

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Uma Ferramenta Visual para Modelagem e Simulação de Regras de Jogos de Mesa

Lucas Santos Policarpo

JUIZ DE FORA
AGOSTO, 2025

Uma Ferramenta Visual para Modelagem e Simulação de Regras de Jogos de Mesa

LUCAS SANTOS POLICARPO

Universidade Federal de Juiz de Fora
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação
Bacharelado em Sistemas de Informação

Orientador: Igor de Oliveira Knop

JUIZ DE FORA
AGOSTO, 2025

UMA FERRAMENTA VISUAL PARA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE REGRAS DE JOGOS DE MESA

Lucas Santos Policarpo

MONOGRAFIA SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS
EXATAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, COMO PARTE INTE-
GRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.

Aprovada por:

Igor de Oliveira Knop
D.Sc. Modelagem Computacional

Marcelo Caniato Renhe
Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação

Ronney Moreira de Castro
Doutor em Informática

JUIZ DE FORA
11 DE AGOSTO, 2025

Aos meus amigos e irmãos.

Aos pais, pelo apoio e sustento.

Resumo

O balanceamento de jogos de mesa é essencial para proporcionar experiências lúdicas justas e envolventes, garantindo condições igualitárias entre os jogadores. Contudo, muitos criadores de jogos carecem de conhecimentos matemáticos para analisar modelos baseados em mecânicas e parâmetros aleatórios, frequentemente confiando na intuição e, quando muito, a um grande número de testes práticos. Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a melhoria de uma ferramenta visual para modelagem de regras de jogos, com foco em simulação de processos estocásticos para projeto e avaliação do balanceamento. A solução proposta oferece um ambiente *online* de modelagem gráfica baseado em fluxo em nós que permite a modelagem, simulação e compartilhamento de regras de forma prática. Foi realizada uma comparação com outras ferramentas disponíveis no mercado para demonstrar o poder de representação e também uma avaliação com profissionais e entusiastas na criação de jogos. Os resultados indicam que a proposta é promissora e indica os possíveis próximos passos de desenvolvimento.

Palavras-chave: jogos de tabuleiro; design de jogos; modelos estocásticos; simulação computacional; modelagem visual.

Abstract

Balancing board games is essential to provide fair and engaging play experiences, ensuring equal conditions among players. However, many game creators lack the mathematical knowledge required to analyze models based on mechanics and random parameters, often relying on intuition and, at most, a large number of practical tests. This work presents the development and improvement of a visual tool for modeling game rules, with a focus on simulating stochastic processes for design and balance evaluation. The proposed solution offers an online, flow-based node modeling environment that allows for practical modeling, simulation, and sharing of rules. A comparison was made with other tools available on the market to demonstrate its representational power, along with an evaluation by professionals and enthusiasts in game creation. The results indicate that the proposal is promising and highlight possible next steps for further development.

Keywords: board games; game design; stochastic models; computer simulation; visual modeling.

Agradecimentos

A todos os meus parentes, pelo encorajamento e apoio.

Ao professor Igor pela orientação, amizade e principalmente, pela paciência, sem a qual este trabalho não se realizaria.

Aos professores do Departamento de Ciência da Computação pelos seus ensinamentos e aos funcionários do curso, que durante esses anos, contribuíram de algum modo para o nosso enriquecimento pessoal e profissional.

“A ciência é uma ferramenta, não um dogma. O que a ciência exige de nós é uma mente aberta”.

Carl Sagan (O Mundo Assombrado pelos Demônios)

Conteúdo

Lista de Figuras	8
Lista de Tabelas	9
1 Introdução	11
1.1 Apresentação do Tema	11
1.2 Contextualização	11
1.3 Descrição do Problema	12
1.4 Justificativa e Motivação	12
1.5 Questões de Pesquisa e Hipótese	13
1.6 Objetivos	13
1.7 Organização do Trabalho	14
2 Fundamentação Teórica	15
2.1 Jogos	15
2.1.1 Dungeons & Dragons (D&D)	16
2.1.2 Tormenta 3D&T	16
2.1.3 Fate	16
2.2 Aleatoriedade em Jogos	17
2.3 Simulação de Monte Carlo	18
2.4 Modelagem visual baseada em nós	18
2.5 Softwares de Modelagem para Jogos	19
2.5.1 AnyDice	20
2.5.2 McDie	20
2.5.3 Machinations	21
2.6 Protótipo Node Crafter	22
2.7 Revisão Bibliográfica	23
3 Material e Métodos	25
3.1 Caracterização do Trabalho	25
3.2 Etapas	25
3.3 Ambiente de desenvolvimento	26
3.4 Avaliação dos resultados	26
4 Desenvolvimento	27
4.1 Visão Geral do Sistema	27
4.2 Conjunto de nós	30
4.2.1 Dado	30
4.2.2 Simbólico	31
4.2.3 Saída	32
4.3 Cenários de Uso	32
4.3.1 Dungeons & Dragons	33
4.3.2 Tormenta 3D&T	35
4.3.3 Fate	37
4.4 Avaliação	38

4.4.1	Comparação da ferramenta	39
4.4.2	Formulário de avaliação com <i>designers</i>	41
4.5	Considerações Parciais	47
5	Conclusão	49
A	Revisão Bibliográfica	52
A.1	Mapeamento Sistemático	52
A.1.1	Metodologia do mapeamento	52
A.1.2	Pergunta Orientadora	53
A.1.3	Estratégia de Busca	53
A.1.4	Fluxograma PRISMA	54
A.2	Literatura Analisada	55
A.2.1	Balancing and Analyzing Player Interaction in the ESG+P Game with Machinations	55
A.2.2	Balancing long-term and short-term strategies in a sustainability game	56
A.2.3	Visual and Computational Modelling of Minority Games	57
A.2.4	Modeling and Analyzing Board Games through Markov Decision Processes	58
A.2.5	A Scientific Foundation of Simulation Games for the Analysis and Design of Complex Systems	59
A.2.6	Analyzing Game Strategies of the Don't Get Angry Board Game Using Computer Simulations	60
A.3	Síntese e Discussão dos Resultados	61
B	Formulário de avaliação com <i>designers</i>	62
	Bibliografia	68

Lista de Figuras

2.1	Interface de modelagem visual baseada em nós da ferramenta Blender.	19
2.2	Interface de modelagem da ferramenta AnyDice.	20
2.3	Interface de modelagem da ferramenta McDie.	21
2.4	Interface de modelagem da ferramenta Machinations.	22
2.5	Interface do protótipo inicial da ferramenta Node Crafter.	23
4.1	Tela inicial de modelagem e fluxo de dados baseado em nós.	28
4.2	Tela de propriedades customizáveis do nó Gerador de Dado.	28
4.3	Tela de importação e exportação do estado do sistema.	29
4.4	Tela de resultados da simulação exibida em histograma.	29
4.5	Modelagem da jogada com dois dados $d20$, utilizando a regra de vantagem e bônus fixo de +4 ao maior resultado.	34
4.6	Resultado da jogada com dois dados $d20$, utilizando a regra de vantagem e bônus fixo de +4 ao maior resultado.	35
4.7	Modelagem de um teste de defesa considerando sucesso se o valor da rolagem de um $d6$ for par ou maior ou igual a 5.	36
4.8	Resultado da simulação do teste de defesa considerando sucesso se o valor da rolagem de um $d6$ for par ou maior ou igual a 5.	36
4.9	Modelagem de um teste de perícia no sistema Fate com quatro dados Fate e bônus fixo de +2. Considera-se sucesso se o total estiver no intervalo entre 2 e 4.	38
4.10	Resultados do teste de perícia no sistema Fate, exibindo a distribuição de falhas e sucessos com base nas rolagens dos quatro dados Fate e no bônus aplicado.	38
4.11	Resultado da questão de perfil do usuário respondente do questionário. . .	43
4.12	Legenda dos gráfico referente às respostas das perguntas do formulário . .	43
4.13	Resultado do questionário na seção de acessibilidade e usabilidade.	44
4.14	Resultado do questionário na seção de eficiência e recursos da modelagem. .	44
4.15	Resultado do questionário na seção de satisfação geral e recomendação. . .	45
A.1	Fluxograma PRISMA do processo de seleção de estudos.	54

Lista de Tabelas

4.1	Comparação de funcionalidades entre Node Crafter, McDie e AnyDice. . .	40
-----	--	----

Siglas

Abrinq Associação Brasileira de Fabricantes de Brinquedos. 11

D&D Dungeons & Dragons. 15, 16, 33

DTMC *Discrete-time Markov chain*. 12, 58

MDP Markov decision process. 12, 58

PRISMA *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*. 54

RPG *Role-playing Game*. 15, 16, 42

TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. 41

UAREI *User-Action-Rule-Entities-Interface*. 57

1 Introdução

1.1 Apresentação do Tema

O mercado de jogos tem expandido rapidamente, impulsionado pela crescente demanda por inovações e experiências diversificadas. Os jogos criados nos últimos anos têm se tornado produtos mais complexos para se destacarem e serem descobertos em um número crescente de lançamentos. O processo de criação desses jogos pode se beneficiar muito do uso de ferramentas digitais, mesmo que os jogos criados sejam jogos de mesa, pois essas ferramentas proporcionam aos criadores a capacidade de elaborar modelos complexos de maneira eficiente. Entretanto, esses sistemas devem ser acessíveis a pessoas de diversas formações e manter uma simplicidade na interface, pois, diferente dos jogos digitais, em que o programador costuma possuir uma formação em lógica e matemática, os jogos de mesa recebem criadores e aspirantes com pouca ou nenhuma experiência em ferramentas matemáticas.

1.2 Contextualização

Nos últimos anos, o mercado de jogos, especialmente os de mesa, tem-se consolidado como uma indústria em crescimento, com um público cada vez mais diversificado. Segundo Baldo (2025), com dados da Associação Brasileira de Fabricantes de Brinquedos (Abrinq), os jogos de tabuleiro passaram a representar cerca de 13,1% das vendas totais de brinquedos no Brasil, contra 9,1% em 2017, refletindo uma tendência global de valorização de experiências lúdicas presenciais e sociais.

Hoje o mercado tem um padrão de consumo parecido com o mercado literário: os jogos possuem um ou mais autores que apresentam o jogo para uma editora. Esta, por sua vez, faz a produção e publicação do jogo. Os consumidores acompanham os lançamentos em feiras e pela mídia especializada. Neste modelo, anualmente as feiras apresentam entre 600 e 800 novos títulos, para os mais diversos públicos. O desenvolvimento desses jogos

tem início anos antes pelos autores e muitos não chegam ao final do processo editorial, ou são desenvolvidos e distribuídos informalmente, como outro *hobby*.

1.3 Descrição do Problema

O desenvolvimento de jogos de mesa envolve um processo iterativo de testes e ajustes para garantir que os mecanismos modelados pelas regras estejam equilibrados, proporcionando uma experiência justa e divertida para os jogadores. Esse balanceamento, quando bem feito, aumenta o engajamento dos jogadores e conduz a uma maior retenção dos mesmos no jogo. Entretanto, quando problemático, ele estimula o abandono pelo jogador (*player churn*).

O que é um bom balanceamento é relativo, pois depende dos objetivos do *game designer* e do público-alvo do jogo. Principalmente em jogos que utilizam elementos estocásticos, como dados, sorteio de cartas e outros elementos que aleatorizam os sistemas que regem os estados do jogo. Com a introdução da imprevisibilidade, aumenta a complexidade nas decisões dos jogadores e do autor e deixa o resultado do jogo incerto. Enquanto alguns desses elementos estocásticos podem ser modelados matematicamente, muitos autores de jogos carecem do conhecimento necessário para aplicar modelos adequados a esses sistemas, o que pode comprometer a experiência do jogador. Assim, o uso de ferramentas que permitam a modelagem e simulação desses sistemas de forma acessível e eficiente pode contribuir para o desenvolvimento de jogos com melhor balanceamento.

1.4 Justificativa e Motivação

A modelagem matemática pode ser uma abordagem poderosa para compreender e equilibrar sistemas de jogos, especialmente aqueles que envolvem elementos estocásticos. Mo-canu (2023) demonstra em seu estudo que modelos estocásticos, como os Markov decision processes (MDPs) e *Discrete-time Markov chains* (DTMCs), podem ser utilizados para analisar a tomada de decisões dos jogadores e prever probabilidades de diferentes eventos. Aplicando essas técnicas à investigação de estratégias ótimas em jogos de tabuleiro, o estudo evidencia como a utilização dessas metodologias pode proporcionar uma visão

mais aprofundada sobre as mecânicas dos jogos e permitir ajustes mais precisos no *design* e no balanceamento das regras.

1.5 Questões de Pesquisa e Hipótese

Dado o contexto crescente do mercado de jogos e o aumento do interesse pela criação de novos jogos, torna-se cada vez mais relevante oferecer soluções que facilitem o processo de desenvolvimento, especialmente para *designers* iniciantes e estudantes. Ferramentas que sejam acessíveis e de fácil uso podem proporcionar uma compreensão mais profunda do balanceamento e das mecânicas de jogo, permitindo aos criadores focar em aspectos criativos e inovadores. Este trabalho não se limita a aprimorar a ferramenta proposta na monografia de Rosa (2023), mas busca apresentar uma solução presumivelmente superior às alternativas disponíveis no mercado, aprimorando a acessibilidade, a usabilidade e tornando-a mais intuitiva e eficaz.

1.6 Objetivos

Esta pesquisa tem como objetivo geral investigar a viabilidade de uma ferramenta *online* que simplifique a modelagem e simulação de sistemas de jogos, focando na acessibilidade e na redução da curva de aprendizagem. A hipótese central é que a utilização de uma plataforma visual e intuitiva pode permitir aos *designers* de jogos, independentemente de seu nível de conhecimento técnico, construir e balancear sistemas de jogos de forma eficiente e precisa. Com isto, busca-se aprimorar a ferramenta de modelagem de jogos desenvolvida em trabalho anterior por Rosa (2023), tornando-a mais acessível para *designers* e estudantes. Para isso, os seguintes objetivos específicos serão buscados:

- Reformulação visual da ferramenta para tornar a experiência mais intuitiva e de fácil uso para o usuário;
- Ampliar a capacidade de modelagem, permitindo a representação de uma maior variedade de jogos e sistemas;

- Manter o acesso *online* da ferramenta, utilizando tecnologias modernas para garantir a facilidade de uso e compartilhamento de projetos;
- Incorporar melhorias no processo de simulação, apresentando resultados de forma clara;
- Validar a ferramenta por meio de avaliações dos usuários e comparação com outras ferramentas existentes no mercado.

1.7 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. Esta introdução é o Capítulo 1, sendo seguida pela fundamentação teórica no Capítulo 2. O Capítulo 3 descreve o método utilizado neste trabalho, e o Capítulo 4 apresenta seu desenvolvimento. Por fim, o Capítulo 5 traz nossas considerações finais.

Complementarmente, o documento conta com dois apêndices: o Apêndice A, que apresenta de forma detalhada a Revisão Bibliográfica e o Mapeamento Sistemático realizados, e o Apêndice B, que reúne a listagem completa das questões utilizadas no formulário de avaliação aplicado durante a etapa de desenvolvimento.

2 Fundamentação Teórica

Neste capítulo, serão abordados os conceitos necessários para o entendimento do trabalho, bem como uma descrição das técnicas utilizadas na construção da ferramenta e as abordagens que orientaram o seu *design* e implementação.

2.1 Jogos

Jogos podem ser entendidos como atividades culturais e sociais que envolvem interação voluntária entre um ou mais participantes, nas quais ações e decisões influenciam o desenvolvimento de um sistema artificial sujeito a regras previamente estabelecidas (XEXÉO et al., 2017). Essas atividades são marcadas por uma dinâmica incerta, na qual os jogadores buscam objetivos, frequentemente conflitantes, dentro de um contexto simbólico ou abstrato. A experiência lúdica proporciona, além do entretenimento, uma sensação de desafio e conquista, resultando em uma recompensa psicológica. Essa visão é embasada na definição apresentada por Xexéo et al. (2017), que destaca a importância das regras, da incerteza dos resultados e do envolvimento dos jogadores no processo de modificação do estado do sistema de jogo.

Entre as diversas categorias existentes, os jogos de mesa se destacam por sua natureza analógica ou híbrida, geralmente envolvendo componentes físicos como tabuleiros, cartas e dados, e promovendo a interação direta entre os participantes. Dentro desse universo, os jogos de interpretação de papéis, conhecidos como *Role-playing Games* (RPGs), ocupam um espaço relevante por permitirem uma liberdade criativa ampliada, onde os jogadores assumem personagens fictícios e colaboram na construção de narrativas. O RPG de mesa combina elementos de narrativa, interpretação, regras estruturadas e, frequentemente, mecanismos probabilísticos baseados em dados, o que o torna especialmente interessante do ponto de vista da modelagem e simulação de sistemas de regras.

A seguir, serão apresentados três sistemas de RPG amplamente conhecidos — Dungeons & Dragons (D&D), Tormenta 3D&T e Fate — utilizados como referência para

construção de exemplos e testes da ferramenta nos capítulos subsequentes. Ressalta-se, contudo, que a aplicação da ferramenta não se restringe a RPGs, podendo ser empregada na modelagem e análise de jogos de diferentes gêneros.

2.1.1 Dungeons & Dragons (D&D)

D&D é um jogo de interpretação de papéis de fantasia medieval amplamente difundido, no qual os jogadores assumem o papel de personagens com diferentes classes, atributos e habilidades. As partidas são conduzidas por um narrador chamado Mestre, que apresenta os desafios e controla os inimigos e o ambiente. A resolução de ações dentro do jogo, como ataques, testes de resistência ou perícias, é feita por meio de rolagens de dados, sendo o dado de vinte lados ($d20$) o mais utilizado nas mecânicas principais. Neste trabalho, adota-se como referência o sistema de regras da quinta edição de D&D (COAST, 2014), versão que consolidou a simplificação de diversas mecânicas para tornar o jogo mais acessível e dinâmico.

2.1.2 Tormenta 3D&T

Tormenta 3D&T é um cenário de fantasia medieval desenvolvido no Brasil, fortemente influenciado pelas estruturas narrativas de jogos como D&D, mas com ambientação própria e uma mitologia original. O sistema de regras adotado neste trabalho é o 3D&T Alpha (CASSARO, 2011). Trata-se de um RPG de mecânica simplificada, projetado para tornar as partidas mais dinâmicas e acessíveis, especialmente para jogadores iniciantes. As resoluções de ações são baseadas predominantemente em dados de seis lados ($d6$), com foco em testes rápidos que avaliam atributos como força, habilidade, resistência, armadura e poder de fogo.

2.1.3 Fate

Fate é um sistema de jogo de interpretação de papéis genérico e narrativo que enfatiza a construção colaborativa de histórias e personagens. Neste trabalho, utilizou-se como base a edição brasileira das regras intitulada Fate Sistema Básico (BALSERA et al., 2024), que se destaca por permitir campanhas adaptáveis a diversos estilos e ambientações. O

sistema utiliza dados especiais chamados Dado Fate (ou dF), que possuem três tipos de faces: +1, 0 e -1, com duas de cada tipo.

2.2 Aleatoriedade em Jogos

A aleatoriedade é um elemento presente em diversos jogos, podendo influenciar desde pequenas decisões até o desfecho completo de uma partida. Enquanto alguns jogos dependem exclusivamente das escolhas dos participantes, outros incorporam mecanismos estocásticos que introduzem incerteza, tornando cada sessão única. Esses elementos podem estar presentes de diversas formas, como rolagens de dados, sorteios, geração procedural ou até mesmo eventos dinâmicos dentro do jogo. A aleatoriedade é essencial para a diversão, pois cria surpresas e desafios que mantêm a experiência do jogador interessante, e deve ser cuidadosamente controlada pelo designer para equilibrar probabilidade e emoção (SCHELL, 2014).

Dentre os tipos de aleatoriedade, destaca-se o conceito de *input-output randomness* (aleatoriedade de entrada e saída), que se refere ao momento em que a incerteza é introduzida no jogo e como ela afeta a experiência do jogador. De acordo com Zhang et al. (2021), *input randomness* ocorre quando a aleatoriedade é inserida antes da decisão do jogador, como no sorteio de cartas em um baralho, permitindo que o jogador planeje suas ações com base nas informações recebidas. Por outro lado, *output randomness* acontece após a decisão do jogador, como em efeitos aleatórios de cartas já jogadas, introduzindo imprevisibilidade nos resultados das ações. Essa distinção é crucial para entender como a aleatoriedade pode impactar a satisfação e a estratégia do jogador, especialmente em jogos de cartas colecionáveis, onde ambos os tipos estão frequentemente presentes.

A aleatoriedade, quando bem aplicada, pode enriquecer a experiência de jogo, adicionando diversidade e desafio. No entanto, seu uso inadequado pode levar à frustração ou à sensação de falta de controle por parte do jogador. Portanto, compreender os efeitos da *input-output randomness* é essencial para o design de jogos que buscam equilibrar imprevisibilidade e agência do jogador.

2.3 Simulação de Monte Carlo

O método de Monte Carlo é um procedimento numérico de simulação que utiliza experimentos aleatórios repetidos e amostragem estatística para estimar soluções aproximadas de problemas matemáticos e físicos complexos, especialmente quando métodos analíticos tradicionais se mostram inviáveis (METROPOLIS; ULAM, 1949). Em termos simples, consiste em criar um grande número de cenários possíveis — geralmente por meio de sorteios simulados de valores — e, a partir da frequência dos resultados obtidos, aproximar probabilidades ou métricas de interesse.

No contexto de jogos, muitas situações envolvem variáveis aleatórias, como rolagens de dados, sorteio de cartas ou eventos probabilísticos que afetam o andamento da partida. Quando o número de variáveis cresce e suas interações se tornam mais intrincadas, a previsão analítica de todos os resultados possíveis se torna impraticável. Nesses casos, métodos numéricos como a simulação de Monte Carlo permitem compreender melhor o comportamento do sistema por meio de experimentação virtual controlada.

Esse método tem ampla aplicação em áreas como inteligência artificial, ciência de dados e análise de risco, sendo também amplamente empregado para estudar o equilíbrio e a viabilidade de mecânicas em jogos. Conforme destacado por Harrison (2010), a metodologia Monte Carlo é especialmente útil para resolver problemas probabilísticos complexos, onde a modelagem determinística tradicional não é viável.

2.4 Modelagem visual baseada em nós

A modelagem visual baseada em nós é uma abordagem amplamente utilizada para representar sistemas e suas interações de maneira intuitiva. Nesse modelo, as funcionalidades são encapsuladas em nós, conectados por arestas que definem o fluxo de informações. Essa estrutura permite a criação e manipulação de sistemas complexos sem a necessidade de programação tradicional, tornando-se popular por sua acessibilidade e clareza visual.

Esse tipo de modelagem tem-se mostrado eficaz em várias áreas, especialmente no desenvolvimento de jogos e simulações, onde a criação de mecânicas e interações pode

ser realizada de forma simplificada. Ferramentas como Blender¹, Unity² e Unreal Engine³ são exemplos bem-sucedidos do uso dessa abordagem, oferecendo soluções robustas para a criação de jogos e simulações interativas. A implementação dessa metodologia no Blender é apresentada na Figura 2.1.

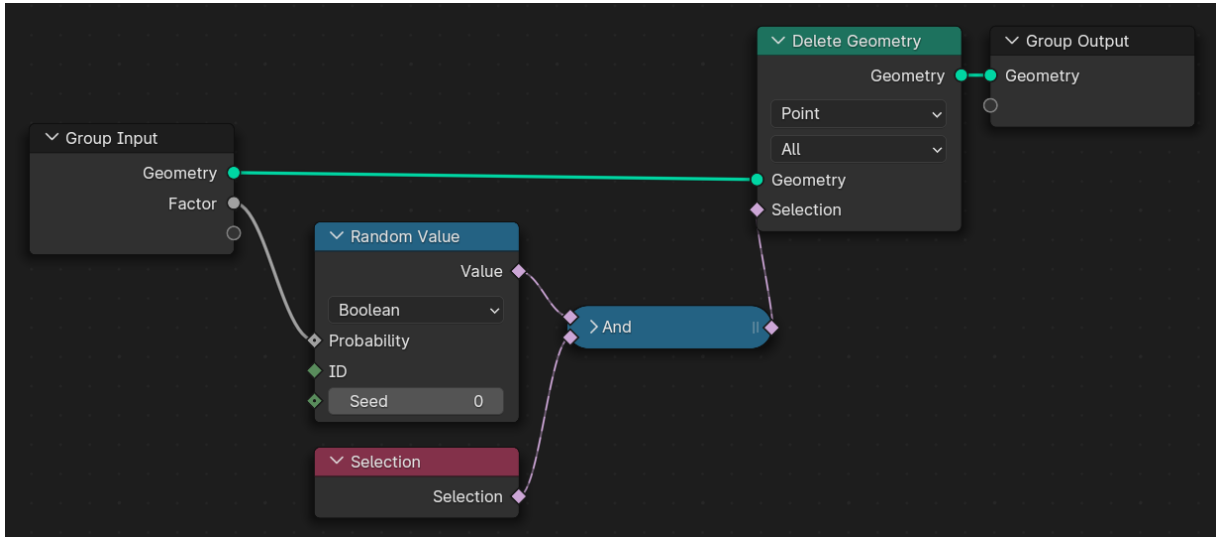


Figura 2.1: Interface de modelagem visual baseada em nós da ferramenta Blender.

2.5 Softwares de Modelagem para Jogos

Diferentes ferramentas podem ser utilizadas para modelar e analisar sistemas de jogo, permitindo a construção de simulações e a obtenção de estatísticas sobre eventos aleatórios. Essas ferramentas variam em sua abordagem, desde linguagens de *script* especializadas até interfaces gráficas interativas, facilitando tanto a experimentação quanto a visualização dos resultados. Neste trabalho, foram analisadas três ferramentas com metodologias distintas: o AnyDice⁴, baseado em programação; o McDie⁵, que utiliza uma abordagem visual estruturada em grafos de nós; e o Machinations⁶, que permite simulações complexas por meio de fluxos dinâmicos de recursos e interações.

¹Disponível em <<https://www.blender.org>>.

²Disponível em <<https://unity.com>>

³Disponível em <<https://www.unrealengine.com>>

⁴Disponível em <<https://anydice.com>>

⁵Disponível em <<https://gengelstein.itch.io/mcdie>>

⁶Disponível em <<https://machinations.io>>

2.5.1 AnyDice

O AnyDice é uma ferramenta online focada em modelar probabilidades de eventos em jogos. Seu funcionamento é baseado na programação, onde o usuário pode criar *scripts* em sua sintaxe própria para definir e simular o lançamento de dados, bem como a interação entre diferentes elementos de um sistema. A ferramenta é capaz de gerar resultados precisos ao permitir a configuração de cenários variados, e é útil para entender o impacto de diferentes variáveis nos resultados. Além disso, oferece a possibilidade de compartilhar os modelos criados, o que facilita a colaboração entre desenvolvedores e *designers* de jogos. Sua interface de modelagem é apresentada na Figura 2.2.

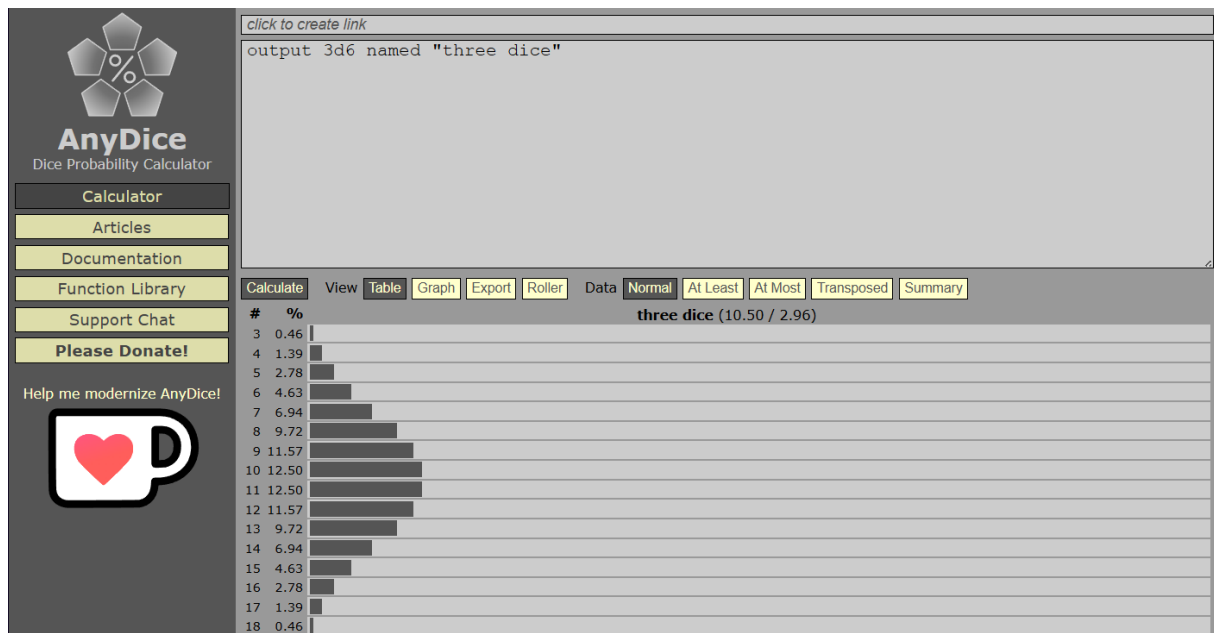


Figura 2.2: Interface de modelagem da ferramenta AnyDice.

2.5.2 McDie

O McDie é uma ferramenta que adota a arquitetura de grafos de nós para modelar eventos aleatórios e calcular probabilidades de forma visual, ilustrada pela Figura 2.3. Disponível apenas no sistema operacional Windows, a ferramenta permite que o usuário construa modelos interligando diversos nós que representam diferentes componentes do sistema. Cada nó é responsável por processar e transmitir informações, e os resultados são apresentados de forma gráfica, facilitando a análise do comportamento do sistema. Essa abordagem motivou a escolha visual para este trabalho, pois a modelagem visual tem o potencial de

tornar o processo de modelagem mais acessível a pessoas com pouca familiaridade com a construção de programas e equações matemáticas.

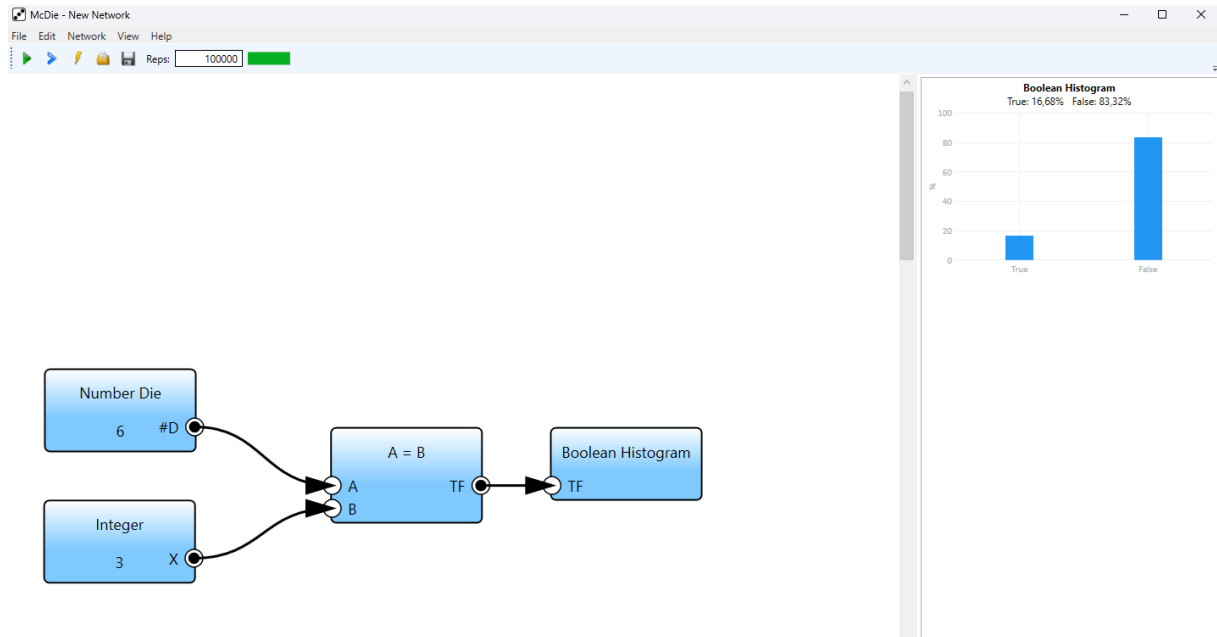


Figura 2.3: Interface de modelagem da ferramenta McDie.

2.5.3 Machinations

O Machinations é uma ferramenta reconhecida para modelagem e simulação de dinâmicas de jogos, permitindo aos desenvolvedores criar e ajustar modelos interativos de forma intuitiva. Sua interface gráfica, ilustrada na Figura 2.4, facilita a simulação de fluxos de recursos e decisões estratégicas dos jogadores, sendo especialmente eficaz na modelagem de economias de jogos e no controle de fluxo de dados. O estudo de Ourique et al. (2024) destaca que a adoção de simulações interativas, que consideram as estratégias e decisões dos jogadores, resulta em uma eficácia significativamente maior em comparação com modelos puramente aleatórios.

Apesar de sua relevância, é importante observar que o Machinations não possui suporte direto para modelagem de elementos estocásticos típicos de jogos de mesa, como lançamento de dados ou probabilidade de eventos. Dessa forma, embora sirva como referência conceitual, seu foco é distinto do objeto deste trabalho, que visa incorporar a simulação de processos estocásticos e a análise probabilística de regras de jogos.

Ainda assim, o Machinations se destaca por sua ênfase em usabilidade, ex-

perência do usuário e acessibilidade, aspectos que inspiraram diretamente o desenvolvimento desta pesquisa. O presente trabalho busca incorporar essa qualidade de interação intuitiva, garantindo que usuários com diferentes níveis de experiência possam compreender e utilizar a ferramenta de forma eficiente, mesmo em um contexto de modelagem baseado em elementos estocásticos.

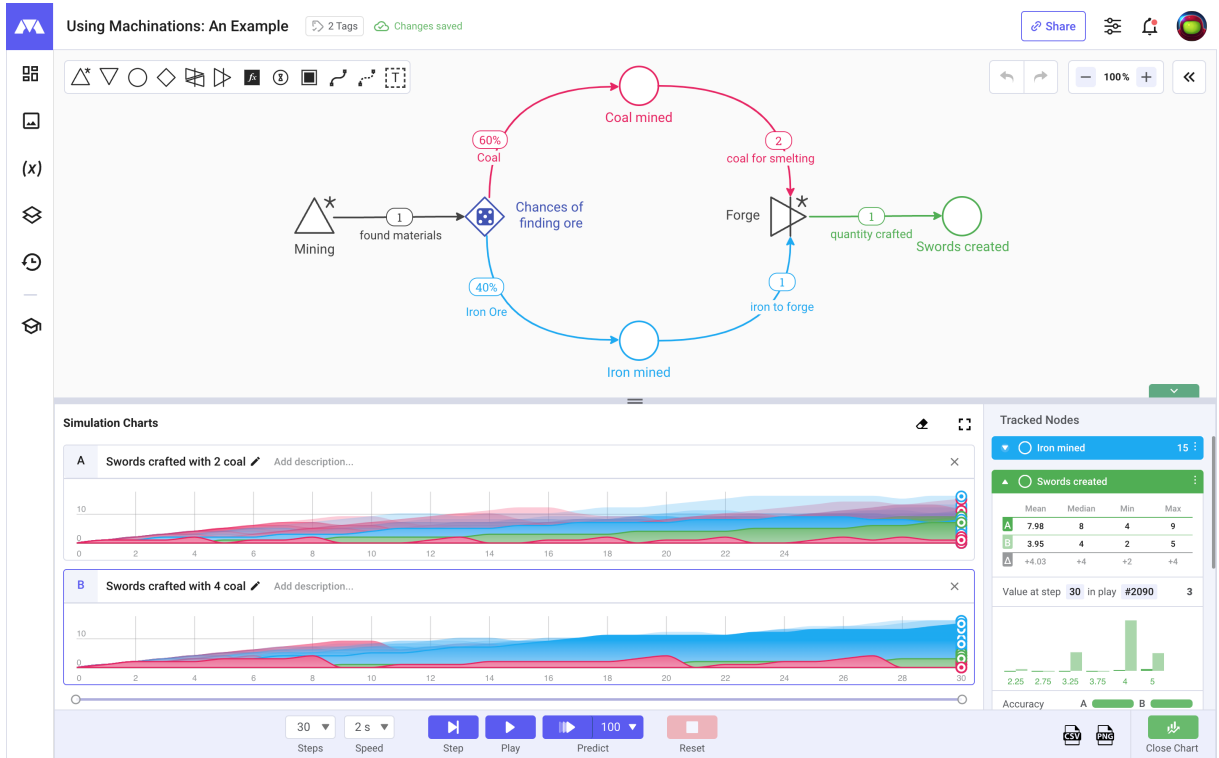


Figura 2.4: Interface de modelagem da ferramenta Machinations.

2.6 Protótipo Node Crafter

A origem da ferramenta remonta ao trabalho de Rosa (2023). Na ocasião, foi desenvolvido um protótipo funcional com base na proposta de representar visualmente subsistemas de regras de jogos, priorizando a clareza e a experimentação de elementos probabilísticos. A Figura 2.5 ilustra a interface de modelagem do protótipo.

Este trabalho dá continuidade direta àquele projeto, utilizando o código-fonte original como base e promovendo uma série de melhorias estruturais e funcionais. Nesta nova fase, o sistema passou a se chamar oficialmente Node Crafter⁷ e foi disponibilizado publicamente como uma ferramenta acessível via navegador. Apesar das melhorias, o

⁷Disponível em <https://ufjf-gamelab.github.io/node-crafter>

princípio central foi mantido: oferecer uma plataforma intuitiva para experimentação de regras de jogos com elementos aleatórios, por meio de simulações visuais.

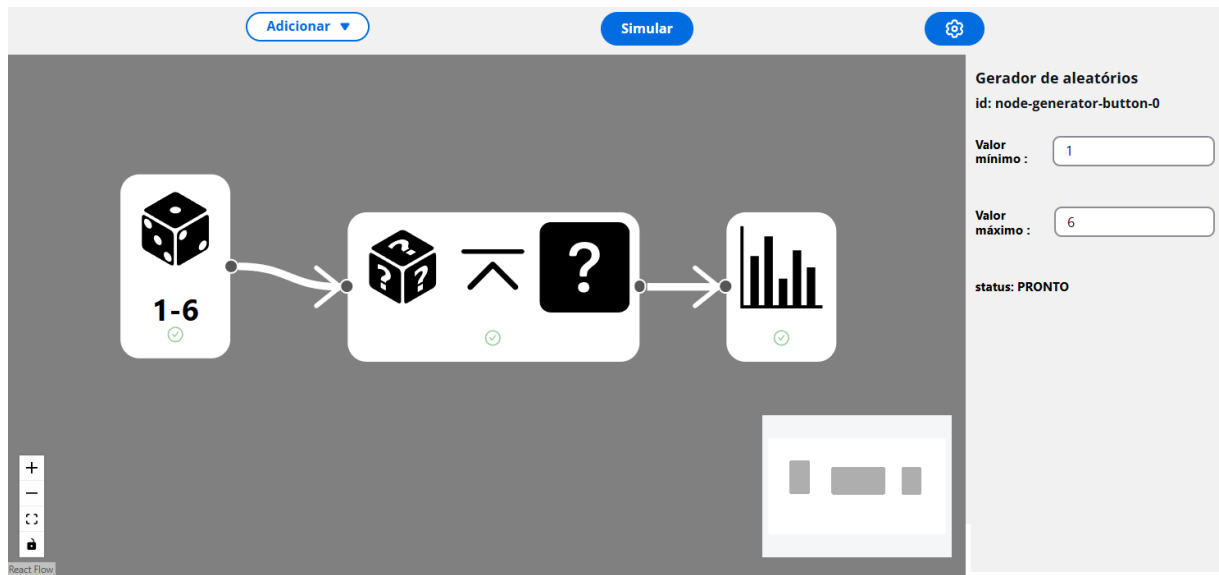


Figura 2.5: Interface do protótipo inicial da ferramenta Node Crafter.

2.7 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica constitui um elemento fundamental para embasar a presente pesquisa, oferecendo uma visão abrangente do estado da arte sobre modelagem e balanceamento de jogos de mesa, com ênfase em processos estocásticos e simulação computacional. A análise detalhada dos trabalhos relacionados, bem como a metodologia de seleção e filtragem das fontes, está apresentada integralmente no Apêndice A.

O mapeamento sistemático realizado evidenciou que diferentes abordagens têm sido aplicadas no contexto de modelagem e análise de jogos, variando desde o uso de ferramentas visuais, como o *Machinations*, até a aplicação de modelos matemáticos avançados, como cadeias de Markov e simulações em larga escala. Essas estratégias têm se mostrado eficazes para explorar interações entre jogadores, prever resultados de diferentes estratégias e compreender a evolução de mecânicas de jogo.

Apesar dos avanços identificados, a literatura aponta lacunas relevantes: soluções de maior precisão analítica costumam demandar conhecimento técnico avançado, enquanto ferramentas de uso mais intuitivo frequentemente apresentam limitações no tratamento probabilístico e na análise estocástica. Tais constatações reforçam a importância

da proposta deste trabalho, que busca integrar profundidade analítica e acessibilidade em uma única solução, ampliando o alcance e a aplicabilidade de ferramentas voltadas ao design e balanceamento de jogos de mesa.

3 Material e Métodos

Este capítulo apresenta a abordagem metodológica adotada no desenvolvimento deste trabalho, incluindo a classificação da pesquisa, os métodos e ferramentas utilizados, além das tecnologias que sustentam a implementação da proposta.

3.1 Caracterização do Trabalho

Este trabalho consiste em uma pesquisa de natureza aplicada, com uma abordagem qualitativa, de objetivo exploratório, baseada em observação direta e extensiva em duas etapas. A primeira avalia as capacidades e a usabilidade da ferramenta proposta, realizando uma comparação com os principais produtos existentes no mercado, destacando as vantagens e inovações da solução desenvolvida. A segunda etapa envolve a coleta de questionários antes e após o uso do sistema desenvolvido.

3.2 Etapas

O desenvolvimento deste estudo foi conduzido por meio de uma sequência estruturada de etapas. As atividades realizadas foram organizadas conforme descrito a seguir:

1. **Atualização do sistema apresentado anteriormente:** Reestruturação do sistema para uma nova arquitetura, identidade visual e organização de código, garantindo maior manutenibilidade e escalabilidade.
2. **Análise comparativa entre ferramentas semelhantes:** Identificação e seleção de ferramentas existentes no mercado com funcionalidades semelhantes, para realizar uma análise comparativa.
3. **Refatoração da implementação do método de Monte Carlo:** Otimização da implementação de simulação estocástica para melhorar o desempenho e a precisão dos resultados, além de aprimorar a visualização dos dados gerados.

4. **Implementação de novas funcionalidades:** Adição de novas funcionalidades ao sistema para ampliar sua capacidade de modelagem de jogos e acessibilidade.
5. **Coleta de avaliação dos usuários:** Elaboração e aplicação de um questionário voltado aos usuários que testaram a ferramenta, com o objetivo de avaliar a eficácia do sistema na simulação de regras com elementos estocásticos, além de aspectos como usabilidade, clareza visual e acessibilidade da interface.

3.3 Ambiente de desenvolvimento

O ambiente de desenvolvimento da aplicação utiliza um conjunto de bibliotecas e ferramentas para criação de sistemas *web* do lado do cliente (*frontend*). Foi utilizado o editor de texto Visual Studio Code⁸ versão 1.96.2 para o ambiente de desenvolvimento integrado. Toda a aplicação utiliza como interface *web* as especificações padrão, HTML, CSS, JavaScript em suas versões correntes a esta data. Para empregar o desenvolvimento com o uso de componentes, foi utilizado o *framework* React em sua versão 18.3.1. A padronização e reuso de componentes ficaram a cargo da biblioteca de componentes visuais React Flow⁹ versão 12.3.1 e Mantine¹⁰ versão 7.16.1 para identidade visual e gráficos.

3.4 Avaliação dos resultados

A avaliação da ferramenta foi conduzida a partir de duas abordagens complementares: a aplicação de um questionário *online* via Google Forms¹¹ com usuários e a realização de uma análise comparativa com ferramentas semelhantes já disponíveis no mercado. O objetivo é obter uma análise tanto subjetiva quanto objetiva da eficácia, usabilidade e expressividade da solução desenvolvida.

⁸Disponível em <https://code.visualstudio.com>

⁹Disponível em <https://reactflow.dev>

¹⁰Disponível em <https://mantine.dev>

¹¹Disponível em <https://workspace.google.com/intl/pt-BR/products/forms/>

4 Desenvolvimento

Este capítulo descreve o processo de desenvolvimento do ambiente de modelagem e simulação proposto, bem como sua aplicação em jogos de tabuleiro disponíveis no mercado, com o objetivo de demonstrar o funcionamento e a eficácia da ferramenta. Além disso, são apresentadas as avaliações realizadas por meio de uma tabela comparativa com outras ferramentas existentes e de um formulário aplicado a *game designers*, desenvolvedores e entusiastas da área, o que possibilita uma análise da usabilidade, dos diferenciais e das limitações do sistema desenvolvido.

4.1 Visão Geral do Sistema

O sistema Node Crafter foi implementado como uma aplicação *web*, permitindo que tanto a interface quanto a simulação sejam executadas diretamente no navegador, sem a necessidade de instalação local ou de acesso a serviços externos. A interface principal funciona como um grande quadro de modelagem, assemelhando-se a uma lousa escolar, em que o usuário pode estruturar visualmente seus modelos por meio de uma abordagem baseada em nós. Nesse espaço, é possível inserir e conectar nós por meio de arestas direcionadas, representando o fluxo de informações entre os componentes, como ilustra a Figura 4.1.

À esquerda da tela encontra-se a barra lateral de seleção de elementos, onde o usuário pode escolher o tipo de nó que deseja adicionar ao modelo. Após a inserção, é possível conectar os nós por meio de arestas direcionadas, definindo o fluxo de dados entre os elementos. Cada nó possui propriedades específicas que podem ser configuradas individualmente por meio da barra lateral direita, como representa a Figura 4.2. Essas propriedades incluem desde o nome do nó, documentação e até parâmetros que afetam diretamente seu comportamento na simulação.

A execução da simulação é controlada pela barra inferior central da interface, responsável por iniciar o processo de simulação, limpar os dados gerados e apresentar os resultados. Além disso, essa barra concentra funcionalidades importantes, como a

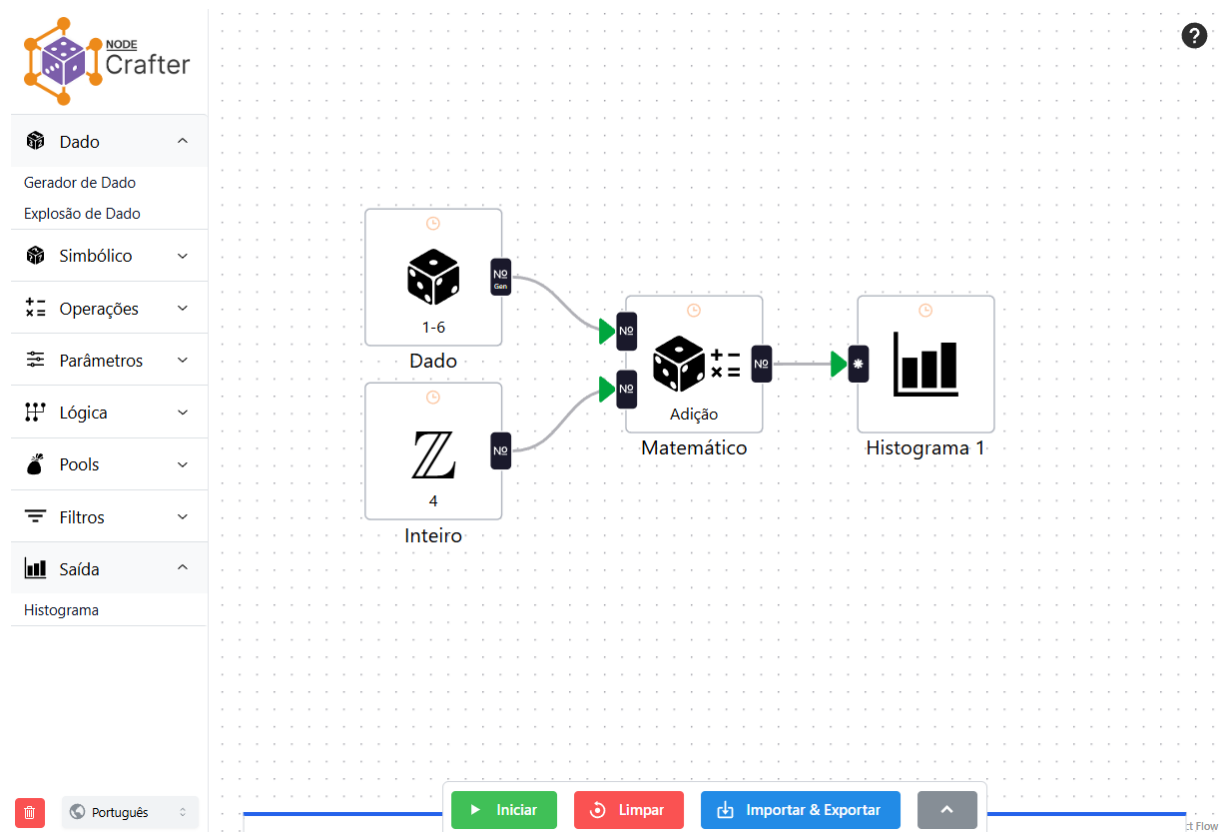


Figura 4.1: Tela inicial de modelagem e fluxo de dados baseado em nós.



Figura 4.2: Tela de propriedades customizáveis do nó Gerador de Dado.

importação e exportação do modelo atual em formato `.txt`, permitindo o salvamento e carregamento de modelos previamente criados, conforme ilustrado na Figura 4.3. Também é possível exportar os resultados da simulação como imagem, o que facilita seu compartilhamento.



Figura 4.3: Tela de importação e exportação do estado do sistema.

Durante a execução, os resultados obtidos são apresentados por meio de gráficos, os quais são gerados automaticamente com base no comportamento dos nós conectados no modelo. A Figura 4.4 apresenta um exemplo desses gráficos, que oferecem ao usuário uma visualização dos dados simulados.

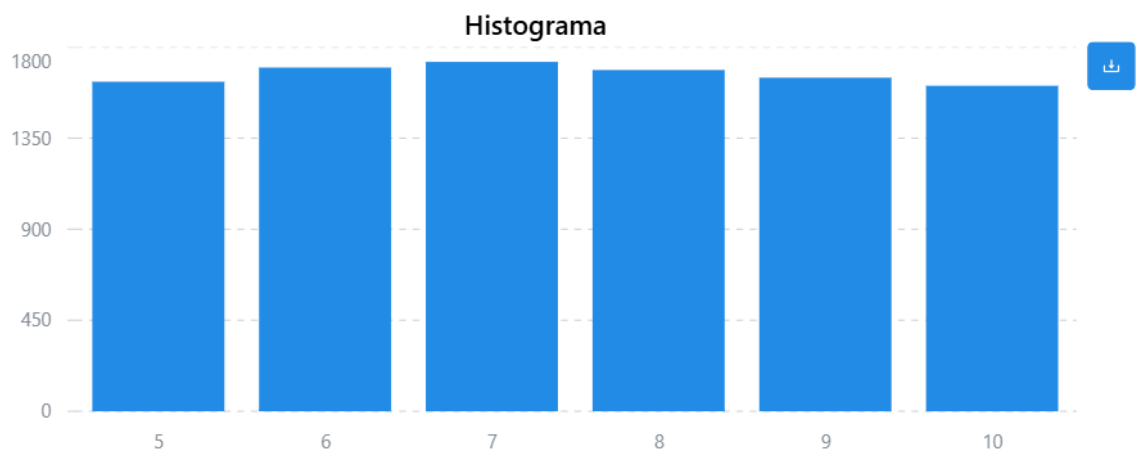


Figura 4.4: Tela de resultados da simulação exibida em histograma.

A simulação é iniciada através do botão Iniciar, localizado na barra inferior. Por padrão, o sistema realiza 10.000 amostragens, processando os dados de acordo com a estrutura de nós e arestas modelada. Durante a execução, o sistema atualiza dinamicamente o estado de cada nó. Caso ocorra um erro em algum componente, a simulação é interrompida, o status do nó problemático é alterado para *erro* e uma mensagem de notificação é exibida ao usuário. Em situações nas quais o processo ocorre normalmente, todos os nós atingem o status de *sucesso* e os resultados são exibidos ao final da simulação.

4.2 Conjunto de nós

O sistema desenvolvido implementa um conjunto variado de nós, cada um representando uma função específica dentro do processo de modelagem e simulação. De modo a organizar melhor essas funcionalidades, os nós foram classificados em três categorias principais: **Dado, Simbólico e Saída**. Cada uma dessas categorias atende a um tipo específico de necessidade dentro do processo de construção de modelos de jogos, abrangendo desde a geração de valores aleatórios, sejam eles numéricos ou simbólicos, até a análise e visualização dos resultados obtidos. Nas seções seguintes, serão apresentados alguns dos nós mais relevantes de cada categoria, com o objetivo de exemplificar as principais funcionalidades disponíveis no sistema.

4.2.1 Dado

Gerador de Dado

Nó do tipo **gerador** responsável por simular lançamentos de dados dentro de um intervalo definido. Ele é o ponto de partida para qualquer simulação que envolva aleatoriedade com dados.

Grupo de Dados

Nó do tipo **modificador** utilizado para agrupar os resultados de múltiplos lançamentos de um nó Gerador de Dado em um único conjunto (*pool*). É útil para representar jogadas com vários dados lançados simultaneamente, em que todos os valores são tratados como

parte de uma mesma ação ou teste.

Soma de Grupo de Dados

Nó do tipo **modificador** responsável por somar os valores agrupados por um nó do tipo Grupo de Dados. Utilizado para calcular a soma total de cada lançamento de múltiplos dados em paralelo.

Matemático

Nó do tipo **modificador** utilizado para realizar operações matemáticas entre dois conjuntos de dados. As operações disponíveis incluem: adição; subtração; multiplicação; e divisões com arredondamento para baixo (piso) ou para cima (teto).

Comparação Lógica

Nó do tipo **modificador** utilizado para realizar comparações lógicas entre dois conjuntos de dados. As operações disponíveis incluem igualdade, maior ou igual, e menor ou igual.

AND

Nó do tipo **modificador** utilizado para realizar a operação lógica E entre dois valores do tipo lógico (verdadeiro ou falso). Retorna verdadeiro apenas quando ambas as entradas forem verdadeiras; caso contrário, retorna falso.

OR

Nó do tipo **modificador** utilizado para realizar a operação lógica OU entre dois valores do tipo lógico (verdadeiro ou falso). Retorna verdadeiro se pelo menos uma das entradas for verdadeira, e falso apenas quando ambas forem falsas.

4.2.2 Simbólico

Gerador de Símbolo

Nó do tipo **gerador** utilizado para criar valores simbólicos aleatórios com base em um conjunto de faces definidas pelo usuário. Ao contrário do Gerador de Dado, que trabalha

com números, este nó opera com valores textuais e é útil para representar elementos como cartas, itens, símbolos ou qualquer outro tipo de resultado não numérico.

Sacar da Bolsa Sem Reposição

Nó do tipo **modificador** que simula sorteios baseados em uma bolsa (ou urna), com base nos símbolos do nó Gerador de Símbolo. A cada execução, um item é retirado da bolsa sem reposição, ou seja, o valor sorteado não retorna para a bolsa, evitando repetições nos sorteios seguintes.

Grupo de Símbolos

Nó do tipo **modificador** utilizado para agrupar os resultados de múltiplos lançamentos do Gerador de Símbolo em um único conjunto (*pool*). Permite combinar o lançamento de valores simbólicos em paralelo, como o sorteio de dois símbolos diferentes em uma única jogada.

4.2.3 Saída

Histograma

Nó do tipo **visualização** que exibe os resultados da simulação como um gráfico de barras, demonstrando com que frequência diferentes resultados ocorrem nas simulações modeladas no sistema.

4.3 Cenários de Uso

Para demonstrar a aplicabilidade prática do trabalho desenvolvido, esta seção apresenta a modelagem de diferentes situações extraídas de sistemas de jogos reais. Os exemplos foram selecionados considerando sua diversidade estrutural e sua relevância no contexto das regras específicas de cada jogo. Entretanto, devido à complexidade inerente de muitos jogos, que frequentemente envolvem múltiplas camadas de interação, efeitos condicionais e componentes interdependentes, optou-se por representar apenas partes isoladas das mecânicas que podem ser modeladas de forma clara e objetiva dentro das funcionalidades

oferecidas pela ferramenta, possibilitando a análise probabilística do sistema de regras em questão.

4.3.1 Dungeons & Dragons

Foi escolhido como cenário para modelagem o processo de resolução de um ataque com vantagem, incluindo a aplicação de bônus fixo e a verificação de acerto crítico. Segundo as regras oficiais do D&D, quando um personagem realiza um ataque com vantagem, o jogador deve rolar dois dados de vinte lados ($d20$) e considerar o maior resultado. A esse valor é adicionado um modificador fixo de ataque, derivado de atributos como força ou destreza. Para que o ataque seja considerado bem-sucedido, o total obtido após a soma deve ser igual ou superior à classe de armadura do alvo, que neste exemplo foi definida como 15. Além disso, existe a possibilidade de um acerto crítico, que ocorre exclusivamente quando o jogador obtém um 20 natural, ou seja, obtém um 20 em qualquer uma das rolagens de $d20$, sem aplicar modificadores.

Para modelagem dessa mecânica no sistema proposto, utiliza-se um nó do tipo Gerador de Dado configurado como um dado de vinte lados ($d20$), conectado a um nó Grupo de Dados, que representa as duas rolagens simultâneas. O nó Grupo de Dados é então conectado a um nó de seleção, responsável por escolher o maior valor entre as duas rolagens. O resultado desse nó segue por dois fluxos paralelos: no primeiro, o valor é somado a um bônus fixo de +4, utilizando um nó Matemático, e posteriormente avaliado por um nó Sucesso, configurado para verificar se o total alcança ou ultrapassa o valor 15, representando a chance de acerto simples. No segundo fluxo, o valor original da maior rolagem é comparado diretamente com o valor 20 por meio de um nó de Comparação Lógica, utilizando a operação de igualdade, para identificar os acertos críticos. A Figura 4.5 apresenta o modelo visual dessa simulação dentro do sistema, enquanto a Figura 4.6 ilustra os histogramas resultantes, evidenciando a distribuição das probabilidades de acerto simples e de acerto crítico.

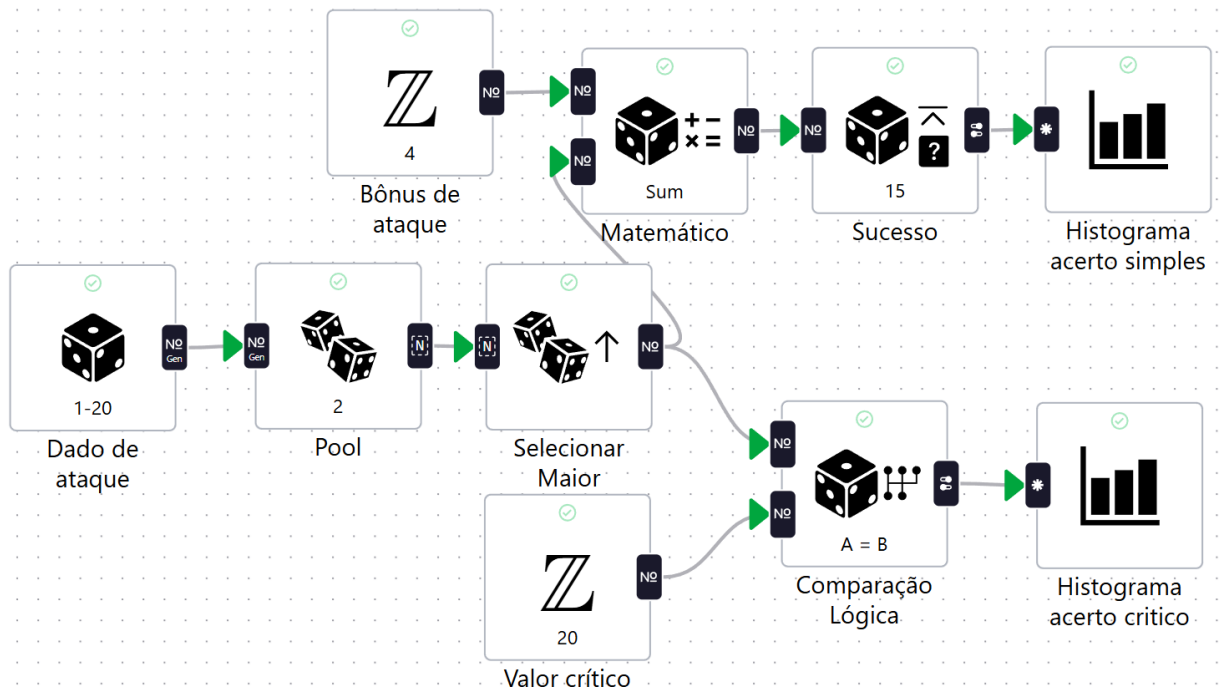


Figura 4.5: Modelagem da jogada com dois dados $d20$, utilizando a regra de vantagem e bônus fixo de +4 ao maior resultado.

A análise dos histogramas apresentados na Figura 4.6 evidencia que a taxa de acerto crítico é de aproximadamente 9%, valor baixo conforme esperado, pois um acerto crítico ocorre apenas quando se rola um 20 natural em algum dos dois dados. Por outro lado, a probabilidade de acerto simples, considerando o bônus fixo de +4, é próxima de 75%, refletindo o efeito do modificador. Esses resultados confirmam que o modelo implementado no sistema reproduz corretamente a mecânica de ataque com vantagem, distinguindo acerto simples de acerto crítico e validando o comportamento esperado das probabilidades dentro do cenário escolhido.

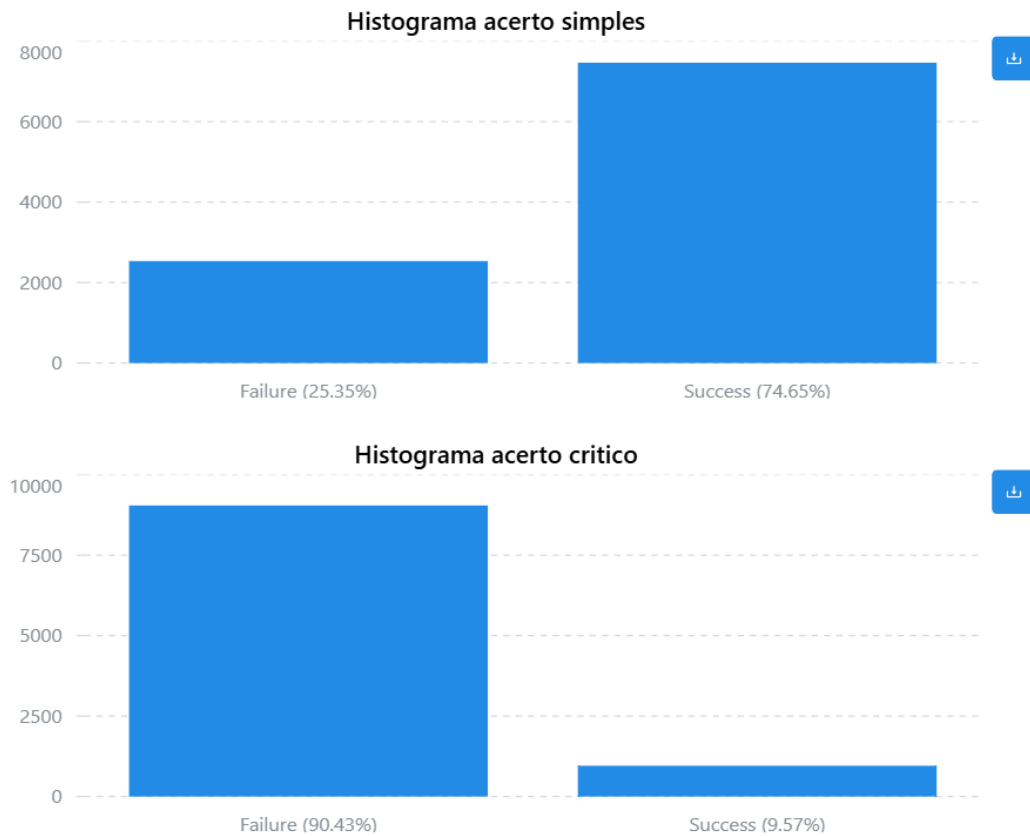


Figura 4.6: Resultado da jogada com dois dados $d20$, utilizando a regra de vantagem e bônus fixo de +4 ao maior resultado.

4.3.2 Tormenta 3D&T

Como cenário de modelagem, foi selecionado um exemplo de teste de defesa baseado na característica de armadura, combinado com um efeito mágico de proteção. Segundo as regras do 3D&T, um teste de armadura é bem-sucedido quando o jogador obtém um resultado par na rolagem de um dado de seis lados ($d6$). No entanto, para este exemplo, foi acrescentada uma segunda condição de sucesso: caso o jogador role um valor igual ou superior a 5, o personagem também será considerado protegido, representando o efeito do item mágico de defesa. Dessa forma, o personagem obtém **sucesso se o valor for par ou maior ou igual a 5**, criando uma situação de múltiplas condições de sucesso.

A modelagem dessa jogada no *software* proposto foi construída utilizando um nó do tipo Gerador de Dado, configurado para um dado de seis lados ($d6$). O resultado desta rolagem segue para dois fluxos de avaliação em paralelo. No primeiro fluxo, o valor é processado por um nó de verificação de paridade, que retorna verdadeiro caso o

número seja par. No segundo fluxo, o mesmo valor é encaminhado para um nó Sucesso, configurado para indicar sucesso caso o valor seja igual ou superior a 5. Os resultados de ambos os fluxos são combinados por meio de um nó OR, que retorna verdadeiro se pelo menos uma das condições for satisfeita. Por fim, o resultado final da defesa é visualizado por meio de um nó Histograma. A Figura 4.7 apresenta o modelo visual dessa simulação, enquanto a Figura 4.8 exibe a distribuição de probabilidades de sucesso e falha.

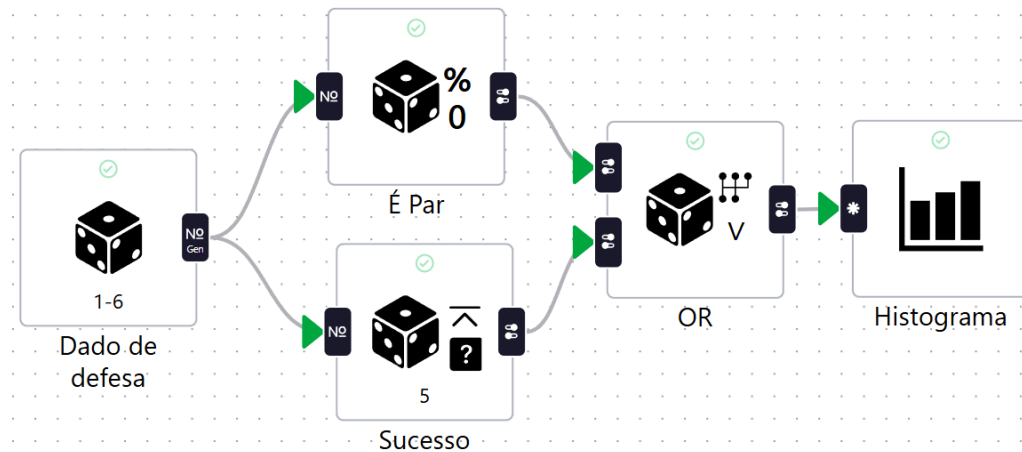


Figura 4.7: Modelagem de um teste de defesa considerando sucesso se o valor da rolagem de um *d6* for par ou maior ou igual a 5.

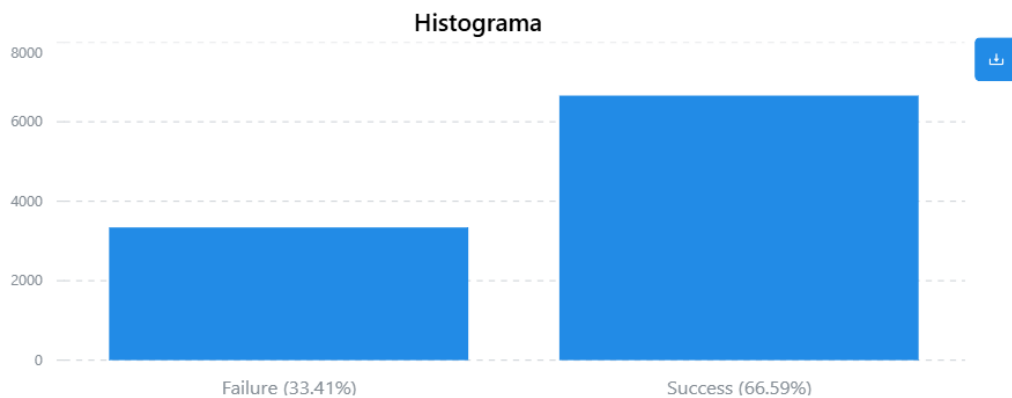


Figura 4.8: Resultado da simulação do teste de defesa considerando sucesso se o valor da rolagem de um *d6* for par ou maior ou igual a 5.

Os resultados da simulação apresentados na Figura 4.8 indicam que a taxa de sucesso do teste de defesa é de aproximadamente 66%. Esse valor reflete corretamente as regras utilizadas, considerando que um resultado par ou um valor igual ou superior a 5 garante o sucesso, criando múltiplas condições de vitória. A simulação confirma que o modelo implementado no sistema reproduz de forma precisa a mecânica de defesa do

Tormenta 3D&T, mostrando a distribuição esperada de sucessos e falhas para este cenário específico.

4.3.3 Fate

Neste trabalho, foi modelado um típico cenário de resolução de ação no sistema Fate: realização de um teste de perícia com quatro dados Fate (dF) com um bônus fixo de +2. O resultado da rolagem, somado ao modificador, é comparado com uma dificuldade definida como 2. Para fins de simplificação, a avaliação do sucesso é feita considerando um intervalo entre 2 e 4, representando tanto o sucesso comum quanto o sucesso com estilo, segundo os critérios do sistema Fate. Resultados fora desse intervalo são considerados falhas.

A modelagem deste cenário no trabalho proposto faz uso de um nó Gerador de Dado, configurado com o valor mínimo -1, e valor máximo 1, representando o dado Fate. Em seguida, utiliza-se o nó Grupo de Dados, que irá agrupar a rolagem dos 4 dados simultâneos. Também é utilizado o nó Soma de Grupo de Dado, que realiza o cálculo de soma total das múltiplas rolagens em um único valor. Então esse valor é combinado com um modificador fixo de +2 por meio de um nó Matemático. O resultado final é analisado por um nó Dado Entre Intervalo, configurado com os limites [2, 4], determinando se houve sucesso ou falha. A Figura 4.9 apresenta a modelagem visual dessa jogada, enquanto a Figura 4.10 ilustra o histograma obtido, evidenciando a distribuição dos resultados da simulação.

Os resultados exibidos na Figura 4.10 indicam que a taxa de sucesso no teste de perícia é de aproximadamente 55%. Esse valor é consistente com o cenário analisado, considerando que o sucesso é definido como um resultado total no intervalo de 2 a 4 após a soma dos quatro dados Fate e a aplicação do bônus fixo de +2. O bônus contribui para aumentar levemente a probabilidade de sucesso acima de 50%, elevando a chance de atingir o intervalo necessário. A simulação confirma que o modelo implementado reproduz corretamente a resolução de testes de perícia no sistema Fate, demonstrando a distribuição esperada entre sucessos e falhas neste cenário.

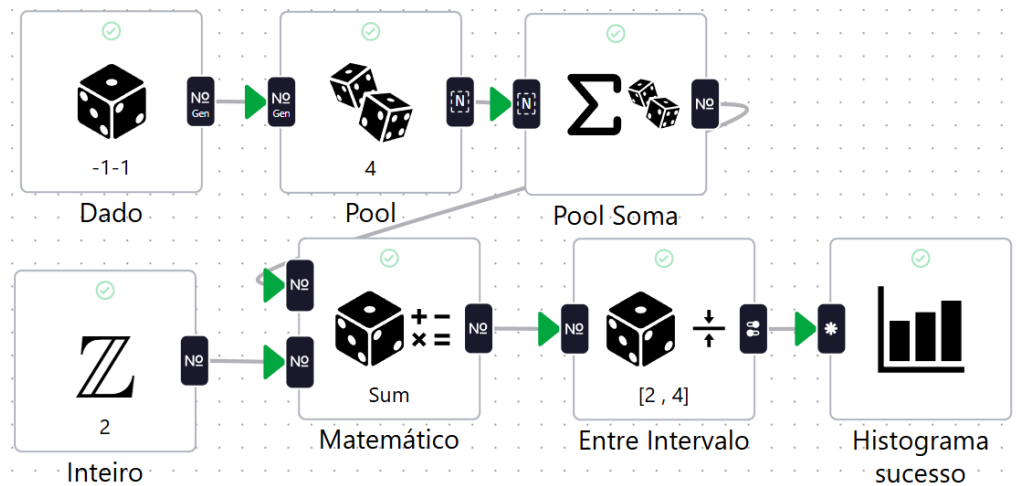


Figura 4.9: Modelagem de um teste de perícia no sistema Fate com quatro dados Fate e bônus fixo de +2. Considera-se sucesso se o total estiver no intervalo entre 2 e 4.

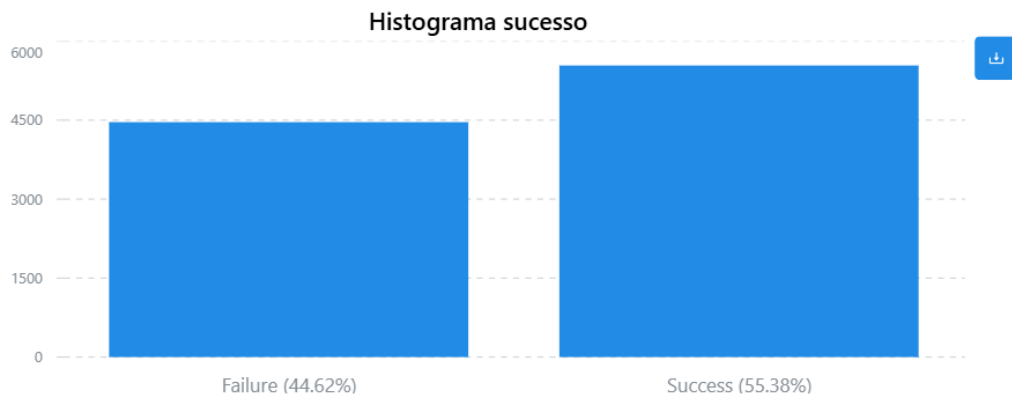


Figura 4.10: Resultados do teste de perícia no sistema Fate, exibindo a distribuição de falhas e sucessos com base nas rolagens dos quatro dados Fate e no bônus aplicado.

4.4 Avaliação

A avaliação da ferramenta foi realizada por meio de duas abordagens complementares: a aplicação de um questionário *online* com usuários e a elaboração de uma análise comparativa com ferramentas semelhantes já disponíveis no mercado. Busca-se, assim, obter um panorama inicial sobre a recepção da ferramenta e analisar suas características e limitações a partir do contato direto com o público-alvo e a comparação com ferramentas semelhantes.

4.4.1 Comparação da ferramenta

Para avaliar a abrangência da ferramenta desenvolvida neste trabalho, foi realizada sua comparação com duas ferramentas consolidadas no contexto de simulação e modelagem de jogos: McDie e AnyDice. A seleção das funcionalidades comparadas, apresentada na Tabela 4.1, teve como critério principal a utilidade dessas operações em diferentes contextos de jogos. O objetivo é avaliar a flexibilidade e o potencial de aplicação de cada ferramenta em cenários variados de modelagem.

Na Tabela 4.1, a cobertura de cada funcionalidade é indicada pelos seguintes símbolos: X para funcionalidades plenamente atendidas, P para funcionalidades parcialmente atendidas e - (hífen) para funcionalidades não atendidas.

Funcionalidade	Node Crafter	McDie	AnyDice
Gerador de dado	X	X	X
Gerador simbólico	X	X	-
Gerador explosão dado	X	X	X
Histograma	X	X	X
Parâmetro inteiro	X	X	P
Selecionar valor aleatório	X	X	X
Selecionar menor valor	P	X	X
Selecionar maior valor	X	X	X
Operador lógico AND	X	X	P
Operador lógico OR	X	X	P
Comparação lógica $A > B$	X	X	X
Comparação lógica $A < B$	X	X	X
Comparação lógica $A = B$	X	X	X
É ímpar	X	X	P
É par	X	X	P
Subtração de valores	X	X	X
Adição de valores	X	X	X

Continua na próxima página

Funcionalidade	Node Crafter	McDie	AnyDice
Multiplicação de valores	X	X	X
Divisão de valores	X	X	X
Valor absoluto	X	X	X
Cálculo de média	-	X	P
Contador	P	X	X
<i>Reroll</i> (repetição de rolagem)	P	X	-
Grupo de dados	X	X	X
Laço de repetição	-	X	X
Min/Max	P	X	X
<i>Split</i> (divisão de caminhos)	-	X	P
<i>Switch</i> (condicional múltipla)	-	X	-
Detectar execução	-	X	-
Possui N do tipo	-	X	-
Grupo simbólico	X	X	-
Sorteio de símbolo sem repetição	X	-	-

Tabela 4.1: Comparação de funcionalidades entre Node Crafter, McDie e AnyDice.

A Tabela 4.1 revela que a ferramenta McDie apresenta um conjunto robusto e versátil de funcionalidades, sendo a que possui maior cobertura entre as três analisadas. Apesar de utilizar um modelo de construção baseado em blocos visuais, a ferramenta ainda assim oferece suporte a operações complexas, como laços de repetição, ramificações e condições múltiplas. Portanto, nesse aspecto, trata-se de uma solução poderosa e consolidada para a modelagem de jogos baseados em probabilidade.

Conforme apresentado na Tabela 4.1, o AnyDice possui uma cobertura funcional mais limitada em comparação às outras ferramentas analisadas. Devido ao fato de que o AnyDice adota uma abordagem descritiva, baseada em código, sua flexibilidade depende fortemente do conhecimento do usuário, o que faz com que diversas funcionalidades sejam atendidas apenas parcialmente. Além disso, a ausência de recursos para modelagem

simbólica restringe sua aplicação a cenários que utilizam exclusivamente valores numéricos, reduzindo sua versatilidade para sistemas que demandam manipulação visual ou simbólica de elementos.

Por fim, a Tabela 4.1 evidencia que a ferramenta Node Crafter, desenvolvida neste trabalho, apresenta uma proposta intermediária. Oferece suporte à modelagem simbólica que, embora presente, é limitada a poucas funções específicas, restringindo a complexidade das regras representáveis nesse aspecto. Além disso, funcionalidades mais complexas que dependem de múltiplas saídas, como estruturas de repetição (*loops*) e condições múltiplas, não foram implementadas, limitando a capacidade de modelar processos iterativos e ramificações múltiplas. Ainda assim, a ferramenta disponibiliza um conjunto consistente de funcionalidades que atendem à maioria dos cenários básicos e intermediários de modelagem.

4.4.2 Formulário de avaliação com *designers*

Com o intuito de investigar a recepção e usabilidade do sistema desenvolvido, esta seção apresenta a estratégia de avaliação aplicada, bem como a estrutura do instrumento utilizado para a coleta de dados. A avaliação busca compreender como o sistema é percebido por potenciais usuários, com foco em aspectos como clareza da interface, facilidade de modelagem, utilidade dos resultados gerados e aplicabilidade geral no contexto de criação e análise de jogos. Espera-se, com isso, obter subsídios para validar os objetivos do projeto, além de identificar pontos de melhoria para versões futuras da ferramenta.

A avaliação foi conduzida por meio de um formulário *online*, composto majoritariamente por afirmações que devem ser avaliadas em uma escala Likert de cinco pontos, variando de “Discordo plenamente” a “Concordo plenamente”. Antes de iniciar o preenchimento, os participantes tiveram acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), no qual foram informados sobre os objetivos da pesquisa, a forma de utilização dos dados e o caráter voluntário da participação, com a possibilidade de desistência a qualquer momento. Essa abordagem permite captar percepções subjetivas dos usuários em relação a múltiplas dimensões do sistema, como usabilidade, utilidade, aprendizado e aplicabilidade. A listagem completa das perguntas do formulário está disponível no

Apêndice B.

As perguntas foram cuidadosamente elaboradas para abordar aspectos específicos do sistema, como clareza visual da interface, facilidade de construção dos modelos, interpretação dos resultados simulados, entendimento dos exemplos fornecidos e impacto da documentação e dos tutoriais disponíveis. Além disso, foram incluídas perguntas descritivas abertas para permitir sugestões espontâneas e comentários qualitativos sobre a experiência de uso.

A divulgação do formulário foi realizada em comunidades e fóruns voltados ao desenvolvimento de jogos de tabuleiro e RPGs, com foco em grupos de *game designers*, desenvolvedores independentes e entusiastas da criação de sistemas lúdicos. O público-alvo foi composto principalmente por indivíduos com interesse direto em ferramentas de prototipagem, balanceamento e simulação de regras. O objetivo central dessa avaliação é coletar percepções autênticas e práticas de usuários reais ou potenciais, proporcionando um retorno qualitativo e quantitativo sobre a eficácia da ferramenta proposta.

O questionário ficou disponível durante 24 dias, do dia 4 ao dia 27 de julho e contou com a participação de sete respondentes. As respostas coletadas foram utilizadas para análise qualitativa e quantitativa dos principais aspectos da ferramenta. Embora o número de participantes seja limitado, os dados obtidos oferecem uma visão inicial relevante sobre a recepção da proposta pelo público-alvo.

Inicialmente, foram coletados dados a respeito do perfil dos usuários respondentes, com o objetivo de compreender seu nível de familiaridade com a área de desenvolvimento de jogos. Todos os sete participantes declararam atuar ou estudar em áreas relacionadas a jogos, sendo seis profissionais e um estudante ou pesquisador, como ilustra Figura 4.11. Esse perfil indica que as respostas foram fornecidas por indivíduos com conhecimento relevante sobre o contexto de uso da ferramenta, o que fortalece a validade das percepções obtidas, mesmo diante do número reduzido de participantes.

A Figura 4.12 apresenta a legenda utilizada nos gráficos derivados das respostas. Ela auxilia na leitura e interpretação dos resultados exibidos nas figuras seguintes.

A seção de acessibilidade e usabilidade buscou compreender como os usuários perceberam a clareza da interface, a facilidade de navegação e a autonomia no uso do

Você trabalha ou estuda em alguma área relacionada a jogos digitais ou de tabuleiro?

● Sim, profissionalmente. ● Sim, como estudante/pesquisador.

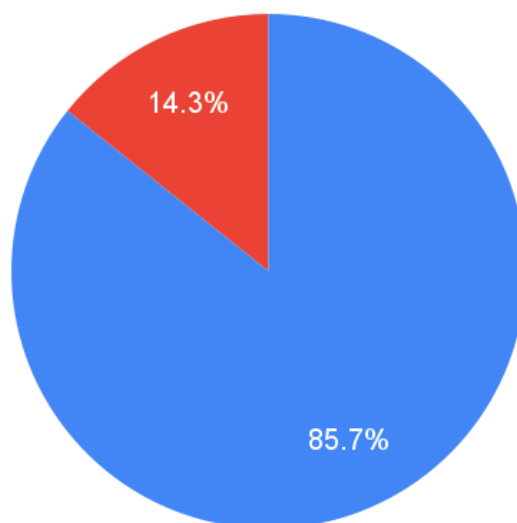


Figura 4.11: Resultado da questão de perfil do usuário respondente do questionário.

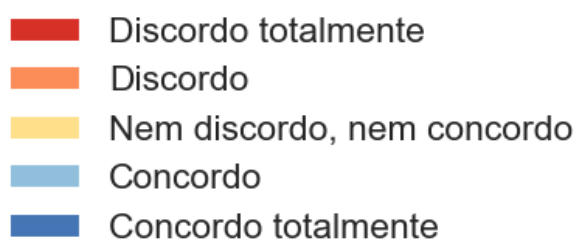


Figura 4.12: Legenda dos gráfico referente às respostas das perguntas do formulário

sistema. A Figura 4.13 apresenta os resultados obtidos que, de maneira geral, revelam uma percepção positiva quanto à organização visual dos elementos e à localização das funcionalidades. A maioria dos participantes selecionou as opções “Concordo” ou “Concordo totalmente” para os itens relacionados à clareza dos componentes e à facilidade de uso. Esse resultado sugere que as escolhas de *design* adotadas na interface foram eficazes para garantir acessibilidade e compreensão por parte dos usuários.

A intuitividade na criação de modelos apresentou uma avaliação mista, com respostas distribuídas entre plena concordância e a discordância moderada. De forma semelhante, a afirmação de que foi possível utilizar o sistema sem necessidade de ajuda externa também dividiu opiniões, indicando uma possível fragilidade na curva inicial de aprendizagem. Esses resultados sugerem que há espaço para aprimoramentos no processo

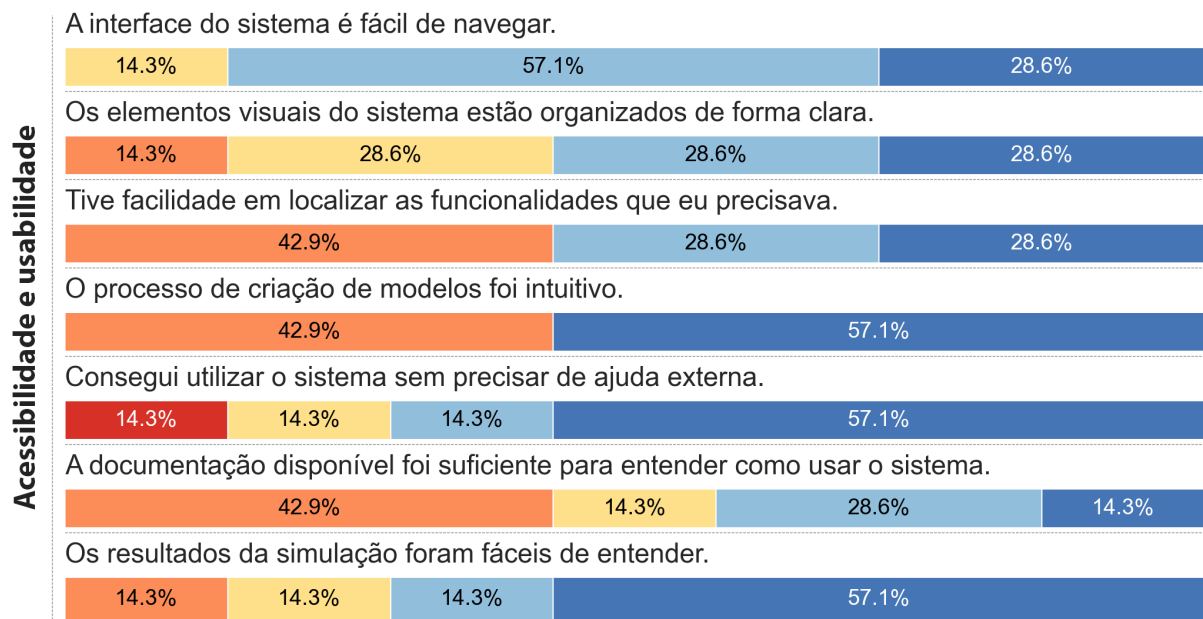


Figura 4.13: Resultado do questionário na seção de acessibilidade e usabilidade.

de introdução e uso inicial da ferramenta.

A documentação também recebeu avaliações divergentes, com parte dos usuários indicando satisfação e outros apresentando respostas neutras ou negativas, o que aponta para oportunidades de melhoria em termos de clareza, abrangência e formato dos materiais de apoio.

A Figura 4.14 apresenta as respostas dos participantes sobre a percepção de eficiência e recursos disponíveis para modelagem na ferramenta. Essa seção buscou identificar o quão eficaz o sistema é na representação de regras e mecânicas, bem como o nível de utilidade prática dos recursos oferecidos.

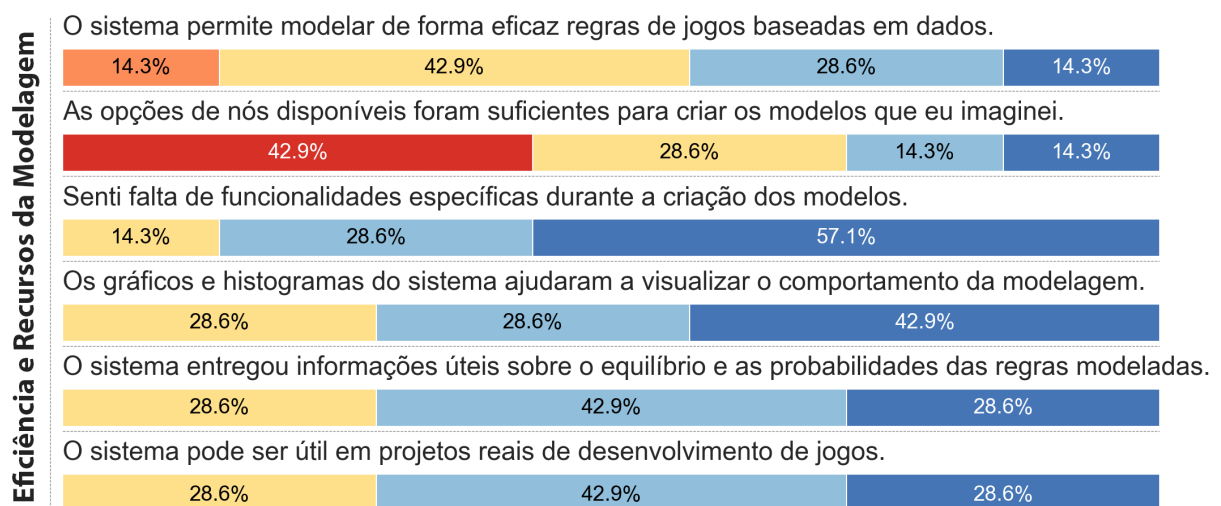


Figura 4.14: Resultado do questionário na seção de eficiência e recursos da modelagem.

Observa-se que os resultados referentes à eficiência da ferramenta e aos recursos disponíveis para modelagem revelam uma percepção mista entre os participantes. A questão sobre a capacidade de modelar regras com eficácia apresentou uma maioria de respostas neutras, com uma distribuição equilibrada entre avaliações positivas e negativas, indicando que essa funcionalidade ainda pode não estar plenamente consolidada para todos os tipos de usuários e usos pretendidos.

Quanto à suficiência dos nós disponíveis, a avaliação foi majoritariamente negativa, com poucos participantes indicando plena concordância de que conseguiram representar os modelos desejados com os recursos atuais. Essa percepção se reforça com a alta taxa de concordância entre os respondentes quanto à ausência de funcionalidades específicas durante a modelagem, apontando uma limitação concreta da ferramenta no que diz respeito à abrangência de suas funcionalidades.

Por outro lado, a percepção sobre a utilidade da ferramenta em projetos reais foi predominantemente positiva, sugerindo que, mesmo com limitações técnicas, o sistema já é percebido como funcional dentro de determinados contextos. De maneira semelhante, os gráficos e histogramas foram bem avaliados, sendo considerados úteis para visualizar e interpretar o comportamento probabilístico das regras. Esses elementos parecem cumprir satisfatoriamente seu papel como recurso de apoio à análise de balanceamento.

A seção de satisfação geral e recomendação avalia a intenção dos usuários de continuar utilizando o sistema e de recomendá-lo a outras pessoas. A Figura 4.15 apresenta de forma gráfica as respostas relacionadas a esses aspectos, mostrando a percepção dos participantes sobre a ferramenta.

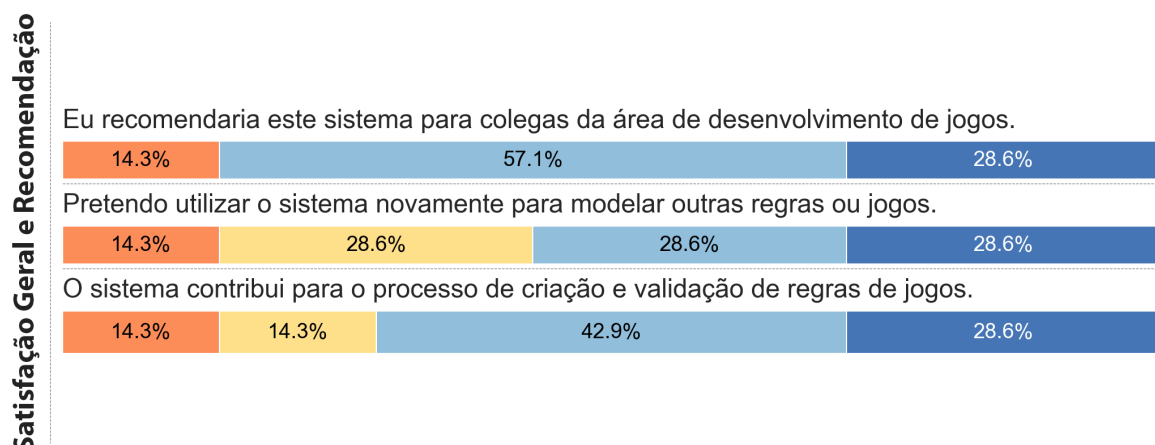


Figura 4.15: Resultado do questionário na seção de satisfação geral e recomendação.

De maneira geral, os dados indicam uma recepção positiva por parte dos usuários. A maioria dos participantes concorda que o sistema contribui para o processo de criação e validação de regras de jogos, reforçando sua utilidade prática no contexto de desenvolvimento lúdico. Além disso, observa-se um bom índice de intenção de reutilização da ferramenta em futuros projetos, o que sugere que os recursos oferecidos foram considerados satisfatórios em termos de funcionalidade e aplicabilidade.

O indicador de recomendação também apresentou resultados promissores, com a maioria dos respondentes afirmando que recomendariam o sistema a colegas da área. Isso representa um importante sinal de confiança e valor percebido, refletindo não apenas a aceitação individual da ferramenta, mas também sua relevância potencial dentro da comunidade de desenvolvimento de jogos.

Além das questões quantitativas, o questionário incluiu **três perguntas descritivas** com o objetivo de colher impressões mais detalhadas e sugestões dos participantes. As perguntas foram:

- O que mais te agradou ou chamou atenção positivamente na ferramenta?
- Que tipo de funcionalidade ou recurso você sente que está faltando no sistema?
- Deseja deixar mais algum comentário, sugestão ou crítica sobre o sistema?

As respostas obtidas reforçam diversos pontos positivos já evidenciados nas questões fechadas. Muitos participantes destacaram a interface simples e intuitiva como um diferencial da ferramenta, ressaltando a facilidade de uso e a rapidez na visualização dos resultados. A possibilidade de construir modelos de forma visual, sem necessidade de programação, também foi elogiada, sendo vista como uma abordagem acessível para iniciantes ou para tarefas de prototipagem rápida.

Quanto às sugestões de melhoria, os participantes relataram algumas funcionalidades desejadas, como a possibilidade de editar valores diretamente nos elementos, aplicar diferentes filtros aos grupos de dados e incorporar operações lógicas mais específicas. Também foi sugerida a adição de um catálogo de funções clássicas, como rolagem com *re-roll* (repetição de rolagem) ou descartes condicionais, bem como uma seção com exemplos

prontos baseados em jogos reais, como Catan¹², War¹³ e X-COM¹⁴, nos moldes do que é oferecido por ferramentas como o Machinations.

Outros comentários apontaram o potencial da ferramenta como ponte entre a modelagem matemática e o processo de *game design*, tornando mais visível o impacto de decisões no equilíbrio e na experiência de jogo. Sugestões como apresentar os cálculos de probabilidade teórica, além da simulação empírica, também foram levantadas como formas de enriquecer a análise oferecida.

4.5 Considerações Parciais

A análise comparativa entre a ferramenta desenvolvida e outras soluções consolidadas, como McDie e AnyDice, revela que o sistema implementado conseguiu oferecer um conjunto razoável de funcionalidades essenciais para a modelagem e simulação de regras de jogos. Contudo, é importante ressaltar que a abrangência do Node Crafter ainda não alcança o nível das ferramentas mais maduras, especialmente no que se refere a operações avançadas, como laços de repetição, múltiplas ramificações e maior diversidade de funções simbólicas, características evidentes na McDie.

No que diz respeito à avaliação por meio do questionário aplicado, um ponto crítico identificado foi a baixa quantidade de respostas — apenas sete participantes — o que compromete a representatividade e a generalização dos resultados. O curto período de disponibilidade do formulário, somado a limitações na divulgação, contribui para esse baixo retorno. Essa limitação exige cautela na análise quantitativa, restringindo conclusões mais amplas a partir dos dados coletados.

Ainda assim, os resultados obtidos oferecem indícios relevantes para uma análise preliminar da ferramenta. Aspectos como usabilidade da interface, clareza dos resultados e utilidade prática foram bem avaliados por parte dos respondentes. Por outro lado, também foram evidenciadas limitações importantes, sobretudo no que se refere à abrangência dos recursos de modelagem disponíveis e à curva inicial de aprendizagem. Esses dados, embora não conclusivos, contribuem para identificar pontos fortes e oportu-

¹²Disponível em <https://www.catan.com/>

¹³Disponível em <https://www.lojagrow.com.br/jogo-war---grow-02000/p>

¹⁴Disponível em <https://xcom.com>

nidades de aprimoramento da proposta.

5 Conclusão

Este trabalho apresentou uma segunda etapa no desenvolvimento de uma ferramenta visual para modelagem de regras de jogos de mesa, com foco na simulação de processos estocásticos e na análise de balanceamento. A proposta dá sequência ao protótipo desenvolvido anteriormente em Rosa (2023), incorporando uma reformulação completa da interface, além de diversas melhorias técnicas e funcionais. O objetivo foi fornecer um ambiente acessível, intuitivo e funcional para *game designers*, estudantes e entusiastas, promovendo a compreensão e experimentação de mecânicas de jogo com elementos estocásticos, sem a necessidade de conhecimento técnico ou matemático avançado. Dessa forma, a ferramenta busca permitir que o *designer* concentre seus esforços nos aspectos criativos e conceituais dos jogos.

A reformulação visual da interface foi implementada com a aplicação de boas práticas de *design*, resultando em uma experiência de uso clara, conforme apontado nas respostas positivas do questionário de avaliação aplicado. A acessibilidade também foi aprimorada com a disponibilização da ferramenta em ambiente *online*, suporte multilíngue e documentação integrada ao sistema.

A capacidade de modelagem foi parcialmente ampliada com a introdução de novos tipos de nós, como operadores matemáticos e comparadores lógicos. No entanto, limitações importantes ainda permanecem, especialmente no que se refere à ausência de recursos para manipulação de valores simbólicos, múltiplas saídas e estruturas condicionais mais complexas. Tanto a comparação com as ferramentas AnyDice e McDie, quanto os resultados do questionário, indicam que a abrangência dos modelos representáveis ainda é restrita, sendo este um dos principais pontos de melhoria apontados pelos usuários.

A validação da ferramenta, conduzida por meio de um questionário aplicado a um público-alvo relevante, indicou uma recepção mista. Embora aspectos como usabilidade da interface, clareza dos resultados e potencial de aplicação prática tenham recebido avaliações majoritariamente positivas, as limitações nas funcionalidades de modelagem foram evidenciadas com destaque, refletindo uma percepção neutra ou negativa quanto

à capacidade do sistema em atender plenamente às expectativas dos usuários. A baixa amostragem, com apenas sete respostas, reduz a possibilidade de generalização, mas os dados coletados ainda fornecem subsídios valiosos para reflexão e aprimoramento do sistema.

O objetivo geral deste trabalho foi alcançado. A proposta de oferecer uma ferramenta acessível, visual e funcional para a modelagem de regras com elementos estocásticos foi validada por meio de respostas positivas no questionário aplicado, especialmente nos aspectos de usabilidade da interface, clareza dos gráficos e utilidade prática da aplicação. Esses dados indicam que, mesmo com limitações técnicas ainda presentes, a ferramenta atendeu satisfatoriamente ao propósito de facilitar a experimentação e o entendimento de mecânicas de jogo por parte de *game designers*, estudantes e entusiastas, sem exigir conhecimentos técnicos aprofundados.

Algumas limitações precisaram ser introduzidas durante o processo, principalmente em função de restrições de tempo e do escopo técnico definido. A ausência de suporte a estruturas como *loops*, múltiplas saídas e manipulação simbólica refletiu-se na arquitetura simplificada da ferramenta e foi percebida nas respostas dos usuários, que apontaram a insuficiência dos nós disponíveis e a falta de determinadas funcionalidades. Além disso, a janela reduzida de coleta de dados pode ter contribuído para o número limitado de participantes na avaliação, restringindo o alcance dos dados obtidos.

A proposta apresentada se insere no campo do desenvolvimento de jogos como uma ferramenta auxiliar na criação, análise e balanceamento de regras com elementos estocásticos. A comparação analítica com ferramentas semelhantes, aliada à avaliação obtida por meio do questionário aplicado a usuários da área, destaca o diferencial desta proposta ao oferecer uma abordagem mais visual, interativa e intuitiva, especialmente voltada para iniciantes ou para aqueles sem familiaridade com linguagens de programação.

Como continuidade ao trabalho, destacam-se caminhos como a expansão da capacidade simbólica do sistema, permitindo a modelagem de regras com sorteios mais complexos e manipulação de elementos simbólicos em bolsas. Também é possível avançar no desenvolvimento de nós mais sofisticados, como estruturas com múltiplas saídas e mecanismos de repetição, ampliando a expressividade do sistema para representar processos

mais complexos. Além disso, há potencial para evoluir a acessibilidade da ferramenta por meio de recursos colaborativos em tempo real, favorecendo o uso coletivo e a criação conjunta de modelos por diferentes usuários.

A Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica desempenha um papel essencial na fundamentação deste trabalho, fornecendo um panorama dos estudos já realizados sobre modelagem e balanceamento de jogos de mesa, com ênfase em processos estocásticos e simulação computacional. Para garantir uma abordagem sistemática e rigorosa, os artigos analisados neste capítulo foram selecionados por meio de um mapeamento sistemático da literatura, cuja metodologia e critérios de seleção são detalhados na Seção A.1.

O mapeamento sistemático permitiu identificar os principais trabalhos relevantes ao tema, garantindo que a discussão apresentada esteja baseada em uma seleção criteriosa de fontes acadêmicas. Após a apresentação dessa metodologia, os artigos encontrados são sintetizados na Seção A.2, onde são discutidos seus principais objetivos, contribuições e limitações. Por fim, a Seção A.3 traz uma síntese e análise crítica dos resultados obtidos, destacando as lacunas existentes na literatura e como elas justificam a proposta deste estudo.

A.1 Mapeamento Sistemático

Esta seção apresenta um mapeamento sistemático com o objetivo de identificar e analisar estudos relacionados ao desenvolvimento e análise de ferramentas para modelagem e balanceamento de jogos de mesa. O mapeamento foi conduzido seguindo uma abordagem estruturada, utilizando a metodologia PICO(t) para definir o escopo e as perguntas de pesquisa, além de estratégias de busca em bases de dados acadêmicas.

A.1.1 Metodologia do mapeamento

O mapeamento sistemático foi realizado seguindo a metodologia PICO(t), que permite a definição clara dos elementos da pesquisa. Os componentes utilizados foram:

- **P (Problema, População, Paciente):** *Designers* e desenvolvedores que trabalham com balanceamento e criação de jogos.

- **I (Intervenção)**: Desenvolvimento de uma ferramenta online de simulação de processos estocásticos para jogos.
- **C (Comparação)**: Outras ferramentas tradicionais de modelagem, que são complexas e pouco acessíveis.
- **O (*Outcome*, Desfecho)**: Maior facilidade na modelagem de jogos, com acessibilidade e compartilhamento online.
- **t (Tempo, Tipo de Estudo)**: Desenvolvimento experimental.

A.1.2 Pergunta Orientadora

Como o desenvolvimento de uma ferramenta online de simulação de processos estocásticos pode facilitar a criação de jogos em comparação com ferramentas tradicionais para designers e desenvolvedores de jogos?

A.1.3 Estratégia de Busca

A busca por estudos foi realizada em bases de dados acadêmicas amplamente reconhecidas, incluindo **Google Scholar** e **Semantic Scholar**, utilizando o programa **Harzing's Publish or Perish**. Foram definidos termos de busca com o uso de operadores booleanos para maximizar a recuperação de artigos relevantes. Devido à limitação do programa, apenas os 100 primeiros artigos de cada busca foram considerados. As expressões utilizadas foram:

"board game" OR "game design" AND ("stochastic models" OR "computer simulation")

Foram aplicados filtros para restringir os resultados aos anos mais recentes, buscando manter a relevância do material analisado. As buscas foram divididas conforme descrito a seguir:

1. **Google Scholar (2022-2024)**
2. **Google Scholar (2018-2021)**
3. **Semantic Scholar (2014-2024)**

A.1.4 Fluxograma PRISMA

O processo de seleção dos estudos para este mapeamento sistemático foi conduzido seguindo as diretrizes do método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). O fluxograma PRISMA, apresentado na Figura A.1, ilustra as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos.

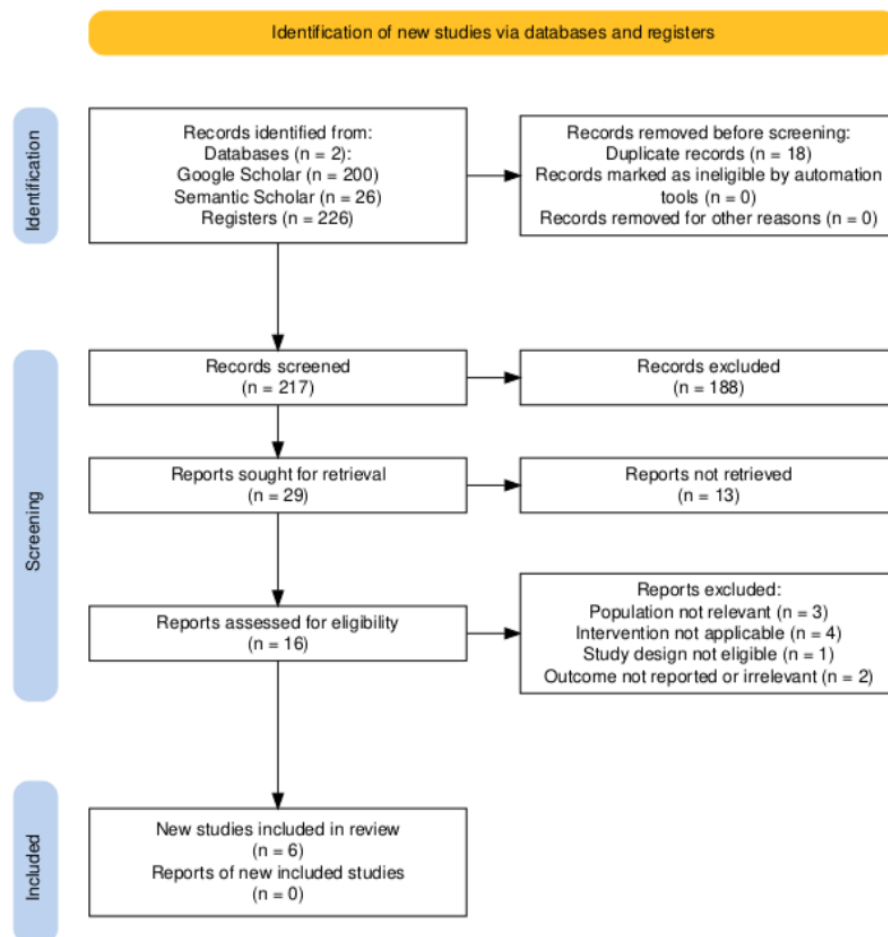


Figura A.1: Fluxograma PRISMA do processo de seleção de estudos.

Inicialmente, foram identificados **226 registros** a partir de duas bases de dados: Google Scholar ($n = 200$) e Semantic Scholar ($n = 26$). Desses registros, 18 duplicatas foram removidas, resultando em 217 registros para triagem. Durante a triagem, 188 registros foram excluídos por não atenderem aos critérios de relevância para o estudo.

Após a triagem, 29 relatórios foram selecionados para recuperação. Desses, 13 relatórios não puderam ser recuperados, restando 16 relatórios para avaliação de elegibilidade. Durante essa etapa, 10 relatórios foram excluídos pelos seguintes motivos: população não relevante ($n = 3$), intervenção não aplicável ($n = 4$), desenho do estudo

não elegível ($n = 1$) e desfecho não relatado ou irrelevante ($n = 2$).

Ao final do processo, **6 estudos** foram incluídos no mapeamento sistemático. Nenhum estudo adicional foi identificado a partir de outras fontes, como listas de referências ou registros de estudos.

A.2 Literatura Analisada

A.2.1 Balancing and Analyzing Player Interaction in the ESG+P Game with Machinations

O estudo de Ourique et al. (2024) investiga o balanceamento de um jogo educacional voltado para o ensino de desenvolvimento sustentável em organizações, com foco na interação entre jogadores e na implementação de estratégias. Os autores destacam que o sucesso do jogo depende do equilíbrio entre seus elementos, um processo complexo que ocorre em múltiplas iterações, desde a concepção até os testes finais. Este trabalho amplia um estudo de caso anterior, que não considerava a interação entre jogadores no balanceamento.

Foram construídos dois modelos utilizando a ferramenta Machinations: o primeiro modela a produção, distribuição e consumo aleatório de recursos, enquanto o segundo incorpora a interação entre jogadores e implementa quatro estratégias distintas. Através de simulações em massa, os autores analisaram os estados do jogo e ajustaram a economia do jogo. O modelo aleatório alcançou uma taxa de vitória de 40%, enquanto o modelo interativo, com estratégias de jogadores, aumentou essa taxa para valores entre 66% e 81%. Esses resultados demonstram que a interação e a tomada de decisão dos jogadores têm maior impacto na vitória do que a aleatoriedade.

O estudo conclui que a ferramenta Machinations foi essencial para aprimorar o jogo, simulando modelos complexos e proporcionando compreensões sobre a dinâmica do jogo, incluindo ações dos jogadores, possíveis bloqueios e mecanismos de *feedback*. Além disso, os autores reforçam a importância de considerar a interação entre jogadores desde as fases iniciais do desenvolvimento, destacando que simulações computacionais podem melhorar o balanceamento e o design do jogo sem a necessidade de protótipos físicos ou testes extensivos com jogadores.

O trabalho proposto por Ourique et al. (2024) é relevante para o presente estudo, pois demonstra a eficácia de ferramentas de simulação no balanceamento de jogos, corroborando a proposta de desenvolvimento de uma ferramenta online para modelagem e simulação de processos estocásticos em jogos de mesa.

A.2.2 Balancing long-term and short-term strategies in a sustainability game

O estudo de Bertolotti e Roman (2024) investiga a tensão entre objetivos de curto prazo, como crescimento econômico, e metas de sustentabilidade de longo prazo, como a mitigação do esgotamento de recursos. Por meio de um jogo que simula essa dinâmica, os autores analisam como as preocupações com a sustentabilidade evoluem ao longo do tempo e como as ações individuais impactam o sistema como um todo. O trabalho utiliza um modelo baseado em agentes para explorar essa tensão, destacando a influência das decisões dos jogadores na viabilidade de longo prazo do sistema.

Os resultados das simulações indicam que a probabilidade de colapso do sistema depende da disponibilidade de recursos e da forma como as informações sobre esses recursos são coletadas e utilizadas. Quando os agentes priorizam estratégias de curto prazo, como a maximização imediata de ganhos, o sistema tende a entrar em colapso mais rapidamente. Por outro lado, estratégias que equilibram objetivos imediatos com a conservação de recursos demonstraram maior sustentabilidade ao longo do tempo.

Além disso, o estudo propõe sugestões práticas para gerenciar sistemas que enfrentam essa tensão, como a implementação de políticas que incentivem a coleta e o compartilhamento de informações sobre recursos. Essas medidas podem ajudar a evitar o esgotamento precoce e promover a viabilidade de longo prazo.

O artigo de Bertolotti e Roman (2024) contribui para o desenvolvimento e balanceamento de jogos que envolvem decisões estratégicas complexas, como jogos de gestão de recursos ou simulações de sustentabilidade. Ele reforça a importância de ferramentas que permitam a simulação de cenários variados e a análise de diferentes estratégias, conectando-se diretamente com o objetivo do presente trabalho de desenvolver uma solução acessível para *designers* de jogos.

A.2.3 Visual and Computational Modelling of Minority Games

Em seu artigo, Damasevicius e Aseriskis (2017), analisam o jogo Minority Game e suas variantes, com foco na modelagem visual e computacional de mecânicas de jogo. Os autores utilizam o modelo *User-Action-Rule-Entities-Interface* (UAREI), uma abordagem para especificação formal de gamificação de *software*, para representar e simular diferentes versões do jogo, incluindo variantes com *payoff* variável, coalizões e votação ternária. O UAREI combina uma linguagem de modelagem visual para representação gráfica das mecânicas do jogo com um framework de modelagem executável, permitindo a avaliação prática das regras do jogo.

Os resultados demonstram a flexibilidade do modelo UAREI para representar e simular diferentes variantes do Minority Game, destacando sua utilidade no design de jogos. A abordagem visual facilita a compreensão e a modificação das regras, enquanto o *framework* executável permite testar como as mecânicas funcionam na prática. Isso é particularmente útil para *designers* que desejam experimentar diferentes configurações de jogo sem a necessidade de implementação completa.

Além disso, o estudo mostra como o UAREI pode ser aplicado para modelar jogos complexos que envolvem interações estratégicas entre jogadores. Essa capacidade de simular e ajustar regras de forma iterativa é essencial para o balanceamento de jogos, especialmente em cenários onde a interação entre os jogadores é um fator crítico.

O trabalho de Damasevicius e Aseriskis (2017) contribui para o campo de modelagem e simulação de jogos ao demonstrar a eficácia do modelo UAREI na representação e teste de mecânicas complexas. A capacidade de simular e ajustar regras de forma iterativa, aliada à representação visual intuitiva, oferece uma abordagem poderosa para o design e o balanceamento de jogos. Essas características são especialmente relevantes para o desenvolvimento da ferramenta proposta neste trabalho, que visa proporcionar aos *designers* uma maneira acessível e eficiente de testar e aprimorar as mecânicas de seus jogos.

A.2.4 Modeling and Analyzing Board Games through Markov Decision Processes

O estudo de Mocanu (2023) investiga a viabilidade de utilizar DTMCs e MDPs para modelar o comportamento de jogadores em jogos de tabuleiro. A análise é realizada com o uso da ferramenta de verificação de modelos Prism, que suporta uma variedade de modelos probabilísticos, incluindo DTMCs e MDPs, além de oferecer funcionalidades como cálculo automático de métricas e geração de estratégias. O foco do trabalho está na análise de dois jogos: Incan Gold, onde os jogadores exploram um templo para coletar gemas enquanto evitam perigos, e o mecanismo de rolagem de dados de combate do jogo The Hobbit Adventure, que envolve a rolagem de três dados em três rodadas.

Os autores buscam responder a perguntas específicas sobre os jogos, como “Qual é a probabilidade de obter um valor desejado maior ou igual à x em uma rolagem de dados?” (The Hobbit Adventure) e “Em qual ponto o jogador é incentivado a se retirar do jogo?” (Incan Gold). Além disso, o estudo aborda questões mais gerais sobre a modelagem de jogos de tabuleiro como MDPs, como a geração de estratégias ótimas e o cálculo de métricas importantes, como probabilidades de sucesso e momentos ideais para decisões críticas.

Os resultados demonstram que a modelagem por MDPs é eficaz para analisar propriedades interessantes dos jogos, como estratégias ótimas e métricas de desempenho. No entanto, o estudo também destaca limitações da abordagem, especialmente em jogos mais complexos, onde a explosão combinatória de estados pode tornar a modelagem inviável. Essa análise é particularmente relevante para o desenvolvimento de ferramentas de simulação, pois reforça a necessidade de métodos eficientes para lidar com a complexidade de jogos que envolvem múltiplos jogadores e mecânicas interconectadas.

O trabalho proposto por Mocanu (2023) oferece uma base sólida para a aplicação de simulações estocásticas no design de jogos, alinhando-se com o objetivo do presente trabalho de desenvolver uma ferramenta que permita a modelagem e a análise de jogos de forma acessível e intuitiva. Ao incorporar técnicas como MDPs, a ferramenta proposta pode oferecer aos *designers* informações relevantes sobre o balanceamento e a dinâmica de seus jogos, sem exigir conhecimentos técnicos avançados.

A.2.5 A Scientific Foundation of Simulation Games for the Analysis and Design of Complex Systems

O estudo investiga o uso de jogos de simulação como ferramentas para a análise e o design de sistemas complexos, combinando perspectivas de múltiplas disciplinas para fornecer uma base científica robusta (LUKOSCH et al., 2018). Os autores destacam que, embora os jogos de simulação tenham sido reconhecidos como ferramentas úteis há mais de 50 anos, ainda há uma falta de integração entre os fatores essenciais para o sucesso desses jogos, muitas vezes abordados de forma isolada em diferentes campos científicos. O objetivo do trabalho é consolidar conceitos científicos e práticos para estabelecer os jogos de simulação como instrumentos válidos de pesquisa, com foco no seu uso como ferramentas de design em contextos complexos.

Por meio de uma revisão da literatura e da análise de estudos de caso quantitativos e qualitativos, os autores identificam os conceitos mais importantes relacionados ao design e à avaliação de jogos de simulação. Os resultados incluem uma conceitualização consolidada de jogos de simulação como instrumentos de pesquisa, métodos para sua avaliação e limitações no uso desses jogos em contextos complexos. Além disso, o estudo propõe diretrizes para o design e o uso de jogos de simulação, destacando práticas recomendadas e possíveis armadilhas.

As conclusões do estudo reforçam a utilidade dos jogos de simulação como ferramentas para análise e design de sistemas complexos, oferecendo contribuições importantes para pesquisadores e profissionais. Os autores recomendam a aplicação das diretrizes propostas em esforços para analisar e projetar sistemas complexos, destacando a importância de integrar diferentes disciplinas e perspectivas.

Por fim, o artigo de Lukosch et al. (2018) é relevante para o desenvolvimento de ferramentas de simulação, como a proposta neste trabalho, ao fornecer uma base teórica e prática para o design e a avaliação de jogos de simulação. As diretrizes e recomendações apresentadas podem ser aplicadas para aprimorar a eficácia e a acessibilidade de ferramentas de simulação, especialmente no contexto de jogos de tabuleiro e sistemas complexos.

A.2.6 Analyzing Game Strategies of the Don't Get Angry Board Game Using Computer Simulations

O trabalho proposto por Végh e Gubo (2024) utiliza simulações computacionais para analisar e comparar diferentes estratégias no jogo de tabuleiro popular Don't Get Angry. Os autores revisam as regras oficiais do jogo e propõem quatro estratégias que podem ser aplicadas para aumentar as chances de vitória. Para avaliar essas estratégias, foram realizadas 50.000 simulações de partidas com movimentos aleatórios e outras 50.000 em que cada jogador adotava uma estratégia específica. Durante as simulações, foram registradas métricas como a frequência de vitórias, o número de rodadas necessárias para concluir o jogo, a quantidade de vezes que os peões dos jogadores foram eliminados e retornaram às suas casas, e o número de passos restantes em cada partida.

Os resultados mostram que há diferenças significativas nas chances de vitória quando os jogadores utilizam estratégias distintas. Por exemplo, estratégias que priorizam a eliminação de peões adversários ou a proteção dos próprios peões demonstraram maior eficácia em comparação com movimentos aleatórios. Além disso, os dados coletados fornecem informações detalhadas sobre a dinâmica do jogo, como o impacto das interações entre os jogadores e o tempo médio necessário para concluir uma partida.

Esse estudo contribui para o entendimento de como estratégias específicas podem influenciar o resultado de jogos de tabuleiro, oferecendo uma base para o desenvolvimento de oponentes controlados por computador mais robustos. Os autores também sugerem que os resultados podem ser aplicados na criação de ferramentas para avaliar o pensamento estratégico de estudantes durante o jogo, destacando o potencial educacional dessa abordagem.

A pesquisa conduzida por Végh e Gubo (2024) apresenta grande relevância para a criação de ferramentas de simulação, alinhando-se com os objetivos da proposta apresentada neste estudo, ao demonstrar como a análise de estratégias por meio de simulações computacionais pode aprimorar o design e o balanceamento de jogos. Os métodos e resultados apresentados podem ser adaptados para outros jogos de tabuleiro, reforçando a importância de ferramentas que permitam a simulação e a análise de cenários complexos de forma acessível.

A.3 Síntese e Discussão dos Resultados

A análise dos artigos revisados evidencia que diferentes abordagens têm sido aplicadas para modelagem e balanceamento de jogos de mesa, com ênfase em simulações computacionais e técnicas matemáticas. Os estudos exploram desde o uso de redes de fluxo para avaliar interações entre jogadores até a aplicação de processos estocásticos e modelos de decisão para prever o impacto de diferentes estratégias. Em particular, ferramentas como *Machinations* demonstram eficácia na visualização de sistemas de jogo e na análise de interações dinâmicas, enquanto modelos baseados em processos de Markov e simulações massivas oferecem maior precisão na avaliação do equilíbrio entre estratégias e na previsão de padrões de jogo. Além disso, técnicas de análise computacional se mostraram úteis para compreender a evolução das mecânicas e o comportamento dos jogadores diante de diferentes regras.

No entanto, apesar dos avanços apresentados, ainda existem lacunas significativas no desenvolvimento de ferramentas que conciliem acessibilidade e profundidade analítica. Muitas das abordagens estudadas exigem conhecimento técnico avançado, tornando-se pouco acessíveis para *designers* sem experiência em programação ou matemática. Ademais, ferramentas que priorizam a facilidade de uso tendem a ser limitadas em termos de modelagem probabilística e análise estocástica. Dessa forma, há espaço para o desenvolvimento de uma solução que integre a flexibilidade e o poder de simulação dos modelos matemáticos com uma interface intuitiva, facilitando sua aplicação tanto para iniciantes quanto para especialistas no design de jogos de mesa.

B Formulário de avaliação com *designers*

Este capítulo apresenta, na íntegra, o formulário utilizado para a coleta de dados na etapa de avaliação do sistema. Seu conteúdo é reproduzido aqui a fim de facilitar a consulta e preservar o registro exato das questões aplicadas aos participantes.

Formulário de Avaliação Node Crafter 2025

* Indicates required question

1. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO *

Gostaríamos de convidar você a participar como voluntário(a) da plataforma "Node Crafter - Uma ferramenta visual para modelagem de regras de jogos", disponível através do link <https://ufjf-gamelab.github.io/node-crafter/>. O motivo que nos leva a realizar esta avaliação é verificar a coesão entre a aplicação e a sua adequação a resolver um conjunto de dores dos criadores de jogos, bem como a relevância deste trabalho para a academia e indústria. Pretendemos avaliar o sistema e seus aspectos de usabilidade e funcionalidades. Dessa forma, a equipe se orientará para realizar possíveis melhorias e avançar em direção à versão final da aplicação.

Caso você concorde em participar, vamos pedir para você responder o questionário para avaliar a aplicação. Esta avaliação tem alguns riscos, que incluem possível identificação dos participantes. Mas, para diminuir a chance desses riscos acontecerem, não armazenamos nenhuma identificação pessoal junto das respostas. A avaliação pode ajudar a identificar possíveis melhorias no aplicativo avaliado.

Para participar você não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você terá todas as informações que quiser sobre esta avaliação e estará livre para participar ou recusar-se a participar. O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar. Todo o conteúdo desenvolvido na aplicação fica armazenado exclusivamente no navegador utilizado e você tem a opção de baixar os arquivos. Não há coleta de dados de uso remoto ou identificação de usuário.

Check all that apply.

☐ Declaro que concordo em participar da avaliação e que me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

2. Você trabalha ou estuda em alguma área relacionada a jogos digitais ou de tabuleiro? *

Mark only one oval.

- ☐ Sim, profissionalmente.
- ☐ Sim, como estudante/pesquisador.
- ☐ Apenas como hobby.
- ☐ Não atuo com jogos.

3. Você assistiu ao vídeo tutorial disponível sobre o funcionamento do sistema? *

Mark only one oval.

- ☐ Sim, assisti completamente.
- ☐ Sim, assisti parcialmente.
- ☐ Não assisti.
- ☐ Não sabia que havia um vídeo tutorial disponível.

4. Responda as questões abaixo com base na sua experiência utilizando o sistema.



Mark only one oval per row.

	Discordo totalmente	Discordo	Nem discordo, nem concordo	Concordo	Concordo totalmente
A interface do sistema é fácil de navegar.	☐	☐	☐	☐	☐
Os elementos visuais do sistema estão organizados de forma clara.	☐	☐	☐	☐	☐
Tive facilidade em localizar as funcionalidades que eu precisava.	☐	☐	☐	☐	☐
O processo de criação de modelos foi intuitivo.	☐	☐	☐	☐	☐
Consegui utilizar o sistema sem precisar de ajuda externa.	☐	☐	☐	☐	☐
A documentação disponível foi suficiente para entender como usar o sistema.	☐	☐	☐	☐	☐
O sistema permite modelar de forma eficaz regras de jogos baseadas em dados.	☐	☐	☐	☐	☐
As opções de nós disponíveis	☐	☐	☐	☐	☐

**foram
suficientes para
criar os modelos
que eu imaginei.**

**Senti falta de
funcionalidades
específicas
durante a
criação dos
modelos.**

☐☐☐☐☐

**Os resultados da
simulação foram
fáceis de
entender.**

☐☐☐☐☐

**Os gráficos e
histogramas do
sistema
ajudaram a
visualizar o
comportamento
da modelagem.**

☐☐☐☐☐

**O sistema
entregou
informações
úteis sobre o
equilíbrio e as
probabilidades
das regras
modeladas.**

☐☐☐☐☐

**Eu recomendaria
este sistema
para colegas da
área de
desenvolvimento
de jogos.**

☐☐☐☐☐

**Pretendo utilizar
o sistema
novamente para
modelar outras
regras ou jogos.**

☐☐☐☐☐

**O sistema pode
ser útil em
projetos reais de
desenvolvimento
de jogos.**

O sistema pode
ser útil em
contribui para o
processo de
desenvolvimento
criação e
validação de

☐☐☐☐☐

regras de jogos.
O sistema

contribui para o
processo de
criação e
validação de
regras de jogos.

☐☐☐☐☐

5. O que mais te agradou ou chamou atenção positivamente na ferramenta?

6. Que tipo de funcionalidade ou recurso você sente que está faltando no sistema?

7. Deseja deixar mais algum comentário, sugestão ou crítica sobre o sistema?

Bibliografia

BALDO, R. *Mercado de jogos de tabuleiro avança no Brasil, apesar dos grandes desafios*. Agência Sebrae de Notícias, 2025. Dados da Abrinq. Disponível em: <https://agenciasebrae.com.br/cultura-empREENDEDORA/mercado-de-jogos-de-tabuleiro-avanca-no-brasil-apesar-dos-grandes-desafios/>.

BALSERA, L. et al. *Fate Sistema Básico*. 1th. ed. IndieVisível, 2024. Disponível em: <https://indievisivelpress.com.br/produto/fate-sistema-basico-pre-venda/>.

BERTOLOTI, F.; ROMAN, S. Balancing long-term and short-term strategies in a sustainability game. *iScience*, v. 27, n. 6, p. 110020, 2024. ISSN 2589-0042. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004224012458>.

CASSARO, M. *Manual 3DT Alpha*. 3rd. ed. Jambô, 2011. Disponível em: <https://jamboeditora.com.br/produto/manual-3det-alpha-edicao-revisada-digital/>.

COAST, W. of the. *Dungeons & Dragons: Player's Handbook*. 5th. ed. Wizards of the Coast, 2014. Disponível em: <https://dnd.wizards.com/products/tabletop-games/rpg-products/rpg-playershandbook>.

DAMASEVICIUS, R.; ASERISKIS, D. Visual and computational modelling of minority games. *TEM Journal*, v. 6, 02 2017.

HARRISON, R. L. Introduction to monte carlo simulation. *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, v. 1204, p. 17–21, 2010.

LUKOSCH, H. K. et al. A scientific foundation of simulation games for the analysis and design of complex systems. *Simulation & Gaming*, v. 49, n. 3, p. 279–314, 2018. PMID: 30369775. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1046878118768858>.

METROPOLIS, N.; ULAM, S. The monte carlo method. *Journal of the American Statistical Association*, [American Statistical Association, Taylor Francis, Ltd.], v. 44, n. 247, p. 335–341, 1949. ISSN 01621459, 1537274X. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2280232>.

MOCANU, D. *Modeling and Analyzing Board Games through Markov Decision Processes*. 2023. Disponível em: <http://essay.utwente.nl/96149/>.

OURIQUE, L. et al. Balancing and analyzing player interaction in the esg+p game with machinations. *Journal on Interactive Systems*, v. 15, n. 1, p. 461–477, 2024. Disponível em: <https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/jis/article/view/4186>.

ROSA, R. dos S. *Ambiente Online para Modelagem de Jogos*. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Exatas) — Universidade Federal de Juiz de Fora, 2023.

SHELL, J. *The Art of Game Design: A Book of Lenses*. 2nd. ed. USA: A. K. Peters, Ltd., 2014. ISBN 1466598646.

VéGH, L.; GUBO, Analyzing game strategies of the don't get angry board game using computer simulations. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, v. 7, n. 10, p. 184–191, Oct. 2024. Disponível em: <https://as-proceeding.com/index.php/ijanser/article/view/2081>.

XEXéO, G. B. et al. *O Que São Jogos: Uma Introdução ao Objeto de Estudo do Ludes*. [S.l.], 2017.

ZHANG, Y. et al. Effect of input-output randomness on gameplay satisfaction in collectable card games. In: *2021 IEEE Conference on Games (CoG)*. IEEE Press, 2021. p. 01–05. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CoG52621.2021.9619020>.