regras que modelam sistemas de capacidades linguísticas (RUWET *et al.*, 1975). Essas gramáticas assumem que a fala é resultado direto ou indireto das capacidades do falante. A abordagem de Noam Chomsky introduziu as gramáticas gerativas, que são capazes de produzir e interpretar a fala de maneira independente do falante, simulando tanto o locutor quanto o auditor (RUWET *et al.*, 1975), (PÊCHEUX *et al.*, 2010). Sistemas alternativos como *L-systems* são empregados na geração de estruturas vegetais (SHAKER *et al.*, 2016a). Grafos, como abstrações matemáticas que representam conjuntos de vértices e arestas, oferecem ferramentas úteis para modelar sistemas e as relações entre dados.

Figura 5 – Exemplos de regras LH para inicialização de redes de grafos. Os vértices são rotulados com: (1) identificador numérico; (2) tipo - ‘S’ (início), ‘E’ (fim) ou ‘T’ (não-terminal).

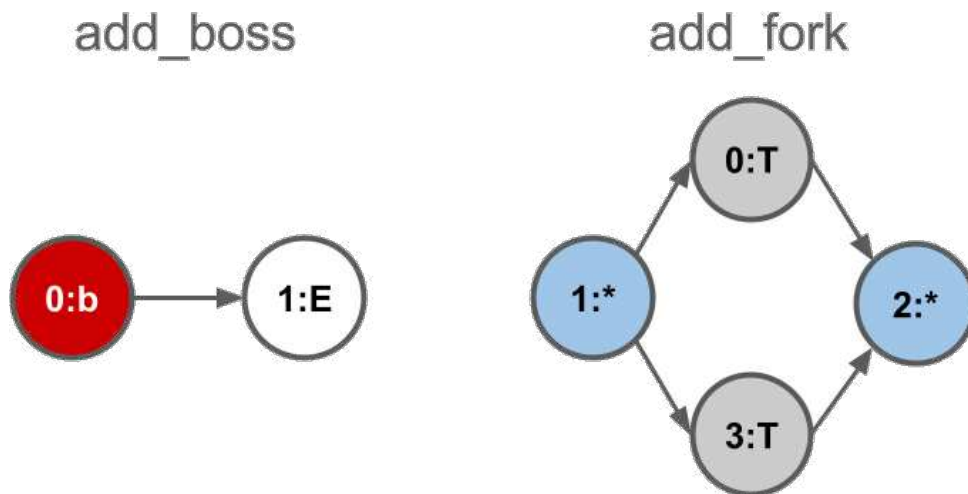


Fonte: O autor.

GrG geram grafos por meio da aplicação sequencial de subgrafos, um processo também conhecido como derivação (ROZENBERG, 1997). O processo envolve: (1) **identificação** de subgrafos candidatos (LH) em um grafo maior; (2) **aplicação** de subgrafos de substituição (*Right-hand side* (RH)) (YANNAKAKIS; TOGELIUS, 2018). Um mesmo LH pode ter múltiplos

RH associados, com a seleção sendo determinística ou não determinística. Este trabalho foca em GrG não determinísticos (estocásticos), que geram estruturas com menor aparência artificial (TOGELIUS *et al.*, 2016a), (FRANCO *et al.*, 2023), de maneira análoga aos padrões gerados por *L-systems* (PRUSINKIEWICZ; LINDENMAYER, 2012).

Figura 6 – Exemplos de regras LH para expansão de grafos: (esquerda) inserção de vértice “boss” (b) antes de vértice final; (direita) criação de bifurcação.



Fonte: O autor.

Existem muitos tipos de gramáticas de grafos, elas podem ser divididas por diversas características, a mais impactante é a sua abordagem, definidas em dois tipos: “*gluing approach*” também chamada de “*algebraic approach*” que define as gramáticas do tipo “*hyperedge replacement*” (ROZENBERG, 1997). A outra abordagem é a chamada “*connecting approach*”, também chamada de “*algorithmic approach*” ou “*vertex replacement graph*”. Os modelos comumente utilizados neste trabalho são da abordagem algorítmica, a geração de um grafo é chamada de **produção**, ou *production*, e sua sequência de passos é chamada de **derivação**, ou *derivation*.

A produção de uma gramática, por exemplo, formalizada na Equação 2.3.

$$X \rightarrow (D, C) \quad (2.3)$$

- X - vértice não terminal a ser substituído;
- D - subgrafo “filho” é o subgrafo que substituirá X ; e
- C - é um conjunto de instruções de conexão (*embedding*), que definem como os vértices de D serão ligados aos vizinhos do vértice substituído.

Confluência é uma propriedade que garante que o resultado da derivação não depende da ordem em que as produções são aplicadas. Portanto, grafos que são gerados por gramáticas

confluentes independem da ordem que as produções são aplicadas. Se tivéssemos a pretensão de uma “*context free grammar*” a confluência seria essencial, mas o intuito do modelo é justamente gerar grafos diferentes.

Alguns dos principais tipos de gramáticas e suas variantes estão listados a seguir (ROZENBERG, 1997):

- *Node Label Controlled* (NLC) - um modelo simples de GrG, trata-se de um modelo que troca os vértices, ou pode-se dizer que trocar o tipo, rótulo, ou conteúdo (*label*), do vértice. Este tipo de gramática não altera o total vértices disponíveis pois apenas troca os tipos de vértices não terminais por outros tipos terminais. A conexão entre o subgrafo D e o resto do grafo é determinada por um conjunto fixo de instruções de conexão (μ, δ) , onde μ é o rótulo de um vizinho do vértice substituído e δ é o rótulo de um vértice em D . Cada produção é da forma $X \rightarrow D$, onde X é um rótulo não terminal e D é um grafo. Uma limitação é que ele não é confluyente;
- *Confluent Node Label Controlled* (CNLC) - CNLC são NLC confluentes;
- *Neighbourhood Controlled Embedding* (NCE) - extensão do NLC onde as instruções de conexão podem se referir diretamente a vértices específicos do subgrafo D , não apenas aos seus rótulos. A partir disso, na Equação 2.3, as regras de conexão C podem ser definidas como $C = (\sigma, \beta/\gamma, x, d)$, onde α é rótulo do vértice vizinho do vértice substituído.
 - σ - rótulo do vértice vizinho do vértice substituído;
 - β - rótulo da aresta original entre o vértice substituído e seu vizinho;
 - γ - novo rótulo da aresta a ser criada;
 - x - vértice específico em D que receberá a nova conexão; e
 - d - direção da aresta (*in* para entrada e *out* para saída).

O funcionamento do NCE trata de **identificar** qual regra à esquerda (LH) será aplicada. Então essa LH é mapeada no grafo mãe, para que essa região seja **removida** e substituída pelo novo subgrafo D . As instruções para mapeamento e troca são dadas em C ;

- *edge directed labels* NCE (edNCE) - O “e” é referente a “*Edge-labeled*” e o “d” se refere a *Directed*, estes dois também podem ser apresentados separadamente em eNCE e dNCE. Estende o NCE para grafos direcionados com rótulos em arestas. Permite *relabeling* dinâmico, exemplo $(\beta \rightarrow \gamma)$; e
- *Boundary edge directed labels* NCE (B-edNCE) - Restringe conexões para evitar arestas entre vértices não-terminais. Sempre confluyente e mais fácil de analisar.

A GrG utilizada é uma versão estocástica, nesta versão as regras à direita são escolhidas através de ponderações de probabilidade (THOMPSON; LAVENDER, 2017a), (LONDOÑO; MISSURA, 2015). Propondo uma simplificação da gramática estocástica, podemos definir como a relação de três conjuntos: um conjunto de n elementos com símbolos LH, tal que $LH = \{lr_1, lr_2, \dots, lr_n\}$, com um conjunto m de elementos à direita $RH = \{rr_1, rr_2, \dots, rr_m\}$ e um conjunto de valores reais de pesos W com k elementos cujo valor é uma relação de n e m como $k = (n * m)$, tal que $W = \{w_{1,1}, w_{2,1}, \dots, w_{n,m}\}$, vide Equação 2.4. Tal conjunto da gramática pode ser visto como $G(LH, RH, W) = \{(lr_1, rr_1, w_{1,1}), (lr_2, rr_1, w_{2,1}), (lr_1, rr_2, w_{1,2}), \dots, (lr_n, rr_m, w_{n,m})\}$.

Tal representação permite imaginar esta relação como uma matriz, na Equação 2.7 que possui como linhas LH e as colunas RH, de modo que os valores estão contidos em W . Consequentemente, se W é uma matriz n por m , então ela pode ser vetorizada para que, posteriormente, seus pesos sejam utilizados pelo modelo GA.

$$\begin{aligned} LH &= \{lr_1, lr_2, \dots, lr_n\}, lr_i \in \Sigma \\ RH &= \{rr_1, rr_2, \dots, rr_m\}, rr_i \in \Sigma \end{aligned} \tag{2.4}$$

As gramáticas generativas foram criadas para estudar sua relação com a linguagem humana; contudo, sua formulação também permitiu o desenvolvimento de modelos capazes de estabelecer regras para analisar e compor sequências de símbolos (RUWET *et al.*, 1975). Tais símbolos compõem um alfabeto Σ , formado por um alfabeto de vértices terminais, no conjunto Δ e por um conjunto de produções P (ROZENBERG, 1997). As gramáticas de grafos generativas representam uma extensão desse modelo, aplicada especificamente à estrutura de grafos (DREWES *et al.*, 1997). A aplicação de uma gramática generativa a um grafo envolve um grafo principal, denominado grafo mãe M , e um conjunto de subgrafos RH e LH. Os subgrafos de LH são utilizados para buscar *matching* em regiões de M , que são então marcadas para substituição por subgrafos pertencentes a grafos de subconjuntos definidos pelas regras de RH. Como mostrado na Equação 2.5, ambos os conjuntos LH e RH são formados por símbolos do alfabeto Σ . Essas substituições são ponderadas por pesos associados a cada regra entre LH e RH, indicando a probabilidade de um subgrafo de RH ser escolhido.

$$\begin{aligned} \exists rh_j \in RH \cap \Sigma, \text{ onde } 1 \geq j \geq m \\ \forall lh_i \in LH \cap \Sigma, \text{ onde } 1 \geq i \geq n \quad \exists lR_i \subset RH \end{aligned} \tag{2.5}$$

A probabilidade de aplicação de uma regra na gramática de grafos é determinada pela razão entre o peso $w_{i,j}$ da regra específica que mapeia o subgrafo lh_i para rh_j e a soma total dos pesos de todas as regras associadas a rh_j , conforme expresso a seguir $P(lh_i, rh_j) = w_{i,j} / \sum_{i=1}^{i=m} w_{i,j}$, onde $P(lh_i, rh_j)$ representa a probabilidade da transição $lh_i \rightarrow rh_j$, $w_{i,j}$ é o peso atribuído a essa regra específica, e o denominador é a soma de todos os pesos das regras aplicáveis ao subgrafo rh_j .

Os pesos podem ser representados pela matriz $W_{n,m}$ que relaciona os pesos das regras de LH e RH. A função de probabilidade é definida na Equação 2.6, em que a probabilidade de um subgrafo rh_j ser escolhido dado um lh_i , é igual a soma de todas as probabilidades $w_{i,j}$ dado um valor i . Quando uma probabilidade for inexistente, seu peso será zero; caso contrário, será maior que zero mas proporcional aos demais pesos (vide 2.6).

$$P(lh_i, rh_j) = \frac{w_{i,j}}{\sum_{i=1}^{i=m} w_{i,j}} \quad (2.6)$$

$$w_{i,j} \in \mathbb{N}, w_{i,j} \geq 0, \quad W_{(n,m)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} rh_1 & rh_2 & \cdots & rh_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} lh_1 \\ lh_2 \\ \vdots \\ lh_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & \cdots & w_{1,m} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & \cdots & w_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n,1} & w_{n,2} & \cdots & w_{n,m} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (2.7)$$

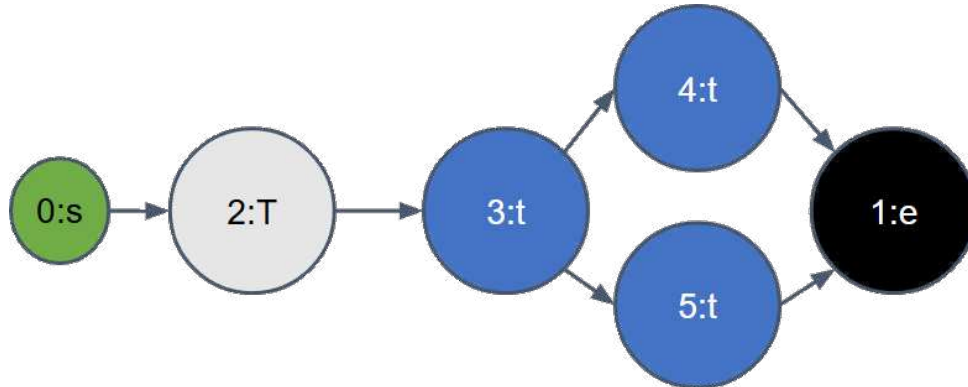
Há outros estudos com aplicações de versões dessas gramáticas estocásticas em jogos, como é discutido nas Seções 3.3 e 3.4, bem como em outras gramáticas estocásticas aplicadas a jogos.

A exemplo disso, temos na Figura 7 há um grafo M inicial. Na Figura 8 há uma LH que ao ser aplicada em busca no grafo M , pode-se obter então duas seleções possíveis: LH (0) pode combinar com dois subgrafos candidatos: $[(3 : t, 0 : t), (4 : t, 2 : t), (1 : e, 1 : e)]$ e $[(3 : t, 0 : t), (5 : t, 2 : t), (1 : e, 1 : e)]$.

Porém, na mesma Figura 8 há duas RH, nas quais a primeira (1) remove o vértice com $id = 2$ e na regra (2) troca o $2 : t$ por $2 : b$. Na Figura 9 há o resultado da aplicação das regras, no primeiro subgrafo candidato foi aplicada a RH (1), removendo um vértice, e no segundo candidato foi aplicada a regra (2) um vértice próximo ao sumidouro é trocado por um tipo “b”.

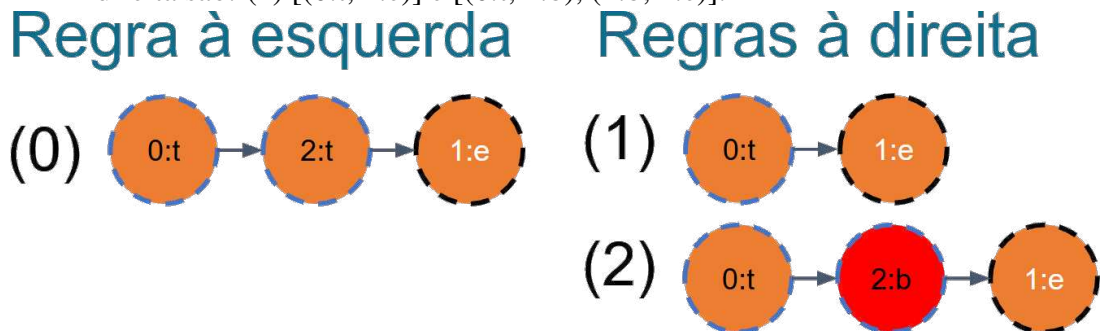
As formações de Redes de grafos requerem estados iniciais, Figura 5, e regras de expansão, Figura 6. A aplicação dessas técnicas em jogos permanece limitada, com poucos

Figura 7 – Grafo inicial, com 6 vértices. Suas arestas são: $[(0:s, 2:T), (2:T, 3:t), (3:t, 4:t), (3:t, 5:t), (4:t, 1:e), (5:t, 1:e)]$. Note que a fonte está no $id = 0$ ($0:s$) e o sumidouro tem o segundo id, o $id = 1$, ($1:e$).



Fonte: O autor.

Figura 8 – Lista de regras, subgrafo com regra à esquerda em $[(0:t, 2:t), (2:t, 1:e)]$, e as regras à direita são: (1) $[(0:t, 1:e)]$ e $[(0:t, 2:b), (2:b, 1:e)]$.



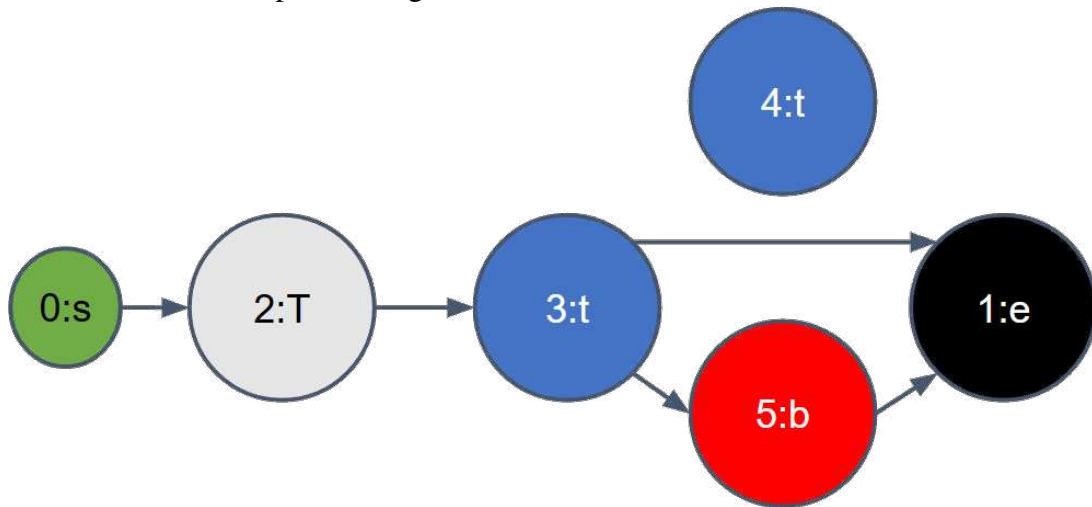
Fonte: O autor.

exemplos documentados. No Capítulo 5 detalhará a implementação proposta, enquanto no Capítulo 3 analisará trabalhos correlatos.

2.3 Algoritmos Genéticos

GA é uma família de algoritmos inspirados diretamente nos princípios da seleção natural proposta por Darwin. Assim como na natureza, onde os organismos mais adaptados têm maiores chances de sobreviver e reproduzir, os GA buscam encontrar soluções ótimas para problemas complexos através de um processo iterativo de evolução artificial. A essência dos GA reside em sua capacidade de explorar espaços de busca amplos e multidimensionais, de forma não determinística; ele combina estratégias de busca aleatória com mecanismos de melhoria progressiva (COPPIN, 2004). Para isso, é construída uma população onde cada indivíduo possui seus cromossomos, representados por um vetor de solução. A partir desse vetor pode-se obter uma avaliação do indivíduo através de uma função de avaliação que seleciona os melhores indivíduos para perpetuar parte de seus genes. O processo de um GA, vide Figura 10, se resume

Figura 9 – Grafo inicial, com 6 vértices. Suas arestas são: [(0:s, 2:T), (2:T, 3:t), (3:t, 1:e), (3:t, 5:b), (5:b, 1:e)]. Note que o vértice 4:t fica desconexo do grafo M , mas pode ser removido a depender da gramática.



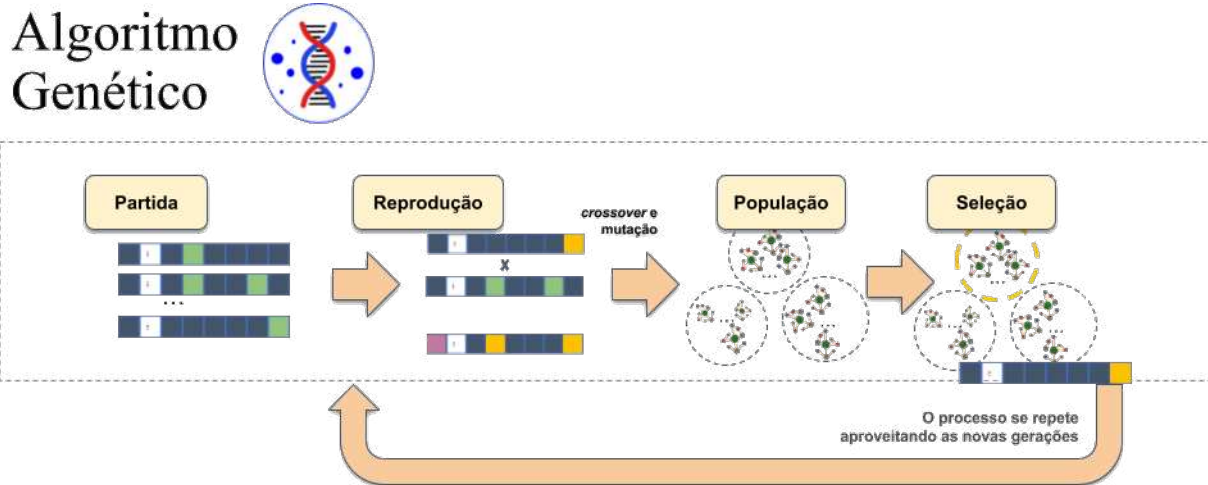
Fonte: O autor.

em (COPPIN, 2004):

1. **Representação** - gerar população com genes aleatórios, estes genes são representados por um vetor solução que a depender da representação pode ser numérica ou simbólica. A geração desta população pode ser parcialmente aleatória ou conter restrições como intervalos;
2. **Seleção** - avaliar cada indivíduo, ou amostra, da população. Esta avaliação deve retornar um valor para cada indivíduo permitindo ranqueá-los. As amostras com melhores pontuações são selecionadas para manter ou passar parte das suas características para a próxima geração;
3. **Cruzamento** - uma etapa importante é a de gerar novos indivíduos aproveitando as pontuações mais elevadas da população. Estes cruzamentos podem não ser tão simples, possuem taxas de aproveitamento, podem preservar ou não na íntegra os progenitores entre outras possibilidades;
4. **Mutação** - parte dos cromossomos tem seus valores definidos aleatoriamente. Esses valores são interessantes para aumentar a variabilidade de dados mesmo nas gerações mais avançadas. Essa mutação é controlada por meio de uma taxa de probabilidade percentual, descrita dentro do intervalo real $I = [0, 1]$; e
5. **Desfecho ou retomar** - Dependendo da quantidade limite de gerações ou de outros fatores como no caso de encontrar uma solução ótima, então o GA poderá ser encerrado. Caso contrário, o processo reinicia, mas a população será fruto do cruzamento e da mutação da

população anterior.

Figura 10 – Visão geral do processo de um algoritmo genético.



Fonte: O autor.

Um exemplo de algoritmo genético simples foi apresentado por David M. Bourg, 2004, com um exemplo de um conjunto de flores para serem adaptadas ao seu ambiente (BOURG; SEEMANN, 2004). Este exemplo, didático foi replicado em *JavaScript* (JS) e rerepresentado no artigo para revista, vinculado a esta tese em (FRANCO *et al.*, 2023)¹⁰. Neste exemplo, temos um conjunto de plantas com os seguintes atributos *Mutation*, *temperature*, *water*, *sunlight*, *nutrient*, *beneficialairinsect* e *beneficialearthinsect* entre 0 a 100. Neste exemplo, é possível ver que o cenário e as flores possuem uma visualização próxima de cores, quantidade e tamanho. A cada geração aplicada, as propriedades das flores se aproximam da flor ideal que pode surgir aos poucos até que fiquem todas equivalentes. Também é possível observar o surgimento ocasional de algumas propriedades divergentes, oriundas da mutação ocasional.

A implementação e prática dos GA, assim como as particularidades de nossa abordagem, serão discutidas em detalhes no Capítulo 5. O vetor solução, ou genes, equivaleria a matriz $W_{n,m}$ da GrG estocástica descrita na Seção 2.2.3. Os resultados obtidos pelo desempenho do GA e bem como seus custos de processamento são discutidos no Capítulo 7, no qual é uma das partes fundamentais para os objetivos deste trabalho.

2.4 Modelos de Linguagem de Grande Escala

Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) são sistemas de inteligência artificial treinados em grandes conjuntos de dados textuais para entender e gerar linguagem

¹⁰ https://tushn.github.io/Genetic-Algorithm-Flowers-Example-JS/AI_World.html. Acesso em 29 de jul. de 2025.

humana (XIAO; ZHU, 2025). Eles podem realizar diversas tarefas, como tradução, resumo de texto, resposta a perguntas e até criação de conteúdo original (XIAO; ZHU, 2025). LLMs são modelos de *Deep Learning* com um número enorme de parâmetros (tipicamente bilhões ou mais) que são treinados em grandes quantidades de texto não rotulado, usando aprendizado não supervisionado. Eles são capazes de aprender padrões complexos na linguagem e gerar texto coerente e relevante.

O treinamento de um LLM envolve duas fases principais: pré-treinamento em um vasto corpus de texto e, em seguida, ajuste fino (*fine-tuning*) em tarefas específicas. A arquitetura mais comum para LLMs é o *Transformer*, que utiliza um mecanismo de atenção para processar relacionamentos entre palavras em uma sequência.

2.4.1 GPT

O modelo *Generative Pre-trained Transformer* (GPT) é considerado um marco na indústria de AI e foi desenvolvido pela *OpenAI*. A versão GPT-2 é considerada uma resposta ao modelo BERT e é unidirecional (FOSTER, 2019). A versão corrente do GPT é a versão 4, ela é multimodal e possui treinamento com *Reinforcement Learning from Human Feedback* (RLHF) (ACHIAM *et al.*, 2023).

As configurações do *ChatGPT* são fechadas, algo que dificulta comparações precisas. Mas, estima-se que a versão *ChatGPT-4 mini* tenha em torno de 8 bilhões de parâmetros e a versão completa *ChatGPT-4* em torno de 1.8 trilhões¹¹.

2.4.2 BERT

BERT é um modelo desenvolvido pelo Google em resposta a primeira versão do GPT (FOSTER, 2019). O BERT prevê palavras ausentes em uma frase, considerando o texto anterior e posterior às palavras ausentes (FOSTER, 2019). Ao adicionar camadas de saída, pode-se especializar ainda mais um modelo BERT para uma atividade específica.

A estrutura do BERT segue o modelo dos *transformers* e parece uma combinação de redes recorrentes com convolucionais, lidando com grandes sequências de palavras e símbolos (KOROTEEV, 2021). Esta estrutura permitiu ao BERT alcançar bons resultados em problemas além do preenchimento de texto como: resposta à pergunta, tradução de idiomas, análise de sentimentos e geração de texto.

¹¹ <https://explodingtopics.com/blog/gpt-parameters>. Acesso em 20 de jul. de 2025.

2.4.3 LLaMA

Este é o modelo relacionado à empresa META, é uma família de modelos abertos (ROZIERE *et al.*, 2023), (GRATTAFIORI *et al.*, 2024). Pelo fato de ser aberto, este modelo é bastante utilizado em pesquisas com ou sem *fine-tuned*. Tomando como base o modelo Llama-3.3, voltado apenas para texto, ele possui um total de 70 bilhões¹².

2.4.4 Gemini

O modelo do *Google* anteriormente era o chamado Bard, agora as novas versões são chamadas de Gemini, este possui uma *Application Programming Interface* (API) gratuita razoável. Este trabalho faz uso principalmente do *Gemini* através de sua API configurada pelo *AI Studio*¹³. É um modelo com capacidade similar aos demais concorrentes aqui apresentados, porém devido aos seus altos investimentos acabou tornando-se mais acessível que os demais como um serviço Google gratuito mesmo que limitado diariamente.

2.4.5 Maritaca

O Maritaca¹⁴ é uma empresa brasileira que desenvolve AI especializada em domínios e idiomas. Seu modelo base para o português é o Sabiá, cujas 3 e a *mini*, chamada de “Sabiázinho-3”, estão disponíveis com resultados competitivos com uma série de *benchmarks* em língua portuguesa como ENEM, POSCOMP, entre outros, a comparação pode ser vista na Figura 11 (ABONIZIO *et al.*, 2024).

2.5 Engenharia de Prompt

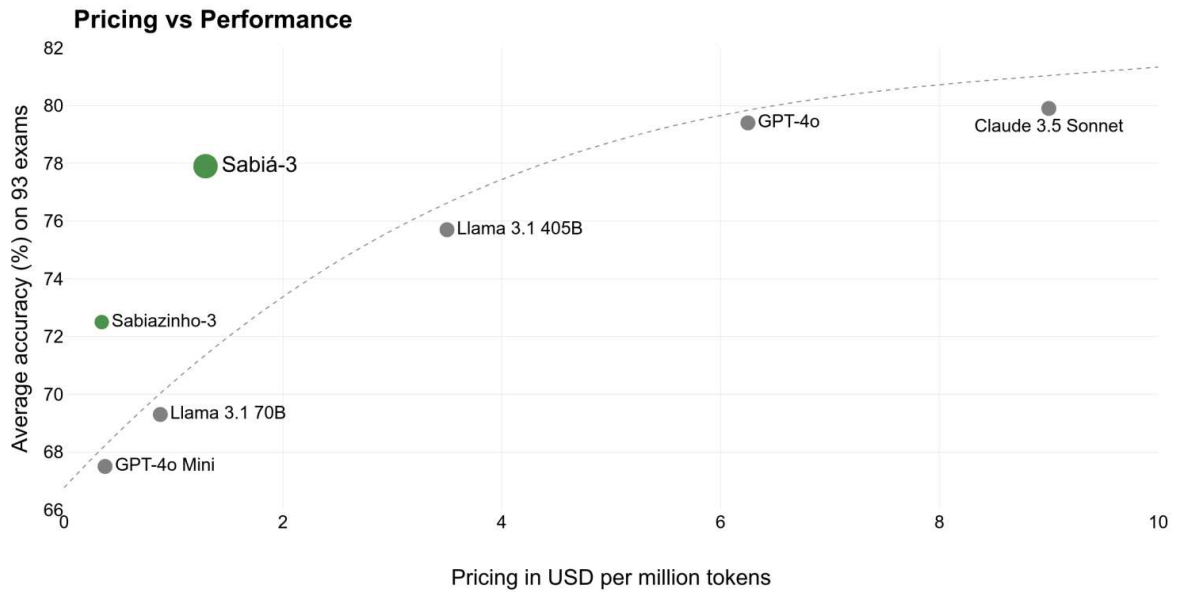
A Engenharia de *Prompt* é uma disciplina emergente no campo da Inteligência Artificial, especificamente no contexto de modelos de linguagem (BROWN *et al.*, 2020). Seu objetivo é otimizar a construção de instruções (*prompts*) para elicitare respostas precisas, relevantes e contextualizadas desses modelos. Formalmente, pode-se definir um *prompt* como uma sequência de *tokens* de entrada $x = (x_1, \dots, x_n)$ que condiciona a saída $y = (y_1, \dots, y_m)$ do modelo \mathcal{M} : $y = \mathcal{M}(x | \theta)$, onde θ representa os parâmetros do modelo.

¹² <https://huggingface.co/meta-llama>

¹³ <https://ai.google.dev/gemini-api/>

¹⁴ <https://www.maritaca.ai/>

Figura 11 – Comparação do desempenho de modelos para *benchmarks* em português.



Fonte: De acordo com o relatório do Sabiá-3

Um *prompt* eficaz geralmente incorpora os seguintes elementos:

- **Contexto:** Informações preliminares que delimitam o domínio do problema;
- **Instrução:** Ação específica solicitada ao modelo (ex: “Resuma”, “Classifique”).
- **Exemplos:** Casos ilustrativos (e.g., *few-shot learning*) para orientar o modelo; e
- **Formato:** Especificação da estrutura esperada da resposta (ex: *JavaScript Object Notation* (JSON), lista).

A “Engenharia de Prompt” pode ser aplicada em diversos modelos como Chatbot de LLM, como os ChatGPT¹⁵, Gemini^{16, 17}, Llama¹⁸, DeepSeek¹⁹ e Maritaca.AI²⁰. Além destes, geradores de conteúdo, como imagens, também possuem suas técnicas como o Midjourney²¹, o Leonardo.AI²², SeaArt²³ e o Crayon²⁴. Algumas destas AI possuem versões multimodais que recebem imagens, texto e documentos de forma concomitante, como o *Gemini*, *ChatGPT* e os próprios *Leonardo.AI*, *Midjourney* e outros. Essas técnicas multimodais vêm sendo amplamente adotadas por usuários especializados e discutidas em trabalhos acadêmicos recentes.

A grande quantidade de parâmetros dessas AI *generativas* permite não somente

¹⁵ <https://chat.openai.com>. Acesso em 20 de 20 de jul. de 2025.

¹⁶ <https://gemini.google.com>. Acesso em 20 de 20 de jul. de 2025.

¹⁷ <https://aistudio.google.com/>. Acesso em 20 de 20 de jul. de 2025.

¹⁸ <https://llama.meta.com>. Acesso em 20 de 20 de jul. de 2025.

¹⁹ <https://www.deepseek.com>. Acesso em 20 de 20 de jul. de 2025.

²⁰ <https://chat.maritaca.ai>. Acesso em 20 de 20 de jul. de 2025.

²¹ <https://www.midjourney.com/home>. Acesso em 20 de 20 de jul. de 2025.

²² <https://leonardo.ai>. Acesso em 20 de 20 de jul. de 2025.

²³ <https://www.seaart.ai/pt>. Acesso em 20 de 20 de jul. de 2025.

²⁴ <https://www.crayon.com>. Acesso em 20 de 20 de jul. de 2025.

gerar conteúdo, como textos e imagens, mas também realizar tarefas específicas, tais como a classificação, extração e resumo. Entre as principais técnicas de engenharia de *prompts*, podemos listar (SAHOO *et al.*, 2024), de forma resumida:

- **Zero-shot:** refere-se às perguntas diretas, sem nenhum tratamento ou dados rotulados, de modo que o modelo recorre ao seu conhecimento prévio para realizar a tarefa (XIAO; ZHU, 2025);
- **Few-shot Prompting:** nesse caso, o fornecimento de alguns exemplos de perguntas e respostas corretas melhora o desempenho modelo. Ao contrário de outros modelos de ML, as redes generativas robustas conseguem capturar padrões em poucos exemplos explicitados (XIAO; ZHU, 2025);
- **Generate Knowledge Prompting:** usa-se a LLM para gerar fatos relevantes sobre um assunto antes de responder a uma pergunta. Esse conhecimento é então incorporado ao *prompt* principal para melhorar a precisão da resposta, especialmente em tarefas que exigem raciocínio de senso comum. O objetivo é superar as limitações dos LLMs ao fornecer contexto factual que auxilia na previsão final (LIU *et al.*, 2021).
- **Chain-of-Thought Prompting:** Esta simples estratégia consiste em pedir para o modelo elaborar um passo a passo (“*step-by-step*”) dos seus processos de raciocínio enquanto executa a tarefa. As instruções fornecem um ou mais exemplos de como o problema é resolvido, explicitando as etapas lógicas que levam à sua solução. Desta forma, além de explicar sua inferência, o modelo melhora o seu resultado (XIAO; ZHU, 2025);
- **Zero-shot Chain-of-Thought:** Percebeu-se que alguns modelos possuem um resultado similar ao *Chain-of-Thought*, porém obtido com um simples *step-by-step*, porém sem a necessidade de exemplos específicos (YUAN *et al.*, 2024);
- **Least-to-most Prompting:** Essa técnica visa orientar o modelo de resolver o problema de etapas mais simples para as mais complexas. Portanto, a etapa mais complexa se aproveita das soluções de perguntas mais simples, as quais são reutilizadas para responder perguntas mais complexas (ZHOU *et al.*, 2022);
- **Self-consistency (Autoconsistência):** Consiste em pegar as soluções mais comuns para mesma pergunta a partir da geração de múltiplas cadeias de raciocínio, algo que é empregado em tarefas complexas que exigem maior diversidade na exploração de alternativas (WANG *et al.*, 2022);
- **Selection-inference Prompting:** A inferência e seleção são realizadas de forma alternada

e encadeada, gerando conteúdo e selecionando informações relevantes para retroalimentar a AI generativa (??);

- **Maieutic Prompting:** Inspirado no método socrático referente ao conceito de “parir” a inferência por meio de uma série de perguntas, é uma técnica avançada que guia o modelo a construir seu próprio entendimento e solução para a tarefa almejada (JUNG *et al.*, 2022);
- **ReAct:** Essa técnica procura intercalar o “*reasoning*” e o “*acting*” de forma cíclica para produzir, concomitantemente e de forma sinérgica, rastros de raciocínio e ações específicas para interagir com ferramentas enquanto executa a tarefa (YAO *et al.*, 2022). Guarda certas semelhanças com algoritmos de *planning* dinâmico que lidam com eventualidades; e
- **ART:** Essa técnica, intitulada *Automatic Reasoning and Tool-use*, foi criada para melhorar o desempenho com tarefas que lidem com raciocínio e o uso de ferramentas externas, combinando o raciocínio do LLM com a capacidade de interagir com APIs, bancos de dados, etc (PARANJAPE *et al.*, 2023).

Apesar do potencial dos LLMs, há questões em aberto listadas por (CHEN *et al.*, 2025), são muitos tópicos e eles estão listados resumidamente, a seguir:

1. **Geral:** integração com aplicações em tempo real, questões conceituais e avanços da própria área de redes neurais e desenvolvimento de novas característica e integrações;
2. **API:** basicamente problemas de rede como limitações a chamadas, tamanho, das chamadas, estruturadas de dados e outros;
3. **Geração e entendimento:** a explicabilidade de resultados é comum na área de ML, mas para além disso destaca-se a geração e re-uso de *embeddings*;
4. **Propriedades não-funcionais**, dentre eles há custos relacionados às chamadas da API. Visa reduzir os custos de processamento e de *tokens*, bem como estabelecer limites de taxa por questões de segurança, i.e., existe um limite de chamadas por uma faixa de tempo, normalmente minutos ou segundos. Há ainda problemas de regulamentação das tecnologias e contratos de serviços;
5. **GPT Builder:** problemas para desenvolvimento, reuso, teste e privacidade. Além disso, há riscos de viés ou alinhamento inadequado com valores humanos; e
6. **Prompt:** o menos expressivo no levantamento de (CHEN *et al.*, 2025). Trata-se de problemas da engenharia de *prompt*, do processo de design até a melhoria das técnicas atuais como as listadas acima.

Estas técnicas são listadas hoje em especial para AI generativas de texto, apesar de ser possível que haja similaridades não podemos generalizar as técnicas para geração de imagem e vídeo. Além disso, as tecnologias generativas não devem ser encaradas como simples ferramentas de consulta e reescrita, mas de manuseio de outras redes mais complexas. Inclusive de geração de *embeddings* ou modelagens de conhecimento.

Detalhes do uso do *prompt* são utilizados para extrações de entidades descritas na Seção 5.3, também são utilizados de forma mais simples na Seção 5.7 para classificação de imagens automaticamente. Na Seção 5.4.1, há noções da estrutura da narrativa em seus grafos. Para, enfim, na Seção 5.8 utilizar as extrações, resumos e grafos para preenchimento de conteúdo.

2.6 Coeficiente de *Pearson* e Matriz de Correlação

Dentro da avaliação, utilizamos contagens e a aplicação do instrumento estatístico da matriz de correlações. Esta por sua vez é composta por um conjunto de coeficientes de Pearson, cujas medidas de similaridade avaliam o grau de correlação entre duas variáveis, através dos dois vetores de amostra. Os dados da correlação estão no intervalo $I = [-1, 1]$. O cálculo do coeficiente de Pearson é apresentado na Equação 2.8

$$r(Y, X) = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (2.8)$$

Onde X e Y são os vetores que representam as variáveis a serem analisadas e n o número de elementos. Essa medida é interessante para nossa análise pois trata de uma relação entre duas amostras que independe de contagens absolutas, levando em consideração proporções.

Na Equação 2.9, temos uma matriz de correlações que possui um coeficiente de Pearson para cada $p_{i,j}$. Portanto, sua diagonal é igual a 1, pois cada variável possui correlação direta e completa consigo mesma. Além disso, a matriz é simétrica.

$$P(M_{n,m}) = \begin{pmatrix} 1 & p_{1,2} & \cdots & p_{1,m} \\ p_{2,1} & 1 & \cdots & p_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n,1} & p_{n,2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (2.9)$$

Uma boa forma de avaliar a significância dos dados para matriz de correlação com coeficiente de Pearson é a distribuição **t** de **Student**.

Uma variante da matriz de correlação é oriundo do coeficiente de Pearson, projetado para lidar com dados com relação monotônica ou não-linear e ordinal (ANDRADE; TIRYAKI, 2019). O coeficiente de Spearman (ρ) para duas variáveis X e Y é visto na Equação 2.10. O *p-value* é um instrumento recorrente usado para avaliar a significância estatística para o coeficiente de Spearman.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2.10)$$

Onde:

- $d_i = \text{rank}(X_i) - \text{rank}(Y_i)$ (diferença entre os ranks de X_i e Y_i),
- $n =$ número de observações.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo revisa quatro áreas fundamentais para este trabalho: PCG, IS, AI em RPG e *Generative Grammar* (GeG). A PCG é abordada como um conjunto de técnicas algorítmicas para criação automática de conteúdos em jogos, como mapas, personagens, itens e missões, por meio de métodos que incluem algoritmos baseados em ruído, abordagens evolutivas, sistemas baseados em regras e o crescente uso de DL. Sua relevância está na otimização de recursos e na personalização de experiências interativas; em contrapartida, seu desafio é manter expressividade e buscar provocar uma sensação de novidade no jogador.

Em seguida, a seção sobre Jogos de Interpretação (RPG) e Tecnologias de AI discute a integração de sistemas inteligentes em RPG, como NPC com diálogos avançados e geração dinâmica de *quests*, destacando ferramentas como modelos de linguagem e aprendizado por reforço, além dos desafios em equilibrar autoria humana e computacional.

A Narrativa Interativa é explorada em sua capacidade de oferecer estruturas não-lineares, como ramificações e eventos condicionais, com ênfase em modelos como *planners* como STRIPS e HTN. Essa seção também problematiza o conflito entre a liberdade do jogador e a coerência narrativa.

Por fim, a Gramática de Grafos introduz conceitos formais para modelar estruturas complexas em jogos, como *L-systems* e *Graph Grammars*, com aplicações na geração procedural de ambientes e na organização de narrativas emergentes, apontando para sua utilidade na garantia de consistência lógica e espacial.

Em síntese, a revisão destaca a convergência entre PCG, AI e IS, identificando lacunas de pesquisa, a exemplo da falta de *frameworks* unificados e o potencial subutilizado de gramáticas de grafos. Essas lacunas sugerem oportunidades para pesquisas futuras, como o desenvolvimento de modelos híbridos que combinem geração procedural com AI generativa, assegurando ao mesmo tempo diversidade de conteúdo e coerência narrativa (FRANCO *et al.*, 2023).

3.1 Geração Procedural de Conteúdo

A área de PCG é ampla por abranger diversos níveis e tipos de conteúdos dos mais abstratos e conceituais, tais como mecânicas e narrativas, aos mais materiais como diálogos e mapas, além de uma miríade de técnicas envolvidas. Destacamos neste levantamento o livro

“*Procedural Content Generation in Game*” editado por Togelius, Nelson e Shaker, que reúne um conjunto amplo de trabalhos e discute uma série de diferentes famílias de técnicas encontradas em PCG (SHAKER *et al.*, 2016a). Assim como o trabalho de Hendrikkx que inclusive consegue delimitar em grandes conjuntos de abstrações (HENDRIKKX *et al.*, 2013). Porém, um trabalho recente que vai englobar tais estruturas e relacionar com o tema desta tese é discutido por (FRANCO *et al.*, 2024).

Neste último trabalho, (FRANCO *et al.*, 2024), foram levantados 72 trabalhos entre 2007 e 2023 que envolviam RPG e AI. Nele foram selecionados trabalhos classificados pela pirâmide de Hendrikkx, agrupamentos por tecnologias e técnicas de avaliações dos próprios trabalhos. Graças a esse levantamento, é possível constatar um avanço no interesse de aplicações para RPG a partir dos anos 2020; parte disto ocorreu devido à popularização das tecnologias de DL, em especial os modelos de geração de texto que são utilizados para gerar diálogos, narrativas, *quests*, descrições e até mesmo metadados de jogos.

Tal difusão da DL para texto foi possível graças ao sucesso das LLM em modelos como o GPT e o BERT. Por isso, (MALEKI; ZHAO, 2024) realizaram um levantamento voltado para integração entre LLM e PCG. Nesse trabalho, destacaram-se outros modelos potencialmente mais leves, tais como algoritmos evolucionários, algoritmos de *planning*, *Wave Function Collapse*, *Monte Carlo Tree Search*, *Simulated Annealing*, *Particle Swarm Optimization*, fractais e geração de grafos. Em relação aos modelos ML, possuem redes neurais, *Recurrent-Type Neural Networks* (RNN), *Long Short-Term Memory* (LSTM), *Generative Adversarial Network* (GAN), Cadeias de Markov, *autoencoders* e *Reinforcement Learning* (RL). Apesar da pluralidade de métodos, este trabalho destaca o uso de algoritmos evolucionários em combinação com outros modelos. A exemplo disso, o uso de algoritmos evolucionários com GAN, onde: GAN aprende um espaço latente de representações de conteúdo, enquanto os algoritmos evolucionários exploram esse espaço para encontrar variações otimizadas do conteúdo almejado. Os autores também sugerem que esforço de pesquisa pode se concentrar na finalização de conteúdos incorretos ou impróprios.

Enfim, listamos abaixo alguns trabalhos e áreas relevantes relacionados a PCG em seus tópicos da geração de determinados conteúdos, baseados no levantamento de (FRANCO *et al.*, 2024), já citado, porém listamos três tópicos quentes próximos ao tópico da tese. No contexto dos RPG, geração de diálogos (MORAIS *et al.*, 2019), (WEIR *et al.*, 2022), (PÖYHÖNEN *et al.*, 2023), (HÄMÄLÄINEN; ALNAJJAR, 2019), (STEGEREN; MYŚLIWIEC, 2021b), (ASHBY

et al., 2023), ou ainda com análise de sentimentos em (HÄMÄLÄINEN *et al.*, 2022); existe uma grande pluralidade para geração de *quests* (VÄRTINEN *et al.*, 2022a), (ONUCZKO *et al.*, 2007), (SULLIVAN *et al.*, 2009), (DORAN; PARBERRY, 2010), (DORAN; PARBERRY, 2011), (KYBARTAS; VERBRUGGE, 2013), (SHAKER *et al.*, 2016b), (LIMA *et al.*, 2019), (KARAVOLOS *et al.*, 2016), (AMMANABROLU *et al.*, 2019), (MILLER, 2020), (MYŚLIWIEC, 2020), (STEGEREN; MYŚLIWIEC, 2021b), (ASHBY *et al.*, 2023), (LIMA *et al.*, 2022), (VÄRTINEN *et al.*, 2022b), (BREault *et al.*, 2021) e (ALVAREZ *et al.*, 2021); e alguns outros tópicos como mapas (FRANCO *et al.*, 2022), (FRANCO *et al.*, 2023), (THOMPSON; LAVENDER, 2017a), (THOMPSON; LAVENDER, 2017b), (PEREIRA *et al.*, 2021), (TOGELIUS *et al.*, 2010), (LEITE; LIMA, 2012).

3.2 Narrativa Interativa

As narrativas interativas, ou *Interactive Storytelling*, são aquelas em que o espectador consegue interagir com as mesmas. Seria justo perguntar, então, onde surgiram as narrativas interativas. Embora não seja possível afirmar com precisão, é provável que, desde as primeiras narrativas orais, já existissem interações capazes de alterar não apenas o ritmo da história, com interrupções, indagações e exclamações da audiência, mas também seu desenvolvimento e até mesmo seu desfecho, adaptando-se às reações dos ouvintes (SHELDON, 2017), (LEBOWITZ; KLUG, 2011).

Porém, o conceito de “interação” é amplo. Seria uma interação apenas com o contador da história no caso de uma mídia como filme? E nos jogos, a interação ocorre apertando os botões? Manipulando objetos e personagens na cena de um jogo? Ou será que a interação poderia ocorrer através de seus eventos? Ou ainda mais abstrato, com o processo interno do próprio espectador com a abstração apresentada?

Alguns autores buscam especificar qual tipo de interação e em que tipo de sistema ou abstração elas operam. (BOSTAN; MARSH, 2012) em seu trabalho de fundamentação da IS, dividem a interação em três categorias, como: “mensagens” nas trocas de informações, mesmo aquelas que o usuário não percebe suas trocas; “interação em ambiente virtual” seria o tipo de interação relacionada às entradas físicas como controles e o software; e por fim, as interações como processos cognitivos que são mais complexos por incluir desde as percepções e estímulos, passando por aprendizagem e sentimentos até o nível social. A partir disso, os autores desenvolveram um conceito de três camadas de interação que envolve usuário com outros

usuários, documentos ou com o sistema.

Para além disso, temos o trabalho de Lebowitz e Klug em seu livro “*Interactive Storytelling for Video Games*” (2011), que separa as interações em jogos em um espectro de interatividade discutido na Subseção 2.1.1.

Este trabalho se localiza no estado intermediário dentro do espectro da narrativa do (LEBOWITZ; KLUG, 2011), pois faz uso de estruturas de ramificação, para mais detalhes veja a Subseção 2.1.1. Contudo, nesta subseção será apresentada uma breve visão geral dos trabalhos de IS e seu histórico.

Apesar do grande potencial, a área de IS não se reduz a aplicações na área de jogos. Os primeiros estudos nessa linha estão na década de 1970, onde estudos da narrativa e seus elementos por (BREWER; LICHTENSTEIN, 1980) e na modelagem, especialmente, de ações de personagens por meio de modelos lógicos. Por exemplo, o STRIPS, que permite modelar um cenário com regras e fazer inferências lógicas, ou encontrar soluções através de um conjunto de ações específicas. Modelos para IS são apresentados ainda nessa década, com o trabalho (MEEHAN, 1976) e (MEEHAN, 1977), sua modelagem, chamada de Tale-spin, girava em torno de conflitos simples inspirados por fábulas. Um modelo audacioso, chamado *Universe*, foi proposto anos depois por (LEBOWITZ, 1984) que inclui um complexo modelo com relações de entidades para novelas. Tais modelos são determinísticos e o trabalho de modelagem dessas regras é complexo; um dos últimos trabalhos voltados para esta abordagem foi apresentado por (CHEONG; YOUNG, 2014), no chamado modelo *Suspenser* cujo cerne é alimentar regras para um conflito que favoreça o suspense.

Em (RIVERA *et al.*, 2024), discute-se uma visão abrangente a respeito da criação de IS voltado para a estrutura dos algoritmos de *planning*. Tal modelagem visa uma abordagem neo-aristotélica difundindo uma preocupação com as causas formais dos eventos da narrativa (MATEAS; STERN, 2006). Ou seja, uma preocupação de modelar regras em que representem parte dos elementos que produzam um efeito de causa e consequência, que fornece uma percepção de consistência da narrativa e, quando bem planejado, é capaz de gerar bons conflitos.

Alguns destes trabalhos que envolvem IS podem estar relacionados às aplicações específicas como os jogos digitais. Na Seção 3.3 abaixo alguns destes títulos que envolvem RPG, contudo, não necessariamente restritos ao IS.

3.3 RPG e Tecnologias de Inteligência Artificial

O gênero RPG é amplo e abrange diferentes subgêneros ou regiões de interseção com outros subgêneros de ação e exploração, como jogos textuais, por exemplo MUD e *roguelikes* (FRANCO *et al.*, 2024). Por isso, é difícil delimitar os primeiros trabalhos que envolvam RPG com AI. Até porque o conceito de AI é amplo e poderia envolver diferentes tipos de algoritmos, até mesmo analógicos. O jogo *Hero Quest*¹, que é um jogo do estilo *dungeon crawlers* analógico na interseção entre RPG e *boardgames*, já possuía um sistema de regras que permitia montar o mapa do jogo proceduralmente desde 1984. Esse título poderia ser considerado um tipo de PCG e talvez até AI.

(HUA; RALEY, 2020) apresentaram uma discussão sobre *AI Dungeon 2* um jogo *indie* que permitia jogar uma narrativa aberta através de texto. O modelo do *AI Dungeon 2* era o GPT-2 e já apresentava fundamentos do modelo LLM.

Existem trabalhos que envolvem AI e TRPG. Por exemplo, o (LIMA *et al.*, 2023), que explora o potencial do *ChatGPT* como um narrador em jogos de D&D de mesa. Por meio de uma lista de palavras-chave, como diretivas, os pesquisadores iniciam uma aventura e avaliam a opinião de três narradores experientes a respeito do material gerado.

Outros trabalhos, porém, destacam as *quests*, que apresentam uma estrutura verificável e organizada de sequências de ações e objetivos a serem alcançados, permitindo interligar narrativa e mecânicas de jogo (HOWARD, 2022), (DORAN; PARBERRY, 2010), (DORAN; PARBERRY, 2011), (FRANCO *et al.*, 2018). A modelagem dessas ações possibilita uma melhor organização dos dados, além de favorecer o uso de técnicas de AI como ferramentas de apoio ao desenvolvimento de jogos, como em (PRINS *et al.*, 2023), que propõe uma abordagem baseada na gestão da narrativa por meio de *planning* multiagente, aliada ao gerenciamento narrativo com diagramas e interfaces interativas.

Como pode ser visto em (FRANCO *et al.*, 2024), outros trabalhos que fazem uso de estruturas determinísticas como algoritmos de *planning* e grafos de conhecimento são vistos em (ASHBY *et al.*, 2023), (LIMA *et al.*, 2022), (BREAULT *et al.*, 2021), (LIMA *et al.*, 2021), (IUDIN, 2023) e (MISHRA, 2023). A grande maioria destes modelos opera com *quests*. Um problema recorrente desses modelos é a grande quantidade de regras e sua manutenção.

¹ <https://ludopedia.com.br/jogo/heroquest>. Acesso em 20 de 20 de jul. de 2025.

3.4 Gramática de Grafos

Algumas aplicações utilizando gramáticas generativas em jogos possuem correlação com este trabalho. Dentre eles, temos o trabalho de (LONDOÑO; MISSURA, 2015) onde se utiliza uma versão modificada do NLC com pesos para escolhas de RH que codificam estruturas do mapa para jogos de plataforma bidimensionais. Neste trabalho, utilizam como base o jogo *Super Mario Bros* para gerar mapas aproveitando elementos reconhecíveis do jogo. O que torna este modelo um gerador funcional e simples para um jogo de plataforma, com claro potencial para estender para além de seu jogo de exemplo.

Além destes, outros dois trabalhos, (FRANCO *et al.*, 2022) e (FRANCO *et al.*, 2023), utilizam gramáticas generativas em conjunto com GA a fim de gerar elementos de mapas para jogos estilos *Japanese Role-Playing Game* (JRPG) bidimensionais. Tais trabalhos estabelecem métricas estéticas básicas, como proporções, variedades e certas combinações de sequências, e fazem uso dos GA para ponderar seu surgimento. Devido ao objetivo de avaliar estruturas facilmente observáveis, mas não necessariamente fáceis de gerar em formações pseudo-aleatórias, a avaliação foi conduzida por meio de análises estatísticas que contavam e correlacionavam as regras de formações, as proporções obtidas e a não presença de determinadas formações.

No trabalho (FRANCO *et al.*, 2022), uma sequência de objetos é definida para compor uma sala ou corredor em um ambiente fechado. Pode ser um banheiro, quarto, corredor ou outra estrutura dentro de um prédio — algo típico de masmorras e outros cenários de JRPGs. Os elementos que formam os lugares são definidos como símbolos e podem ser definidos pelo desenvolvedor com uma palavra, sigla ou número, desde que essa nomeação funcione como um identificador único. Tais elementos obedecem a um conjunto de regras de formação; de praxe, podem-se observar sequências específicas e aplicar novos conjuntos de símbolos, as chamadas regras de formação, ou *production*. Porém, para tais formações, as regras não são determinísticas. Cada conjunto é ponderado de forma similar às gramáticas de grafos citadas na Seção 2.2.3. Desta forma, foi possível aos autores estabelecer algumas regras e diretivas esperadas em diferentes ambientes. Por exemplo, em quartos espera-se que haja uma ou duas camas não consecutivas, onde do lado das camas podem haver cabeceiras e mesas; por sua vez, em corredores ou salas, espera-se que haja janelas, relógios, mapas e outros objetos. Tais regras são listadas em condições com recompensas ou punições, de modo que o modelo de algoritmo genético pondera os valores para tais escolhas.

3.5 Conclusões Preliminares

Este trabalho está localizado no âmbito da PCG do tipo *offline*, pois é gerado fora do tempo de execução do jogador (TOGELIUS *et al.*, 2016b). Ele é voltado para geração da história que é um tipo de conteúdo de alto nível de abstração (HENDRIKX *et al.*, 2013), (FRANCO *et al.*, 2024). A história gerada em si é alimentada por texto em linguagem natural.

É importante ressaltar que os textos utilizados na avaliação experimental desta tese são clássicos, não sendo produzidos originalmente com a intenção de serem adaptados para outras mídias. Ademais, a base para esta adaptação é o modelo fruto da análise de Doran e Parberry de geração de *quests* (DORAN; PARBERRY, 2010), (DORAN; PARBERRY, 2011), que é visto como uma forma de interconectar com narrativa e a história. Porém, tecnicamente ele se aproxima dos trabalhos publicados por Dormans, em que utiliza gramática de grafo para gerar níveis, *levels*, e do trabalho de Franco *et al.*, que apresenta o uso das técnicas de GeG e GA para gerar mapas, mas que embasaram a prática para o GrG (DORMANS, 2011), (DORMANS, 2010), (TOGELIUS *et al.*, 2016a), (FRANCO *et al.*, 2022), (FRANCO *et al.*, 2023).

O trabalho também faz uso de LLM para adaptar e preencher conteúdo na etapa final; entretanto, até o momento não há registros de pesquisas equivalentes voltadas especificamente para esse tipo de adaptação. Contudo, existem trabalhos com geração de textos para criar *quests* e diálogos. Uma parte considerável desses trabalhos estão listados e discutidos no *survey* de Franco *et al.* (2024) (FRANCO *et al.*, 2024), que apontam o crescimento destes trabalhos depois da ascensão dos LLMs. A exemplo disso, temos alguns trabalhos que utilizaram modelos como o GPT-2 como: Vartinen *et al.* (2022) (VÄRTINEN *et al.*, 2022a) e Stergeren *et al.* (2021) (STEGEREN; MYŚLIWIEC, 2021a). No trabalho de Mishra (2023) foi utilizado um fine-tuned do modelo LLama-2 para geração de *quests* a partir do texto.

Localizar este trabalho no âmbito acadêmico é uma tarefa complexa. A proposta desta tese abrange diferentes tipos de técnicas e obras que pouco dialogavam entre si na literatura. Isso posto, não existe um modelo único de avaliação e validação deste trabalho. O que é feito é um conjunto de avaliações para partes do modelo, havendo ainda análises complementares de dados externos para fundamentá-lo. A partir desse conceito, serão apresentadas algumas avaliações baseadas na relação das gramáticas com algoritmos genéticos, tal como em Franco *et al.* (2022, 2023) (FRANCO *et al.*, 2022), (FRANCO *et al.*, 2023). Para fomentar as nossas propriedades da análise dos grafos, foram utilizadas análises de grafos extraídos de jogos reais, os quais são apresentados no Capítulo 7.

Por fim, um produto final na forma de um jogo eletrônico e avaliação da qualidade dos textos foram analisados utilizando uma recente abordagem de avaliação automatizada baseada em LLMs como “juízes”. Note-se que uma série de trabalhos recentes discutem as limitações e utilidades da capacidade de julgamento dos LLMs para avaliar narrativas automaticamente (CHHUN *et al.*, 2022), (CHHUN *et al.*, 2024), (YANG; JIN, 2024), (ZHANG *et al.*, 2025), porém uma qualidade importante para a viabilização desta tese está na dispensa de humanos para a validação dos resultados. Tal escolha é conveniente por vários motivos: a natureza computacional da proposta é o foco da validação; simplificam-se questões éticas e de regulamentação dos experimentos; agilidade na condução dos experimentos; previne que a amostragem dos indivíduos.

4 METODOLOGIA

O trabalho possui uma estrutura ampla por abranger dois modelos, o que demanda uma metodologia mais sofisticada e complexa envolvendo duas bases de dados para o desenvolvimento da pesquisa. Note-se ainda que o propósito principal dessas bases não é fundamentar um *benchmark*. A primeira base de dados é um conjunto de grafos para análise e *insights* a respeito dos modelos generativos. A segunda base é um conjunto de textos escritos em linguagem natural retirados do Projeto Gutenberg¹: trata-se de uma biblioteca online com mais de 75 mil livros gratuitos cuja missão é encorajar a criação e distribuição de livros eletrônicos, sendo financiada por meio de doações.

Assim, a investigação dos modelos possui duas linhas de experimentos, produzindo como saída conteúdo aderente a um motor de jogos (*game engine*. *Game Engines* são softwares que fornecem as ferramentas e bibliotecas necessárias para criar um jogo. Esses motores de jogos lidam com os pormenores necessários às funcionalidades relacionadas aos gráficos, som, física e tratamento de eventos, dentre outras, permitindo aos desenvolvedores dos jogos concentrarem seus esforços no desenvolvimento do produto. Tal abordagem prática tem o propósito de demonstrar a viabilidade técnica da proposta.

Há uma avaliação do modelo de GA aos moldes dos trabalhos como (FRANCO *et al.*, 2023) e (FRANCO *et al.*, 2023). Nestes são analisados o desempenho do modelo através do próprio *fitness function error*. Muito embora o modelo baseado em gramática de grafos possua restrições de generalidade, fazemos uma discussão de suas restrições e limites de poder computacional para expressar todas as variedades de RH e LH. Visando compensar esse aspecto, analisamos um valor esperado e também tomamos como base análises de dados de outras aventuras modeladas como grafos e na literatura de estudos de *quests*.

4.1 Conjunto de Dados

As bases de dados extraídas desempenham papéis independentes, sendo uma base voltada para a análise do contexto em que os grafos serão gerados e a outra é uma base de textos para serem adaptados e preencherem novos grafos. Por isso, temos grafos de jogos solos, nos quais cada fragmento de texto é uma parte da história e, ao concluir essa parte da história, ela fornece opções para continuar a narrativa, indicando um identificador numérico dos fragmentos

¹ <https://www.gutenberg.org/>. Acesso em 20 de jul. de 2025.

a serem explorados como sequência. Note-se que, em alguns casos, esta sequência pode estar condicionada a escolhas anteriores ou a mini-jogos no formato de quebra-cabeças (*puzzles*).

Abaixo há um trecho da obra “A Cripta do Vampiro”, a qual é estruturada em “seções” – grafadas em minúsculo para evitar que o leitor as confunda com elementos desta tese. A seção numerada é a 60 e ela pode ir ao encontro de outras 3 seções a depender da escolha do jogador, que, no caso, são as seções 110, 101 ou 256 (JACKSON; LIVINGSTONE, 1989). A estrutura base deste projeto segue este conceito de cena ou descrição e sequência. É necessário destacar que algumas cenas não possuem múltiplas opções, fornecendo apenas uma única opção a seguir.

60

Você abre a porta para uma câmara tipo depósito, coberta de teias, e que está cheia de cacarecos. Se você a examinar, correrá o risco de ser surpreendido por alguém no hall principal, então vai:

Examinar o depósito? Vá para **110**

Sair daqui e abrir a porta norte? Vá para **101**

Sair daqui e seguir pela passagem leste? Vá para **256**

Abaixo, temos outros segmentos de texto da obra “Cripta do Vampiro”. Neles podemos ver na seção **70**, um combate com a ficha de uma criatura, no qual há outra seção que pode ocorrer durante o combate e que leva a um final prematuro no número **127**. Temos ainda na seção **71** uma condição para continuar a jornada. Apesar das condições serem estruturas comuns, não as aplicamos, pois ainda não analisamos ao nível de texto.

70

O Ghoul pula sobre você com garras cheias de sujeira e sangue, seu bafo rançoso e quente atingindo-lhe o rosto. Seus olhos são infernos, em miniatura, de ódio flamejante e fome por carne viva!

GHOUL IMENSO HABILIDADE 8 ENERGIA 11

Se o Ghoul acertá-lo três vezes, vá imediatamente para 127. Se vencer, vá para **159**.

71

Você tem uma Espada Mágica? Se tiver, vá para **199**. Se não tiver, vá para **143**.

...

127

O terceiro e último golpe do Ghoul o paralisa, e a coisa repulsiva se prepara para devorar-lhe o corpo imóvel. Você ainda está consciente quando é comido vivo, um final horrendo para sua aventura.

Por conveniência da pesquisa, uma das fontes de grafos foi extraída das visualizações disponibilizadas por Joby Bednar², que extraiu 31 visualizações de diferentes coleções de livros-jogos. Todavia, apenas 13 destas 31 visualizações ficaram disponíveis em seu código JS publicado para renderizar as visualizações na página *Hypertext Markup Language* (HTML). As demais visualizações, as outras 18 das 31, apresentam apenas imagens estáticas sem os metadados dos grafos, o que exclui a propriedade de serem reutilizáveis em uma análise mais acurada, impossibilitando recarregar automaticamente em modelos de análise de grafos.

A lista das obras é apresentada na Tabela 1, onde observa-se uma grande quantidade de obras da coleção “Choose Your Own” (CYO), que é bastante prolífica, apesar de não possuir títulos recentes. Mais detalhes serão explorados nas análises do Capítulo 7 onde serão analisados como grafos.

Tabela 1 – Coleção de livros disponibilizados por Joby Bednar.

Livros	Coleções
#102 - Master of Tae Kwon Do	Choose Your Own Adventure
#107 - Fight For Freedom	Choose Your Own Adventure
#57 - The Antimatter Formula	Choose Your Own Adventure
#59 - Terror Island	Choose Your Own Adventure
#73 - Beyond The Great Wall	Choose Your Own Adventure
#7 - Biting For Blood	Choose Your Own Nightmare
#2 - Danger Zones	Choose Your Own Super Adventure
#4 - The Great Puffle Switch	Disney Club Penguin
#1 - Dungeon of Dread	Dungeons & Dragons Endless Quest Book
#2 - Mountain of Mirrors	Dungeons & Dragons Endless Quest Book
#14 - Blade of the Guillotine	Time Machine
#1 - Avenger	Way of Tiger
#7 - Island of the Lizard King	Fighting Fantasy

Os títulos extraídos do Joby Bednar não são as únicas fontes de referências de grafos. Neste trabalho mapeamos alguns RPG solos em português. Foram analisadas mais 10 aventuras solos curtas apresentadas em revistas dos anos 90, intituladas “Só Aventuras Especial”, entre os volumes 6,7 e 8, da editora Trama. Estes títulos foram feitos para acompanhar revistas especializadas na época, portanto, são obras bem mais curtas do que os livros-jogos. Além disso, essas aventuras curtas não necessitam de sistemas de regras, apenas das escolhas dos jogadores/leitores. Tais estruturas menores são melhores avaliadas neste sentido. A coletânea apresentada engloba de forma explícita ou implícita diferentes gêneros de RPG, o foco deste trabalho dispensa uma crítica de gênero, mas tais dados podem representar alguma diferença em

² <https://jobybednar.com/cyoa/>. Acesso em 20 de jul. de 2025.

futuras análises e construções, por isso, estes dados são listados na Tabela 2.

Tabela 2 – Coleção de aventuras curtas analisadas manualmente das revistas dos anos 90 “Só Aventuras”, entre os volumes 6, 7 e 8. Há uma coluna com obras similares a RPG.

Título	Volume	Gênero
Assalto ao Mestre Arsenal	6	Fantasia medieval (genérico)
Coragem Metálica	6	Fantasia espacial (obra)
Eu, O Monstro	6	Lobisomem: o Apocalipse (RPG)
Herança Maldita	6	Call of Cthulhu (RPG, obra)
Nascido das Trevas	6	Vampiro a Máscara (RPG)
O Segredo do Mosteiro	6	Arkanun Trevas (RPG)
Sem Saída	6	Fantasia espacial (obra)
Imprevistos. . .	7	Vampiro a Máscara
Caça ao Necromante – Bárbaro	8	Fantasia medieval (genérico)
Caça ao Necromante – Paladino	8	Fantasia medieval (genérico)

Os dados utilizados provêm de duas fontes distintas: grafos extraídos de *gamebooks* existentes e textos literários para adaptação automática. A Seção 7 detalha a metodologia de extração e análise desses dados, que servem como base para nosso sistema de geração.

Por fim, alguns textos de domínio público foram extraídos do Projeto Gutenberg para serem adaptados em jogos. Buscamos textos com caráter épico, no qual é comum imaginar a jornada de um herói solitário que enfrenta grandes perigos (RYAN, 2006). Por isso, algumas das obras potenciais para uso são: “The Book of the Thousand Nights and a Night” (Volume D)³, Viagens de Gulliver⁴, Contos do Conan o Bárbaro^{5,6,7,8} entre outras obras que podem ser reaproveitadas como alguns “contos de fadas” dos irmãos Grimm⁹.

4.2 Configuração do Experimento

O experimento rodou quase todo em uma máquina doméstica, como apresentado na Tabela 3. Também foi utilizado, eventualmente, o Colab do Google, apenas para reduzir o gasto de processamento da máquina. Todavia, os dados dessa máquina virtual não são discutidos pois o seu uso restringiu-se à aplicação do modelo *MoonDream*, onde é utilizado apenas uma vez para marcar os *assets* reutilizados no motor de jogocomo pode ser visto na Figura 15.

³ <https://www.gutenberg.org/ebooks/3435>. Acesso em 14 de jun. de 2025.

⁴ <https://www.gutenberg.org/ebooks/829>. Acesso em 14 de jun. de 2025.

⁵ <https://www.gutenberg.org/ebooks/42243>. Acesso em 14 de jun. de 2025.

⁶ <https://www.gutenberg.org/ebooks/42254>. Acesso em 14 de jun. de 2025.

⁷ <https://www.gutenberg.org/ebooks/42182>. Acesso em 14 de jun. de 2025.

⁸ <https://www.gutenberg.org/ebooks/42183>. Acesso em 14 de jun. de 2025.

⁹ <https://www.gutenberg.org/ebooks/2591>. Acesso em 14 de jun. de 2025.

Tabela 3 – Valores de configuração do ambiente do experimento.

Especificação	Valor
Nome do dispositivo	DESKTOP-3IIGI90
Processador	Intel(R) Core(TM) i5-9400F CPU @ 2.90GHz 2.90 GHz
RAM instalada	16.0 GB
Tipo de sistema	Sistema operacional de 64 bits processador baseado em x64
Python	3.10
NetworkX	3.4.2
Numpy	1.26.4
PyGad	3.4.0

4.3 Metodologia de Avaliação

A avaliação feita segue os moldes de aplicação de GA com gramáticas generativas aplicadas em trabalhos como (FRANCO *et al.*, 2022) e (FRANCO *et al.*, 2023) nos quais são avaliadas a eficiência da GA em atingir certas propriedades pré-estabelecidas. Este tipo de modelo não exclui nem garante propriedades extrínsecas ao modelo como preferências de design e estilo, mas não foi descartado para trabalhos futuros, como é citado nas conclusões do Capítulo 8. Parte das premissas e valores adotados são oriundos das análises dos textos de aventuras solo feitas no Capítulo 7.

Enfim, avalia-se as gramáticas através da função de *fitness*. Contudo, a função não obtém um valor determinístico em sua avaliação; em realidade, cada gramática deve ser capaz de gerar diferentes tipos de grafos, porém conservando certas propriedades. Por isso, a gramática é avaliada através de um conjunto de grafos que ela mesma forneceu; então adotamos um valor de frequência para avaliar os grafos e avaliamos cada grafo separadamente. A partir da soma de pontuações dos grafos gerados por uma gramática, torna-se possível especular sobre sua eficácia. Além disso, também são discriminadas as aplicações de subgrafos para análise.

4.4 Avaliação com LLM

Operamos com análise qualitativa através das próprias LLMs. Tal abordagem, tem sido alvo de estudo sobre a qualidade das avaliações em texto em contraposição à avaliação feita por humanos (CHHUN *et al.*, 2022), (YANG; JIN, 2024), (CHHUN *et al.*, 2024). Vale destacar que mesmo a avaliação humana qualitativa é uma tarefa difícil, pois estes estão sujeitos a fatores cognitivos e emocionais (CHHUN *et al.*, 2024). Existem uma miríade de avaliações de texto para diferentes finalidades, algumas como *Bilingual Evaluation Understudy* (BLEU), *BERTscore*, *Metric for Evaluation of Translation with Explicit Ordering* (METEOR) e *Recall-Oriented*

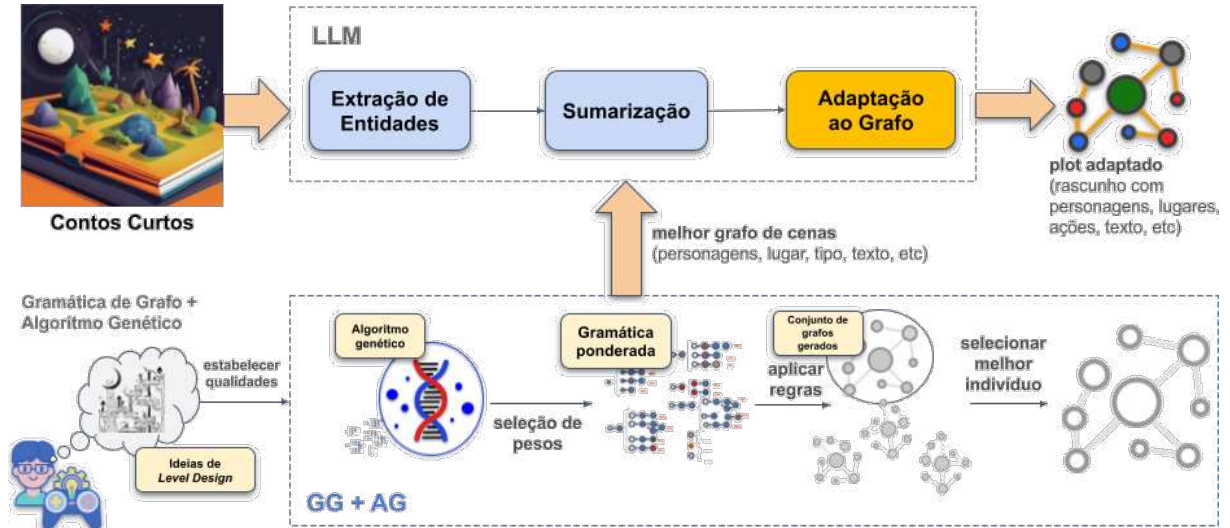
Understudy for Gisting Evaluation (ROUGE) servem para medir similaridades entre textos, especialmente para resumos e traduções que ainda necessitam de ajustes finos para torná-las mais robustas na detecção de erros críticos de sentimento (SAADANY; ORASAN, 2021), (CHHUN *et al.*, 2022).

Por isso, elaboramos um questionário baseado no de (CHHUN *et al.*, 2022), ao adicionarmos mais algumas questões referentes à pesquisa. As nossas questões tangem algumas referências mais basais da IS, estas são descritas detalhadamente na Seção 6.1. Todavia, adianta-se que são compostas por 10 perguntas qualitativas em escala Likert, que estabelece notas de 1 a 5 em valores inteiros, onde 1 representa discordância total até o 5 que indica concordância total (JOSHI *et al.*, 2015).

Tais valores são obtidos de diferentes modelos de LLM pela mesma estrutura de *prompt*, nesse caso utilizamos e comparamos as divergências dos modelos *Gemini* 1.5 e 2.0 da *Google*, com Sabiá-3 do Maritaca e o ChatGPT 4.1. Estes modelos foram discutidos previamente na Seção 2.4. Os modelos do Google e da OpenAI atualmente buscam a maior eficácia devido à disputa comercial, explorar tais modelos permite uma acurácia melhor em sua abordagem. Já o uso da versão anterior do Gemini do Google, faz-se necessário porque o trabalho incidiu sobre ela em boa parte do projeto, além disso, modelos anteriores tendem a ser mais acessíveis em termos de processamento e custo de execução. Já o Sabiá-3 é um modelo voltado para a língua portuguesa, o que é providencial devido ao contexto da aplicação e para futuros estudos com voluntários no Brasil.

5 ARQUITETURA DO MODELO DE ADAPTAÇÃO

Figura 12 – Visão geral do trabalho.



Fonte: O autor.

Como visto nos capítulos anteriores, o cerne da proposta está em produzir e preencher grafos com o conteúdo extraído a partir de um enredo. Tais grafos são armazenados em JSON compatíveis com o *NetworkX* (NX)¹. Todavia, NX não é uma biblioteca de gramática de grafos. Essa carência de recursos para GrG é suplantada neste trabalho e explicada a seguir, ao longo da Seção 5.4. Como modelo de aprendizado principal, foram usados GA descritos na Seção 5.5. Após isso, é explicado o processo de extração e produção de conteúdo a partir de texto.

A extração dos textos é descrita na Seção 5.1, mas o projeto não necessariamente restringe sua funcionalidade para essas fontes de dados. Os textos supracitados são tratados utilizando LLM para extração e reconhecimento de entidades nomeadas, tais como personagens e lugares, além de abstrações como “*quests*”. Após isso, o grafo é “fatiado” e enviado com instruções oriundas das extrações das *quests*, de modo que essa massa de informações é submetida ao LLM. Este, por sua vez, retorna as narrativas com detalhes como texto das cenas e das opções de ações disponíveis. Outros metadados podem ser requisitados para a cena com o propósito de alimentar um motor de jogos ou compilador qualquer. No caso deste trabalho, o *engine* alimentado é o *RPG Maker MV* (RMMV). Tal escolha se deve ao fato de que este é um *engine* bastante popular e que foi desenvolvido especificamente para atender ao subgênero JRPG. Isso posto, visando operar sobre os *assets* e os comandos do RMMV, tais informações foram pré-processadas por uma outra rede de DL. Esse uso é detalhado ao longo da Seção 5.8.

¹ <https://networkx.org>

Vale salientar que o presente trabalho não consiste apenas de uma implementação e sua avaliação, mas também do levantamento de outros trabalhos, tal como apontado em (FRANCO *et al.*, 2024), ou análise de diferentes aspectos dos RPG, como os diferentes tipos de sistemas de regras (FRANCO *et al.*, 2023). Análises de grafos de aventuras feitas por autores diversos são o assunto das Subseções 7.1.1 e 7.1.2. Já a execução dos modelos é ilustrada pela Figura 12, onde há o treinamento do modelo que usa GA para gerar gramáticas de grafos generativas na parte inferior.

Com respeito aos grafos, a construção de símbolos como regras, restrições para recompensas e punições permite a ponderação da gramática que gerará os vários grafos que podem ser reaproveitados nas aventuras de RPG. Esse conceito é ilustrado na parte superior da Figura 12, onde são postos contos curtos cujos dados foram extraídos e reescritos para o devido preenchimento do grafo gerado.

5.1 Fontes de Textos Originais Utilizados

O projeto Gutenberg² foi iniciado em 1971 por Michael Hart, cuja filosofia é a distribuição de livros digitais de forma livre e gratuita. Apesar disso, apenas uma parte da sua biblioteca está de fato em domínio público. Algumas obras clássicas foram selecionadas atendendo às seguintes características desejadas por questões de adequação a este estudo e à capacidade de reprodução/extensão dos resultados pela comunidade científica: (i) ser uma obra em domínio público; e (ii) possuir um enredo de aventura. Para tal, utilizou-se de um filtro aplicador por meio de uma API denominada Gutendex³, qual é acessada via requisições *Hypertext Markup Language* (HTTP).

É importante destacar que o projeto Gutenberg fornece os textos em vários formatos, a saber: HTML, “*Plain Text*” e *Electronic Publication* (ePUB). Ressalte-se que, para fins de experimentação nesta tese, foi dada a preferência à seleção das histórias em formato de conto pois são histórias curtas e que costumam possuir início e fim encerradas em si mesmo. Por questões práticas, cada texto incluído nos experimentos foi extraído e processado a partir da versão publicada HTML, pois isso permite recorrer às classes de estilos usadas no documento hipermídia para operações de seleção e filtragem. A extração dos componentes de HTML é possível graças ao uso da biblioteca *BeautifulSoup*⁴, a qual simula consultas ao *Document Object*

² <https://www.gutenberg.org/>

³ <https://gutendex.com>

⁴ <https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/>

Tabela 4 – Estrutura de Few-Shot

Goal	Definição do objetivo do prompt. Costuma ser uma revisão geral.
Entrada	### Entrada: <referência_pré-definida>
Saída	### Saída: <referência_saída_pré-definida/>
Entrada	### Entrada: <texto_novo/>
Saída	### Saída:

Tabela 5 – Estrutura de uma consulta de prompt genérica

Goal	Definição do objetivo do prompt. Costuma ser uma revisão geral.
Return Format	Define-se detalhes do formato.
Warning	Precauções e restrições do retorno.
Context Dump	Outros dados de contexto para entrada.

Model (DOM).

A seleção de capítulos em cada obra ocorre por meio da identificação de uma classe no estilo denominado “*chapter*” que é comum aos livros desta organização. Esta abordagem permite selecionar o conteúdo com “*textContent*”.

5.2 Anatomia do Prompt

A engenharia de *prompt* e um apanhado das técnicas existentes foram descritos na Seção 2.5. Das principais técnicas para engenharia de *prompt* adotadas foram *Few-Shot* e *Generate Knowledge Prompting*, respectivamente para garantir saídas em formatos bem definidos e coerentes (LIU *et al.*, 2021). Portanto, uma estrutura comum de *Few-Shot* é o uso de um texto de exemplo fornecido como entrada e a sua respectiva saída esperada (BROWN *et al.*, 2020). Adotamos como exemplos para os prompts algumas saídas pré-geradas da Chapeuzinho Vermelho, também conhecido em inglês como *Little Red-Cap* ou *Little Red Riding Hood* (GRIMM; GRIMM, 2001).

A estrutura do *Few-Shot* segue o formato apresentado na Tabela 4. Este modelo é usado em estruturas nas quais deve-se garantir detalhes onde há pouca tolerância para falhas, como pequenos trechos de códigos funcionais como JSON, como no preenchimento de vértices de uma *quest* do grafo sem alterar os demais.

Contudo, para outras estruturas mais inventivas e com mais detalhes de explicação, são feitas através de um modelo que adiciona metas, precauções e contexto, tal estrutura é a Tabela 5. Espera-se que este modelo permita ser um pouco mais inventivo do que o “*Few-Shot*”. Os *prompts* empregados são apresentados nos Apêndices A e B.

5.3 Extrações

As extrações a seguir são feitas utilizando um modelo LLM. O modelo adotado é o “Flash 1.5”⁵, um modelo multimodal, mas foi utilizado apenas para texto, pertencente à família Gemini e que possui as seguintes configurações:

- **Limite de tokens de entrada:** 1.048.576;
- **Limite de token de saída:** 8.192;
- **Modo JSON:** Compatível;
- **Configurações de segurança ajustáveis:** Compatível;
- **Chamadas de função:** Compatível; e
- **Execução do código:** Compatível.

Esse modelo é executado pelo serviço *Google AI Studio* (GAIS), que disponibiliza uma interface via navegador, bibliotecas e APIs proprietárias. Entretanto, foram usadas apenas as APIs para troca de mensagens com o servidor a fim de garantir um controle fino e sem abstrações sobre como o LLM deve operar. Portanto, as requisições são feitas via HTTP e construídas sem reusar componentes intermediários.

5.3.1 *Quests*

O leitor deve recordar a estrutura das *quests*, descrita na Subseção 2.1.2. Em posse da estrutura de Doram e Parberry são especificados e obtidos através de “*Few-Shot Prompting*”. A estrutura é apresentada no Apêndice A. No retorno deste JSON espera-se obter-se várias *quests* de personagens diferentes. A lista de personagens enviadas anteriormente deve auxiliar e garantir um termo comum para *quests* voltadas para o mesmo personagem. Para construção da história, deve-se selecionar um personagem de antemão.

5.3.2 *Entidades*

O processo de extração deve retornar uma lista com os nomes das entidades, sendo uma lista por cada tipo de entidades. No atual estado de implementação do modelo, considerando o momento da escrita desta tese, foram explorados dois tipos úteis de entidades presentes na aventura: personagens e lugares. Os personagens possuem um papel potencialmente complexo, indo desde avatares dos jogadores, os quais são personagens mais profundamente construídos,

⁵ <https://ai.google.dev/gemini-api/docs/models#gemini-1.5-flash>

até os diversos NPCs que surgem ao longo da narrativa.

Outras entidades essenciais são os lugares em que a narrativa ocorre. É preciso destacar que lugares abstratos (e.g., lugares de sonhos, mentais, cibernéticos etc) não foram identificados na extração de entidades. Ademais, os lugares abstratos também não são excluídos da extração.

5.4 Gramática de Grafos

A representação dos grafos enquanto modelo computacional é heterogênea e seu uso pode não ficar evidente em um projeto no qual se observa o começo e o fim da sua execução enquanto narrativa interativa. Todavia, essa heterogeneidade de representações é importante para o desenvolvimento e análise dos resultados nesta tese. As representações mais comuns dos grafos usadas na proposta são listadas abaixo:

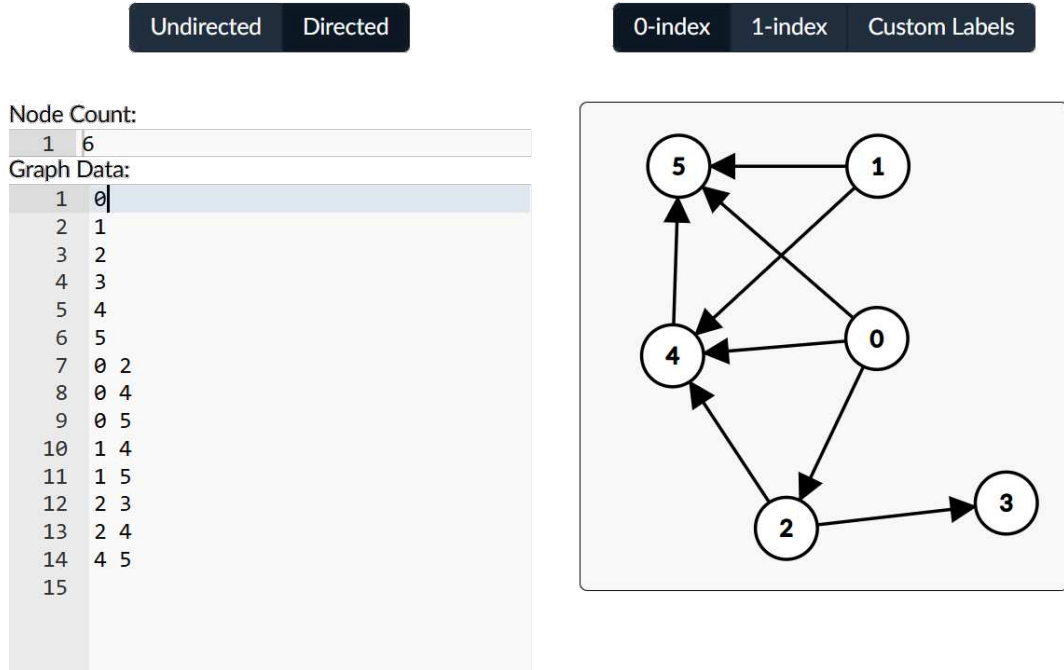
- Arquivo JSON compatível com metadados para NX e outro para a própria representação da narrativa;
- Lista de nós e arestas de forma similar a tuplas. Pode ser encontrado em formato *Comma-Separated Values* (CSV); e
- Matriz de adjacência, onde cada coluna é vértice e a linha uma coluna, a presença de um valor um “1” na matriz reflete que existe uma aresta saindo da linha i até a coluna j .

A visualização e o controle dos grafos são feitos em parte no *Graph Editor do CSAcademy*⁶. Essa ferramenta foi escolhida por permitir uma rápida construção e visualização de pequenos grafos. A exemplo da Figura 13, a interface da ferramenta possui uma visualização do grafo orientado à direita e à esquerda, havendo um editor de texto com o campo chamado “*Graph Data*”. Esse campo organiza os dados no formato de listar os vértices, algo que é opcional, seguido da relação de arestas entre dois vértices.

O *Gephi* foi outro editor de grafos empregado no estudo, seu uso foi voltado para visualização de grafos maiores que o do *CSAcademy Graph Editor*. Note-se que esse editor suporta o carregamento de grafos em formato CSV. Também, posicionamos os vértices no plano cartesiano utilizando algoritmos para semi-automatizar o leiaute dos grafos. A exemplo disso, temos a Figura 14 feita a partir do leiaute de distribuição Yifan Hu, com algumas rotações e ajustes manuais. Essa figura apresenta a coloração dos vértices em uma escala de magenta escuro, correspondente ao grau de saída de cada nó (HU, 2005).

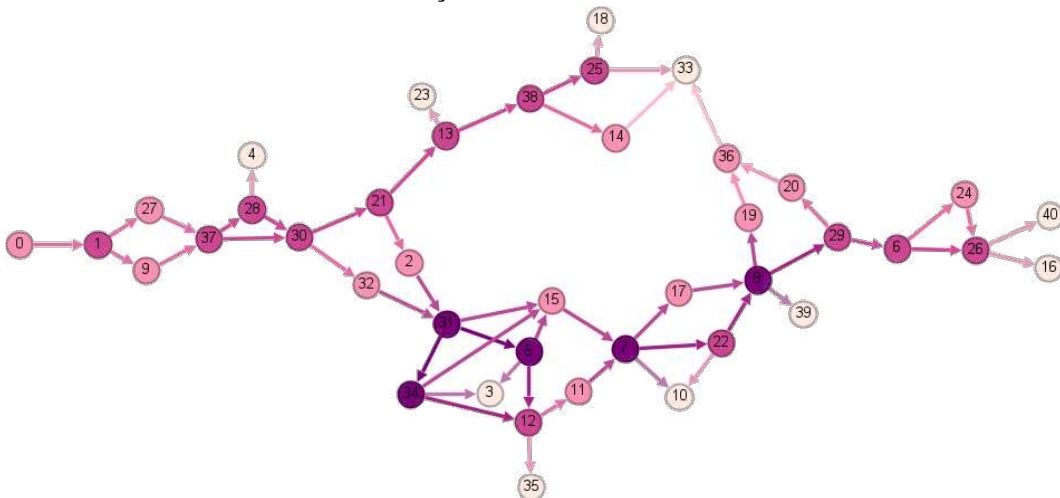
⁶ https://csacademy.com/app/graph_editor/

Figura 13 – O *CSAcademy Graph Editor* é uma página web interativa para manuseio simples de grafos e que possui finalidade educacional. Contudo, devido à sua facilidade de manuseio e visualização, foi utilizado nesta pesquisa para modelar pequenos grafos, tais como regras para a gramática.



Fonte: Tela de edição do *graph editor* no site: https://csacademy.com/app/graph_editor/

Figura 14 – Exemplo de visualização de um grafo de 40 vértices de uma aventura solo intitulada *Herança Maldita*.



Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor. Gerado no Gephi a partir da representação de grafo da *Herança Maldita*.

Entretanto, é preciso ressaltar que a estrutura do grafo da aventura não é uma estrutura de um grafo qualquer. Para a representação deste trabalho, o grafo é direcionado e possui apenas um vértice do tipo fonte que representa o começo da história.

5.4.1 Estrutura dos Grafos para Narrativas

Adotou-se como estrutura para narrativa de um modelo não-linear do tipo *Branching Path Stories*, tal como descrito na Seção 2.1.1. Assim, a representação de um grafo direcionado do tipo fluxo atende à demanda, pois as cenas da narrativa correspondem aos vértices enquanto as arestas correspondem às decisões, que por sua vez são consequências das ações tomadas pelo jogador. Esse grafo deve possuir apenas um único vértice do tipo fonte com o começo da narrativa e ao menos um vértice sumidouro com o final. Todavia, outros sumidouros podem ser adicionados como finais alternativos ou prematuros.

Outra característica importante do grafo estruturando a narrativa é que ele seja conectado, pois um vértice (cena) desconectado da narrativa não seria considerado utilizável para aplicação almejada. Contudo, em aventuras solo baseadas em grafos, é comum encontrar vértices (ou nós) que não estão diretamente conectados. Isso acontece quando o texto do jogo não fornece uma ligação clara entre as escolhas do jogador e os próximos passos. Por exemplo, o jogador pode precisar decifrar um enigma para descobrir qual número corresponde à próxima cena. Isso significaria uma conexão implícita.

Convencionou-se adotar como foco principal o caminho mais curto do grafo, partindo da fonte até um sumidouro como sendo a história principal da narrativa. Portanto, qualquer outro vértice fora do caminho mais curto é considerado, a priori, como parte de uma *branch quest*⁷.

5.4.2 Regras para Gramáticas

Partindo de uma perspectiva de estrutura de dados, os vértices do grafo podem conter alguns metadados que lhes são associados. Para fins de representação da gramática de grafos, os vértices precisam de ao menos dois atributos: um identificador (*id*) e o seu tipo. Isso é codificado na forma $id : tipo$. Por exemplo, $V(G) = \{ 0:s, 1:e, 2:t, 3:t, 4:b, 5:* \}$. Onde temos um vértice fonte onde se inicia a história $0 : s$, associado ao $id = 0$, tal que o literal s codifica o tipo “*start*”. Analogamente, o vértice $1 : e$ é do tipo e que codifica “*end*”. Por sua vez, t corresponde a “*task*”, b a “*boss*” e $*$ a “*all*”. Esses tipos de vértices podem variar conforme a aplicação, uma vez que a relação entre eles é parcialmente definida pela probabilidade de aplicação de uma regra $P(lh_i \rightarrow rh_j)$, a qual é determinada por pesos previamente ajustados por meio de um GA.

Assume-se que a estrutura essencial na leitura do grafo e do subgrafo adotado neste

⁷ Explicado na Subseção 2.1.1

trabalho adota a seguinte padronização. Espera-se a definição do primeiro vértice com $id = 0$ e do segundo vértice a ser definido com $id = 1$. Esses serão, respectivamente, um vértice fonte e o final do grafo (ou subgrafo) como sumidouro. O vértice fonte padronizado é conveniente para aplicá-lo como entrada de outro grafo, o que lhe faz deixar de ser fonte nesse caso. Analogamente, o sumidouro permite conectá-lo de forma conveniente a um subgrafo.

Portanto, os dois primeiros vértices costumam ser as extremidades do grafo, enquanto os demais vértices são aqueles que podem ser trocados. Isso significa que as gramáticas aplicadas nessa abordagem são do tipo *connecting*, mais precisamente o edNCE. Dentre as regras à direita temos, como apresentado no Apêndice C:

- **Start:** aqui definidos como atributo “P” de *planning* e “G” de *goal*. É a regra para reconhecer um estado inicial;
- **Non-terminal sequence:** regra bem comum, encontra um vértice não-terminal entre dois vértices quaisquer;
- **Non-terminal sequence 2:** é basicamente como o subgrafo anterior porém para uma sequência um pouco maior;
- **Fan-out 2 e Fan-out 3:** identifica ramificações (*branches*) na narrativa; e
- **Fan-in 2 e Fan-in 3:** vértices não terminais que recebem entradas múltiplas.

O número de regras para expansão é bem amplo. Essas regras são apresentadas de forma exaustiva no Apêndice D. Note-se que as representações dos Apêndices C e D são desenhadas no *CS Academy Editor Graph*, porém são armazenadas em um arquivo de planilhas *OpenDocument Spreadsheet* (ODS) a fim de facilitar o manuseio e revisão humana. Tal escolha serve tanto para o desenvolvimento ora relatado na tese quanto para extensões como implementações de trabalhos futuros.

5.5 Algoritmos Genéticos Aplicados à Ponderação das Gramáticas de Grafos Estocásticos

Os algoritmos genéticos são feitos utilizando a biblioteca PyGad⁸. A biblioteca basicamente exige uma função de *fitness*, a definição dos seus *embeddings*⁹. Os *embeddings* são representados por um vetor que representa todos os pesos entre regras LH e as RH, como descrito na Seção 2.3.

Como pode ser visto no Algoritmo 2, a aplicação do algoritmo genético consiste

⁸ <https://pygad.readthedocs.io/en/latest/>

⁹ *Embeddings* neste caso, se refere descrito no Equação 2.7

especialmente na geração e aplicação dos pesos como uma estrutura para relacionar *RH* e *LH*. Após isso, cada gramática gera um total de X grafos, de modo que cada um desses grafos é submetido a uma função de avaliação, acumulando-se o resultado, o qual será retornado como um total da função de *fitness*. O fato de haver múltiplos grafos reduz a possibilidade de a gramática gerar um grafo ruim; deve-se lembrar que espera-se um resultado melhor do que o aleatório, como visto na análise da Subseção 7.2.1.

As funções de avaliação mais comuns podem levar em consideração atributos estruturais do grafo gerado, tais como a presença de certos tipos de nós, formações, contagens de subgrafos, ou medidas do grafo como contagem de nós, densidade, tamanho mais curto, grau médio etc. Contudo, os experimentos são voltados para elementos mais básicos e gerais como quantidade de nós, densidade e tamanho do caminho mais curto.

Algoritmo 2: Cálculo do Fitness para Geração de Grafos

Input:

- W : Matriz de pesos (embeddings) que influencia a gramática
- X : Número de grafos a serem gerados
- gramática: Gramática estocástica parametrizada por W
- medidas_de_grafos: Lista de funções que avaliam um grafo

Output: Valor médio do fitness para os X grafos gerados

$total_fitness \leftarrow 0$;

for $i \leftarrow 1$ até X **do**

// 1. Gera um grafo usando a gramática estocástica (W como parâmetro)

$grafo \leftarrow GERAR_GRAFO(gramtica, W)$;

// 2. Avalia o grafo com cada avaliador e soma os resultados

$soma_avaliaes \leftarrow 0$;

foreach $medida_de_grafo$ **em** $medidas_de_grafos$ **do**

| $pontuao \leftarrow medida_de_grafo(grafo)$;

| $soma_avaliacoes \leftarrow soma_avaliacoes + pontuacao$;

end

// 3. Acumula no fitness total

$total_fitness \leftarrow total_fitness + soma_avaliacoes$;

end

// Retorna a média do fitness dos X grafos

return $total_fitness$;

5.6 Fluxo de Prompts

O processo de adaptação de narrativas utilizou um conjunto de imagens proprietárias adquiridas legalmente, com recursos do próprio autor, para ilustrar os protótipos desenvolvidos nesta tese. Ressalta-se que essas imagens não foram utilizadas em processos de treinamento de modelos, sendo empregadas apenas na etapa de classificação automatizada, realizada por meio do modelo *MoonDream*¹⁰ com o objetivo de identificar os *assets* mais adequados a serem utilizados no jogo.

O processo supracitado é descrito na Figura 15, onde é possível observar as descrições que retornam para o modelo *Flash 1.5*. Portanto, cada cena (vértice do grafo) possui uma série de atributos adicionais com o propósito de construir uma representação visual e textual: de uma até três imagens de personagens; duas imagens de cenário, sendo uma para o piso e outra para o fundo da cena; além disso, há também o texto descritivo da cena e as respectivas opções de escolha para a sequência narrativa.

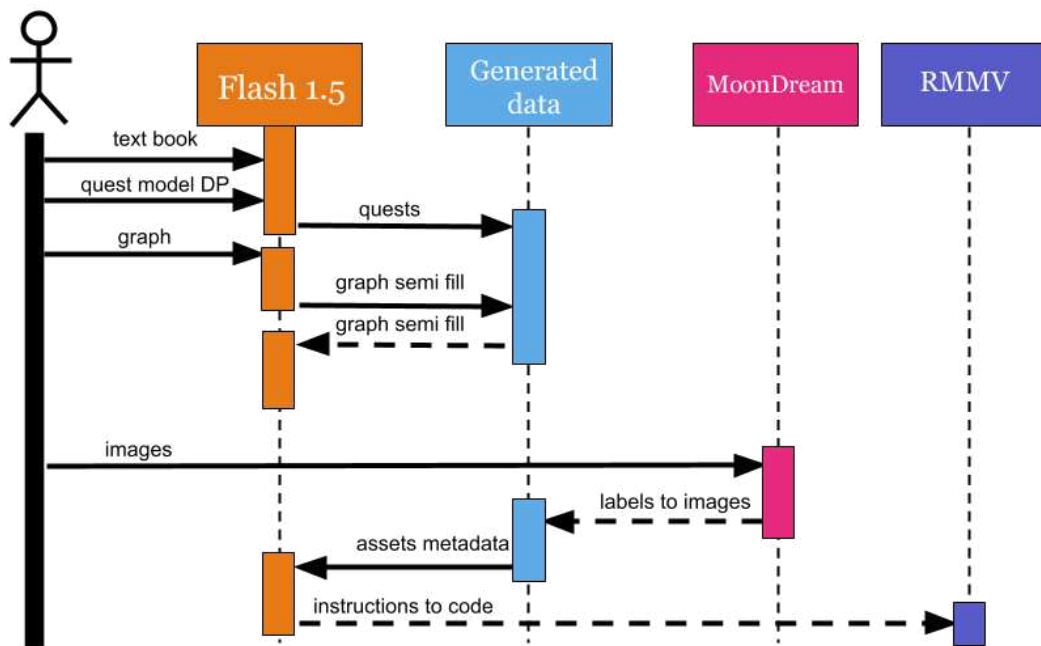


Figura 15 – Diagrama de sequência de *prompts*.

¹⁰ <https://huggingface.co/vikhyatk/mondream1>. Acesso em 20 de mai. de 2025.

5.7 Classificação dos *Assets*

Os *assets* utilizados para gerar o protótipo de jogos são advindos do pacote padrão do RMMV e alguns outros estão disponíveis como *Downloadable Content* (DLC), devidamente adquiridos. Devido a isso, o seu uso está restrito à aplicação de jogos e eles não são utilizados para treinar modelo algum. Contudo, a seleção dos *assets* para os exemplos gerados é feita automaticamente, o que demandou que esses arquivos fossem descritos compondo cada cena.

Os *assets* utilizados servem para compor o cenário e os personagens que aparecem nele. Em cada cena, é possível incluir de zero até dois personagens. A escolha dos personagens é feita por meio de texto enviado para que o próprio LLM analise a cena e escolha as imagens mais adequadas. A seleção é feita a partir de textos estabelecidos como descrições para as imagens. A descrição dos arquivos não foi feita por humanos, mas pelo modelo *MoonDream1*¹¹, feito por SigLIP, Phi-1.5 e o modelo de treinamento de dados do LLaVa. O modelo *MoonDream1* foi escolhido para esta atividade pois possui 1,6 bilhões de parâmetros e é um modelo que recebe imagem e texto, este último no formato de uma pergunta ou de um pedido em relação à imagem, o que o torna relativamente acessível e rápido para uso neste trabalho.

Nesta aplicação, foram enviadas ao modelo *MoonDream1*, 154 imagens de lugares e 259 imagens diferentes de personagens. Como resultado, cada imagem tem uma descrição curta. Imagens de personagens variam de 136 até 513 caracteres, enquanto as imagens referentes aos lugares variam de 5 a 118 caracteres.

5.8 Módulo RMMV

O módulo RMMV é a saída final gerada pela abordagem proposta. Ele recebe a estrutura da narrativa não-linear, codificada em JSON, além dos metadados dos *assets* e os reescreve na forma de um projeto RMMV. O jogo feito no RMMV tem aparência de um *Visual Novel* em detrimento ao JRPG. Neste modelo, cada cena possui: {fundo, chão, personagens, texto da cena e escolhas do jogador}.

A linguagem base do RMMV é o JavaScript¹² e o seu motor gráfico é o PixiJS¹³, porém muitas abstrações de lógica de programação são encapsuladas por meio de eventos. Há uma miríade de eventos possíveis, indo desde os comandos para desenhar e pintar na tela até

¹¹ <https://huggingface.co/vikhyatk/moondream1>. Acesso em 20 de mai. de 2025.

¹² <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>

¹³ <https://pixijs.com>

estruturas condicionais mais sofisticadas. A estrutura dos eventos é representada em JSON, por meio de um valor inteiro de identificação do evento e uma lista de parâmetros que varia de código para código. Por exemplo, cada JSON possui um valor inteiro para “*code*” (código), “*indent*” (indentação, caso haja um comando dentro do escopo de comandos) e por fim “*parameters*” (os parâmetros que dependem da instrução) do código.

Apesar de aumentar a complexidade de implementação, pois inclui uma outra camada de programação, essa abordagem possui duas vantagens para a manutenção do protótipo:

- A primeira é referente à consulta e manuseio do JSON, algo que pode ser feito pela maioria dos editores de texto simples; e
- Adicionalmente, as instruções poderem ser manipuladas por intermédio da própria ferramenta do RMMV, permitindo que um operador humano realize ajustes em alto nível.

6 AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

Apesar da ênfase no modelo da geração do grafo com algoritmos genéticos, este trabalho também visa prover uma reflexão a respeito da adaptação de texto no uso de LLM. Isso posto, vale destacar que este trabalho não visa esgotar suas experiências. Muito pelo contrário, apesar dos resultados promissores em nossas análises, é preciso reconhecer a limitação de expandir os experimentos, realizando um recorte na base de dados e aplicando avaliação com voluntários humanos e avaliação de diferentes técnicas de *prompt* para melhorar ou variar qualidades estéticas.

Os experimentos de avaliação do jogo foram conduzidos por meio de uma etapa qualitativa, na qual optou-se por um LLM julgando os resultados. Apesar de suas limitações (e.g., vieses e alucinações), tal escolha tem-se mostrado cada vez mais eficaz, sendo especialmente interessante por ser capaz de avaliar grandes conjuntos de dados de forma mais rápida e geralmente mais consistente do que avaliadores humanos.

Nosso modelo de questões toma parte das questões elaboradas por Chhun et al., no seu *benchmark* intitulado “HANNA” para avaliação automática de histórias usando LLMs (CHHUN *et al.*, 2022). Esses autores reportaram que os LLMs conseguem gerar histórias curtas tão bem quanto humanos e que as avaliações resultantes deste tipo de modelo são notavelmente consistentes ao variar as abordagens de *prompting*. Além das questões oriundas do HANNA, outra parte das questões empregadas neste trabalho foi elaborada para atender às necessidades específicas do nosso *Automatic Story Generation* (ASG), tais como a agência e interatividade.

O restante deste capítulo está dividido em seções, as quais partem do questionário, seguido das histórias selecionadas e da análise dos resultados dos LLMs.

6.1 Instrumento de Avaliação

Optou-se por utilizar um questionário base como instrumento de avaliação, o que é motivado pela necessidade de, futuramente, conduzir experimentos com público humano. Esse questionário consiste em 10 perguntas que correspondem aos aspectos qualitativos a respeito da narrativa. Estas são elaboradas a partir de fontes diversas e bem estabelecidas, porém uma boa parte delas possui equivalência ao instrumento proposto por Chhun et al. em 2022 (CHHUN *et al.*, 2022).

1. **Coerência:** Lógica interna da história, consistência de regras e motivações, e sua causali-

dade com ações dos personagens devem ter consequências plausíveis, bem como as regras do universo da história. A coerência é o que define, em parte, a compreensão do leitor de uma narrativa (RIEDL *et al.*, 2003);

2. **Fidelidade ao tema central:** Uma adaptação preserva ou reinterpreta elementos essenciais da narrativa original, logo espera-se que a adaptação promova mudanças. Porém, é possível que o espectador acredite que a obra traia a original ou não seja reconhecível (HUTCHEON, 2006);
3. **Fidelidade aos elementos:** Preservação de personagens-chave e suas motivações. Em contraposição ao tema central, a fidelidade aos elementos se concentra em tópicos mais específicos;
4. **Originalidade:** ou criatividade, como a adaptação traz novas camadas à obra original, podendo ressignificar seus elementos (SILVA, 2025), (TOGELIUS *et al.*, 2016b). A originalidade surge da combinação e experimentação de diversas referências e formas de pensar (TAN, 2001), (VERGANI, 2009);
5. **Interatividade:** Capacidade interagir ou utilizar as entidades do mundo. Isto não implica que é possível alterar a história ou seu fluxo, mas de manipular as entidades em cena (MURRAY, 2003).
6. **Agência:** É qualidade que é definida pela presença de decisões significativas no enredo do jogo (MURRAY, 2003), (RYAN, 2001). Esta qualidade estética costuma marcar a discussão ou busca em diversos trabalhos de IS;
7. **Imersão:** É a capacidade de criar um universo crível e envolvente com consistência do mundo suas estabelecidas devem ser mantidas além de detalhes sensoriais. Por isso, a imersão se apresentam em universos simulados que permitam trazer a sensação ao usuário que ele está em outra realidade (MURRAY, 2003);
8. **Impacto emocional:** Como a narrativa ressoa emocional e intelectualmente. Espera-se que um jogo carregue ao mínimo uma forma de prazer sobre o jogador e que pode ser apresentada como uma forma complexa, como um das classificações de prazeres de LeBlanc (RABIN, 2012). Para além do prazer, o jogo, quando encarado como uma narrativa, pode ser analisado com potencial de causar uma transformação no jogador, seja esta em menor impacto como algo momentâneo ou como uma transformação profunda que impactará a perspectiva do jogador fora do jogo (MURRAY, 2003);
9. **Ritmo:** equilíbrio entre ação, exploração e reflexão durante a progressão do jogo. A expe-

riência do jogador costuma ser planejada pelo designer e/ou pelo escritor. A intensidade, a variação, duração e frequência das emoções definem o ritmo de uma narrativa. Narrativas interativas quando muito abertas sofrem da perda de controle das narrativas (LEBOWITZ; KLUG, 2011); e

10. **Clímax satisfatório:** Resolução que recompensa o engajamento do leitor/jogador. O clímax está muito relacionado aos elementos mais memoráveis da história ou ao menos no ápice, ou próximo, do conflito (CHEONG; YOUNG, 2014), (OH; SHI, 2012).

Esperamos que haja uma independência entre as questões listadas acima, pois seria interessante explorar diferentes dimensionalidades da narrativa. Todavia, devido à natureza em comum de sua origem, é esperado que alguns de seus atributos apresentem algum comportamento correlacionável.

Além destas questões, outras mais específicas são aplicadas. Por exemplo, perguntar para os modelos de LLM qual seria o *id* responsável pelo clímax da história é mais razoável, pois o LLM recebe toda a aventura, enquanto o voluntário percorrerá alguns caminhos do grafo. Perguntar onde está o clímax também é interessante para averiguar o entendimento dos LLMs a respeito da estrutura, pois há regiões mais prováveis para que ocorra o clímax. Isso ocorre especialmente porque o grafo aplicado na geração é o mesmo para todas as aventuras avaliadas.

6.2 Histórias Seleccionadas

Algumas das histórias mais difundidas e populares foram seleccionadas visando uma eventual análise com humanos. Isso posto, foram priorizados alguns contos dos Irmãos *Grimm*. Em segundo lugar, foram seleccionados alguns contos do “*Arabian Nights*”, conhecidos no Brasil como “Mil e Uma Noites”, dos quais foram utilizados 49 capítulos diferentes.

Cada capítulo do texto fornecido como entrada é tratado como uma história. Além disso, a adaptação de cada história permite mais de um personagem jogável possível. Por exemplo, no clássico “Chapeuzinho Vermelho” é possível jogar com (i) a própria Chapeuzinho, ou (ii) com o Caçador, (iii) com a dupla Chapeuzinho e a sua avó como se fossem um único personagem, ou (iv) como o próprio Lobo Mau. Isso ocorre porque, como não foi aplicada uma classificação de qual seria o protagonista, é possível jogar a história com o vilão ou um personagem secundário. Graças a isso, a partir dos 49 capítulos foram geradas 166 aventuras para serem avaliadas pelo LLM. Contudo, deste total, apenas 4 capítulos foram seleccionados para que futuramente seja possível confrontar os resultados obtidos pela avaliação via LLM com

aqueles obtidos via testes com usuários, mas já disponíveis para apreciação. Isto deve-se ao custo de testar jogos com imagens e comandos para a *engine*.

6.3 Análise por LLM

As análises foram feitas com *Gemini* (flash 1.5¹ e 2²), *Sabiá(-3)*³ e *ChatGPT* (4.1)⁴, porém o modelo de geração utilizado foi o Gemini 1.5 flash e a descrição das imagens geradas com *MoonDream*. As instruções de avaliação foram feitas em lotes de quatro, quatro e três perguntas. Também foi pedido para que o modelo explicasse sua avaliação. Os resultados da distribuição são apresentados na Figura 16 na qual podemos comentar cada distribuição na lista abaixo:

1. **Coerência:** Mediana alta e bem posicionada no valor 4 para o *Gemini-1.5 flash*, porém nos demais tendeu a baixar um pouco mais ou aumentar a dispersão para baixo. A narrativa tende a preservar a coerência devido aos cuidados no tratamento do texto em que a LLM era confrontada com trechos relativamente curtos de texto para ser gerado e uma boa base de referência. Ainda assim, o limite do texto ser curto entre cenas desfavorece elaborações mais detalhadas que permitam justificar efeitos de causa-consequência em grandes mudanças da história;
2. **Fidelidade ao tema central** e aos **personagens:** são duas distribuições parecidas, amplas porém com mediana mais alta para os personagens. A presença de jogos com personagens jogadores mal desenvolvidos na história podem ter corroborado para isso, bem como ao forçar a mudança para o gênero RPG. Neste tópico as redes mais modernas, em contraposição ao Gemini 1.5, tenderam a baixar ou dispersar mais os resultados;
3. A **originalidade** sai com menor distribuição, ao redor de 2. Isso aparenta ser um resultado razoável pois o LLM não foi utilizado para gerar valores originais, pelo contrário o texto base é bem rudimentar;
4. Em relação a **interatividade** e a **agência**, também não surpreende a distribuição mediana e baixa. Uma vez que a narrativa é engessada em grafo relativamente pequeno, então a história tende a dar poucas oportunidades para mudá-la de forma significativa. Mesmo esta possui apenas 2 finais diferentes. Vale ressaltar, que neste caso a agência ficou com

¹ <https://cloud.google.com/vertex-ai/generative-ai/docs/models/gemini/1-5-flash?hl=pt-br>

² <https://cloud.google.com/vertex-ai/generative-ai/docs/models/gemini/2-0-flash?hl=pt-br> Acesso em: 15 de jul. 2025.

³ <https://docs.adapta.org/modelos-de-texto/sabia-3>. Acesso em: 15 de jul. 2025.

⁴ <https://openai.com/index/gpt-4-1>. Acesso em: 15 de jul. 2025.

- uma pontuação um pouco mais alta na avaliação dos modelos mais modernos;
5. A **imersão** ficou com medianas e com distribuição um pouco para cima dos demais, chegando a ter uma mediana 4 com pouca dispersão no Sabiá-3;
 6. **Impacto emocional** possui maior distribuição dentre as variáveis e é o que possui maior variação entre modelos apresentando uma certa inconsistência;
 7. **Ritmo** ficou centrado na pontuação 3, a limitação do tamanho do grafo e apresentou consistência entre modelos, o tamanho das histórias e o modelo visto em (DORAN; PARBERRY, 2010) como referência podem ter influenciado esta pontuação; e
 8. No **clímax** com exceção do GPT-4.1 que possui grande dispersão, as avaliações estão entre as mais altas. Isso pode ter acontecido devido a estrutura das *quests* bem definidas e utilizadas como orientação para preenchimento em partes do grafo.

Nas Figuras 17 e 18 há duas representações de correlações diferentes, a primeira por *Pearson* e a segunda por *Spearman*. Nestas correlações, pode-se observar que não houve um caso de correlação muito forte. As correlações de magnitude mais alta são razoáveis, poucos acima de 0,6 em *Spearman* e os mais altos de *Pearson* não chegam a 0,6 no modelo Gemini-1.5-flash e Sabiá-3, já no modelo Gemini-2 o modelo de fato alcançou um valor moderado entre imersão e interatividade, algo contraditório frente aos outros modelos. Já o modelo GPT-4.1 foi um dos que apresentou maior coeficiente *Pearson* com um total de 0,81 entre, os já esperados, fidelidade ao tema e ao personagens.

Na Figura 17, possui valores moderados. As maiores correlações obtidas pelo Gemini 1.5, em magnitude, são fidelidade do tema e dos personagens com 0,45: isso mostra que, apesar de haver correlação, não são completamente dependentes. Outros dois valores razoáveis são do clímax e o ritmo (0,47), e da originalidade com a fidelidade ao personagem, com 0,48. Podem estar relacionados com a qualidade do texto, ao adaptar bem um personagem, ele pode ser encarado como original.

Além disso, há também outras correlações moderadas, vistas na Figura 17, feitas pelo *ChatGPT*, pois também possui correlações moderadas de impacto emocional com agência e imersão, respectivamente obtendo 0,6 e 0,71. Tais valores podem indicar uma relação de um grau de narrativas mais envolventes. Contudo, infelizmente apenas o *gemini-2* apresentou comportamento similar, mas com menor intensidade entre as variáveis. Por fim, uma outra relação moderada no GPT-4 foi o de clímax e ritmo, porém nas demais se repete apenas como fracas o que teria potencial para uma variável subjacente para indicar qualidade da estrutura.

A matriz de correlação de *Spearman* apresentou resultados similares, porém um pouco mais enfáticos, ou seja, seus valores em magnitude eram maiores e portanto mais distantes de zero. Para avaliar a significância estatística do modelo, foi utilizado o valor P, como pode ser visto na Figura 19. Observa-se que o “Ritmo” foi a variável com pior significância, obtendo diversos p-valores acima de 0,05 o que coloca em ameaça a validade de sua avaliação. Porém, os campos mencionados no estudo não incluem as relações com valores acima da significância assumida de 0,05, portanto válidos para análise.

O Sabiá-3 também produziu uma base com menos valores significativos, mas com menos impacto do que *gemini-1.5-flash*. Os valores *p* ruins são a relação (coerência e fidelidade ao personagem; coerência e ritmo). Já no *Gemini-2.0*, há alguns resquícios de invalidações em p-valores e agora com GPT-4.1 não houve nenhum dado invalidado.

Por fim, a máquina vale destacar a Figura 20 que apresenta o gráfico com contagens dos “ids” marcados como o clímax. Devido à nossa implementação de gramática de grafo ser da abordagem da colagem, vide Seção 2.2.3, adotamos como padrão o “id” 0 (zero) sendo a única fonte e o começo da história, enquanto o “id” 1 (um) está sendo o último, e os demais intermediários quanto maior o valor. Então, há uma maior tendência de serem próximos do final da história de apresentarem o clímax, o que é algo desejável. Infelizmente, a exceção vem com *ChatGPT*, com maior incidência no segundo vértice.

Enfim, analisamos a distância de *Mahalanobis* entre os modelos e pudemos constatar que a menor relação é a da relação de *Gemini-1.5-flash* e *GPT-4*.

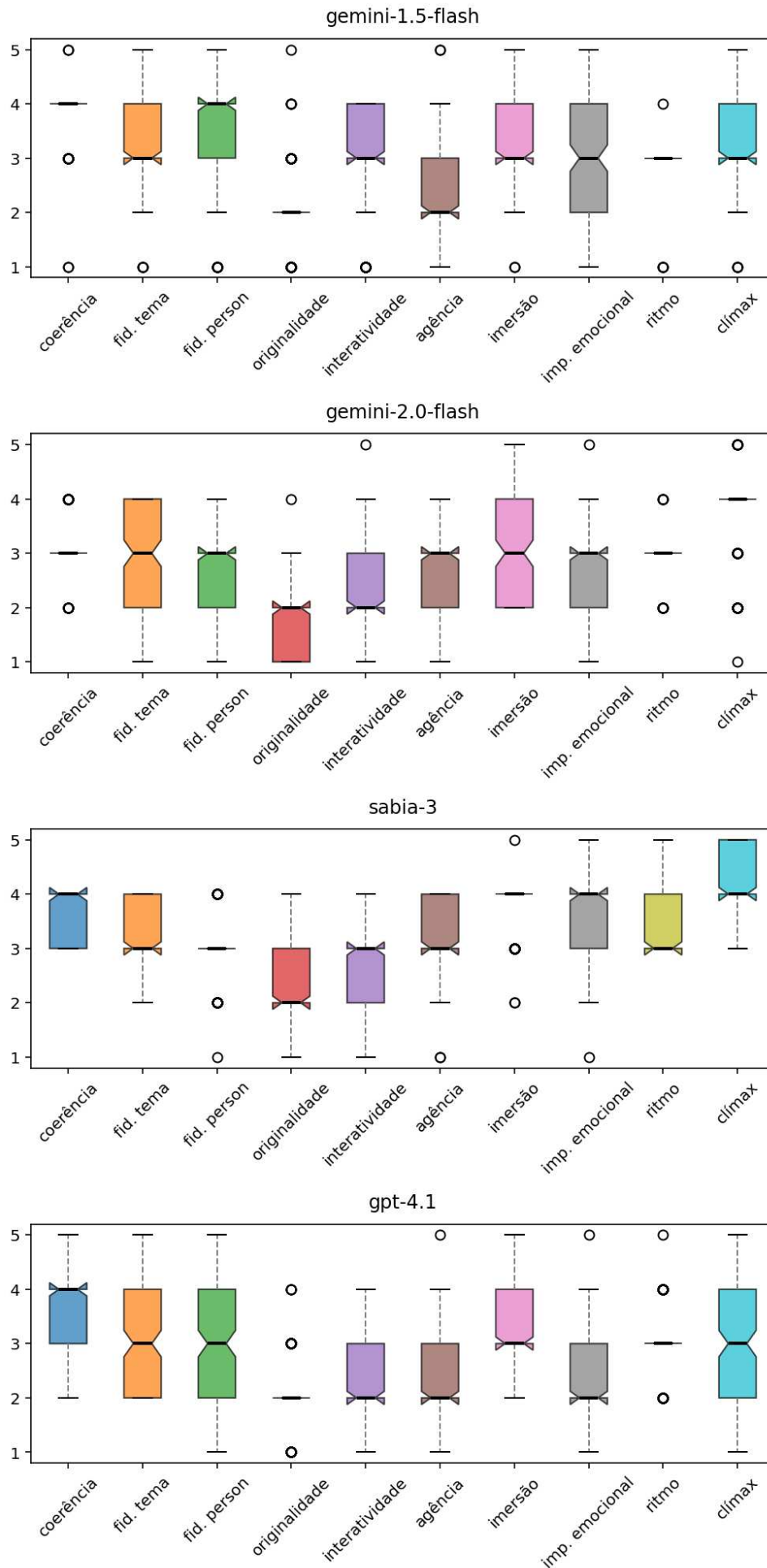


Figura 16 – *Boxplot* comparativo das pontuações atribuídas pelas LLMs listadas.

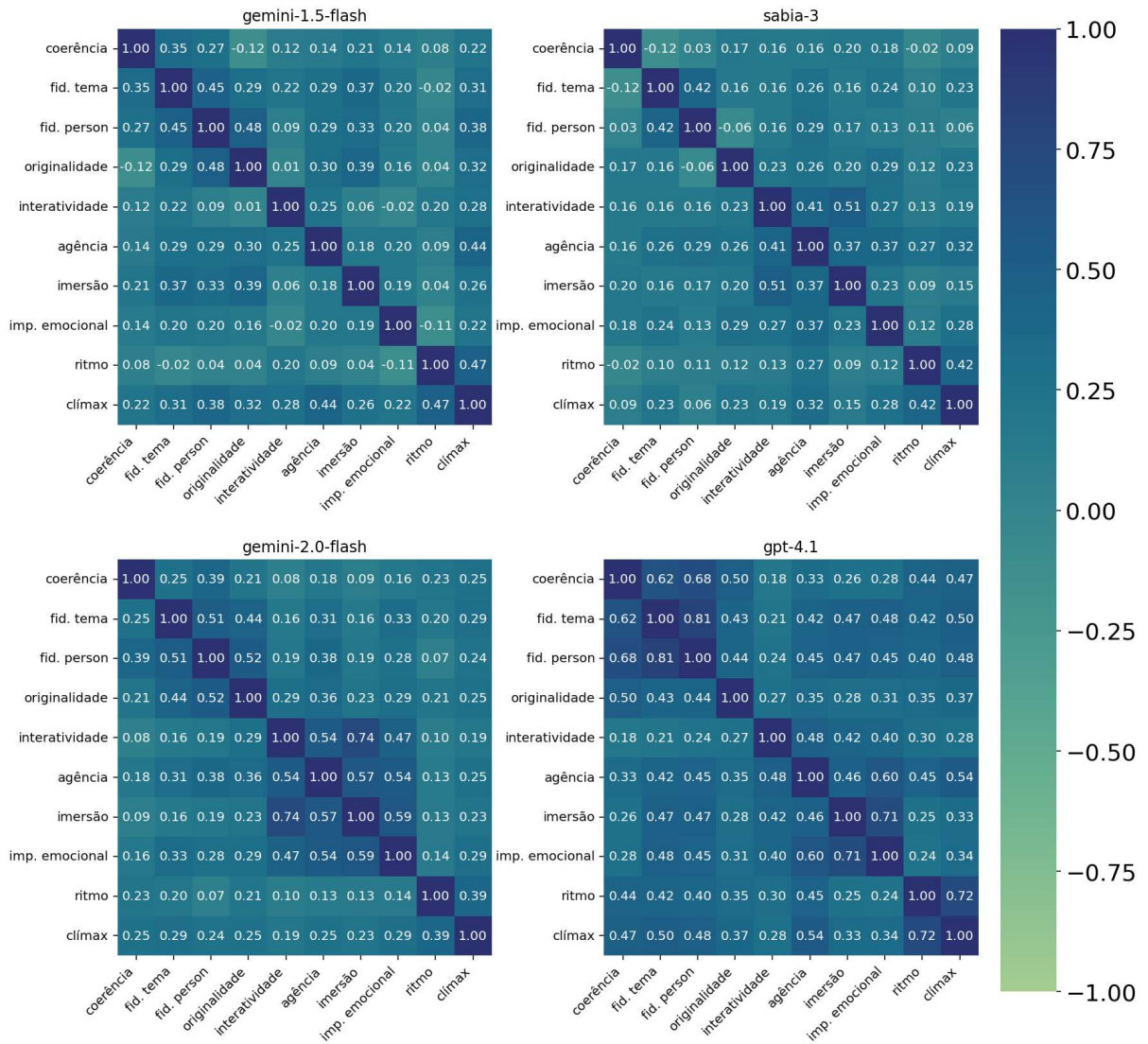


Figura 17 – Matriz de correlação das pontuações atribuídas pelas LLMs listadas.

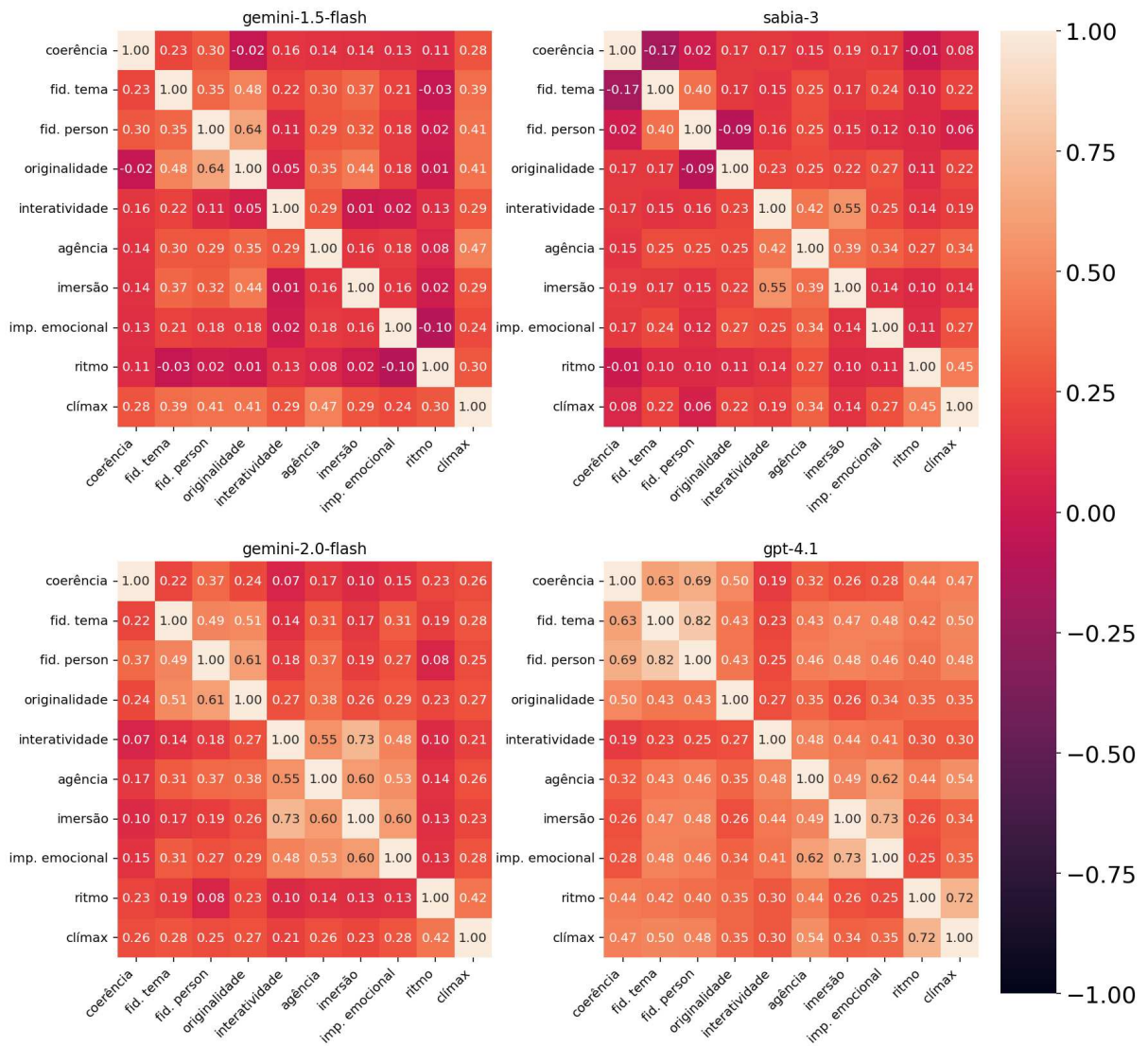


Figura 18 – Matriz de Spearman das pontuações atribuídas por modelos LLM.

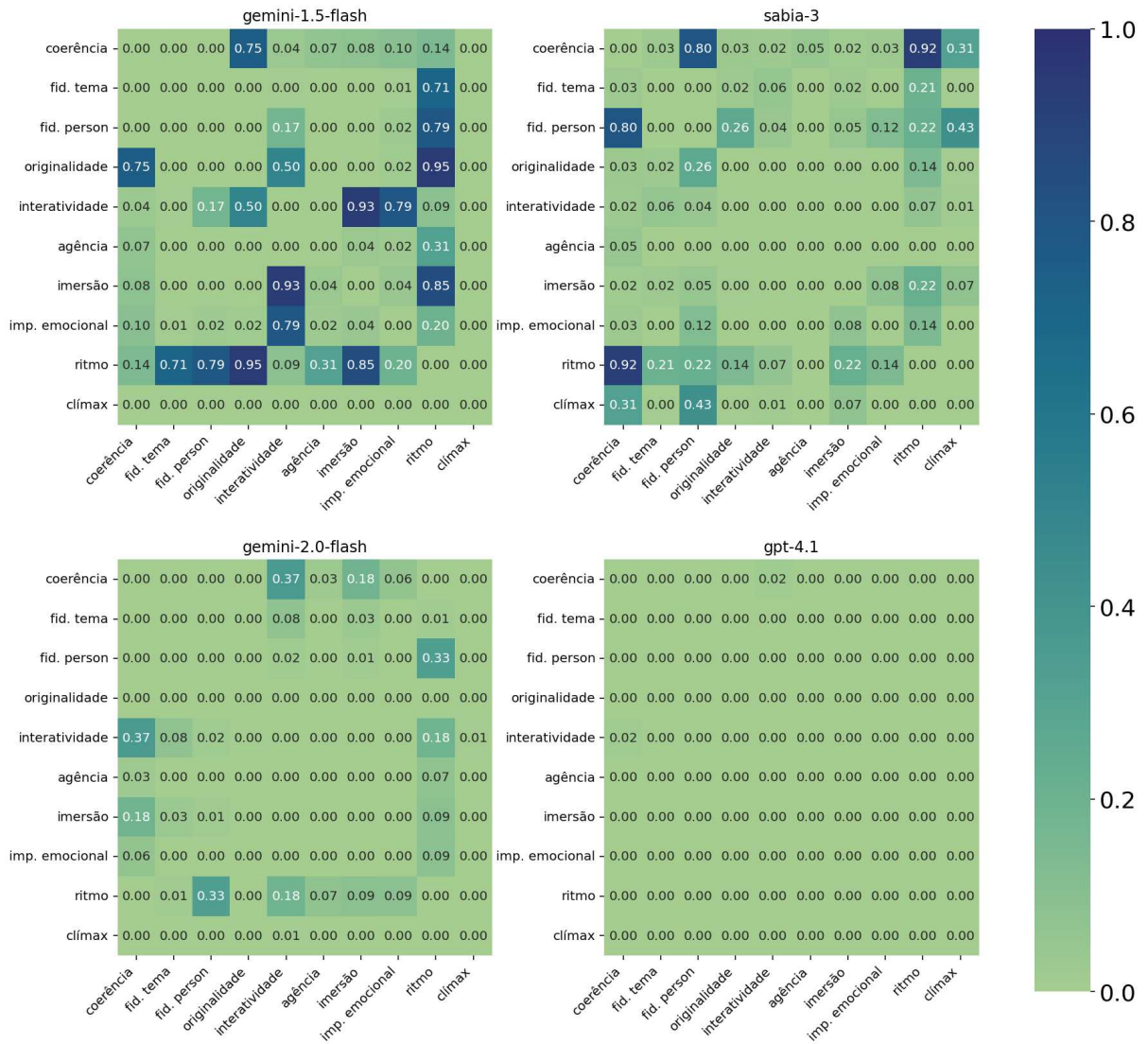


Figura 19 – Matriz de valores P das pontuações atribuídas por modelos LLM.

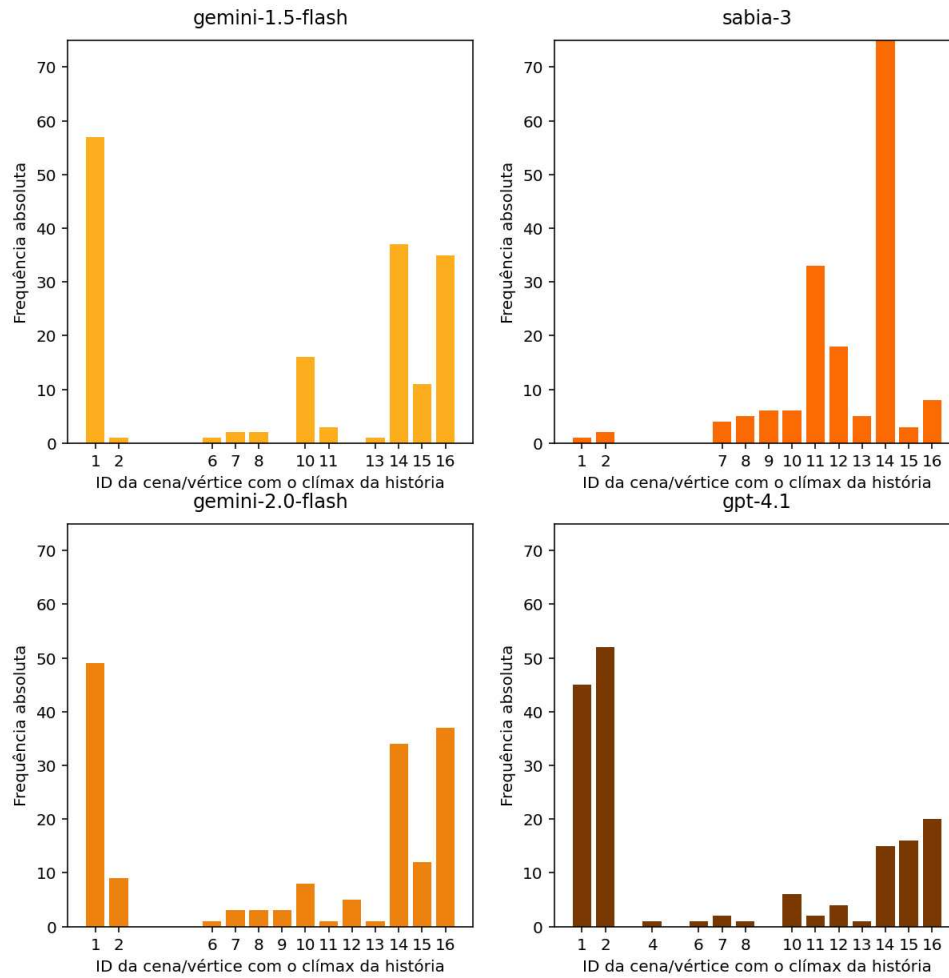


Figura 20 – Gráfico de barras com a contagem de “id” do grafo que apresentaram-se como clímax para o Gemini 1.5. O “id” 0 (zero) é sempre o primeiro o 1 (um) é sempre o último, mas os demais quanto mais alto mais tendem a estarem próximo do final, o id 1.

7 RESULTADOS

Este capítulo aborda tanto elementos da análise de grafos como a aplicação dos algoritmos de ML e generativos. As análises dos grafos, a priori, servem para nortear algumas escolhas de design de grafos. Além disso, permitem ter um vislumbre de outras qualidades estéticas que podem estar relacionadas ao seu contexto. Por fim, há comentários a respeito da saída para o motor RMMV.

7.1 Análise de Grafos

Como os grafos são analisados sob dois conjuntos bem distintos, sua análise é feita separadamente nas Subseções 7.1.1 e 7.1.2. Estas subseções avaliam, respectivamente, aventuras longas extraídas pelo Joby Bednar e as aventuras curtas de 40 nós anotadas manualmente a partir da revista “Só Aventuras”.

7.1.1 Análise dos Grafos Extraídos por Joby Bednar

A análise dos grafos extraídos da base de Joby Bednar revela características estruturais distintas entre as diferentes coleções. Dentre os exemplares examinados, sete pertencem à coleção CYO, enquanto os demais incluem obras variadas do D&D e pelo menos um exemplar da série *Fighting Fantasy* (FF). A série FF é bem prolífica, comparável à série CYO, e foi traduzida para o português nos anos 90 e tem sido relançada em português nos últimos anos, o que possivelmente pode ter levado a uma maior influência em outros títulos.

Na Figura 21, é apresentado o gráfico de barras de quantidades de vértices; a barra azul, que é a maior, corresponde ao total de nós de cada grafo. Cujas maioria dos grafos possui, em média, 100 vértices. Neste gráfico de barras, nota-se a presença de dois *outliers* significativos com 419 e 400 vértices, respectivamente, contrastando com os demais onze grafos que apresentam uma distribuição nodal mais homogênea, com média de 103,45 vértices, com desvio padrão igual a 19,5, variando entre 76 e 140 vértices. Nessa mesma figura, foi colocado sobre o total de nós o menor caminho entre o começo e o fim do jogo, assumindo que o número 1 seja o começo e o número mais alto seja o final. Esta é uma convenção comum e ocorre, por exemplo, no FF e seguimos a marcação do próprio Joby Bednar. O caminho mais curto tem tido uma amplitude bem razoável, variando de 5 até 60 nós no caminho mais curto. Os caminhos mais curtos entre os pontos inicial e final demonstram variação considerável, oscilando entre 16 e 35

nós nas instâncias CYO, enquanto os exemplares maiores mantêm trajetórias entre 27 e 51 nós, indicando que mesmo narrativas extensas podem preservar percursos relativamente diretos até seu desfecho. Narrativas mais curtas são menos desgastantes para o usuário voltar a explorar o jogo novamente. Além disso, na aventura “2 - cyo - *Danger Zones*” não houve marcação de um final bom; existem apenas marcações para finais medianos, chamados de “blaaah” por Bednar.

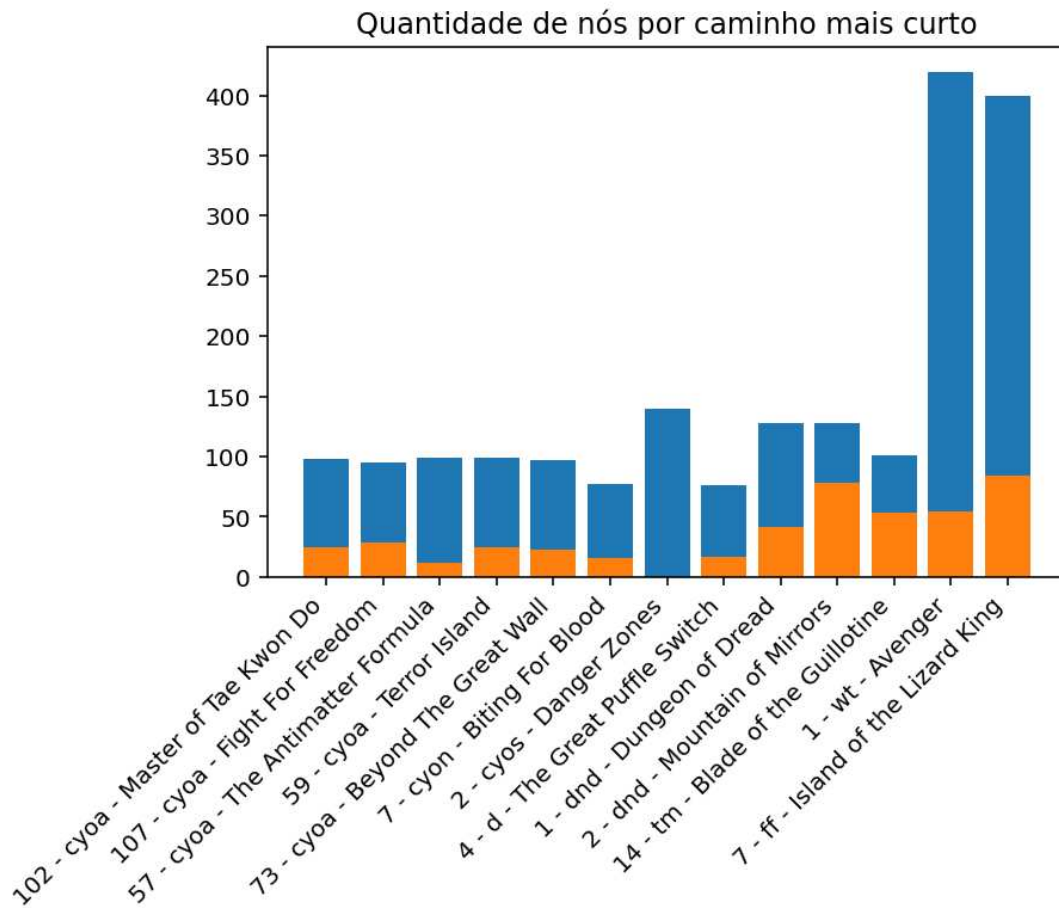


Figura 21 – Gráfico de barras com a quantidade total de nós, em azul, por aventuras e quantidade de nós do caminho mais curto, em laranja.

Como pode ser vista na Figura 22, a quantidade de fontes é praticamente estável, quase todos possuem uma fonte. Os outros três títulos com fontes discrepantes, no caso “1 - dnd - Dungeons of Dread”, “14 - tm - Blade of the Ghilhotine” e “7 - ff - Island of the Lizard King” podem indicar três possibilidades: erro na extração dos grafos, pode ocorrer especialmente se for um puzzle em que se descobre para qual nó através de alguma charada ou enigma; ou o final de alguma cena pode retornar ao começo, ao menos no caso em que há zero fontes; ter mais de uma opção para começar a história como escolher um dentre vários personagens ou algo similar. Apesar dessa estrutura encontrada no grafo, o próprio Bednar marcou seus nós iniciais

para narrativa, normalmente são os de índice mais baixo.

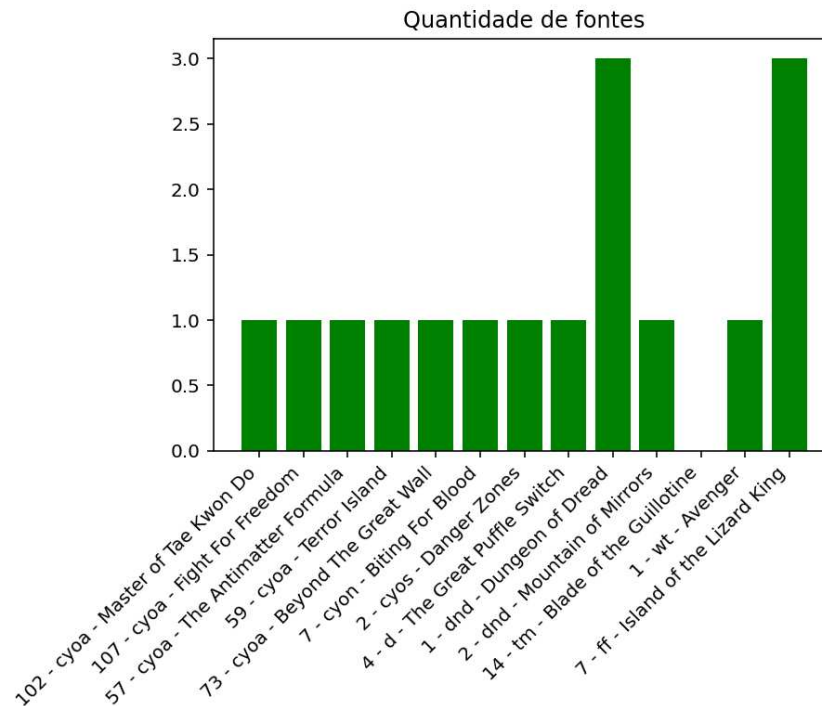


Figura 22 – Gráfico de barras com a quantidade de fontes dos grafos extraídos por Joby Bednar.

Algo comum nestes jogos voltados para múltiplas escolhas é a presença de múltiplos finais, algo que se reflete na contagem de sumidouros na Figura 23. Nesta análise, não foi possível encontrar outras relações fortes da quantidade de sumidouros com outros dados da estrutura, o coeficiente de Pearson obtido com a quantidade de nós foi aproximadamente 0.4, vide Figura 25. As relações de menor caminho esperava-se ter uma correlação forte com a quantidade de nós, contudo, o valor obtido foi uma correlação razoável de 0.61. Isso deve-se ao fato de que o crescimento da quantidade de nós pode não acompanhar proporcionalmente o tamanho médio dos caminhos mínimos, justamente pelo fato de a profundidade ser reduzida ao dividir em mais finais e caminhos paralelos.

Apesar da Figura 23 abordar potenciais finais, e em sua maioria o são, ainda podem ocorrer casos destes sumidouros serem vértices em que o jogador pode continuar caso saiba um código ou similar como um puzzle para continuar. Isto, claro, supondo que a modelagem do grafo ignorou esses casos caso existam na base de grafos analisados. Contudo, uma análise mais segura dos finais das narrativas ainda foi possível pois os nós possuem marcações para os finais bons, medianos e ruins da narrativa. A exemplo de vértices ruins, selecionamos dois fins ruins do “Island of the Lizard King” da série FF, seguem os segmentos de texto abaixo *ipsis litteris*, o primeiro é ruim devido a uma escolha do jogador onde o jogador decide enfrentar um grupo

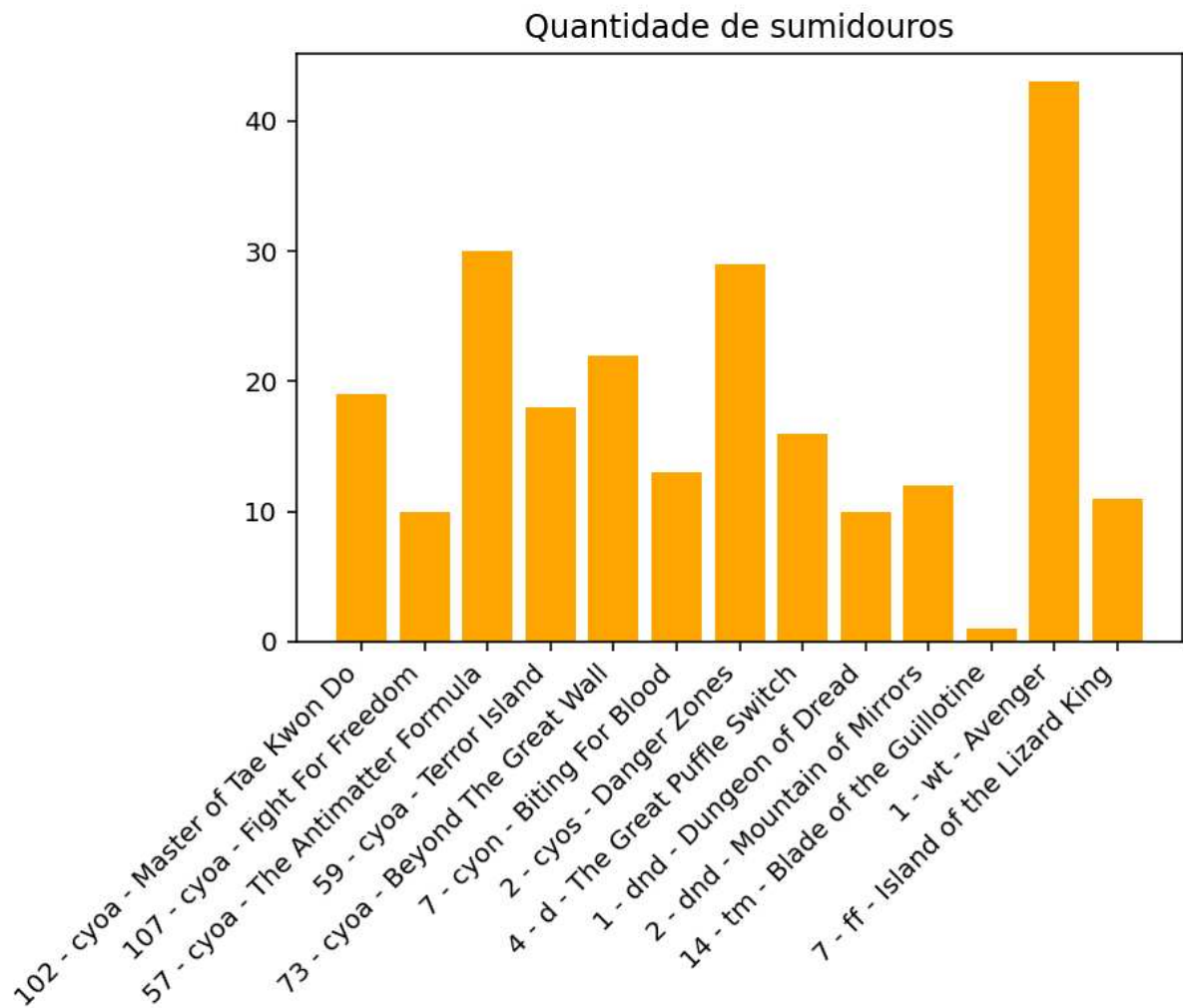


Figura 23 – Gráfico de barras com a quantidade de sumidouros dos grafos extraídos por Joby Bednar.

de “Caçadores de Cabeças” no qual não haviam chances, esse evento pode ser visto na seção a seguir na versão traduzida de 1990, a versão original é de 1986 (LIVINGSTONE, 1990).

302

Quando te preparas para agarrar no pau, um pequeno cão corre em direção a ti e começa a ladrar. Os Caçadores de Cabeças voltam-se e dão guinchos ao ver-te. Agitam as lanças e as mocas no ar e correm em direção a ti. Se desejares lutar com eles, segue para **331**. Se desejares voltar para a selva, passa para **102**.

...

331

Apesar da tua grande capacidade de luta, os Caçadores de Cabeças são em número demasiado. Consegues matar quatro deles antes que uma lança se enter-re nas tuas costas, terminando assim a tua missão.

Além desse final, existem outros 9 finais marcados como ruins, tais como o final no número **313**, precedido por uma falha nas rolagens de dados no teste de SORTE. Muitos finais pre-

maturados podem ser obtidos nestes jogos em combates e estes normalmente não possuem sessões de texto para derrotas, deixando implícito que o jogo deveria ser reiniciado (LIVINGSTONE, 1990).

16

Tiras a mochila dos ombros e enfiá-la no tronco. Introduzes-te lá dentro e ficas imóvel, exausto e a sangrar. Reduz 1 ponto de FORÇA. Momentos mais tarde, sentes os Caçadores de Cabeças a aproximarem-se. Testa a tua sorte. Se tiveres sorte, segue para **380**. Se não tiveres sorte, segue para **313**.

...

313

Para tua infelicidade, o Caçador de Cabeças que segue em último lugar decide ir investigar o tronco onde estás escondido. Introdiz a cabeça na extremidade do tronco e chama alegremente pelos restantes companheiros. Foste apanhado e em breve a tua cabeça fará parte da sua coleção.

Por fim, o único “final bom” marcado no texto “7 - ff - Island of The Lizard King” está abaixo (LIVINGSTONE, 1990). É possível notar que ele não possui uma indicação de um próximo vértice após este e também não possui uma indicação explícita no texto que este é o melhor final possível, portanto Bednar assumiu em sua leitura que este é o final bom. Algo que acontece de praxe na série FF ter o último segmento o final verdadeiro e bom, mas é algo que não se repetiu nos outros livros extraídos por ele.

400

Lanças o desprezível Gonchong da fortaleza abaixo e colocas-te no cimo das muralhas para que os teus homens te vejam. Lá em baixo ergue-se uma aclamação uníssona e tu assistes satisfeito à derrota das tropas desmoralizadas do Rei Lagarto. A batalha terminou e a vitória é tua. Os Gnomos, os Anões e os homens poderão agora regressar às suas casas no continente e as minas de escravos da ilha do Fogo serão encerradas para sempre. Mungo orgulhar-se-ia de ti.

Não foi possível encontrar uma correlação forte entre os múltiplos finais e outras características dos grafos. Em alguns títulos como o “7 - ff - *Island of the Lizard King*”, “1 - wt - *Avenger*” e “14 - tm - *Blade of the Guillotine*” não possuem finais medianos, chamados pelo Bednar de “*Blaah end*”. Como pode ser visto na Figura 24 que, com exceção da “2 - cyo - *Danger Zones*” que não tem um bom final explícito, todos os demais têm ao menos um bom final e cinco deles possuem mais de um bom final. A única obra que não tem finais ruins é a obra “*The Great Puffle Switch*” do “*Club Penguin*” que é um título infantil relativamente mais recente do que os CYO, uma vez que é do ano de 2010. Então, essa quantidade de vértices finais

e suas qualidades pode ser de interesse do designer parametrizar, uma vez que a quantidade e a qualidade dos finais estão diretamente relacionadas com a rejogabilidade (LEBOWITZ; KLUG, 2011).

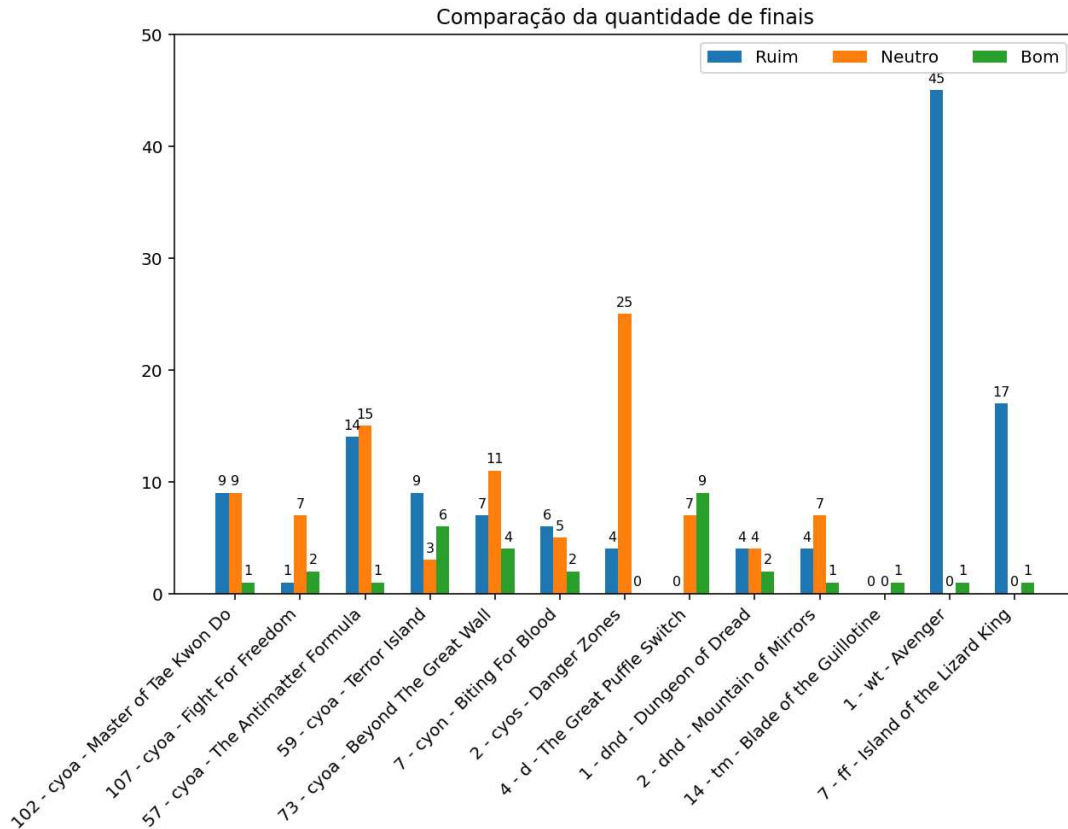


Figura 24 – Gráfico de barras com a quantidade de fins dos grafos extraídos por Joby Bednar.

A matriz de correlações foi analisada entre os atributos desta base na Figura 25. Destaca-se neste gráfico a relação inversa entre nós e densidade com -0.97 , o que nos induz a alegar que os nós não costumam ter um grau alto.

Na Figura 26, há uma complexa relação de contagens de nós que não estão no caminho mais curto entre o vértice inicial e os finais bons do grafo. Como o grafo “2 - cyo - Danger Zones” não tem final bom marcado, não pode ser incluído. O mesmo processo foi feito com outra base de aventuras curtas e existe um exemplo didático no Apêndice F, nas duas Figuras 51 e 50. Os números brancos expostos na Figura 26 apresentam a contagem de nós pertencentes ao subgrafo conectado extraído do menor caminho entre o início e um bom final. Em grafos que só possuem apenas um bom final como “Blade of the Guillotine” há seis subgrafos com tamanhos dentro da coleção $S = [1, 4, 4, 8, 12, 19]$, então em relação ao caminho mais curto só há um desvio com apenas um vértice, outros dois curtos com quatro vértices e três conjuntos com

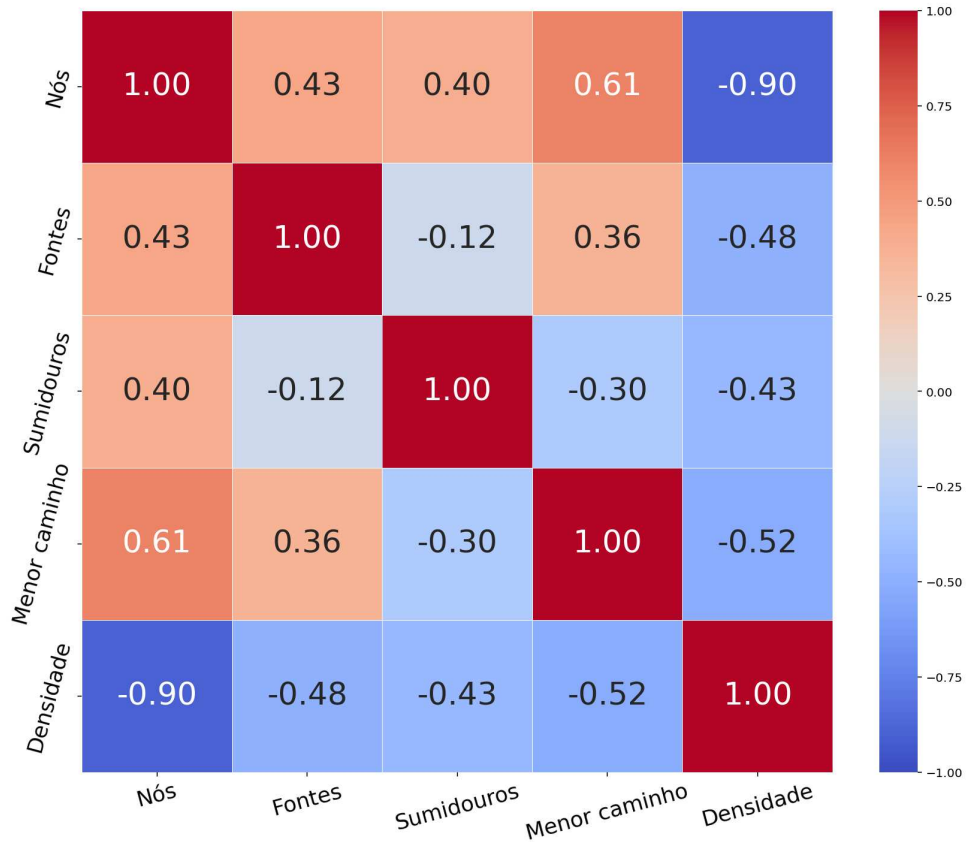


Figura 25 – Matriz de correlação dos grafos Joby Bednar.

quantidades razoáveis, totalizando 48 vértices. Estas contagens não garantem que os subgrafos com 12 vértices em um subconjunto estejam iniciando em um ponto e precisem ser plenamente atravessados para retornar ao menor caminho. Em realidade, eles podem ser caminhos que terminem em outros finais ou impossíveis de serem completamente atravessáveis. O algoritmo que resume esse processo pode ser visto no pseudo-código no Algoritmo 3.

Algoritmo 3: Recortar Subgrafos Adjacentes ao Caminho mais Curto

Input:

- G : Grafo direcionado da aventura, com ao menos uma fonte e um sumidouro
- v_o : Vértice fonte de início do grafo
- v_f : Vértice sumidouro do final bom do grafo

Output: Lista de subgrafos fora de vértices de início e final bom do grafo

$G_{copy} \leftarrow copy(G)$; $mc \leftarrow pathfind(G_{copy}, v_o, v_f)$;

for $v_i \leftarrow mc_1$ **até** mc_n **do**

 | $G_{copy}.remove(v_i)$;

end

$G_{copy} \leftarrow convert_to_undirect(G_{copy})$;

$subgraphs \leftarrow connected_subgraphs(G_{copy})$;

return $subgraphs$;

Apesar de haver diferenças entre as quantidades de nós que estão fora do menor caminho entre os gráficos, quando há mais de um final bom dentro da mesma história a quantidade e o tamanho dos subgrafos fora desses caminhos aparentam conservar uma certa proporção. A exemplo disso, na Figura 26, “*Biting For Blood*” há dois caminhos com 4 subgrafos; atente para as quantidades entre eles $s_1 = [4, 9, 22, 25]$ e é similar $s_2 = [5, 11, 22, 25]$ com distância euclidiana entre s_1 e s_2 igual a 2.24 e coeficiente de Pearson igual a 0.99. Também é possível ver padrão similar entre “*Terror Island*”.

7.1.2 Análise dos Grafos de Aventuras Curtas

Os grafos a seguir são estudos baseados em uma coletânea mais curta que os títulos extraídos do Joby Bednar. Nesta coletânea obtida pelas revistas “*Só Aventuras*”, como descrito na Seção 4.1. Estas aventuras possuem todas as seções de texto numeradas, ou seja, vértices para representação dos grafos. Tal restrição facilita a visualização e comparação destes grafos, mas em análise do fenômeno de criação é restrita devido à pouca quantidade e serem advindos de uma mesma fonte, o que não é um problema, pois não é o objetivo deste trabalho. A intenção desta análise é prover uma base para estabelecer restrições. Todos os grafos gerados para este trabalho são apresentados no Apêndice E, observe que o nó fonte, onde a história começa, foi colocado à esquerda e o sumidouro com o final mais adequado foi colocado à extrema direita e possui sempre o número 40. As arestas do menor caminho entre o nó inicial e final estão destacadas em um tom magenta.

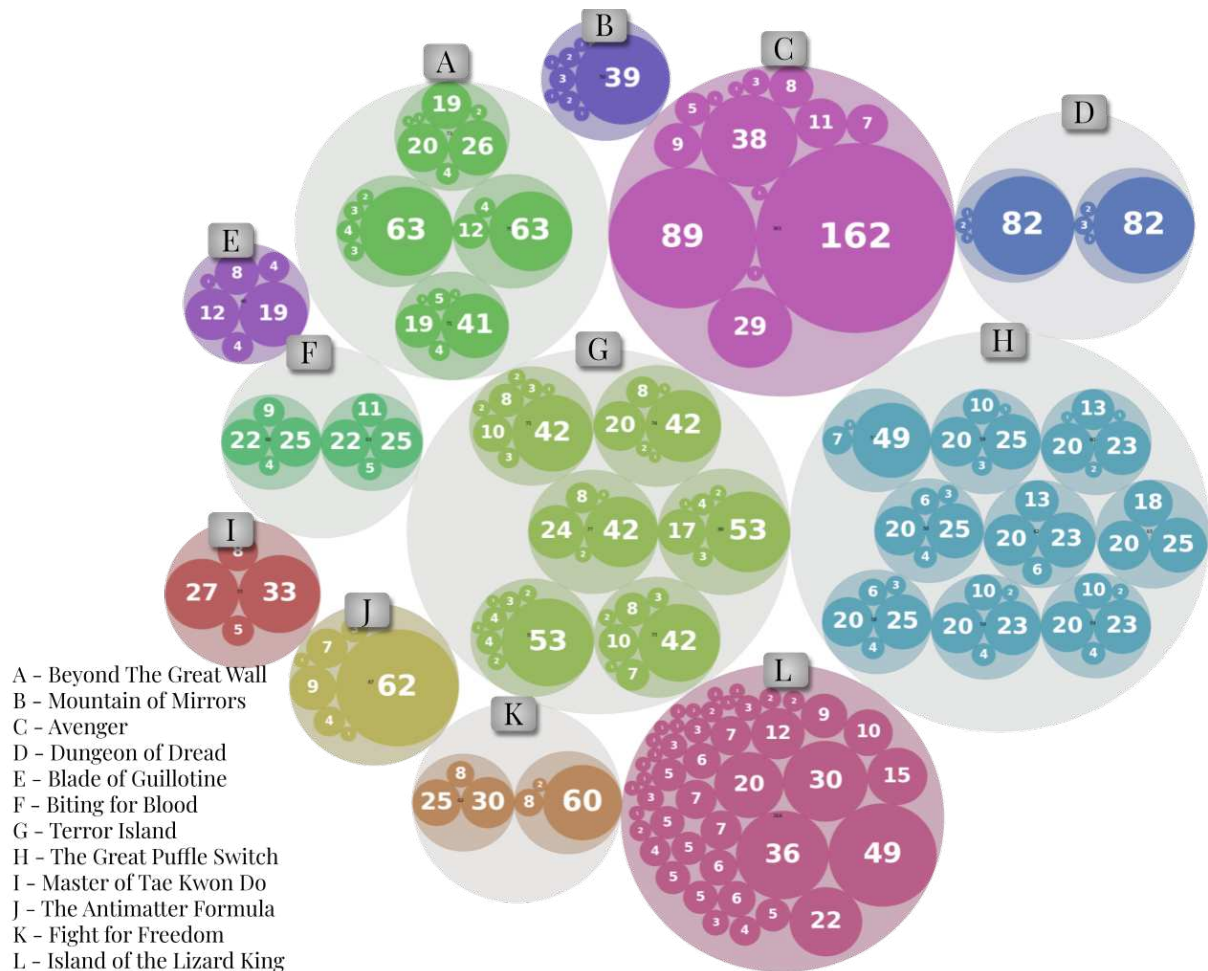


Figura 26 – Contagens de nós fora dos caminhos de menor caminho entre o começo e o bom final.

Todas estas histórias possuem um começo com um nó fonte que inicia a narrativa, mesmo tendo uma aventura dupla no caso “Caçada ao Necromante”, pois estes são grafos distintos. Contudo, dois grafos possuem uma fonte a mais que tratam-se de vértices não ligados diretamente, mas através de enigmas de descoberta de números. Por isso, na Figura 27 é possível observar uma marcação de *outliers* neste atributo. Neste mesmo gráfico, possuem outros atributos analisados em conjuntos, foram dispensadas análises de gráfico de barras como visto na Subseção 7.1.1, pois não há menos diferenças internas observáveis entre diferentes coleções. Pode-se observar, nesta Figura 27, que a quantidade de sumidouros tem uma variação relativamente pequena com valores que variam entre 5 e 10, com mediana igual a 7. Por isso, vemos que seria uma quantidade razoável de finais alternativos para uma história comparada às séries do FF que têm ao menos 400 vértices. Nestas histórias, os autores valorizaram a rejogabilidade e a busca por diferentes desfechos em alguns casos como agência; na obra “Eu, O Monstro” o jogador controla um “garou”, um lobisomem que enfrenta espíritos e forças em relação a terra Gaia.

As escolhas do lobisomem definem como será sua vida posterior, dentre as escolhas, existem algumas indiscutivelmente trágicas, mas outras envolvem a relação da sua vida e não são ruins. Por isso, além do conflito em busca do melhor final, o jogador pode buscar um final alternativo que o agrada. Nesse contexto, ao compararmos com as aventuras mais longas, a proporção de sumidouros das aventuras curtas tende a ser mais alta que a das aventuras longas vista na Figura 23.

Apesar da variação menor de sumidouros, a variação do menor caminho, como visto na Figura 27 é relativamente considerável e possui alguns dos menores caminhos ainda longos com 18 vértices, o que seria 45% dos grafos curtos. Enquanto nos grafos extraídos por Joby Bednar, ainda teriam 3 grafos da série CYO com caminhos ainda mais curtos e os demais com uma diferença pequena. Na outra coleção, outros títulos possuem caminhos longos, com até 84 vértices. Talvez este controle da quantidade de vértices esteja atrelado à existência de mecânicas mais complexas, como combates e testes de habilidades, além de provavelmente serem voltados para um público juvenil mais distante do infantil da coleção CYO. Neste quesito, podemos afirmar que, dentre as aventuras curtas de terror, teoricamente, seriam voltadas para o público adulto ou, ao mínimo, juvenil.

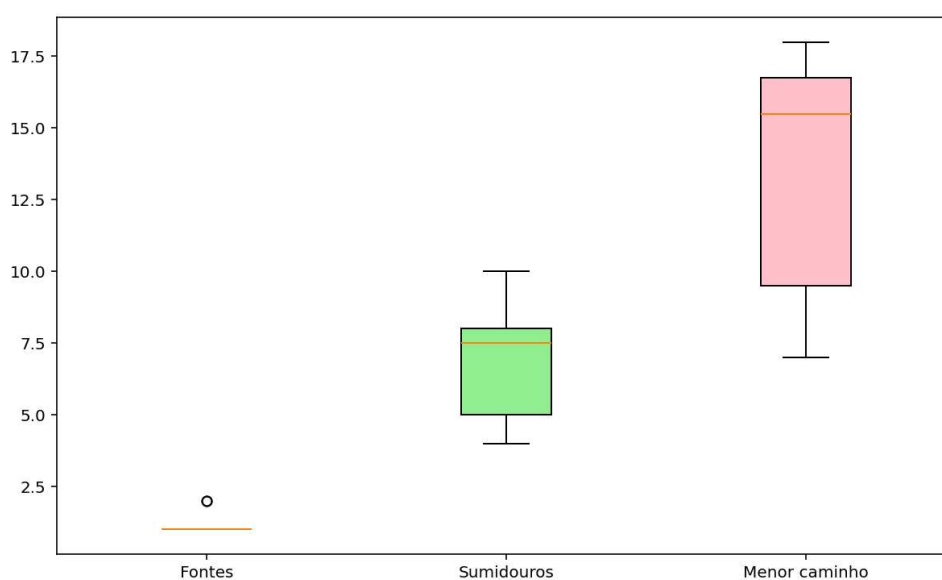


Figura 27 – *Boxplot* com atributos dos grafos de aventuras curtas extraídas das revistas “Primeira Aventura”, vol. 6, 7 e 8.

A densidade média desses grafos curtos, entre 0,005 até 0,035, supera significativamente a observada nos grafos de Bednar que estão com média próxima a 0,01, refletindo maior conectividade nodal. A proporção do caminho mínimo em relação ao total de nós varia

entre 22,5% e 45%, sugerindo que aproximadamente um quarto a metade das decisões levam diretamente ao clímax narrativo. Esses padrões estruturais revelam estratégias distintas de design: enquanto os grafos curtos privilegiam densidade e múltiplos desfechos, os longos apresentam maior variação na progressão narrativa, com ramificações controladas que mantêm a coerência da experiência interativa. A densidade obtida pelas aventuras curtas é bem mais alta que a das aventuras longas, então preservaram a correlação obtida na Figura 25, bem como na distribuição da Figura 28, onde quanto maior a quantidade de vértices, menor é a densidade.

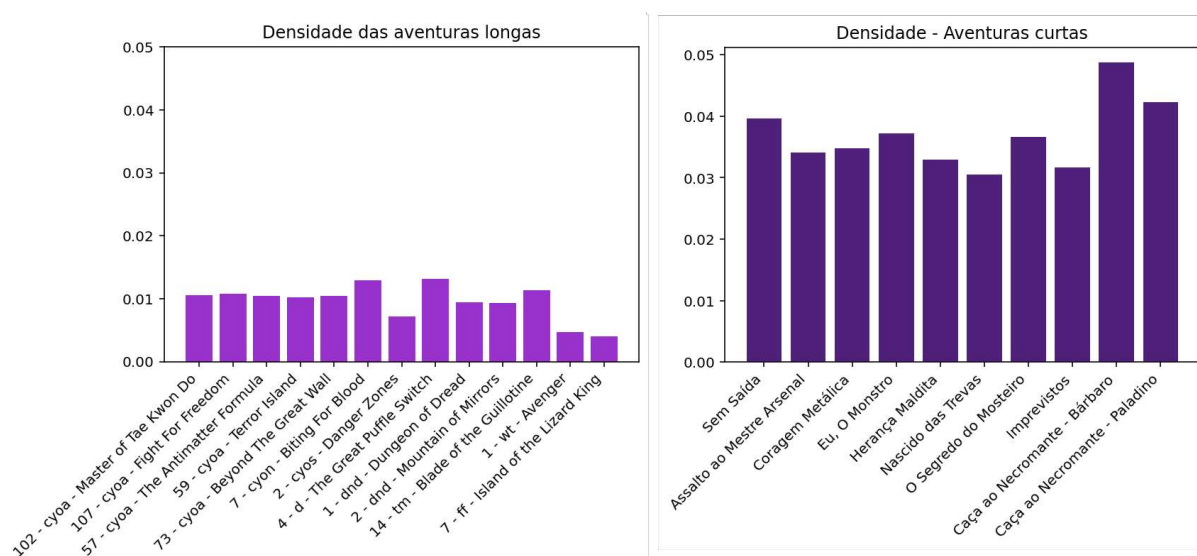


Figura 28 – Densidades dos grafos das duas coleções a primeira referente a aventuras longas e a segunda à aventuras curtas.

A matriz de correlação da Figura 29 referente às aventuras curtas não possui o atributo quantidades de nós (nomeado “Nós”) devido ao fato destes não apresentarem variação dentre deste conjunto. Além disso, pode-se observar algumas mudanças nas correlações em relação à matriz da Figura 25, a mais relevante certamente são os coeficientes de Pearson relativamente baixos, com -0.85 entre o menor caminho e a densidade, uma relação esperada para garantir o maior caminho e que pode indicar uma presença menor de pequenas ramificações, já que o recurso destes desvios é bem mais modesto em grafos pequenos. De forma similar, a relação pode ser vista entre sumidouros e densidade, com valor de -0.73 acentuando o valor de -0.52 em relação a base do Joby Bednar.

Por fim, também foi realizado o recorte do grafo ao redor do menor caminho e ele é representado nos gráficos de barras na Figura 30. Devido ao tamanho destes grafos serem menores, esses recortes formam menos subgrafos do que os comparados na Figura 26. Como já visto na Figura 29, caminhos mais longos podem indicar menores densidades, em casos dos

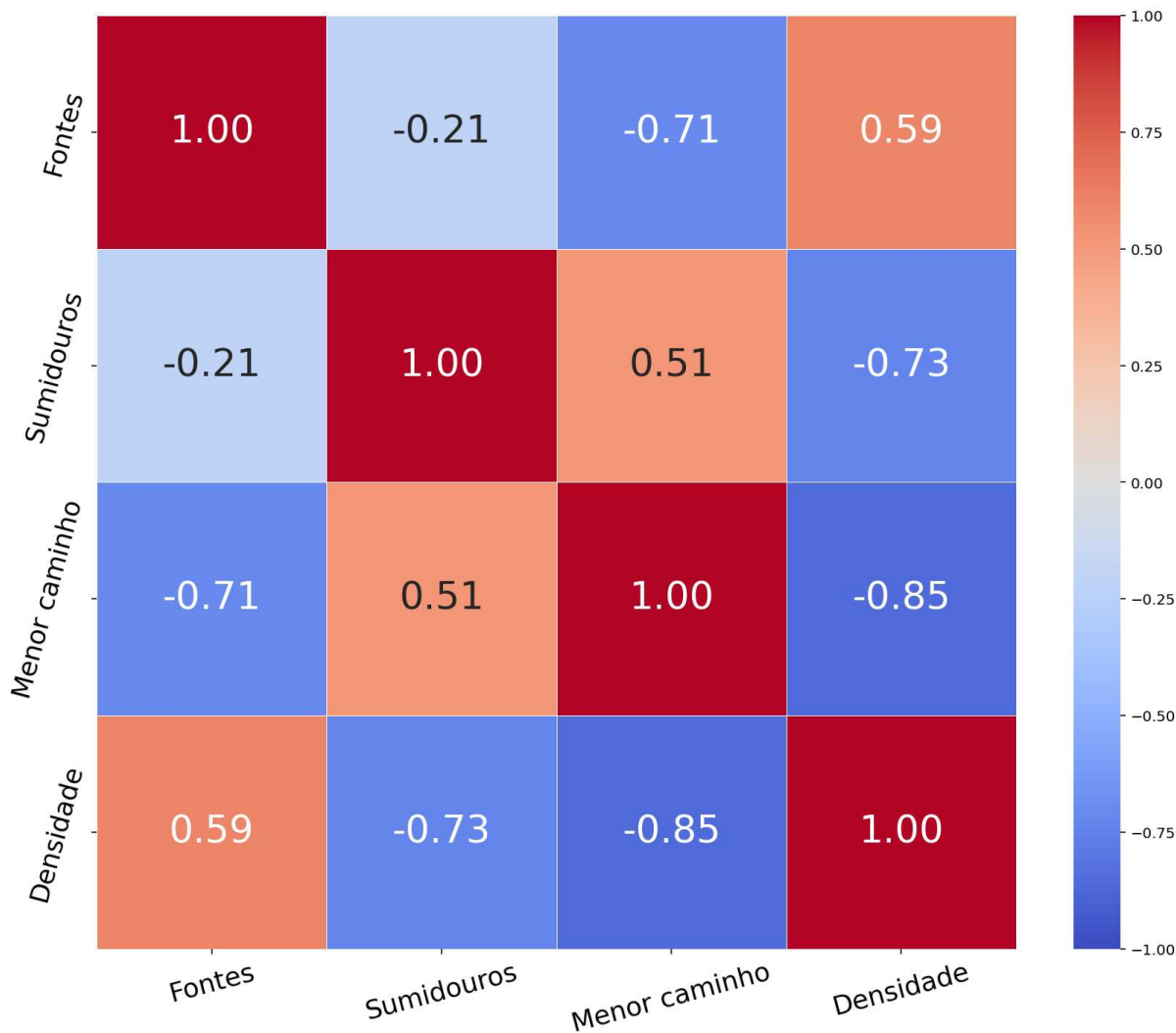


Figura 29 – Matriz de correlação das métricas extraídas das aventuras curtas das revistas “Só Aventuras”, listadas na Tabela 2.

dois serem altos. Além disso, adotamos nestes grafos uma visão do melhor final ser o único “bom final”, portanto, por padrão, o começo está no vértice “0”, referente ao texto inicial não numerado que sempre precede ao trecho “1” e ao vértice final de numeração igual a “40”. Vale ressaltar que estas obras, apesar de estarem relacionadas a outros RPG, tanto da época quanto a outros futuros, uma vez que parte deste material iria compor outros cenários e RPGs como Tormenta RPG, *U.F.O Team* para 3D&T ou adaptações na época para o sistema GURPS. Apesar disso, essa coleção não possui um sistema de regras com rolagens, o que restringe o aspecto do *design* mas reforça o aspecto narrativo.

Outro elemento que podemos verificar nos grafos é uma boa pluralidade de estruturas e formas de percorrer tais grafos. Há aqueles que possuem múltiplas escolhas com ramificações pequenas que pouco impõem riscos ao final, bom como a “Coragem Metálica” e “Assalto ao Mestre Arsenal”, como pode ser visto nas Figuras 30, 42 e 41. Enquanto há outros grafos com

poucos desvios pequenos em relação ao caminho mais curto como a “Caça ao Necromante - Bárbaro”, no Apêndice E, Figura 48, que possui apenas dois subgrafos um com um nó e outro com 33 nós, ou seja, o caminho mais curto tem 7 nós contando com o nó zero. Apesar disso, não devemos encarar tais subgrafos necessariamente como isolados em ponta de entrada e saída ou como estruturas isoladas. Porque muitas vezes um subgrafo grande possui várias entradas e saídas possíveis para diversos vértices dentro do caminho mais curto entre começo e fim. A exemplo disso, temos na Figura 50, no Apêndice F, no qual o maior subgrafo do “Nascido das Trevas” possui 15 vértices e tem duas entradas diferentes (nos vértices $1 \rightarrow 30$ e $25 \rightarrow 9$) e duas saídas para o caminho mais curto (em $32 \rightarrow 5$ e $33 \rightarrow 20$). Vale destacar que estes grafos possuem algumas estruturas como laços e que alguns subgrafos se comportam de forma similar a um grafo referente a certos nós, por exemplo, no Apêndice E há o grafo “Caça ao Necromante - Paladino” há vários subgrafos que retornam exclusivamente para o mesmo vértice, como no conjunto $\{22 \rightarrow 8, 8 \rightarrow 37, 8 \rightarrow 16, 16 \rightarrow 22, 37 \rightarrow 22\}$ e o subgrafo no conjunto $\{6 \rightarrow 27, 27 \rightarrow 34, 27 \rightarrow 17, 17 \rightarrow 6, 17 \rightarrow 34\}$.

Enfim, existe uma pluralidade razoável de estruturas e formações, incluindo mesmo que raramente laços, variações razoáveis de múltiplos finais que possuem uma forte relação com outros fatores extrínsecos à narrativa. Tais fatores aparecem como provavelmente o público, como a inexistência de finais ruins para histórias infantis ou a mídia nos casos em que revistas têm maior limitação de quantidade de texto do que os livros. Ademais, vale ressaltar que, apesar da citação direta de alguns trechos dessas obras neste capítulo, tais fragmentos servem apenas com finalidade de elucidar as demais estruturas e afirmações a respeito do texto. Portanto, as observações são fruto de especulações a partir de uma visão geral do texto do gênero e não são analisadas e nem processadas, assim como nem mesmo os grafos dos autores entram nessa estrutura.

7.2 Análise do Modelo Gerador de Grafos

Nesta seção será abordado o modelo GrG ponderado pelo GA, focando nos seus resultados. Os modelos de GrG são explicados no Capítulo 5. Portanto, aqui avaliamos a execução do GA em vista da pontuação esperada pela função de *fitness*. Por isso, na Subseção 7.2.1, olhamos para o comportamento de aprendizagem com pesos com distribuição uniformemente variada a fim de compreender a contribuição do GA, isso permitirá salientar os resultados da Subseção 7.2.2. Vale lembrar que tal modelo foi aplicado em 2 etapas: uma com muitas RH e

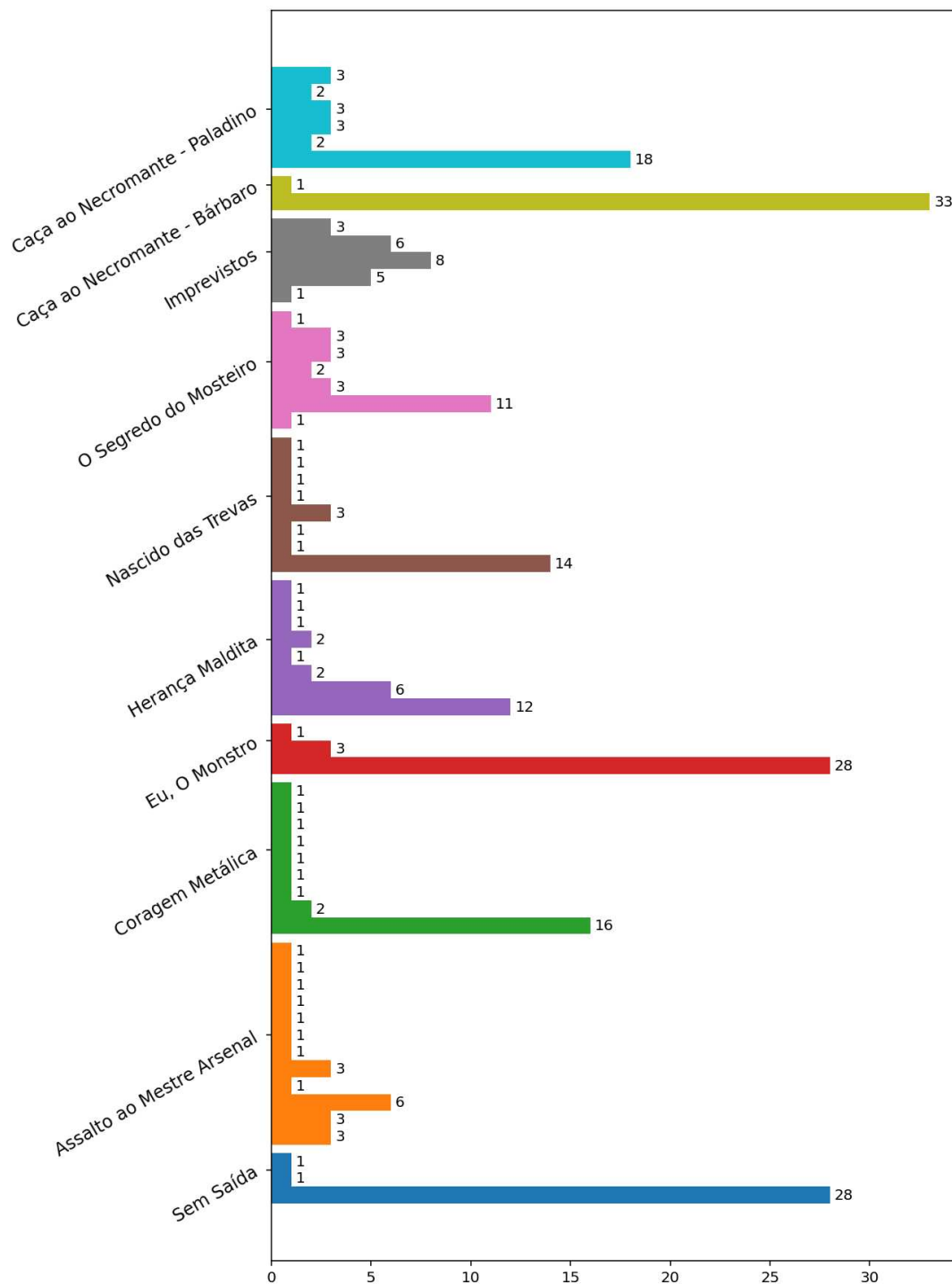


Figura 30 – Contagem do tamanho dos subgrafos recortados ao redor do caminho mais curto.

LH. Na aplicação do GA, buscamos controlar determinadas propriedades observadas nos grafos das aventuras curtas, como discutido na Seção 7.1 e em especial nos grafos menores da Subseção 7.1.2.

7.2.1 Pré-análise do Modelo Gerador de Grafos com Valores Aleatórios

Nesta subsecção será discutido o desempenho da gramática generativa modelada sem o uso de variações dos seus pesos. Como não há um valor esperado para a função *fitness* claro, estimamos este valor dada a geração de uma gramática 10,000 vezes. Para este experimento, os pesos são estabelecidos com um valor constante igual a 1, ou seja, com probabilidade uniforme de aplicações de RH válidos para cada LH identificado. As pontuações obtidas para a função de *fitness* para tais probabilidades podem ser vistas na Figura 31 tanto para aplicação da gramática G_1 tanto para G_2 . Destaca-se que a G_2 é aplicada apenas sob o melhor o caso de G_1 e aplicada a gramática G_2 .

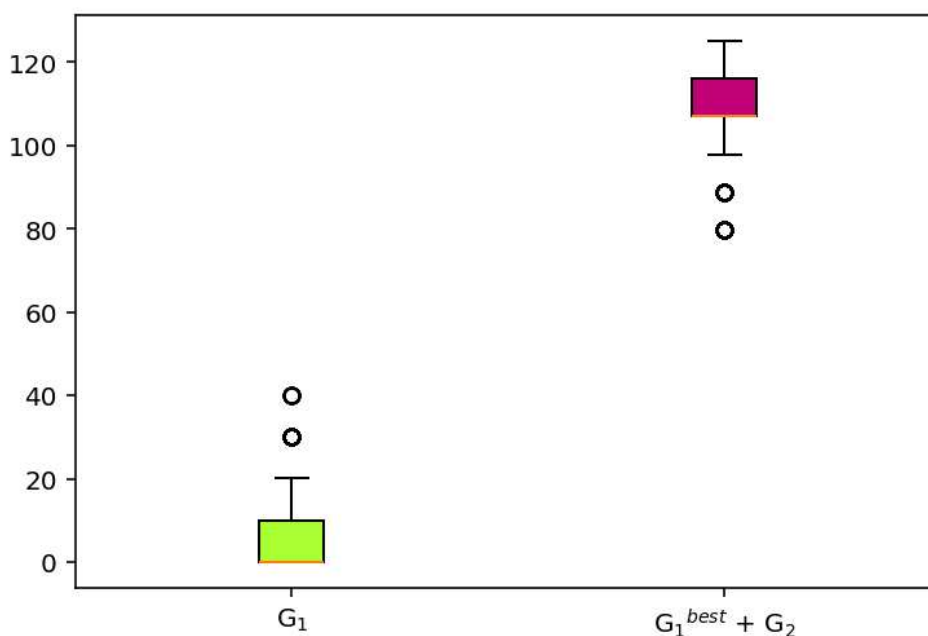


Figura 31 – Função de valor esperado para o *fitness* ao longo de 10.000 gerações para dois GrG aplicados com pesos iguais 1. O peso máximo é o de 150 para os dois casos G_1 e G_2 .

Na Figura 31, a G_1 obteve em sua maioria das pontuações algo próximo de zero, como pode ser visto que sua mediana e quartil inferior são iguais a zero. Contudo, o quartil superior alcançou cerca de 10 pontos, do máximo que é 150 pontos, e alguns *outliers* ultrapassaram 40 pontos. Já em G_2 , observa-se que os valores foram com medianas próximas de 110, o que demonstra um aumento considerável do melhor caso que foi um pouco acima de 40.

Como será visto na Subsecção 7.2.2, nos dois casos há melhoria nos pontos de quase 100 pontos para mediana 0, em G_1 . Porém, no caso de G_2 a melhoria em relação ao aleatório é de cerca de 40 pontos para o melhor resultado.

7.2.2 *Análise do Modelo Gerador de Grafos com Otimização dos Algoritmos Genéticos*

O experimento durou em sua primeira etapa cerca de uma hora e vinte minutos. Esse valor ocorre com o experimento sob a configuração de avaliação das gramáticas gerando 5 grafos para cada avaliação dentro da GA. Os grafos gerados devem atender a critérios como: estar dentro de um intervalo de **quantidade** de nós, um **comprimento** adequado do caminho mais curto e se aproximar de uma **densidade**. Desta forma esperamos um nível mínimo para serem criados, com qualidades que garantam uma estrutura que lembre parte ou os grafos do Apêndice E. A exceção de nossa reprodução é a inexistência de arestas bidirecionais, que possuem arestas nos dois sentidos ou vértices ligados por duas arestas em dois sentidos. Algumas outras propriedades são evitáveis por meio dos símbolos confeccionados, como a unicidade do vértice do tipo fonte que representa o começo da narrativa. Os símbolos, ou subgrafos, das gramáticas estão nos Apêndices C e D, respectivamente, as regras de formação ou produção LH e RH da primeira etapa.

Voltando para avaliação do GA, as gramáticas são avaliadas pela pontuação total obtida por um conjunto de grafos gerados. Como são três restrições assumidas: quantidade, comprimento e caminho, cada uma possui peso igual a 10. Portanto, cada grafo pode assumir pontuação dentro do intervalo de 0 a 30 pontos e, como cada gramática produz 5 grafos, então cada gramática possui pontuação dentro do intervalo de 0 a 150 pontos. Quanto maior a pontuação, melhor o desempenho da gramática.

Dividimos a etapa de formação em duas, ou seja, há duas gramáticas distintas para serem aplicadas. O segundo modelo aplicado segue a estrutura similar utilizando GA e GrG em conjunto, sua principal mudança está nas regras da gramática, possuindo um conjunto de regras mais enxutas e com mais nós-terminais e com baixa ou sem possibilidade para nós não-terminais.

A Figura 32 demonstra que a pontuação mais alta obtida nessa fase foi de aproximadamente 110 pontos. Em seguida, aplicou-se um segundo modelo de gramática de grafos (GrG), de complexidade reduzida, que teve como objetivo refinar os grafos produzidos anteriormente, utilizando regras de LH e RH mais específicas, sem a presença de nós não-terminais em RH. Com a inclusão de uma regra adicional para controle de nós não-terminais, o segundo modelo foi capaz de produzir grafos melhores, elevando a pontuação final para valores próximos ao máximo, 150 pontos. Entre as restrições aplicadas, o controle da densidade revelou-se o mais eficaz, enquanto a limitação do tamanho dos grafos mostrou-se pouco funcional, e o critério do caminho mais curto teve desempenho razoável.

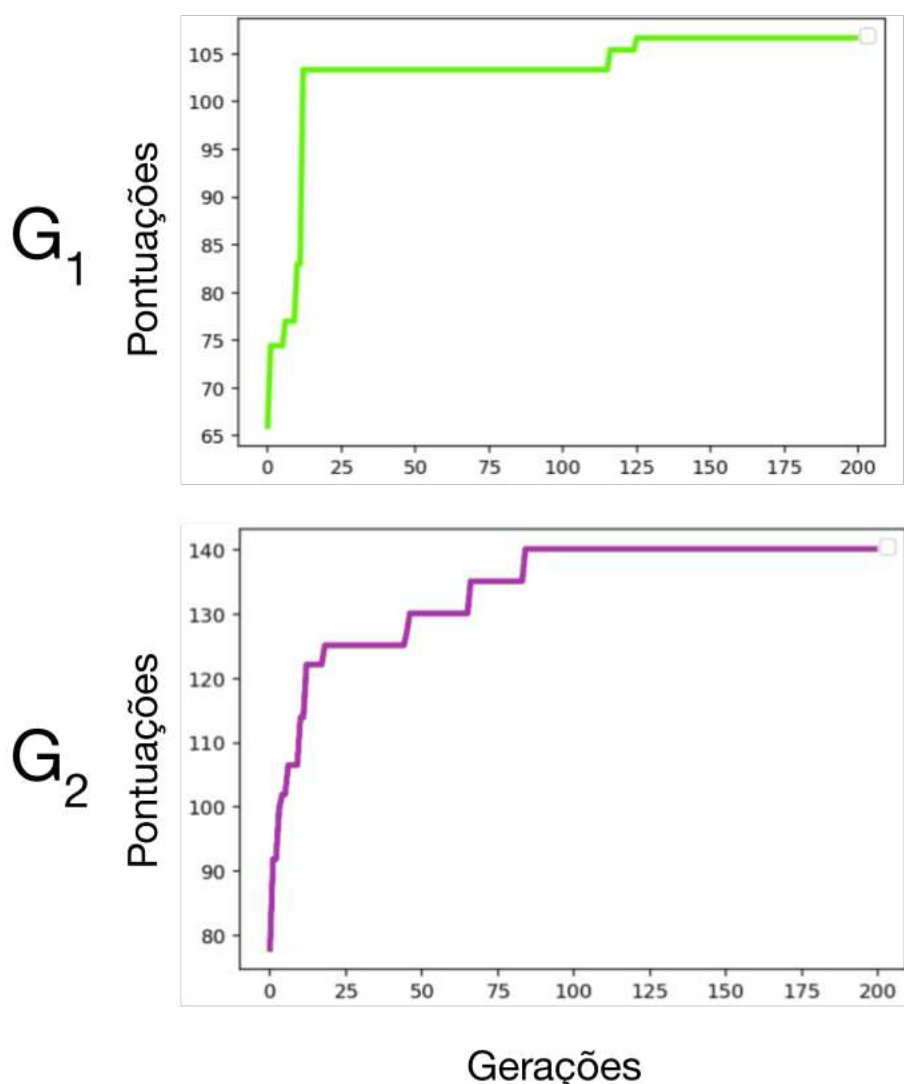


Figura 32 – Função de *fitness* ao longo de 200 gerações para dois GrG aplicados.

Não obstante, disponibilizou-se para análise dos pares uma adaptação reduzida, acessível através do endereço do projeto base com uma história¹, derivada do conto “Three Apples” contido na obra “The Book of the Thousand Nights and a Night” (Volume I)². Mas geramos outros dois exemplos com um conjunto de aventuras baseados na dos irmãos Grimm, a primeira versão é chamada de **GG + GA**³ e uma versão refinada pelo próprio Gemini, porém não avaliada em que foi pedido para gerar um texto mais saboroso a posteriori **GG + GA plus text**⁴.

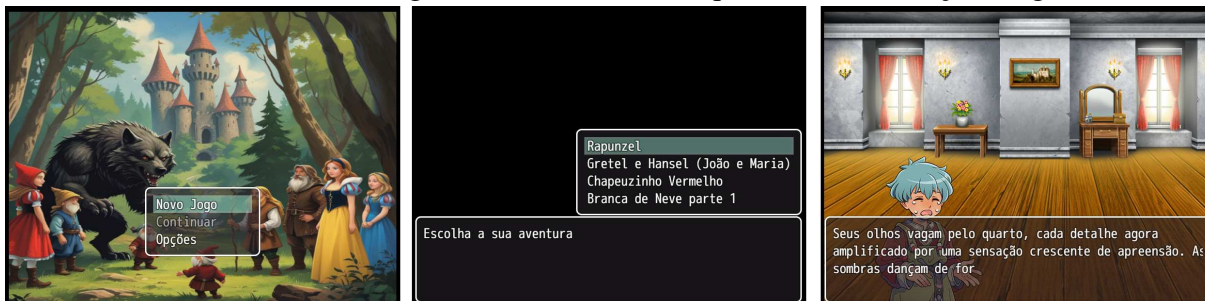
¹ <https://tutushin.itch.io/sbgames-2025-anonymous>. Acesso em 30 de jul. de 2025.

² <https://www.gutenberg.org/ebooks/3435>. Acesso em 30 de jul. de 2025.

³ <https://tushin.itch.io/gg-ga>

⁴ <https://tushin.itch.io/gg-ga-plus-text>. Acesso em 30 de jul. de 2025.

Figura 33 – Jogo de exemplo gerado pelo projeto, ele apresentou 3 telas sendo que a primeira tem uma capa com imagem de fundo pré-definida, a segunda tela com a escolha para jogar e o jogo em si com com texto gerado pela IA, com imagem selecionada pela IA e com uma navegabilidade na história equivalente a definição no grafo.



Fonte: O autor.

7.3 Limitações

Há estruturas de grafos incompatíveis, no algoritmo aplicado, devido ao algoritmo de busca de subgrafos entre os grafos $lh_i \in RH$ isomorfos. Principais exemplos disso são estruturas com arestas bidirecionais e laços. Há também restrições pela variedade de símbolos; não é possível operar uma gramática com todas as variedades de grafos. Se considerar grafos com n vértices, ele poderia possuir 2^{n^2} combinações, assumindo que não há pesos nas arestas. Por isso, investigar a natureza dos grafos direcionais em relação à representação para IS em jogos pode revelar restrições que otimizem o modelo de geração.

Os estudos estruturados de *quests* foram mais populares até o começo dos anos 2010; todavia, seu retorno com o uso de LLM em 2020 ainda carece de análises qualitativas e quantitativas. Novos modelos estão sendo lançados com alta frequência; em parte, isso ocorre devido ao grande interesse comercial nas redes generativas. Apesar disso, existem poucos jogos que utilizem tais redes de forma online, devido ao alto custo de processamento.

7.4 Publicações

Esta tese está relacionada direta e indiretamente com um conjunto de publicações. As publicações como primeiro autor, que estudam separadamente elementos de narrativa e design, PCG com gramáticas generativas e algoritmos genéticos, são vistas na Tabela 6. Vale ressaltar que ainda há outras publicações almeçadas para este trabalho e até o momento da escrita desta tese, há ao menos um trabalho submetido em avaliação.

Na Tabela 7, existem mais alguns trabalhos em que o autor da tese colaborou ou orientou, os quais são relacionados à pesquisa da tese.

Tabela 6 – Artigos já publicados como primeiro autor durante a produção da tese.

Título	Ano	Qualis	Veículo	Tipo	Resumo
Generating Rooms using Generative Grammars and Genetic Algorithms	2022	B2	SBGames	Congresso	PCG, Gramática, GA
RPG Creature Design: Cross-System Analysis and Conversion	2023	B2	SBGames	Congresso	Conversão de Criaturas
Harnessing generative grammars and genetic algorithms for immersive 2D maps	2023	A3	Entertainment Computing	Revista	PCG, Gramática, GA
Managing and controlling digital role-playing game elements: A current state of affairs.	2024	A3	Entertainment Computing	Revista	Revisão da literatura

Tabela 7 – Artigos já publicados como coautor que possuem relação com a tese.

Título	Ano	Qualis	Veículo	Tipo	Resumo
Simplificando o Balanceamento de Atributos em Jogos do Gênero RPG	2020	B2	SBGames	Congresso	GA, PCG, RPG
A Natural Language Text to Role-Playing Game Animation Generator	2024	B3	PROPOR	Congresso	NL, PCG, animação
Creating Tabletop RPG Dialogues via Retrieval-Augmented Generation	2025	B2	SBGames	Congresso	LLM, PCG, RPG

8 CONCLUSÕES

Esta tese apresenta uma síntese dos trabalhos desenvolvidos ao longo do doutorado, os quais investigam a interseção entre as áreas de RPG e PCG. O principal objetivo da pesquisa foi explorar um conjunto de técnicas de PCG aplicadas a IS, no contexto de jogos do gênero RPG, a partir do problema central de adaptação de obras textuais para esse tipo de jogo. A seguir, são detalhadas as contribuições relacionadas a cada objetivo específico da pesquisa.

8.1 Acerca do Objetivo Específico 1

O primeiro objetivo específico desta tese foi “*Analisar estruturas de narrativas não-lineares em jogos de RPG*”. Tal análise buscou não apenas identificar *insights* e princípios de *design*, mas também estabelecer diretrizes mínimas mensuráveis para a modelagem de gramáticas generativas aplicáveis aos grafos narrativos, esforço investigativo realizado para atender à **QP1**.

Foram analisados dois conjuntos de dados distintos oriundos de autores de RPG solo: um conjunto internacional, compilado por Joby Bednar, caracterizado pela diversidade e heterogeneidade das obras; e uma coletânea nacional, mais homogênea, porém de menor extensão. Embora este segundo conjunto não utilize sistemas mecânicos baseados em dados, inclui obras que empregam charadas como mecanismo de progressão. A resolução dessas charadas conduz o jogador a diferentes caminhos e desfechos narrativos.

A relação dos grafos foi dissecada em partes como a duração e o comprimento da aventura ao analisar o caminho mais curto e a relação com a quantidade de escolhas. Quanto mais ramificações, mais escolhas e assim mais formas de planejar a manipulação dos sentimentos do jogador ou a dificuldade de se alcançar o resultado ideal, bem como a quantidade de finais ao analisar o número de sumidouros. Tais estruturas revelam-se também como restrições de formato e de mídia em que os *designers* poderiam trabalhar.

Parte dessas observações fundamentou os modelos de geração cujos resultados são discutidos na Seção 8.2. Esses estudos também possibilitam o planejamento de trabalhos futuros com maior precisão, especialmente no que diz respeito à geração de grafos narrativos mais longos ou à classificação e análise das cenas representadas em cada vértice do grafo. Com isso, torna-se viável visitar a gramática proposta e buscar uma representação mais universal – ou mesmo uma linguagem – capaz de expressar propriedades de navegação narrativa, como relações de causa e efeito e esquemas do tipo chave-fechadura. Neste último, por exemplo, um nó funcionaria como

uma “fechadura”, exigindo uma “chave” presente em outro nó para que a progressão narrativa possa ocorrer.

8.2 Acerca do Objetivo Específico 2

Dadas as respostas à **QP1**, que dizem respeito à caracterização da estrutura narrativa, foi possível proceder rumo à investigação com respeito à **QP2** por meio do segundo objetivo específico, “*Gerar estrutura não-linear para narrativas a partir de diretivas simples de propriedades desejáveis de grafos*”. Tais estruturas são representadas por grafos direcionados, um tipo de estrutura que se mostrou recorrente nos livros-jogos que são revisáveis e passíveis de planejamento humano. Porém, são estruturas custosas e complexas; por isso, este objetivo mostrou-se relevante. Para alcançar estes objetivos de forma clara, há diretivas elencadas na Seção 7.1 e também na discussão estética apresentada e avaliada no Capítulo 6.

As diretrizes estabelecidas tornaram-se métricas descritas na Seção 7.1 e serviram como base para a avaliação da GA da GrG, conforme discutido na Seção 7.2. A combinação de duas sequências de modelos resultou em pontuações que corresponderam, respectivamente, a aproximadamente 70% e 90% da pontuação máxima na avaliação da GA. Como a gramática estocástica gera grafos distintos a cada execução, foram gerados cinco grafos por gramática para fins de avaliação. Essa abordagem viabilizou um processo de aprendizado capaz de atender a propriedades desejadas, como o número de nós, um comprimento adequado para o caminho mais curto e uma densidade aproximada dos grafos.

O resultado positivo do processo de aprendizado, apresentado no Capítulo 7, referente ao ajuste dos pesos da GrG por meio do GA, demonstra o potencial da abordagem para gerar diferentes modelagens de grafos que atendam a requisitos específicos de formato e estrutura. Entretanto, é importante destacar que tais métricas não asseguram, por si só, a qualidade narrativa ou lúdica das histórias geradas. Ainda assim, podem ser úteis em contextos de geração procedural em larga escala ou como estrutura inicial — um “esqueleto” — a ser refinada por *designers*.

8.3 Acerca do Objetivo Específico 3

O terceiro objetivo específico desta tese foi “*Explorar a adaptação automática de texto para preenchimento das cenas do grafo*”, o qual se relaciona tanto aos aspectos de identificação e extração de elementos de narrativa de um texto quanto à adaptação de conteúdo a

uma estrutura de jogo previamente gerada. Vide, respectivamente, **QP1** e **QP3** na Seção 1.1.

O uso de LLMs para a geração automatizada e serializada de conteúdo em diferentes mídias tem se tornado cada vez mais comum. No entanto, este trabalho propôs e analisou uma metodologia reprodutível para a aplicação dessas tecnologias em contextos offline, voltados à geração de conteúdo narrativo baseado em grafos.

Todavia, este trabalho apresentou um conjunto de qualidades estéticas fundamentadas na literatura de IS e analisou a geração de conteúdo a partir da avaliação realizada pelas próprias LLMs. Essa análise permitiu examinar aspectos intrínsecos aos modelos geradores, avaliando tanto a coerência de seus julgamentos quanto a possível independência em relação aos atributos questionados.

Outro resultado relevante foi que a maioria dos atributos avaliados apresentou valores dentro de faixas aceitáveis, resultado das restrições de design e das limitações tecnológicas impostas tanto pela mídia utilizada quanto pela estrutura do grafo que representa a história. Note-se que as análises foram conduzidas por meio de um grafo unificado, adotado com o propósito de fornecer uma base de comparação para vários modelos e histórias.

Também foi possível estabelecer hipóteses sobre parte dos resultados ao compará-los com modelos de referência, especialmente no que diz respeito à estrutura dos jogos, que frequentemente seguem uma narrativa épica baseada em *quests*.

No caso das obras similares das *quests* podem, por exemplo, promover poucas mudanças na narrativa. Contudo, mudanças mais distantes tendem a forçar o modelo a criar mais e se afastar do conteúdo de referência, o que pode ocasionar em maior “originalidade” na adaptação do conteúdo.

8.4 Acerca do Objetivo Específico 4

O derradeiro objetivo específico desta tese foi “*Avaliar a viabilidade técnica e qualitativa da proposta*”. Muito embora se relacione com **QP1**, **QP2** e **QP3**, visto que um modelo computacional precisava ser de fato implementado, a principal resposta que surge nesse processo atende à **QP4**, observado o desafio em avaliar um volume considerável de adaptações geradas.

Apesar da complexidade do projeto, os resultados obtidos demonstraram caráter modular. Além disso, parte considerável do processamento mais custoso pode ser realizada de forma pontual – como o treinamento da gramática generativa de grafos –, permitindo, posteri-

ormente, a geração de múltiplos grafos com baixo custo computacional. O mesmo se aplica à classificação de imagens utilizando o modelo *MoonDream* ou ferramentas similares.

Por outro lado, ainda há custos associados aos agentes responsáveis pela extração, escrita e seleção de imagens para o jogo. No entanto, considerando as dimensões do grafo adotado nesta pesquisa, tais custos podem ser considerados relativamente baixos.

Podemos assumir que essa estrutura apresenta margem para otimizações futuras, com potencial para incorporar técnicas adicionais de PCG, como o reuso de conteúdo, bem como aprimorar o uso de tecnologias voltadas à *Named Entity Recognition* (NER).

Por fim, é importante salientar que o esforço de pesquisa levou à produção de protótipos jogáveis, os quais foram gerados e disponibilizados em links públicos. A versão mais sofisticada e com mais opções de *gameplay* está disponível em Projeto *GG + GA*¹ *Itch.IO*, incluindo múltiplos personagens e desfechos. Isso é ilustrado pela Figura 33.

8.5 Considerações Finais

Com base em tudo o que foi apresentado, conclui-se que o objetivo geral deste trabalho — a criação de um *framework* para o desenvolvimento semi-automático e procedural de jogos do tipo RPG — foi alcançado, ainda que em estágio inicial.

O processo desenvolvido permite, majoritariamente, a geração de um jogo a partir da simples definição de entradas, com etapas automatizadas que conduzem à construção do produto final. Além disso, parte dos subprodutos gerados ao longo das diferentes fases do processo pode ser reutilizada em futuros trabalhos, ampliando a aplicabilidade da proposta.

Destaca-se, ainda, como componente reaproveitável, o modelo GrG, concebido neste trabalho pelo autor, o qual representa uma contribuição técnica relevante no campo das gramáticas generativas. Além disso, foram realizadas discussões e análises integrando esse modelo com técnicas de ML, como o GA.

Entretanto, apesar do caráter seminal da proposta, ainda há uma ampla gama de variações e representações a serem exploradas pela gramática. A área permanece distante de uma definição ontológica consolidada para a representação das IS, mesmo quando restrita ao contexto de jogos RPG.

Apesar do crescente mercado da indústria criativa e da formação dos prosumidores²,

¹ <https://tushin.itch.io/gg-ga-plus-text>

² É a junção dos termos produtor e consumidor. É um termo comum em uso na área da filosofia e sociologia para se referir ao trabalho na internet.

ainda é difícil estabelecer um conjunto de avaliações com designers e produtores. Parte desta dificuldade também pode ser encarada como fruto do espírito de nossa época, na qual nos deparamos com uma sociedade desigual que antes já tinha sua mão de obra explorada por grandes empresas, agora possui seus dados e conhecimentos específicos também explorados. Então, é aceitável imaginar que a resistência e o cuidado com a ética ao coletar e validar tais dados que envolvam PCG. Uma vez que mesmo que uma ferramenta, ou neste caso um conjunto de modelos, esteja disponível não garante a proteção dos atuais designers e escritores.

Desta forma, também é questionável reutilizar dados de usuários mesmo com o consentimento destes, pois que garantia teremos de seu reuso? Por isso, nosso trabalho, mesmo que de forma tímida, visa em uma estrutura com caráter de ferramenta e processamento mais leve do que completamente dependente das LLMs e com um modelo mais explicável do que as redes profundas.

Outro fato perceptível foi o uso do LLM para preencher os grafos, manteve uma aparente coesão com a narrativa. Contudo, seus aspectos finos e validações não são o foco deste trabalho.

8.6 Limitações e Ameaças a Validade

Parte das limitações do trabalho está inerentemente interligada com a falta de um modelo generalista para definir *quests*, narrativas mesmo que especificamente em jogos ou RPGs. Na falta de um modelo generalista comprovado, aplicamos modelos desenvolvidos e alguns discutidos no contexto, porém sua avaliação nos casos do uso da LLM tende a ser subjetiva, o que necessitaria de uma avaliação humana, o que tornou-se inviável pela quantidade de narrativas geradas. Por isso, foi utilizado diferentes LLMs para avaliar o modelo, uma alternativa relativamente barata, porém mais restrita do que a avaliação humana, o que restringe a observação de sutilezas e contextos humanos que afetariam a observação.

Outra ameaça ao trabalho está na elaboração das regras da gramática de grafos criada. Não sabemos qual estrutura seria a ideal para representar subgrafos para formação de RH e LH. Restrições de formato e estrutura não ficaram claras e quais práticas serão necessárias.

8.7 Trabalhos Futuros

As limitações citadas ao longo deste texto, a cada modelo, tentativa e proposta foram citadas suas restrições e comumente apontadas suas possíveis melhorias. *Quoquo modo* tais restrições servem de apontamentos para trabalhos futuros, tais como listados abaixo, alguns estão correlatos entre si:

- Análises de estruturas narrativas em grafos, uma análise ainda mais profunda levando em consideração elementos do texto e do design;
- Analisar uma estrutura ontológica para gramática de grafos para RPG e afins. Permitindo uma estrutura com restrições e vantagens mais claras;
- Testar uma pluralidade maior de regras para formação de grafos;
- Aprofundar na capacidade dos LLM em adaptar textos. Várias questões podem ser discutidas como: capacidade de planejamento a longo prazo e não-linear, capacidade de atender estilos diferentes de texto, como trazer surpresa e clímax discutidos em outras estruturas em IS;
- Desenvolver aplicações específicas, tais como jogos educativos e recursos educacionais digitais;
- Investigar a viabilidade da abordagem para construir estruturas narrativas dinâmicas durante o *gameplay*, utilizando, por exemplo, modelos de linguagem capazes de implantação e execução local ou usando técnicas de *edge computing*; e
- Há trabalhos voltados para execução *online*, ou seja, respondendo durante a execução as interações dos jogadores.

Enfim, o problema e a aplicação dos modelos se mostraram um desafio complexo endossado pela falta de referências de código aberto. Contudo, espero que parte desse código possa ser reaproveitada, bem como os conceitos e adaptações para diversos *game engines* além do RMMV. Despertando o interesse do mercado, pesquisadores, designers e artistas na expressão de histórias não-lineares e no resgate de obras em domínio público.

REFERÊNCIAS

- ABONIZIO, H.; ALMEIDA, T. S.; LAITZ, T.; JUNIOR, R. M.; BONÁS, G. K.; NOGUEIRA, R.; PIRES, R. Sabiá-3 technical report. **arXiv preprint:2410.12049**, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2410.12049>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- ACHIAM, J.; ADLER, S.; AGARWAL, S.; AHMAD, L.; AKKAYA, I.; ALEMAN, F. L.; ALMEIDA, D.; ALTENSCHMIDT, J.; ALTMAN, S.; ANADKAT, S. *et al.* Gpt-4 technical report. **arXiv preprint:2303.08774**, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2303.08774>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- ALVAREZ, A.; GREVILLIUS, E.; OLSSON, E.; FONT, J. Questgram [qg]: Toward a mixed-initiative quest generation tool. *In: Proceedings of the 16th International Conference on the Foundations of Digital Games*. [s.l.: s.n.], 2021. p. 1–10.
- AMMANABROLU, P.; BRONIEC, W.; MUELLER, A.; PAUL, J.; RIEDL, M. O. Toward automated quest generation in text-adventure games. **arXiv preprint arXiv:1909.06283**, 2019.
- ANDRADE, C. S. M.; TIRYAKI, G. F. **Econometria na prática**. Rio de Janeiro: Alta Books Editora, 2019.
- ASHBY, T.; WEBB, B. K.; KNAPP, G.; SEARLE, J.; FULDA, N. Personalized quest and dialogue generation in role-playing games: A knowledge graph-and language model-based approach. *In: Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Hamburg, Germany: Association for Computing Machinery, 2023. p. 1–20.
- BARTON, M.; STACKS, S. **Dungeons and desktops: The history of computer role-playing games 2e**. [s.l.]: AK Peters/CRC Press, 2019.
- BOSTAN, B.; MARSH, T. Fundamentals of interactive storytelling. **Online Academic Journal of Information Technology**, v. 3, n. 8, p. 19–42, 2012.
- BOURG, D. M.; SEEMANN, G. **AI for game developers**. [s.l.]: O’Reilly Media, Inc., 2004.
- BREAULT, V.; OUELLET, S.; DAVIES, J. Let conan tell you a story: Procedural quest generation. **Entertainment Computing**, Elsevier, v. 38, p. 100422, 2021.
- BREWER, W. F.; LICHTENSTEIN, E. H. Event schemas, story schemas, and story grammars. **Center for the Study of Reading Technical Report; no. 197**, Champaign, Ill.: University of Illinois at Urbana-Champaign, Center for the . . . , 1980.
- BROWN, T.; MANN, B.; RYDER, N.; SUBBIAH, M.; KAPLAN, J. D.; DHARIWAL, P.; NEELAKANTAN, A.; SHYAM, P.; SASTRY, G.; ASKELL, A. *et al.* Language models are few-shot learners. **Advances in neural information processing systems**, v. 33, p. 1877–1901, 2020.
- BUCKLAND, M. **Programming game AI by example**. 25 Mall Road Burlington, MA 01803, EUA: Jones & Bartlett Learning, 2005.
- BURKART, N.; HUBER, M. F. A survey on the explainability of supervised machine learning. **Journal of Artificial Intelligence Research**, v. 70, p. 245–317, 2021.
- CASSARO, M. **Manual 3D&T Alpha**. Porto Alegre: Jambô, 2008. 144 p. Ilustrado por Erica Awano [et al.]. Inclui referências a jogos eletrônicos e RPG. CDU 794:681.31(036).

- CHANG, K.; KIM, G.; KIM, T. Video game console audio: evolution and future trends. *In: IEEE. Computer graphics, imaging and visualisation (cgiv 2007)*. [s.l.], 2007. p. 97–102.
- CHEN, H.; BABAR, M. A. Security for machine learning-based software systems: A survey of threats, practices, and challenges. *ACM Computing Surveys*, ACM New York, NY, v. 56, n. 6, p. 1–38, 2024.
- CHEN, X.; GAO, C.; CHEN, C.; ZHANG, G.; LIU, Y. An empirical study on challenges for llm application developers. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, ACM New York, NY, 2025.
- CHEONG, Y.-G.; YOUNG, R. M. Suspenser: A story generation system for suspense. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, IEEE, v. 7, n. 1, p. 39–52, 2014.
- CHHUN, C.; COLOMBO, P.; CLAVEL, C.; SUCHANEK, F. M. Of human criteria and automatic metrics: A benchmark of the evaluation of story generation. *arXiv preprint:2208.11646*, 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2208.11646>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- CHHUN, C.; SUCHANEK, F. M.; CLAVEL, C. Do language models enjoy their own stories? prompting large language models for automatic story evaluation. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, MIT Press 255 Main Street, 9th Floor, Cambridge, Massachusetts 02142, USA . . . , v. 12, p. 1122–1142, 2024.
- COOK, E. Rearing children of the market in the “you” decade: Choose your own adventure books and the ascent of free choice in 1980s america. *Journal of American Studies*, Cambridge University Press, v. 55, n. 2, p. 418–445, 2021.
- COPPIN, B. *Artificial intelligence illuminated*. 1a. ed. 25 Mall Road Burlington, MA 01803: Jones & Bartlett Learning, 2004.
- COPPIN, B. *Inteligência Artificial*. 1a. ed. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2015. ISBN 978-8521617297.
- CORMEN, T.; LEISERSON, C.; RIVEST, R.; STEIN, C. *Algoritmos: Teoria e Prática*. 3ª Edição. [s.l.]: Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- COVER, J. G. *The creation of narrative in tabletop role-playing games*. North Carolina 28640, USA.: McFarland, 2014.
- DEVLIN, J.; CHANG, M.-W.; LEE, K.; TOUTANOVA, K. Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *In: Proceedings of the 2019 conference of the North American chapter of the association for computational linguistics: human language technologies, volume 1 (long and short papers)*. Minneapolis, Minnesota, EUA: [s.n.], 2019. p. 4171–4186.
- DORAN, J.; PARBERRY, I. Towards procedural quest generation: A structural analysis of rpg quests. *Dept. Comput. Sci. Eng., Univ. North Texas, Tech. Rep. LARC-2010*, v. 2, p. 42, 2010.
- DORAN, J.; PARBERRY, I. A prototype quest generator based on a structural analysis of quests from four mmorpgs. *In: Proceedings of the 2nd international workshop on procedural content generation in games*. [s.l.: s.n.], 2011. p. 1–8.

DORMANS, J. Adventures in level design: generating missions and spaces for action adventure games. *In: Proceedings of the 2010 workshop on procedural content generation in games*. Monterey California, EUA: [s.n.], 2010. p. 1–8.

DORMANS, J. Level design as model transformation: a strategy for automated content generation. *In: Proceedings of the 2nd International Workshop on Procedural Content Generation in Games*. Bordeaux France: [s.n.], 2011. p. 1–8.

DREWES, F.; KREOWSKI, H.-J.; HABEL, A. Hyperedge replacement graph grammars. *In: Handbook Of Graph Grammars And Computing By Graph Transformation: Volume 1: Foundations*. [s.l.]: World Scientific, 1997. p. 95–162.

FOSTER, D. Generative deep learning. teaching machines to paint, write, compose and play (2019). **Beijing-Boston-Farnham-Sebastopol-Tokyo, OREILLY**, p. 330, 2019.

FRANCO, A. d. O. d. R.; SOUZA, T. I. A. D.; FILHO, P. d. T. P. d. C.; SILVA, J. W. F. D.; MAIA, J. G. R.; CASTRO, M. F. D. Rpg creature design: Cross-system analysis and conversion. *In: Proceedings of the 22nd Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment*. [s.l.: s.n.], 2023. p. 96–105.

FRANCO, A. d. O. da R.; CARVALHO, W. V. de; SILVA, J. W. F. da; MAIA, J. G. R.; CASTRO, M. F. de. Managing and controlling digital role-playing game elements: A current state of affairs. **Entertainment Computing**, Elsevier, p. 100708, 2024.

FRANCO, A. d. O. da R.; SILVA, J. W. F. da; MAIA, J. G. R.; CASTRO, M. F. de. Harnessing generative grammars and genetic algorithms for immersive 2d maps. **Entertainment Computing**, Elsevier, v. 47, p. 100595, 2023.

FRANCO, A. de Oliveira da R.; SILVA, J. W. F. da; PINHEIRO, V. C. M.; MAIA, J. G. R.; GOMES, F. A. de C.; CASTRO, M. F. de. Analyzing actions in play-by-forum rpg. *In: SPRINGER. Computational Processing of the Portuguese Language: 13th International Conference, PROPOR 2018, Canela, Brazil, September 24–26, 2018, Proceedings 13*. [s.l.], 2018. p. 180–190.

FRANCO, A. O.; MAIA, J. G.; NETO, J. A.; GOMES, F. A. An interactive storytelling model for non-player characters on electronic rpgs. *In: IEEE. 2015 14th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)*. [s.l.], 2015. p. 52–60.

FRANCO, A. O.; ROLIM, T. V.; SANTOS, A. M.; SILVA, J. W.; VIDAL, V. M.; GOMES, F. A.; CASTRO, M. F.; MAIA, J. G. An ontology for role playing games. **Proceedings of SBGames**, p. 615–618, 2018.

FRANCO, A. O. R.; FRANCO, W.; MAIA, J. G. R.; FRANKLIN, M. Generating rooms using generative grammars and genetic algorithms. *In: IEEE. 2022 21st Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)*. [s.l.], 2022. p. 1–6.

GERSTING, J. L. **Fundamentos matemáticos para a ciência da computação**. [s.l.]: LTC, 2021. v. 3. 428–533 p.

GRATTAFIORI, A.; DUBEY, A.; JAUHRI, A.; PANDEY, A.; KADIAN, A.; AL-DAHLE, A.; LETMAN, A.; MATHUR, A.; SCHELLEN, A.; VAUGHAN, A. *et al.* The llama 3 herd of models. **arXiv preprint arXiv:2407.21783**, 2024.

- GRIMM, J.; GRIMM, W. **Grimms' Fairy Tales**. Project Gutenberg, 2001. Release date: April 1, 2001 [eBook #2591]. Most recently updated: June 28, 2021. Language: English. Credits: Emma Dudding, John Bickers, Dagny, and David Widger. Disponível em: <https://www.gutenberg.org/ebooks/2591>.
- GRUS, J. **Data Science do zero: noções fundamentais com Python**. [s.l.]: Alta Books, 2021.
- HÄMÄLÄINEN, M.; ALNAJJAR, K. Creative contextual dialog adaptation in an open world rpg. *In: Proceedings of the 14th International Conference on the Foundations of Digital Games*. [s.l.: s.n.], 2019. p. 1–7.
- HÄMÄLÄINEN, M.; ALNAJJAR, K.; POIBEAU, T. Video games as a corpus: Sentiment analysis using fallout new vegas dialog. *In: Proceedings of the 17th International Conference on the Foundations of Digital Games*. [s.l.: s.n.], 2022. p. 1–4.
- HARARI, Y. N. *Sapiens: uma breve história da humanidade*. [trad. Janaína Marcoantonio, v. 46, 2020.
- HENDRIKX, M.; MEIJER, S.; VELDEN, J. V. D.; IOSUP, A. Procedural content generation for games: A survey. **ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)**, ACM New York, NY, USA, v. 9, n. 1, p. 1–22, 2013.
- HITE, K. **Rastro de Cthulhu**. Curitiba: RetroPunk Publicações, 2010. (Baseado no sistema Gumshoe de Robin D. Laws). Título original: Trail of Cthulhu. Ilustrado por Jérôme Huguenin. Baseado no sistema Gumshoe de Robin D. Laws.
- HOPKINS, C. **Video Game Audio: A History, 1972-2020**. [s.l.]: McFarland, 2022.
- HOWARD, J. **Quests: Design, theory, and history in games and narratives**. [s.l.]: AK Peters/CRC Press, 2022.
- HU, Y. Efficient, high-quality force-directed graph drawing. **Mathematica journal**, Citeseer, v. 10, n. 1, p. 37–71, 2005.
- HUA, M.; RALEY, R. Playing with unicorns: Ai dungeon and citizen nlp. **DHQ: Digital Humanities Quarterly**, v. 14, n. 4, 2020.
- HUIZINGA, J. **Homo ludens: A study of the play-element in culture**. [s.l.]: Beacon press, 1971.
- HUTCHEON, L. **A theory of adaptation**. [s.l.]: Routledge, 2006.
- IUDIN, D. Procedural generator of short detective-like stories. **Department of Software and Informatics Teaching**, Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, 2023.
- JACKSON, S.; LIVINGSTONE, I. **A Cripta do Vampiro**. [s.l.]: Editora Marques Saraiva, 1989. Tradução do original em inglês.
- JACKSON, S.; PULVER, D. L.; PUNCH, S. M. **GURPS: Módulo Básico: Personagens**. 4. ed. São Paulo: Devir, 2010. Título original: GURPS Basic Set: Characters. Vários ilustradores. Vários revisores.
- JOSHI, A.; KALE, S.; CHANDEL, S.; PAL, D. K. Likert scale: Explored and explained. **British journal of applied science & technology**, Sciencedomain International, v. 7, n. 4, p. 396, 2015.

JUNG, J.; QIN, L.; WELLECK, S.; BRAHMAN, F.; BHAGAVATULA, C.; BRAS, R. L.; CHOI, Y. Maieutic prompting: Logically consistent reasoning with recursive explanations. **arXiv preprint arXiv:2205.11822**, 2022.

KARAVOLOS, D.; LIAPIS, A.; YANNAKAKIS, G. N. Evolving missions for dwarf quest dungeons. *In: IEEE. 2016 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*. [s.l.], 2016. p. 1–2.

KARVINEN, J. An evolutionary approach to games industry. *In: Games and Innovation Research Seminar 2011 Working Papers*. [s.l.: s.n.], 2011. p. 6.

KOROTEEV, M. V. Bert: a review of applications in natural language processing and understanding. **arXiv preprint arXiv:2103.11943**, 2021.

KYBARTAS, B.; VERBRUGGE, C. Analysis of regen as a graph-rewriting system for quest generation. **IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games**, IEEE, v. 6, n. 2, p. 228–242, 2013.

LEBOWITZ, J.; KLUG, C. **Interactive storytelling for video games: A player-centered approach to creating memorable characters and stories**. [s.l.]: Taylor & Francis, 2011.

LEBOWITZ, M. Creating characters in a story-telling universe. **Poetics**, Elsevier, v. 13, n. 3, p. 171–194, 1984.

LEITE, G. d. O. B.; LIMA, E. S. de. Geração procedural de mapas para jogos 2d. **SBGames**, 2012.

LIMA, E. S. de; FEIJÓ, B.; FURTADO, A. L. Procedural generation of quests for games using genetic algorithms and automated planning. *In: SBGames*. [s.l.: s.n.], 2019. p. 144–153.

LIMA, E. S. de; FEIJÓ, B.; FURTADO, A. L. Adaptive branching quests based on automated planning and story arcs. *In: IEEE. 2021 20th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)*. [s.l.], 2021. p. 9–18.

LIMA, E. S. de; FEIJÓ, B.; FURTADO, A. L. Procedural generation of branching quests for games. **Entertainment Computing**, Elsevier, v. 43, p. 100491, 2022.

LIMA, E. S. de; FEIJÓ, B.; FURTADO, A. L. Managing the plot structure of character-based interactive narratives in games. **Entertainment Computing**, Elsevier, p. 100590, 2023.

LIPSCHUTZ, S.; LIPSON, M. **Matemática discreta-: Coleção schaum**. [s.l.]: Bookman Editora, 2004. 188–333 p.

LIU, C.; HE, T.; ZHU, H.; LI, Y.; XIE, S.; HOSAM, O. A survey of recommender systems based on hypergraph neural networks. *In: SPRINGER. International Conference on Smart Computing and Communication*. [s.l.], 2022. p. 95–106.

LIU, J.; LIU, A.; LU, X.; WELLECK, S.; WEST, P.; BRAS, R. L.; CHOI, Y.; HAJISHIRZI, H. Generated knowledge prompting for commonsense reasoning. **arXiv preprint arXiv:2110.08387**, 2021.

LIVINGSTONE, I. **A Ilha do Rei Lagarto**. [s.l.]: Editora VERBO, 1990. Tradução do original em inglês.

- LONDOÑO, S.; MISSURA, O. Graph grammars for super mario bros levels. *In: FDG*. [s.l.: s.n.], 2015.
- LUCCHESI, F.; RIBEIRO, B. Conceituação de jogos digitais. **São Paulo**, p. 7, 2009.
- MALEKI, M. F.; ZHAO, R. Procedural content generation in games: A survey with insights on emerging llm integration. *In: Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*. [s.l.: s.n.], 2024. v. 20, n. 1, p. 167–178.
- MARTINEZ, H. **Old!Gamer Dossiê Atari2600**. [s.l.]: Editora Europa, 2017.
- MATEAS, M.; STERN, A. Interaction and narrative. **The game design reader: A rules of play anthology**, MIT Press Cambridge, v. 1, p. 642–669, 2006.
- MCREE, B.; LANCKRIET, G. R. Hypergraph models of playlist dialects. *In: ISMIR*. [s.l.: s.n.], 2012. v. 12, p. 343–348.
- MEEHAN, J. R. **The metanovel: writing stories by computer**. [s.l.]: Yale University, 1976.
- MEEHAN, J. R. Tale-spin, an interactive program that writes stories. *In: Ijcai*. [s.l.: s.n.], 1977. v. 77, p. 91–98.
- MILLER, M. Bootstrapping massively multiplayer online role playing games. **California Polytechnic State University**, 2020.
- MISHRA, M. K. **Generating video game quests from stories**. Dissertação (Mestrado) — University of Twente, 2023.
- MONTFORT, N.; BOGOST, I. **Racing the beam: The Atari video computer system**. [s.l.]: Mit Press, 2009.
- MORAIS, L.; DIAS, J.; SANTOS, P. A. From caveman to gentleman: a cif-based social interaction model applied to conan exiles. *In: Proceedings of the 14th International Conference on the Foundations of Digital Games*. [s.l.: s.n.], 2019. p. 1–11.
- MURRAY, J. Hamlet no holodeck. **São Paulo: Unesp**, 2003.
- MYŚLIWIEC, J. **Generating short RPG side-quest stories with transformers**. Dissertação (B.S. thesis) — University of Twente, 2020.
- NETTO, P. O. B. **Grafos: teoria, modelos, algoritmos**. [s.l.]: Editora Blucher, 2003.
- NETTO, P. O. B.; JURKIEWICZ, S. **Grafos: introdução e prática**. [s.l.]: Editora Blucher, 2017.
- OH, J.; SHI, C.-K. A framework for interactive art in narrative forms. **International Journal of the Arts in Society**, Common Ground, v. 5, n. 6, p. 15–32, 2012.
- ONUCZKO, C.; SZAFRON, D.; SCHAEFFER, J.; CUTUMISU, M.; SIEGEL, J.; WAUGH, K.; SCHUMACHER, A. A demonstration of squee: A crpg sub-quest generator. *In: Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*. [s.l.: s.n.], 2007. v. 3, n. 1, p. 110–111.

PALACZ, W.; GRABSKA-GRADZIŃSKA, I.; NOWAK, L.; GRABSKA, E. Designing plots for multiplayer games with the use of graph transformation rules. *In: SPRINGER. International Conference on Cooperative Design, Visualization and Engineering*. [s.l.], 2021. p. 213–224.

PARANJAPE, B.; LUNDBERG, S.; SINGH, S.; HAJISHIRZI, H.; ZETTLEMOYER, L.; RIBEIRO, M. T. Art: Automatic multi-step reasoning and tool-use for large language models. **arXiv preprint arXiv:2303.09014**, 2023.

PÊCHEUX, M.; GADET, F.; HAK, T. Por uma análise automática do discurso: uma introdução à obra de michel pêcheux. **Campinas, SP: Editora da Unicamp**, 2010.

PEREIRA, L. T.; PRADO, P. V. de S.; LOPES, R. M.; TOLEDO, C. F. M. Procedural generation of dungeons' maps and locked-door missions through an evolutionary algorithm validated with players. **Expert Systems with Applications**, Elsevier, v. 180, p. 115009, 2021.

PÖYHÖNEN, T. *et al.* Rpg-gpt: Leveling up game dialogue with creative nlg. **University of Helsinki**, Helsingin yliopisto, 2023.

PRINS, V. L.; PRINS, J.; PREUSS, M.; GÓMEZ-MAUREIRA, M. A. Storyworld: Procedural quest generation rooted in variety & believability. *In: Proceedings of the 18th International Conference on the Foundations of Digital Games*. [s.l.: s.n.], 2023. p. 1–4.

PRUSINKIEWICZ, P.; LINDENMAYER, A. **The algorithmic beauty of plants**. [s.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.

RABIN, S. **Introdução ao Desenvolvimento de Games. Volume 1: entendendo o universo dos jogos**. [s.l.]: Cengage Learning Edições Ltda., 2012.

RIEDL, M.; SARETTO, C. J.; YOUNG, R. M. Managing interaction between users and agents in a multi-agent storytelling environment. *In: Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*. [s.l.: s.n.], 2003. p. 741–748.

RIVERA, R. E. C.; JHALA, A.; PORTEOUS, J.; YOUNG, R. M. The story so far on narrative planning. *In: Proceedings of the International Conference on Automated Planning and Scheduling*. [s.l.: s.n.], 2024. v. 34, p. 489–499.

ROZENBERG, G. **Handbook of graph grammars and computing by graph transformation**. [s.l.]: World scientific, 1997. v. 1.

ROZIERE, B.; GEHRING, J.; GLOECKLE, F.; SOOTLA, S.; GAT, I.; TAN, X. E.; ADI, Y.; LIU, J.; SAUVESTRE, R.; REMEZ, T. *et al.* Code llama: Open foundation models for code. **arXiv preprint arXiv:2308.12950**, 2023.

RUWET, N.; VOGT, C.; BARROS, M. A. Leite de. Introdução à gramática gerativa. **(No Title)**, 1975.

RYAN, M.-L. **Narrative as Virtual Reality: Immersion and Interactivity in Literature and Electronic Media**. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press, 2001. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data available at the end of the book. ISBN 0-8018-6487-9.

RYAN, M.-L. Interactive narrative, plot types, and interpersonal relations. *In: SPRINGER. Joint international conference on interactive digital storytelling*. [s.l.], 2006. p. 6–13.

- SAADANY, H.; ORASAN, C. Bleu, meteor, bertscore: Evaluation of metrics performance in assessing critical translation errors in sentiment-oriented text. **arXiv preprint arXiv:2109.14250**, 2021.
- SAHOO, P.; SINGH, A. K.; SAHA, S.; JAIN, V.; MONDAL, S.; CHADHA, A. A systematic survey of prompt engineering in large language models: Techniques and applications. **arXiv preprint arXiv:2402.07927**, 2024.
- SCHELL, J. **The Art of Game Design: A Book of Lenses**. 1st. ed. Burlington, MA: Morgan Kaufmann Publishers, 2008. (Morgan Kaufmann Series in Interactive 3D Technology). Published by Elsevier Inc. Printed on acid-free paper. ISBN 978-0-12-369496-6.
- SHAKER, N.; TOGELIUS, J.; NELSON, M. J. **Procedural content generation in games**. [s.l.]: Springer, 2016.
- SHAKER, N.; TOGELIUS, J.; NELSON, M. J.; CHEONG, Y.-G.; RIEDL, M. O.; BAE, B.-C.; NELSON, M. J. Planning with applications to quests and story. **Procedural Content Generation in Games**, Springer, p. 123–141, 2016.
- SHELDON, L. Desenvolvimento de personagens e narrativas para games. **São Paulo: Cengage Learning**, 2017.
- SILVA, F. M.; LENZ, M. L.; FREITAS, P. H. C. *et al.* **Inteligência Artificial**. E-book. Porto Alegre: SAGAH, 2018. 226 p. ISBN 9788595029392.
- SILVA, P. P. d. Livro velho, fórmula nova: o resgate textual por meio da adaptação. *In: Narrativas interativas contemporâneas*. [s.l.]: Nome da Editora, 2025. p. 201–215.
- STEGEREN, J. V.; MYŚLIWIEC, J. Fine-tuning gpt-2 on annotated rpg quests for npc dialogue generation. *In: Proceedings of the 16th International Conference on the Foundations of Digital Games*. [s.l.: s.n.], 2021. p. 1–8.
- STEGEREN, J. van; MYŚLIWIEC, J. Fine-tuning gpt-2 on annotated rpg quests for npc dialogue generation. *In: Proceedings of the 16th International Conference on the Foundations of Digital Games*. [s.l.: s.n.], 2021. p. 1–8.
- SULLIVAN, A.; MATEAS, M.; WARDRIP-FRUIIN, N. Questbrowser: Making quests playable with computer-assisted design. **Cognition and Creativity**, 2009.
- TAN, S. Originality and creativity. ERIC, 2001.
- THEODOROPOULOS, A.; ANTONIOU, A. Vr games in cultural heritage: A systematic review of the emerging fields of virtual reality and culture games. **Applied Sciences**, MDPI, v. 12, n. 17, p. 8476, 2022.
- THOMPSON, T.; LAVENDER, B. A generative grammar approach for action-adventure map generation in the legend of zelda. **Artificial Intelligence Simulation and Behaviour**, 2017.
- THOMPSON, T.; LAVENDER, B. A generative grammar approach for action-adventure map generation in the legend of zelda. **Thompson Annual Convention of the Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behaviour**, 2017.

- TOGELIUS, J.; PREUSS, M.; YANNAKAKIS, G. N. Towards multiobjective procedural map generation. *In: Proceedings of the 2010 workshop on procedural content generation in games.* [s.l.: s.n.], 2010. p. 1–8.
- TOGELIUS, J.; SHAKER, N.; DORMANS, J. Grammars and l-systems with applications to vegetation and levels. *In: Procedural Content Generation in Games.* [s.l.]: Springer, 2016. p. 73–98.
- TOGELIUS, J.; SHAKER, N.; NELSON, M. J. Chapter 1, introduction. *In: Procedural content generation in games.* [s.l.]: Springer, 2016. p. 1–15.
- VÄRTINEN, S.; HÄMÄLÄINEN, P.; GUCKELSBERGER, C. Generating role-playing game quests with gpt language models. **IEEE transactions on games**, IEEE, 2022.
- VÄRTINEN, S. *et al.* **Generating Role-Playing Game Quest Descriptions With the GPT-2 Language Model.** Dissertação (Mestrado) — Perustieteiden korkeakoulu, 2022.
- VASWANI, A.; SHAZEER, N.; PARMAR, N.; USZKOREIT, J.; JONES, L.; GOMEZ, A. N.; KAISER, Ł.; POLOSUKHIN, I. Attention is all you need. **Advances in neural information processing systems**, v. 30, 2017.
- VERGANI, T. **A criatividade como destino Transdisciplinaridade, cultura e educação.** [s.l.]: Editora Livraria da Física, 2009.
- WANG, X.; WEI, J.; SCHUURMANS, D.; LE, Q.; CHI, E.; NARANG, S.; CHOWDHERY, A.; ZHOU, D. Self-consistency improves chain of thought reasoning in language models. **arXiv preprint arXiv:2203.11171**, 2022.
- WEIR, N.; THOMAS, R.; D’AMORE, R.; HILL, K.; DURME, B. V.; JHAMTANI, H. Ontologically faithful generation of non-player character dialogues. **arXiv preprint arXiv:2212.10618**, 2022.
- XIAO, T.; ZHU, J. Foundations of large language models. **arXiv preprint arXiv:2501.09223**, 2025.
- YANG, D.; JIN, Q. What makes a good story and how can we measure it? a comprehensive survey of story evaluation. **arXiv preprint arXiv:2408.14622**, 2024.
- YANNAKAKIS, G. N.; TOGELIUS, J. **Artificial intelligence and games.** [s.l.]: Springer, 2018. v. 2.
- YAO, S.; ZHAO, J.; YU, D.; DU, N.; SHAFRAN, I.; NARASIMHAN, K.; CAO, Y. React: Synergizing reasoning and acting in language models. **arXiv preprint arXiv:2210.03629**, 2022.
- YU, S.; LIU, X.; TRANCHEVENT, L.-C.; GLÄNZEL, W.; SUYKENS, J. A.; MOOR, B. D.; MOREAU, Y. Optimized data fusion for k-means laplacian clustering. **Bioinformatics**, Oxford University Press, v. 27, n. 1, p. 118–126, 2011.
- YUAN, X.; SHEN, C.; YAN, S.; ZHANG, X.; XIE, L.; WANG, W.; GUAN, R.; WANG, Y.; YE, J. Instance-adaptive zero-shot chain-of-thought prompting. **Advances in Neural Information Processing Systems**, v. 37, p. 125469–125486, 2024.

ZHANG, R.; TANG, J.; ZANG, C.; PEI, M.; LIANG, W.; ZHAO, Z.; ZHAO, Z. Let storytelling tell vivid stories: A multi-modal-agent-based unified storytelling framework. **Neurocomputing**, Elsevier, v. 622, p. 129316, 2025.

ZHAO, W. X.; ZHOU, K.; LI, J.; TANG, T.; WANG, X.; HOU, Y.; MIN, Y.; ZHANG, B.; ZHANG, J.; DONG, Z. *et al.* A survey of large language models. **arXiv preprint arXiv:2303.18223**, v. 1, n. 2, 2023.

ZHOU, D.; SCHÄRLI, N.; HOU, L.; WEI, J.; SCALES, N.; WANG, X.; SCHUURMANS, D.; CUI, C.; BOUSQUET, O.; LE, Q. *et al.* Least-to-most prompting enables complex reasoning in large language models. **arXiv preprint arXiv:2205.10625**, 2022.

APÊNDICE A – PROMPT PARA GERAÇÃO DE QUEST

Liste as quests em português e dentro destas suas ações para cumpri-las. Formate em uma lista de eventos em JSON. Na lista deve seguir com a motivação (que é um conceito mais geral) qual sua estratégia para resolver. Quais objetivos e quando são alcançados?

O texto deve ser feito como um livro jogo, portanto o leitor deve ser tratado como um agente da história. Portanto, tenha cuidado ao criar cenas que revelem ações de outros personagens que não sejam o protagonista adotado.

(Referência de estrutura de quests apresentado por Doram e Parberry, como visto no anexo A)

Entrada:

Personagens: (Lista de personagens pré-definidas da narrativa)

Narrativa: (Texto de exemplo “Chapeuzinho Vermelho” (GRIMM; GRIMM, 2001))

Saída:

(Lista de quests pré-definidas como exemplo, formato em JSON)

Entrada:

Personagens: (Lista de personagens da nova história)

Narrativa: (Novo texto original da narrativa)

Saída:

APÊNDICE B – PROMPT PARA PREENCHIMENTO DAS QUESTS

A estrutura do *prompt* abaixo segue a Tabela 5.

Preencha os nós com ids ([lista com ids do grafo em JSON](#)) preencham os campos que possuem interrogações “?”. Seu conteúdo é formado pelo equivalente a um livro jogo. Portanto, as opções de um nó levam a outro especificado pelo “id” da “option” e devemos seguir a ordem de uma cena levar a outra. Os nós que não possuem tipos definidos podem ser agora de acordo com a lista a seguir e também defina baseado na quest a seguir.

[Uma das quests selecionadas geradas no Apêndice A](#)

O seu retorno deve se restringir ao JSON abaixo com os dict alterados com os ids citados. As mudanças devem se restringir aos nós com ids citados e devem ocorrer apenas onde há interrogação “?”.


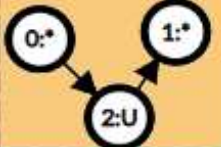
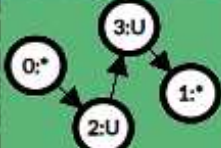
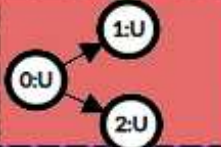
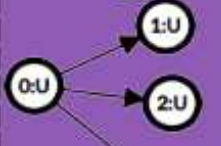
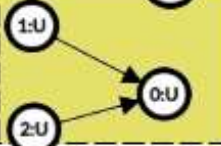
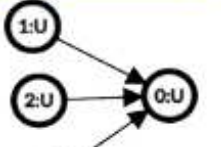
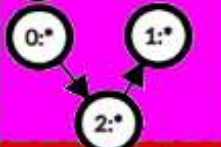

ATENÇÃO: Não escreva texto além do formato para o JSON e retorne os demais nós que não tiveram ids listados sem alteração, se elas tiverem conteúdo se baseiem neles, mas senão deixe-os para que sejam definidos depois. Ou seja, não altere os Ids ([lista de ids não inclusos](#))

A seguir o modelo JSON para ser preenchido:

([Modelo do grafo](#))

APÊNDICE C – REGRA A ESQUERDA (LH, LEFT-HAND)

Figura 34 – Left-hands de nível 1.

ID	Name	Code	Image
0	Start	0:P 1:G 0:P 1:G	
1	Non-terminal sequence	0:* 1:* 2:U 0:* 2:U 2:U 1:*	
2	Non-terminal sequence 2	0:* 1:* 2:U 3:U 0:* 2:U 2:U 3:U 3:U 1:*	
3	Fan-out 2	0:U 1:U 2:U 0:U 1:U 0:U 2:U	
4	Fan-out 3	0:U 1:U 2:U 3:U 0:U 1:U 0:U 2:U 0:U 3:U	
5	Fan-in 2	0:U 1:U 2:U 1:U 0:U 2:U 0:U	
6	Fan-in 3	0:U 1:U 2:U 3:U 1:U 0:U 2:U 0:U 3:U 0:U	
7	Non-terminal sequence	0:* 1:* 2:* 0:* 2:* 2:* 1:*	
8	Non-terminal sequence	0:u 1:u 2:U 0:u 1:u 0:u 2:U	

Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor.

APÊNDICE D – REGRA À DIREITA (RH, RIGHT-HAND)

Figura 35 – Right-hands de nível 1.

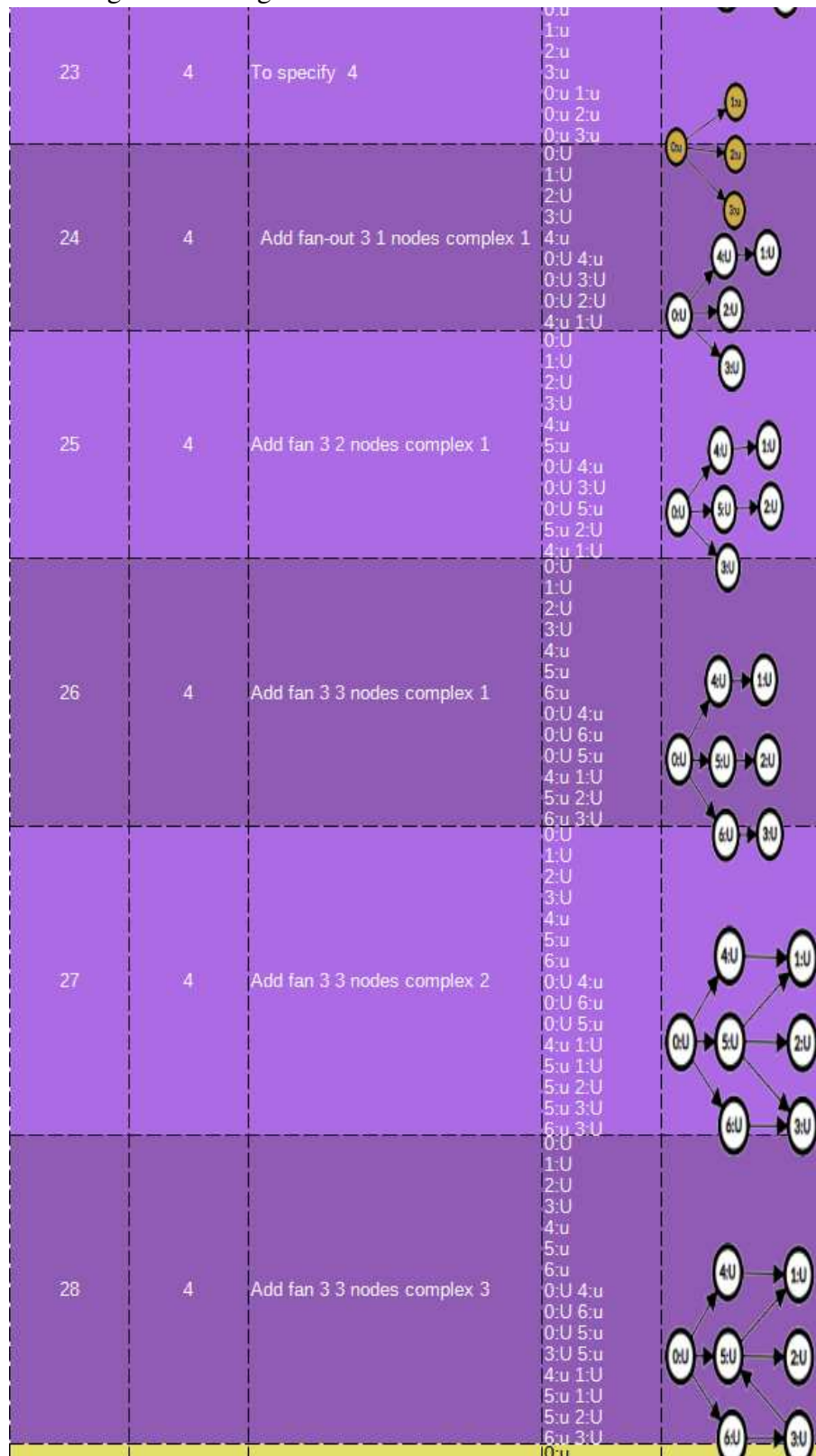
ID	Lh-refs	Name	Code	Image
0	0	Expand start 1	0:P 1:G 2:U 0:P 2:U 2:U 1:G	
1	0	Expand start 2	0:P 1:G 2:U 3:U 0:P 2:U 2:U 3:U 3:U 1:G	
2	0	Expand start with fan	0:P 1:G 2:U 3:U 0:P 2:U 0:P 3:U 2:U 1:G 3:U 1:G	
3	1, 2	To specify 1	0:* 1:* 2:u 0:* 2:u 2:u 1:*	
4	1	To expand 1	0:* 1:* 2:U 3:U 0:* 2:U 2:U 3:U 3:U 1:*	
5	1, 2	To expand 2	0:* 1:* 2:U 3:U 4:u 0:* 2:U 2:U 3:U 3:U 4:u 4:u 1:*	
6	1, 2	Add fan	0:* 1:* 2:U 3:U 0:* 2:U 0:* 3:U 2:U 1:*\br/>3:U 1:*	
7	1	Cut	0:* 1:*\br/>0:* 1:*	
8	1	To specify 2	0:* 1:* 2:u 3:u 0:* 2:u 2:u 3:u 3:u 1:*	

Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor.

Figura 36 – Right-hands de nível 1.

9	2	Tri-ways	<p>0:* 1:* 2:U 3:U 4:* 0:* 4:* 0:* 2:U 0:* 3:U 2:U 1:* 3:U 1:* 4:* 1:*</p>	
10	1, 2	Add fan 2 nodes 3 ways	<p>0:* 1:* 2:U 3:U 0:* 1:* 0:* 2:U 0:* 3:U 2:U 1:* 3:U 1:*</p>	
11	1, 2	Add fan 2 nodes 2 ways complex	<p>0:* 1:* 2:U 3:U 0:* 2:U 0:* 3:U 2:U 1:* 2:U 3:U 3:U 1:*</p>	
12	2	Add fan 2 1 1 nodes complex 1	<p>0:* 1:* 2:U 3:U 4:u 0:* 2:U 0:* 3:U 2:U 1:* 2:U 3:U 3:U 4:u 4:u 1:*</p>	
13	2	Add fan 2 1 1 nodes complex 2	<p>0:* 1:* 2:U 3:U 4:u 0:* 2:U 0:* 3:U 2:U 1:* 3:U 4:u 4:u 1:*</p>	
14	2	Add fan 2 1 1 nodes complex 3	<p>0:* 1:* 2:U 3:U 4:u 0:* 2:U 0:* 3:U 2:U 4:u 3:U 4:u 4:u 1:*</p>	
15	2	Add fan 2 1 1 nodes complex 4	<p>0:* 1:* 2:U 3:U 4:u 0:* 2:U 0:* 3:U 2:U 3:U 2:U 4:u 3:U 4:u 4:u 1:*</p>	
16	3	Add node on fan-out 1	<p>0:U 1:U 2:U 4:u 0:U 4:u 0:U 2:U 4:u 1:U</p>	
17	3	Add node on fan-out 2	<p>0:U 1:U 2:U 4:u 5:u 0:U 4:u 0:U 5:u 4:u 1:U</p>	

Figura 37 – Right-hands de nível 1.



Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor.

Figura 38 – Right-hands de nível 1.

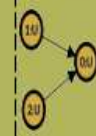
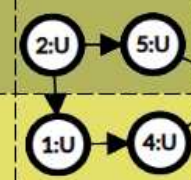
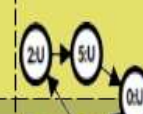

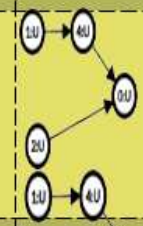
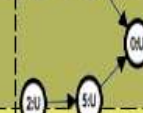

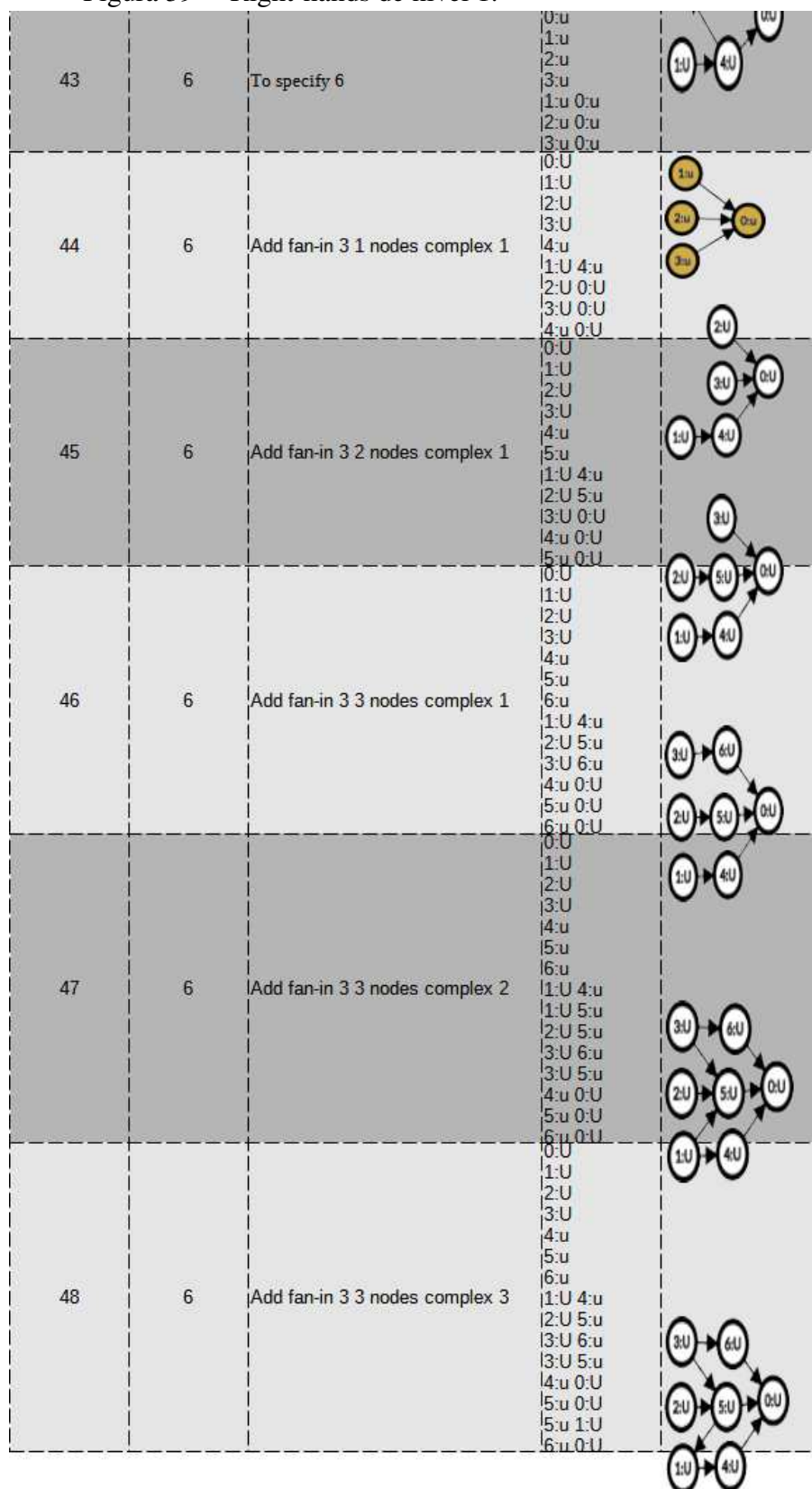
29	5	Add node on fan-in 1	1:U 2:u 4:u 4:u 0:U 2:u 0:U 1:U 4:u	
30	5	Add node on fan-in 2	0:u 1:U 2:U 4:u 5:u 4:u 0:u 5:u 0:u 1:U 4:u 2:U 5:u	
31	5	To specify 5	0:U 1:U 2:U 1:U 0:U 2:U 0:U	
32	5	Fan-in 2 complex 1	0:u 1:U 2:U 4:u 5:u 1:U 4:u 2:U 4:u 2:U 5:u 4:u 0:u 5:u 0:u	
33	5	Fan-in 2 complex 2	0:u 1:U 2:U 4:u 5:u 4:u 0:u 5:u 0:u 1:U 4:u 2:U 5:u 4:u 5:u	
34	5	Fan-in 2 complex 3	0:u 1:U 2:U 4:u 5:u 1:U 4:u 2:U 1:U 2:U 5:u 4:u 0:u 5:u 0:u	
35	5	Fan-in 2 complex 4	0:u 1:U 2:U 4:u 5:u 1:U 4:u 2:U 5:u 4:u 0:u 4:u 2:U 5:u 0:u	
36	5	Add node on fan-in 1	0:U 1:U 2:U 4:U 4:U 0:U 2:U 0:U 1:U 4:U	
37	5	Add node on fan-in 2	0:U 1:U 2:U 4:U 5:U 4:U 0:U 5:U 0:U 1:U 4:U 2:U 5:U	
38	5	To specify 5	0:U 1:U 2:U 1:U 0:U 2:U 0:U	
39	5	Fan-in 2 complex 1	0:U 1:U 2:U 4:U 5:U	

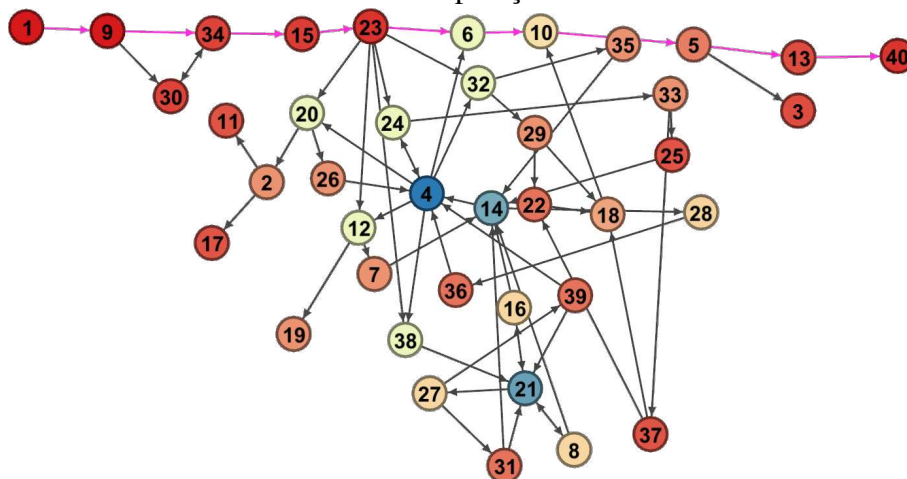
Figura 39 – Right-hands de nível 1.



Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor.

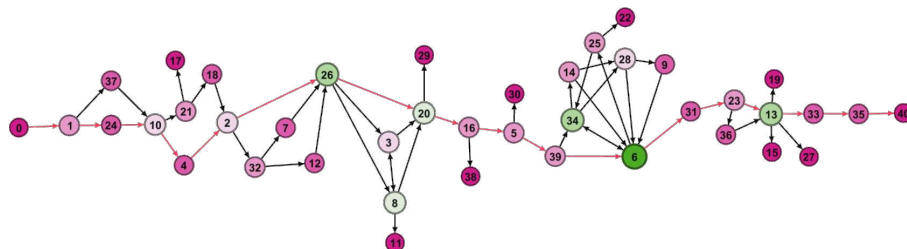
APÊNDICE E – GRAFOS DAS REVISTAS SOLOS

Figura 40 – Grafo da aventura “Sem Saída” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.



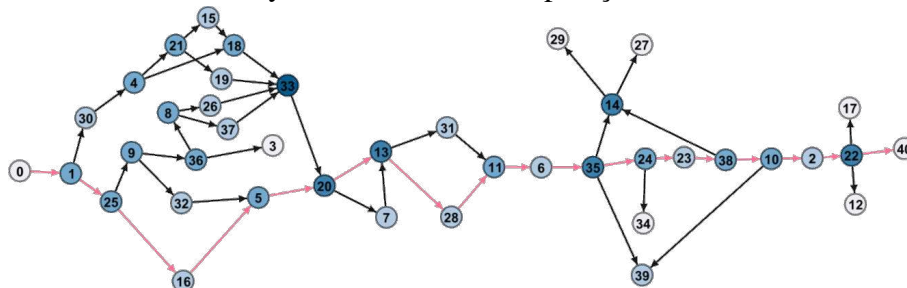
Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor a partir da obra “Sem Saída”.

Figura 41 – Grafo da aventura “Assalto ao Mestre Arsenal” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.



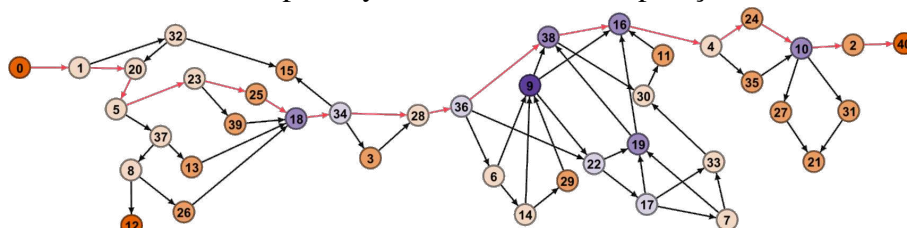
Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor a partir da obra “Assalto ao Mestre Arsenal”.

Figura 45 – Grafo da aventura “Nascido das Trevas” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.



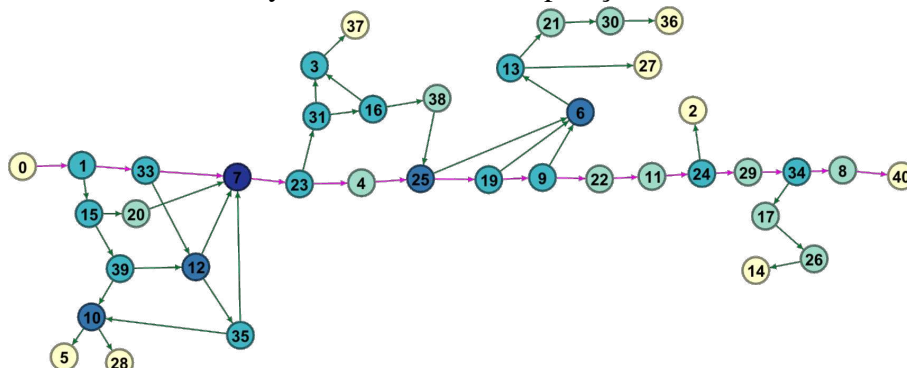
Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor a partir da obra “Nascido das Trevas”.

Figura 46 – Grafo da aventura “O Segredo do Mosteiro” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.



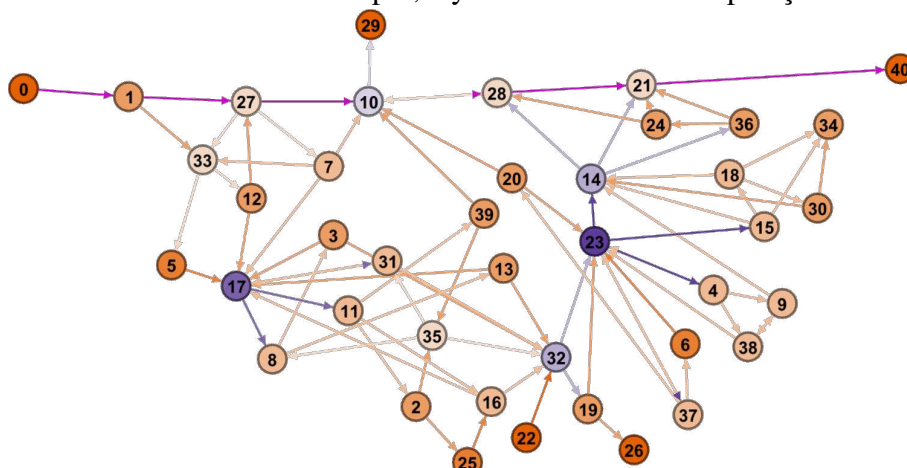
Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor a partir da obra “O Segredo do Mosteiro”.

Figura 47 – Grafo da aventura “Imprevistos...” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.



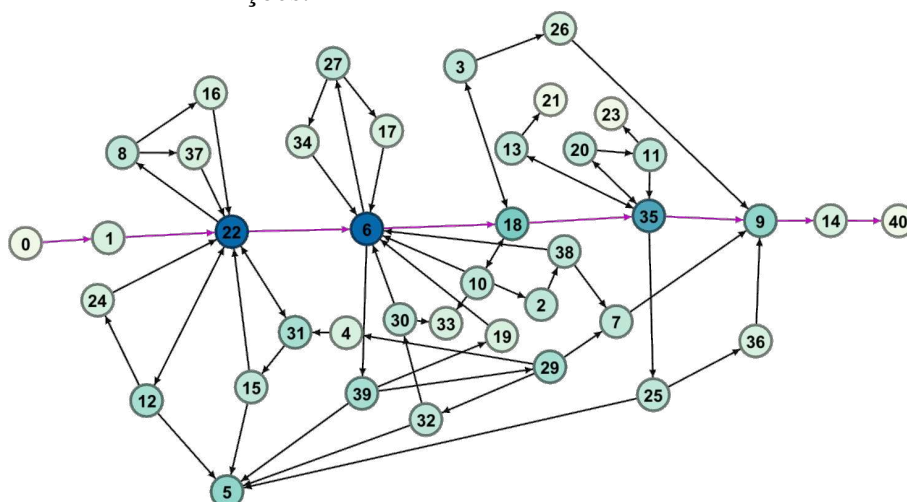
Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor a partir da obra “Imprevistos...”.

Figura 48 – Grafo da aventura “Caça ao Necromante - Bárbaro” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.



Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor a partir da obra “Caça ao Necromante - Bárbaro”.

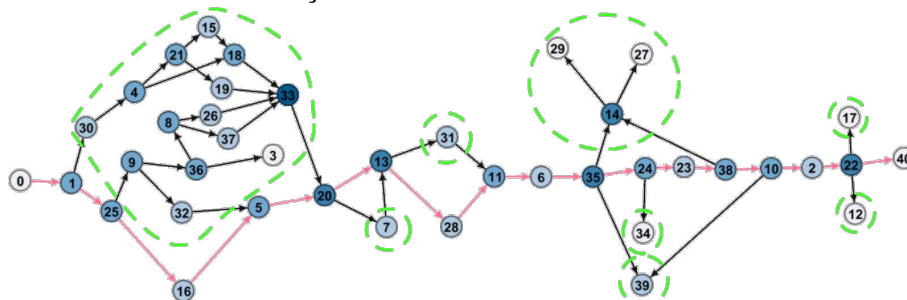
Figura 49 – Grafo da aventura “Caça ao Necromante - Paladino” grafo mapeado e visualização gerada através do Gephi, layout Yifan Hu e manipulações.



Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor a partir da obra “Caça ao Necromante - Paladino”.

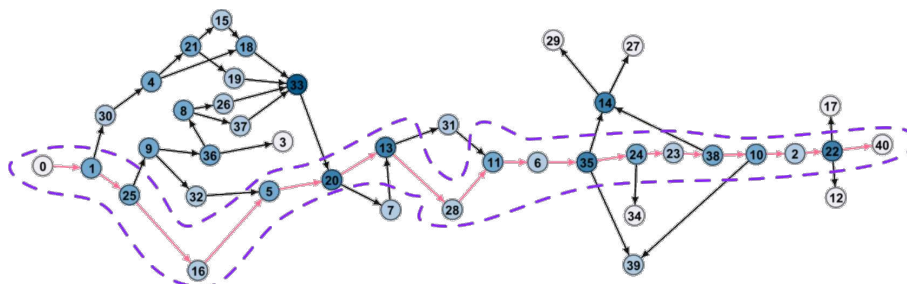
APÊNDICE F – EXPLICAÇÃO DAS VISUALIZAÇÕES DE RECORTES

Figura 50 – Os agrupamentos dos subgrafos que estão fora do caminho principal são destacados nesta visualização.



Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor a partir da obra “Nascido das Trevas”.

Figura 51 – O caminho mais curto está em rosa, mas os nós envolvidos estão circundados com uma marcação verde.



Fonte: Visualização gerada pelo próprio autor a partir da obra “Nascido das Trevas”.

ANEXO A – QUESTS NA ESTRUTURA DORAM E PARBERRY

A estrutura JSON abaixo foi montada e utilizadas neste trabalho a partir das tabelas fornecidas no trabalho de (DORAN; PARBERRY, 2010). Apesar de, eles não fornecerem o JSON em si, a correspondência da tabela está *ipsis litteris*. Outras variantes e extensões deste modelo podem ser encontradas em outros trabalhos, mas este representa uma estrutura basal.

```
1 {
2   "Deliver item for study": "Knowledge",
3   "Spy": "Knowledge",
4   "Interview NPC": "Knowledge",
5   "Use an item in the field": "Knowledge",
6   "Obtain luxuries": "Comfort",
7   "Kill pests": "Comfort",
8   "Obtain rare items": "Reputation",
9   "Kill enemies": "Reputation",
10  "Visit a dangerous place": "Reputation",
11  "Revenge, Justice": "Serenity",
12  "Capture Criminal(1)": "Serenity",
13  "Capture Criminal(2)": "Serenity",
14  "Check on NPC(1)": "Serenity",
15  "Check on NPC(2)": "Serenity",
16  "Recover lost/stolen item": "Serenity",
17  "Rescue captured NPC": "Serenity",
18  "Attack threatening entities": "Protection",
19  "Treat or repair(1)": "Protection",
20  "Treat or repair(2)": "Protection",
21  "Create Diversion(1)": "Protection",
22  "Create Diversion(2)": "Protection",
23  "Assemble fortication": "Protection",
24  "Guard Entity": "Protection",
25  "Attack enemy": "Conquest",
26  "Steal supplies and equipment": "Conquest",
```

```
27 "Gather raw materials": "Wealth",
28 "Steal valuables for resale": "Wealth",
29 "Make valuables for resale": "Wealth",
30 "Assemble tool for new skill": "Ability",
31 "Use existing tools": "Ability",
32 "Practice combat": "Ability",
33 "Practice skill": "Ability",
34 "Obtain training materials": "Ability",
35 "Research a skill(1)": "Ability",
36 "Research a skill(2)": "Ability",
37 "Assemble": "Equipment",
38 "Deliver supplies": "Equipment",
39 "Steal supplies": "Equipment",
40 "Trade for supplies": "Equipment"
41 }
```