



## SCURDD: Uma Ferramenta de Auxílio à Mestres de D&D

João G. G. V. Nova      Roberta V. V. Lopes

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Computação, Brasil

### Resumo

Este artigo apresenta o SCURDD, uma ferramenta de auxílio a mestres de RPG do sistema D&D v3.5 modelada e desenvolvida pelo autor deste artigo. A ferramenta SCURDD explora a ideia de simulações de combate para auxiliar no balanceamento prévio de encontros, com o intuito de ajudar no engajamento e experiência dos jogadores da mesa de RPG, além de facilitar a tarefa do mestre neste processo. São apresentados detalhes sobre o funcionamento e arquitetura da ferramenta, além de avaliações e testes com suas inteligências artificiais. O artigo conclui com sugestão de trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** games, rpg, strategy, artificial intelligence

### Contatos:

{jgg, rvvl}@ic.ufal.br

### 1. Introdução

A febre dos jogos eletrônicos iniciada em meados de 1980 com a criação dos primeiros consoles de *videogames* alavancou o mercado para o desenvolvimento de tecnologias voltadas ao entretenimento. Alguns dos grandes consoles da história como o NES, criado em 1985 pela Nintendo, e o Master System lançado em 1986 pela Sega, foram essenciais para gerar esse movimento que existe até hoje ao redor de jogos eletrônicos.

Porém os precursores dos *videogames*, os jogos de tabuleiro, nunca deixaram totalmente de existir. Alguns destes jogos evoluíram até mesmo para jogos eletrônicos e derivados, enquanto outros adicionaram outras características como interpretação, criatividade e probabilidade para se tornarem outros tipos de jogos.

Uma das maiores evoluções dos jogos de tabuleiro foram os chamados RPGs (*role-playing games*) de mesa, gênero de jogo no qual os jogadores assumem o papel de personagens imaginários em mundos fictícios. Um dos primeiros RPGs a serem criados, além de um dos mais famosos, é *Dungeons & Dragons* (D&D) [Gygax e Arneson].

Em um jogo clássico de D&D, como em vários outros RPGs de mesa, os jogadores têm personagens que são detalhados em fichas com suas características e estatísticas. A ficha contém um resumo das capacidades físicas, mentais e místicas do personagem a qual o jogador interpreta.

Estas fichas e todo o jogo é regido por um conjunto extenso de regras, detalhado em diversos livros e módulos de edições que a cada ano avançam e ganham mais regras adicionais. O jogo utiliza-se de um sistema de bônus e probabilidades, usando vários dados multifacetados durante as partidas, sendo o mais importante e icônico para um jogo de D&D o dado de vinte faces (d20).

Dentre os jogadores, um tem um papel especial recebendo o nome de *Dungeon Master* (DM) ou simplesmente mestre. O mestre é o jogador responsável por contar a história e arbitrar as regras do jogo, enquanto os outros participam da história e exploram o mundo que o mestre gera para eles. A ideia de D&D é que os jogadores experimentem um mundo de fantasia medieval, inspirado em obras como *O Senhor dos Anéis* [Tolkien 1954], e que possam enfrentar criaturas e inimigos perigosos e poderosos à medida que o exploram. Sendo o mestre o responsável por controlar estes inimigos e gerar estes desafios.

A tarefa de preparar uma sessão de jogo pode ser exaustiva e complexa, tendo em vista que o jogo é baseado em rolagens de dados e escolhas que os jogadores estarão livres a fazer, tende a ser difícil prever acontecimentos de uma sessão de jogo, mesmo com planejamento prévio. Como o RPG é uma ferramenta de lazer, o mestre deve atentar-se para manter o jogo balanceado para que seus jogadores sintam-se engajados na história e nos desafios que são gerados para eles.

Com o intuito de auxiliar os mestres neste desafio, o autor modelou e desenvolveu o *Simulador de Combate Utilizando Regras de D&D* (SCURDD). Abstraindo regras contidas principalmente no *Player's Handbook* da edição 3.5 de D&D lançado pela *Wizards of the Coast* [2003], e analisando o jogo com mais simplicidade, o SCURDD pode ajudar mestres a prever o resultado de combates, previamente testando-os em ambiente controlado dando suporte a seu balanceamento. Além



disso, a ferramenta tem a possibilidade de auxiliar em outros aspectos importantes caso sejam feitos trabalhos futuros no sistema que permanece em desenvolvimento e evolução desde meados de 2016.

Para tentar simular melhor os combates, a ferramenta dá a opção do mestre escolher para cada um dos personagens simulados inteligências que se aproximam mais de jogadores experientes ou até de jogadores em aprendizado constante, com diferentes velocidades de aprendizado.

Ferramentas de auxílio à mestres de RPG existem, porém apenas uma foi criada com uma visão próxima da ferramenta apresentada neste trabalho, sendo muito pequeno o número de simuladores de combate de D&D. Esta ferramenta é o *D&D 5e Battle Simulator* [Oferla 2016]. Ela disponibiliza a criação de personagens ou utilização de criaturas básicas que são encontradas no *Monster Manual* da 5ª Edição de D&D, publicada pela Wizards of the Coast [2014]. Além disso, ela simula o combate entre os grupos de personagens/criaturas mil vezes a ponto de dispor alguns dados de vitórias, dano médio e acerto médio de cada personagem envolvido no combate.

O *D&D 5e Battle Simulator*, como o SCURDD, também abstrai várias informações e possíveis táticas por questão de simplificação. Por exemplo, todos os personagens são considerados como ao alcance uns dos outros nesta ferramenta, além de que todos se utilizam de uma mesma estratégia de combate: Todos os envolvidos focam seus ataques em alvos que tem estatísticas defensivas mais baixas, visando eliminá-los do combate o mais rápido possível, podendo apenas optar por esta estratégia ou a de ataque aleatório.

O restante do artigo é organizado como segue. A próxima seção apresenta de maneira mais detalhada o sistema D&D, como é jogado e como são dados os combates neste sistema. Após isso, na seção 3, a ferramenta SCURDD é apresentada, sendo descrita sua arquitetura e detalhadas suas funcionalidades e as abordagens usadas. As avaliações de resultados da ferramenta são feitas na seção 4. Finalmente, a seção 5 apresenta as considerações finais e as propostas para trabalhos futuros.

## 2. O jogo de D&D

O jogo de D&D acontece normalmente entre um grupo de três a seis jogadores e um mestre. Cada jogador têm uma ficha que detalha características, habilidades e pertences de seus personagens. Os jogadores criam histórias e personalidades para dar vida a cada um de

seus personagens e poder interpretá-los no mundo que o mestre gera para eles.

O jogo é baseado em um sistema de testes e efeitos, em que para realizar boa parte das ações os jogadores devem fazer testes que se resumem a rolagens de dados e soma de atributos. As fichas dos personagens provêm os bônus ou ônus para cada um dos diversos testes, como por exemplo: teste de salto, teste de furtividade e teste de ataque.

Diferente dos jogos de *videogame* que as possibilidades de ações dos jogadores são pré-programadas e limitadas, em jogos de RPG como D&D os jogadores têm total liberdade para imaginar e tentar qualquer ação que desejarem, não significando que serão bem sucedidos em suas tentativas.

Porém, o enfoque do SCURDD é nos combates. Estes que são comuns em D&D, já que os personagens normalmente são heróis que devem vencer inimigos para alcançar seus objetivos. Combates em D&D iniciam-se por rolagens de iniciativa que definem a ordem de jogada de cada personagem ou inimigo envolvido no mesmo.

Na edição 3.5 de D&D, as principais ações que cada jogador tem direito por rodada são: uma ação padrão, uma ação rápida e uma ação de movimento. Ações padrões são utilizadas para as principais ações do personagem em um turno do combate, como ataques, uso de magias, interações com objetos, etc. As ações rápidas são usadas em alguns efeitos que são muito mais rápidos que ações normais, como interações menores com objetos e itens. Já as ações de movimento são utilizadas para mover o personagem no ambiente. Uma ação padrão pode ser usada como ação de movimento caso o jogador queira mover seu personagem o dobro da distância possível utilizando assim duas ações de movimento em um turno.

Quando personagens desejam atacar alvos com golpes físicos, os mesmos devem fazer uma rolagem de acerto. Esta rolagem é feita utilizando um d20 somado aos bônus que o personagem tenha para atacar com a arma que estiver utilizando. Para que um acerto seja certo ele deve atingir ou superar a *Armour Class* (AC) do inimigo, que é um número gerado a partir dos atributos e equipamentos do personagem inimigo.

No caso do valor do d20 na rolagem de acerto ser igual ou superior a *Critical Range* (CR) da arma sendo usada no ataque, o golpe é considerado um crítico. Um crítico é um ataque extraordinário que faz com que todo



o dano causado por ele seja multiplicado pelo *Critical Multiplier* (CM) da arma.

Assim que um ataque é bem-sucedido, a rolagem de dano é feita utilizando-se dos dados de dano da arma somados aos bônus de dano do personagem atacante, e caso o golpe tenha sido um crítico, multiplicando o resultado pelo CM. O resultado é considerado o dano do ataque. Este dano deve ser reduzido dos *Health Points* (HP) do alvo, após serem analisadas suas resistências e defesas, caso existam.

Além de ataques físicos, algo muito comum de um jogo de D&D são as magias. Algumas magias funcionam de forma parecida com os ataques físicos, em que o usuário fará uma rolagem contra uma AC de um inimigo para então ter um efeito.

Já outras são apenas conjuradas pelo usuário, e o alvo que deve fazer uma rolagem de resistência, utilizando-se de atributos como Reflexos, Fortitude e Vontade, a depender do tipo de efeito que a magia causará nele. Por exemplo, testes de resistência de Reflexos tendem a ser utilizados em casos em que o alvo tentaria se esquivar do efeito da magia, como em uma magia de bola de fogo em que o alvo deveria se afastar do raio de explosão.

O combate normalmente acaba quando um dos grupos têm todos seus membros levados a zero HP, ou quando um dos grupos desiste do combate e foge. Mesmo chegando a zero HPs, existem diversas formas dos personagens se recuperarem, como descansando ou utilizando magias de cura. Sendo assim, nem sempre quando um personagem cai em combate ele deixa de lutar, pois um de seus aliados pode curar-lhe com magia ou itens.

Por existir uma grande gama de condições, tipos de ações e efeitos mágicos, sem contar com a infinidade de possibilidade de estratégias que um grupo de jogadores pode desenvolver durante uma batalha de D&D, é necessário que abstrações e simplificações sejam feitas para que o ambiente de combate em D&D seja simulado com mais facilidade.

Por conta disso, a ferramenta SCURDD utiliza-se das ideias gerais e mais importantes em um combate como: ordem de iniciativa, movimentação e espaço de combate, ataques, magias de dano e cura, magias de um alvo ou que atingem uma área, comunicação simples entre personagens de um mesmo time, e nível de conhecimento do jogador. Abstraindo assim várias outras possibilidades existentes, mas de menor impacto para a simulação.

### 3. A ferramenta

Esta seção descreve a ferramenta SCURDD, que é o objetivo deste trabalho. Inicialmente são apresentadas suas principais funcionalidades e uma breve descrição do funcionamento da ferramenta na subseção 3.3. Posteriormente, é apresentada a arquitetura da ferramenta.

#### 3.1 Geração de Personagens

A ferramenta permite a geração de personagens a partir da utilização de uma formatação específica de arquivos texto (.txt). O usuário é capaz de gerar a ficha que desejar para utilizar em suas simulações, criando um arquivo texto contendo os campos a seguir preenchidos um em cada linha, e separando cada bloco de estatísticas por uma linha vazia.

O primeiro bloco a ser gerado é o de informações gerais do personagem, que contém dados como: Nome do personagem criado, o papel deste personagem (*Fighter* ou *Spellcaster*) juntamente com o sua inteligência artificial. O HP do mesmo, a AC do personagem e seu valor de *Initiative*.

O segundo bloco contém a *Speed* do personagem, que contabiliza a distância de uma ação de movimento do mesmo, e além disso as resistências. As resistências são divididas em três atributos, *Fortitude* para testes de constituição física, *Reflexes* para testes de agilidade e reflexos e *Will* que é o valor da resistência em testes de força de vontade.

O terceiro bloco é composto pelos ataques do personagem, abrangendo apenas golpes físicos, sendo as magias contempladas no bloco seguinte. Para cada tipo de ataque do personagem deve ser escrito um bloco completo do que segue, separado por uma linha vazia.

Cada ataque contém as informações: Nome do ataque; *Range* que é a distância em espaços do tabuleiro a qual o golpe pode atingir; bônus para rolagem de acerto utilizando o ataque; dano do mesmo no formato  $XdY+Z$ , em que X é o número de dados de Y faces que devem ser rolados e somados ao bônus Z. Além disso é necessário acrescentar a chance de crítico e o multiplicador do mesmo e seus danos extras se houverem.

Após adicionados todos os ataques, o quarto e último bloco de uma ficha de personagem é o de magias, semelhante ao de ataques, para cada magia deve-se preencher um bloco com todas as informações seguintes e separá-lo por uma linha vazia.



Cada bloco de magia deve conter também seu nome, sua *Range*, seu *Spread* que contempla magias de alvo único ou magias que atingem toda uma área. O *Type* que vai representar se a magia é de dano ou cura, o *Effect* que representa o dano ou cura da mesma, no formato XdY+Z como no dano dos ataques. O *Save* que é o teste de resistência usado para resistir a magia, que pode ser nulo em alguns casos. A dificuldade para passar no dado *Save* e a quantidade de usos da magia em uma simulação.

Com todos os blocos preenchidos, o sistema é capaz de gerar um personagem para cada ficha preenchida desta maneira na disposição de times escolhida antes do início das simulações.

### 3.2 Inteligência Adaptativa vs Especialista

A ferramenta apresenta dois grandes tipos de Inteligência Artificial que podem ser acopladas a cada personagem, direcionando sua maneira de agir em combate. São estas a Inteligência Artificial Adaptativa (IAA) e a Inteligência Artificial Especialista (IAE).

A IAE é feita utilizando a ideia de um Sistema Especialista em que a IA tem um conhecimento base consolidado de estratégias de jogo, sendo estas divididas em duas subcategorias: *Fighter* e *Spellcaster*. Cada uma destas IAE contém uma série de comportamentos ligados a sua função, por exemplo, o *Spellcaster* da IAE visa sempre manter seus companheiros de time saudáveis caso ele detenha magias de cura, mas acima de tudo ele sempre tenta se manter vivo.

A IAE foi construída a partir da ideia de regras de produção utilizando conhecimento adquirido após anos de RPG dos autores, além de pesquisas em enquetes com terceiros que também compartilham do hobby. Porém, apesar de ser fortemente regrada, a IAE ainda detém um pouco de autonomia já que se utiliza de algumas técnicas de pesquisa operacional como algoritmos baseados em MinMax [Hazewinkel 1994] para definir de certeza suas estratégias.

#### 3.2.1 Inteligência Artificial Adaptativa

Diferente da IAE que já obtém o conhecimento especialista de como utilizar de maneira satisfatória fichas de personagens *Fighters* e *Spellcasters*, a IAA aprende com suas tentativas.

O modelo da IAA é baseado em *Main Behaviors* (MBs) e *Sub Behaviors* (SBs). Os MBs são uma

abstração dos principais comportamentos dos personagens em combate, sendo estes:

- *Priority Attack Order* (PAO): A ordem de prioridade no uso dos ataques.
- *Priority Offensive Spell Order* (POSO): Ordem de prioridade no uso de magias ofensivas.
- *Priority Defensive Spell Order* (PDSO): O equivalente para magias defensivas.
- *Priority Enemy Target* (PET): Ordem de prioridade para alvos inimigos. Esta MB contém três SBs, que têm ordem de prioridade entre eles, sendo estes: *By Role*: Tem a prioridade para personagens de um determinado papel (Ex: *Spellcasters* > *Fighters*). *By Health*: Foca os alvos com maior ou menor *HP* atual. *By Proximity*: escolhe entre mais próximos ou mais distantes.
- *Priority Allied Target* (PAT): Análoga a PET, porém com personagens aliados. Contém as mesmas três SBs internas (*by Role*, *by Health* e *by Proximity*).
- *Movement Pattern* (MP): O padrão de movimentação do personagem, que é definido nos SBs: *Closer to Enemy*: Personagem tende a se mover em direção a alvos inimigos. *Closer to Ally*: Análogo ao último, mas para aliados. *No Moving*: Personagem não faz movimentos, preferindo manter-se em sua posição inicial.
- *Message Reading* (MR): Comportamento que diz respeito ao atendimento ou não das mensagens possíveis de serem atendidas dos personagens aliados. Este MB tem três SBs: *Always Attend*: O personagem sempre atende uma mensagem. *50% to Attend*: Tem 50% de chance de atender. *Never Attends*: Nunca atende as mensagens de seu time, mesmo que possível.
- *Play Style*: Estilo de jogo em geral do personagem, define prioridades, método de ataque e ajuda na escolha da preferência de ataques, magia e movimentação. Contém três SBs: *Aggressive*: Personagens agressivos apenas atacam com seus melhores ataques e/ou magias, definidos pelos MBs: PAO e POSO. *Balanced*: Estes tentam causar dano todo turno, mesmo que não utilize seus melhores ataques e/ou magias. *Defensive*: Os defensivos jogam para eliminar inimigos que estejam em confronto com seus aliados, focando seus ataques em alvos próximos a seus PAT, ou curando-os se possível.

Quando um personagem é criado com uma IAA, sua primeira simulação de combate terá um conjunto de MBs e SBs gerado aleatoriamente. Após cada batalha serão gerados logs contendo as informações estatísticas da simulação e escolhas de cada uma das simulações



passadas, sendo esses utilizados para evoluir as IAAs em jogo.

### 3.2.1.1 Pontuações das IAAs

Os logs gerados após cada simulação contém além do conjunto de MBs e SBs que cada personagem utilizou, um conjunto de *scores* e dados pessoais do personagem naquela simulação. Os dados mais gerais são os de *Physical Damage* (PD), *Spell Damage* (SD), *Healing*, *Health Points* (HP), *Spell Uses* (SU).

Estes são os números de cada categoria atingidos pelo personagem ao fim da simulação, sendo HP os pontos de vida que restaram nele ao fim da mesma. Outros valores salvos nos logs são as pontuações chamadas de *Score* e *High Performance Score* (HPS). O *Score* consiste na pontuação que o personagem atingiu naquela simulação, e é calculado da seguinte maneira:

$$Score = Damage + Heal + HP$$

Onde *Damage* é a soma total de todo dano causado pelo personagem na dada simulação (PD + SD), *Heal* é a soma de todos os pontos de vida que o personagem curou (*Healing*) e *HP* são os pontos de vida restantes do personagem ao fim da simulação (HP).

Já o HPS é uma métrica de performance para aquela simulação. Ele é calculado visando que o personagem conseguiria utilizar pelo menos 75% do seu potencial na dada simulação. Sendo assim, o HPS é o *Score* caso o personagem tivesse atingido 75% de rendimento em todas as suas ações durante toda a duração da simulação em questão.

O cálculo do HPS utiliza-se de duas fórmulas, uma para *Fighters* e outra para *Spellcasters*, tendo em vista que apenas *Spellcasters* têm a possibilidade de conjurar magias. Assim, para *Fighters* o cálculo do HPS é o que segue:

$$HPS_{FG} = HPD + HP_{Max}$$

Onde *HPD* (*High Performance Damage*) é o PD que o personagem poderia atingir caso conseguisse causar 75% de seu dano máximo em todos os turnos do dado combate. Ele é calculado utilizando apenas o melhor ataque da lista de ataques do personagem, que é escolhido utilizando o *Damage Score* (DS) de cada ataque em sua lista. Este é calculado como segue:

$$DS = AD + RB + AB + CCB + CMB$$

Onde *AD* (*Average Damage*) é o dano médio do ataque em questão somado a seu bônus e os valores de *RB* (*Range Bonus*), *AB* (*Attack Bonus*), *CCB* (*Critical Chance Bonus*) e *CMB* (*Critical Multiplier Bonus*) são calculados como segue, utilizando os atributos do ataque selecionado:

$$RB = AtkRange * 1.25; AB = AtkBonus * 1.5 \\ CCB = (20 - CritChance) * 5 \\ CMB = CritMult * 3$$

*AtkRange* é a distância máxima que o ataque pode atingir, *AtkBonus* é o número que é acrescido a rolagem de acerto com aquele ataque. Além disso, *CritChance* é o valor mínimo rolado em um d20 para que o ataque considere-se um crítico e *CritMult* é o número a multiplicar o dano de um ataque crítico.

O cálculo do HPS para os *Spellcasters* torna-se um pouco mais complexo, já que os mesmos têm possibilidade de utilizar magias de dano e cura. Primeiramente, é necessário calcular a soma total de usos que as magias do *Spellcaster* têm, atribuindo este valor a variável *TU* (*Total Uses*). Em seguida, obtemos os valores *TSD* (*Total Spell Damage*) e *TSH* (*Total Spell Heal*) de maneira análoga:

$$\sum_{i=1}^n \{ [MSE_i * (1 + Spread_i)] * Uses_i * 0.75 \}$$

Onde *MSE* (*Max Spell Effect*) é o efeito máximo que a dada magia pode causar, sendo este dano para as magias ofensivas (*TSD*) e cura para as curativas (*TSH*). *Spread* é utilizado para magias que tem efeitos que atingem uma área, e *Uses* é a quantidade de usos que a dada magia pode ser conjurada em uma simulação.

Após calculado *TSD* e *TSH*, a ferramenta avalia se todo este potencial mágico poderia ser usado na dada simulação a partir da quantidade de rodadas (*Rounds*) que durou a mesma. Para o caso do *HPSD* (*High Performance Spell Damage*) isto é avaliado da seguinte forma: Se  $TU \leq Rounds$ :  $HPSD = TSD$ . No caso contrário o *HPSD* terá o valor da soma, na ordem dada pelo *POSO* do personagem, do dano de alta performance de cada magia até que o número de usos de magia somadas seja igual a *Rounds*.

De maneira análoga, o sistema calcula o *HPSH* (*High Performance Spell Heal*), utilizando o *TSH* e o *PDSO* neste caso. Assim, o HPS dos *Spellcasters* é calculado da seguinte maneira:

$$HPS_{SC} = HPD + (HPSD + HPSH) * 0.75 + HP_{Max}$$



Onde HPD e HP mantêm o mesmo significado que no cálculo do HPS dos *Fighters*, porém desta vez é apenas considerado o HPD nos turnos restantes ao uso de todas as magias. Ou seja, caso o personagem *Spellcaster* não tenha conseguido se quer utilizar todas suas magias, o HPD não é considerado. O HPS dos *Spellcasters* também pode ser calculado diferentemente caso o personagem não tenha magias de dano ou cura, nestes casos é desconsiderado o HPSD, caso ele não tenha magias de dano, ou o HPSH no caso contrário, e o valor do que for considerado não será multiplicado por 0,75.

### 3.2.1.2 Evolução das IAAs

Com o fim de cada simulação, os logs das simulações anteriores são checados e avaliados para intuir uma mudança nos MBs e SBs do dado personagem, visando uma melhora em seu desempenho.

Existem dois meios para fazer essa intuição, a primeira e mais básica é utilizando apenas o log anterior como base. Este tipo de intuição ocorre apenas enquanto o personagem não tem guardado ao menos dois *Best Scores*, que são logs em que o *Score* do personagem alcançou pelo menos metade do valor do HPS daquela simulação.

Ao utilizar apenas o log anterior, a ferramenta calcula o desempenho do personagem com aquelas MBs e SBs, comparando suas métricas de PD, SD, *Healing* e HP com seus HPD, HPSD, HPSH e HP máximo na dada simulação. A depender destas comparações, probabilidades de mudanças de MBs e SBs relacionados com cada uma destas métricas são aplicadas e as mesmas são mudadas ou não de acordo com estas probabilidades.

O outro modo de intuir mudanças nos MBs e SBs ocorre quando têm-se ao menos dois *Best Scores* nos logs do personagem. A ferramenta procurará em toda a lista de *Best Scores* dois logs para fazer a intuição: O primeiro deles deve ser o log com o maior *Score* dentre todos os outros logs, já o segundo deverá ser o log que contém o *Score* com a menor diferença entre ele e o HPS da simulação. Assim, chamamos o primeiro de *Best Score* (BS) e o segundo de *Smaller Difference from HPS* (SDHPS).

A escolha do SDHPS em detrimento de procurar o segundo melhor *Score*, é dada pelo fato de que nem sempre o maior *Score* representa o melhor desempenho de um personagem, já que na dada simulação seu HPS poderia ser ainda maior. Já o SDHPS demonstra que o personagem chegou bastante próximo ou superou com suas escolhas uma alta performance na simulação.

Finalmente, quando o personagem tem um BS e um SDHPS ele compara os MBs e SBs dos dois logs e atribui aos comportamentos idênticos uma mínima chance de mudança com o intuito de sempre haver a chance de perturbação no ambiente. Já os diferentes continuam sendo comparados com as métricas da simulação, como no caso anterior em que não se têm *Best Scores* suficientes para usar BS e SDHPS.

O único caso quando esta pequena chance não é atribuída, mantendo a probabilidade de mudança do comportamento em 0, é quando além de iguais entre o SB e SDHPS, o comportamento é o mesmo da lista de *Best Behaviors* para aquele dado personagem. Esta lista e o sistema de *Insights* será explicado na próxima subseção.

É válido informar, que mesmo que os comportamentos escolhidos anteriormente tenham levado a uma má performance na simulação, a ferramenta nunca dá 100% de chance de mudança, já que existe a possibilidade do personagem apenas não ter tido a oportunidade de utilizar seu potencial na simulação em questão.

Assim, utilizando um destes dois métodos após cada simulação, os personagens se desenvolvem de maneira única mas direcionando-se para um comportamento “ideal”, que varia bastante de acordo com o início aleatório dos MBs e SBs de cada personagem, da atuação e resultados de cada simulação, e das probabilidades empregadas em cada um dos comportamentos pós-análise dos logs.

### 3.2.1.3 Sistema de Insights e Learning Speed

Para poder controlar o processo de aprendizagem, foi criada a ideia de *Learning Speed* (LS), que é um parâmetro escolhido pelo usuário em casos que a simulação contenha personagens com IAAs.

A LS varia entre 1 e 5, e quanto maior a LS maior a chance do personagem de IAA receber um *Insight* após cada uma de suas simulações. Um *Insight* é uma dica do sistema para um *Best Behavior*, que simplesmente é um comportamento ideal que é gerado com base na ficha do personagem e em conhecimento prévio de várias simulações anteriores rodadas pelos desenvolvedores.

Após cada uma das simulações, os personagens além de evoluírem como foi citado na subseção anterior, ainda têm uma chance de acordo com seu LS de receber um *Insight* para um de seus MBs ou SBs que ainda não seja igual aos seus *Best Behaviors*. Isso faz com que o personagem tenha chance de obter sucesso e adquirir em



seus logs novos BS's e SDHPS's que contenham este *Best Behavior*, ajudando-o a encontrar o melhor conjunto de MBs e SBs por si só durante as outras fases da evolução.

Este sistema foi criado para representar as interações de aprendizado que os jogadores têm com o meio externo além de apenas com suas próprias experiências. Livros, fóruns de discussão e outros jogadores, são todos fontes de informação e aprendizado sobre o jogo. Sendo assim, o sistema de *Insights* vem como um desses meios externos que ajuda o jogador a desenvolver seu conhecimento e habilidade no jogo.

### 3.3 Simulações de Combate

Tendo as fichas inseridas no sistema, é preciso apenas escolher a qual time cada ficha pertencerá (*Team A* ou *Team B*), a posição inicial no tabuleiro de cada personagem e, finalmente, entrar com o número de simulações desejadas e com o valor do LS, caso existam personagens com IAAs na simulação.

Uma outra opção que o usuário tem é a de escolha se o mapa será fixo ou se mudará a cada simulação com base em um algoritmo genético [Holland 1975]. Detalhes sobre este algoritmo ficarão para um próximo artigo, já que o foco deste é na utilidade da ferramenta e em suas IAAs.

No início de cada simulação todos os personagens farão rolagens de iniciativa para definir a ordem de ação de cada personagem. Logo em seguida é dado início ao combate, seguindo a ordem gerada.

O turno de cada personagem é composto de até duas ações, sendo elas ações de movimento, de ataque ou de magia. Apesar de poder usar até duas ações por turno, pelo menos uma delas deve ser de movimento, se necessária, e apenas a ação de movimento pode ser duplicada. Ou seja, é cabível que um personagem se mova duas vezes em direção a um alvo, ou mova-se e ataque ou então mova-se e use uma magia.

O movimento de um personagem até um dado local do campo de batalha é feito usando sua *Speed*, que é a quantidade de espaços que ele pode se mover em uma ação de movimento, e o algoritmo A\* [Hart et al. 1968] para calcular o menor caminho até o destino.

Durante o jogo os personagens podem trocar mensagens com seu time dentro de seus turnos. Existem dois tipos de mensagem: Auxílio ao ataque, em que o personagem faz uma requisição para que alguém de seu time ajude-o a derrotar um inimigo específico. E pedido

de cura em que o personagem pede para que alguém de seu time cure-o pois está gravemente ferido.

Personagens com IAE sempre atendem mensagens possíveis de serem atendidas naquele turno, enquanto IAAs dependem do seu *Message Reading*. De qualquer forma, ambas as inteligências mandam mensagens para seu time, mesmo que não as respondam.

A simulação ocorre até que não haja nenhum personagem vivo (HP > 0) de algum dos times, dando a vitória ao time que o tiver e salvando os dados e pontuações dos personagens de IAAs em seus respectivos logs.

Todas as ações dos personagens e seus efeitos são disponibilizados como saída do programa para que seja possível acompanhar o passo a passo da simulação vigente. A Figura 1 ilustra o segundo *Round* de um combate simulado na ferramenta.

```
***** ROUND 2 *****
Fighter A2 missed Spellcaster B with Shortbow
Spellcaster B won't attend to his team's calls
Spellcaster B caused 6 damage to Fighter A1 using Magic Missile
Spellcaster B asked his team for help to kill Fighter A1
Fighter A1 moves towards Spellcaster A
Fighter A1 asked his team for healing!
Fighter A3 caused 6 damage to Spellcaster B using Shortbow
Fighter B2 won't attend to his team's calls
Fighter B2 has no ally with an enemy nearby
Fighter B2 missed Fighter A1 with Shortbow
Fighter B2 asked his team for help to kill Fighter A1
Spellcaster A is helping healing Fighter A1
Spellcaster A casted the Area of Effect Spell Mass Cure Medium Wounds
Spellcaster A healed 13 hitpoints from Fighter A2 using Mass Cure Medium Wounds
Spellcaster A healed 13 hitpoints from Fighter A3 using Mass Cure Medium Wounds
Spellcaster A healed 13 hitpoints from Spellcaster A using Mass Cure Medium Wounds
Spellcaster A healed 13 hitpoints from Fighter A1 using Mass Cure Medium Wounds
Fighter B3 won't attend to his team's calls
Fighter B3 scored a Critical Hit causing 15 damage to Fighter A1 using Shortbow
Fighter B3 asked his team for help to kill Fighter A1
Fighter B1 is helping to kill Fighter A1
Fighter B1 caused 5 damage to Fighter A1 using Shortbow [Fighter A1 died]
```

Figura 1: Saída do segundo *Round* de uma simulação.

Ao fim de uma simulação, é feita a análise dos logs e evolução das IAAs além da entrega de *Insights* para os personagens a depender da chance vinculada a suas LS, e então outra simulação se dá início até que o número de simulações desejado seja alcançado.

### 3.4 Geração de Logs de Desempenho

Além de simular os combates, ao fim do número escolhido de simulações, a ferramenta gera um log em um arquivo texto (.txt) para consulta futura e mais detalhada quanto aos logs e estatísticas de cada personagem.

Nestes logs são disponibilizadas informações como: Número de vitórias de cada um dos times (A e B), danos e cura total e média de cada um dos personagens, além de seu melhor *Score*. Para personagens usuários de IAAs adicionam-se também os logs de cada personagem, que contém seu PD, SD,



Healing, HP, Score e HPS da dada simulação a que o log pertence.

### 3.5 Arquitetura

A ferramenta SCURDD foi desenvolvida utilizando a linguagem de programação Java. A arquitetura do sistema é mostrada na Figura 2. As setas representam o fluxo de funcionamento do sistema que inicia-se com o usuário inserindo as fichas e escolhendo a opção de geração de mapas.

Em seguida, o simulador recebe estas informações e gera os personagens colocando-os em seus respectivos times e iniciando o ciclo de simulações de combate. Durante cada simulação, as ações dos personagens envolvidos são mostradas em tempo real no formato já apresentado na Figura 1.

Após cada simulação os logs são gerados e a evolução das IAAs são feitas com base nestes, reiniciando o ciclo até que seja alcançado o número desejado de simulações. Neste momento, são gerados os logs definitivos de todas as simulações em arquivo texto, encerrando o funcionamento da ferramenta.

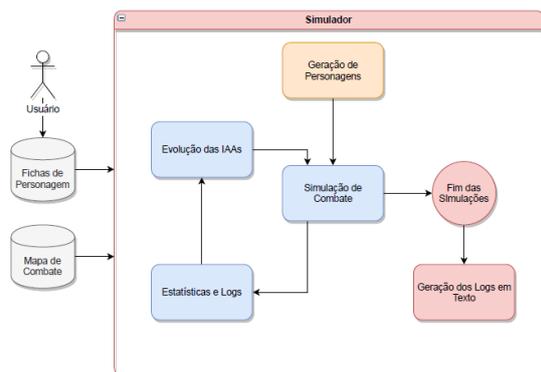


Figura 2: Diagrama de funcionamento do sistema

## 4. Resultados

Para testar a ferramenta SCURDD e comprovar o potencial da mesma em auxiliar mestres de D&D, além de avaliar as capacidades de sua IAE e sua IAA, foram feitos os seguintes experimentos:

Para testar a utilidade da ferramenta foram gerados dois times compostos por fichas diferentes mas com capacidades aproximadamente iguais. Cada time foi composto por uma ficha *Spellcaster* e três *Fighters*. Estes personagens foram controlados por IAAs. Em seguida foram rodadas cem simulações obtendo uma taxa de vitórias do *Team A* de 57% em detrimento dos

43% do *Team B*, corroborando a leve diferença de potencial das fichas entre os times.

Finalmente, para comparar os resultados na ferramenta com o esperado numa mesa, foi feita uma “simulação” em mesa com jogadores reais utilizando as mesmas fichas. Os jogadores controlaram as fichas dos personagens e combateram contra o time inimigo vinte vezes. O resultado foi próximo ao disposto na ferramenta, tendo o *Team A* vencido 65% dos combates, enquanto o *Team B* venceu apenas 35% como mostra na Figura 3.

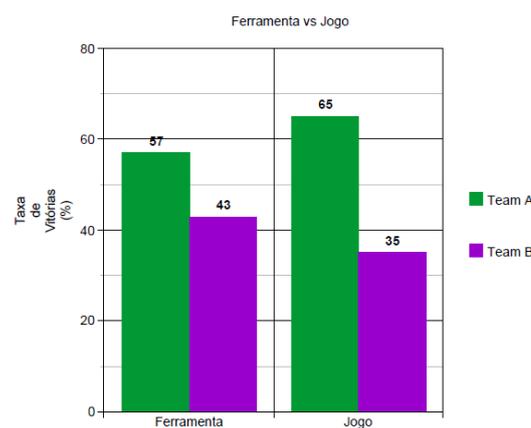


Figura 3: Gráfico da Taxa de vitórias na Ferramenta vs Jogo.

Vale ressaltar que apenas as ações básicas foram utilizadas durante o teste controlado com os jogadores, não abrindo margem para a infinidade de possibilidades que poderia surgir em um jogo normal.

Para um teste interno das capacidades das inteligências do SCURDD foram gerados dois times compostos por quatro personagens cada em que as fichas de ambos os times são equivalentes (3 *Fighters* e 1 *Spellcaster* com magias de dano e cura em ambos os lados). Em seguida foram simulados mil combates para as três situações a seguir: Combate entre dois times, ambos controlados por IAAs. E então, duas simulações entre um time controlado por IAAs e um time por IAAs, onde foram utilizados LS = 1 e LS = 3, para demonstrar o impacto que a velocidade de aprendizado tem.

Os resultados do primeiro experimento pode ser visto na Figura 4. É perceptível que por mantermos times idênticos utilizando a mesma série de estratégias que a tendência é que ambos tenham taxa de vitórias muito próximas, como pode-se averiguar ao final das mil simulações que terminaram com um resultado de 501 vitórias para o *Team A* e 499 para o *Team B*.



Porém, com a inserção de IAAs no time inimigo, o gráfico muda bastante. Como é percebido na Figura 5 em que as IAAs tem um LS de 1, mantendo uma taxa de aprendizado lenta.

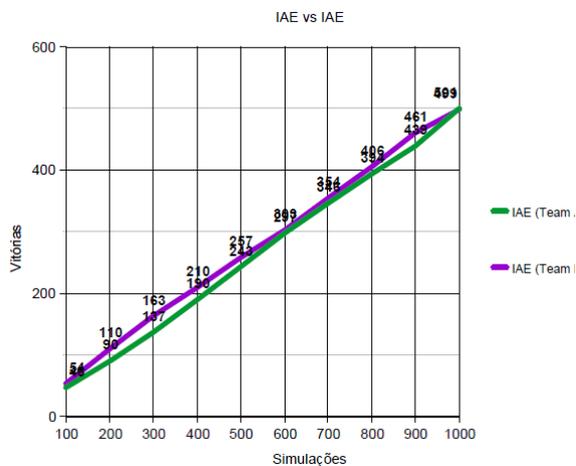


Figura 4: Gráfico de vitórias entre dois times iguais controlados por IAEs.

É perceptível o quanto a velocidade de aprendizado impacta nos experimentos utilizados. Podemos ver como as IAAs começam a superar as IAEs a partir de LS = 3 na Figura 6, e este crescimento só tende a aumentar ao utilizar LS de valores superiores a 3.

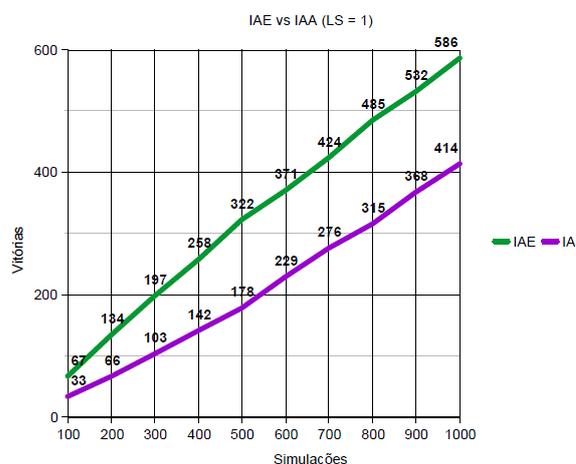


Figura 5: Gráfico de vitórias entre um time controlado por IAEs e um por IAAs utilizando LS = 1.

Vale ressaltar que com um número suficientemente grande de simulações, as IAAs tendem a vencer as IAEs, porém foi estipulado que um usuário não precisasse fazer mais de mil simulações com a ferramenta para que recebesse resultados representativos para seu cenário.

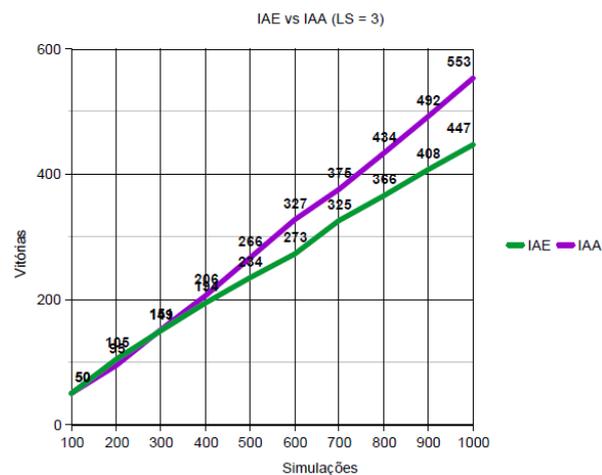


Figura 6: Gráfico de vitórias entre um time controlado por IAEs e um por IAAs utilizando LS = 3.

Além disso, o número de vitórias pode variar mesmo em experimentos idênticos já que o jogo é baseado em probabilidades vindas de rolagens de dados. Sendo assim, mesmo utilizando-se sempre as mesmas estratégias e fichas de personagens, o resultado dos dados pode mudar completamente o resultado das simulações.

## 5. Conclusão

A ferramenta SCURDD foi capaz de obter um resultado realístico para as simulações de combates propostas. Isto demonstra que ela tem a capacidade de ser utilizada como ferramenta de auxílio ao balanceamento de encontros de D&D, atentando para o fato de que a ferramenta ainda abstrai uma parcela relevante das regras do sistema, D&D v3.5, e que não leva em consideração interações com o ambiente de combate.

No tocante às inteligências artificiais, é possível observar que as IAEs têm comprovadamente uma especialidade acima do conhecimento inicial das IAAs, e que são necessárias várias simulações a depender da LS das segundas, para que estas superem as já então especialistas.

Vale ressaltar que foi percebido com os experimentos, que a velocidade de convergência para um comportamento ideal é baseada não só na LS das IAAs, mas também na complexidade e variedade de opções que existem na ficha do personagem. Isto se assemelha com a realidade, pois a partir do momento que um personagem tem muito mais habilidades e



opções que outros, ele se torna mais difícil de masterizar, necessitando de mais tempo de aprendizado.

A ferramenta SCURDD ainda tem muito o que avançar, tanto no quesito de precisão dos elementos da simulação em comparação com o jogo real de D&D, quanto na evolução das IAs para representar cada vez melhor um jogador humano em diversos níveis de capacidade e conhecimento.

É necessário mais estudo e desenvolvimento para que a ferramenta agregue cada vez mais regras e opções que existam no sistema D&D para que seus resultados sejam mais fidedignos. Além disso, é pensado um trabalho futuro no desenvolvimento das IAAs, onde cada personagem compartilhará seus conhecimentos com seus aliados, gerando uma forma de aprendizado em conjunto como é visível em mesas de RPG reais, em que cada jogador tenta ajudar seus parceiros a aprender para que seu time prospere como um todo.

Por último, uma conversão para a 5ª Edição de D&D é necessária, tendo em vista que mesas de jogo da edição 3.5 vem cada vez mais perdendo lugar para a nova edição.

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer, primeiramente a Profª. Drª. Roberta V. V. Lopes por permitir o desenvolvimento desta ferramenta sob sua tutela. Em segundo, ao Profº. Drº. Marcos V. C. Vital pelos comentários e opiniões quanto a escrita deste artigo. E por último a todos os amigos que ajudaram no desenvolvimento das fases iniciais do SCURDD, criando a base para o que ele é hoje.

## Referências

- DUNGEONS & DRAGONS: MONSTER MANUAL  
V5. Estados Unidos: Wizards of the Coast, 2014.
- DUNGEONS & DRAGONS: PLAYER'S  
HANDBOOK V3.5. Estados Unidos: Wizards of the  
Coast, 2003.
- GYGAX, G.; ARNESON, D. Dungeons and Dragons.  
1ª ed. Estados Unidos: TSR Inc, 1974.
- HART, P.; NILSSON, N; RAPHAEL, B. 1968.  
A Formal Basis for the Heuristic Determination of  
Minimum Cost Paths. IEEE Transactions Systems  
Science and Cybernetics, 4, 100-107.
- HAZEWINKEL, M. "Minimax principle",  
*Encyclopedia of Mathematics*, Springer  
Science+Business Media B.V. ed. (2001). Kluwer

Academic Publishers, 1994.

HOLLAND, J. H. *Adaptation in Natural and Artificial  
Systems: An introductory analysis with  
applications biology, control and artificial  
intelligence*. 1ª ed. Estados Unidos: MIT Press, 1975.

OFERLA, M. *D&D 5e Battle Simulator*. 2016  
Disponível em: <<http://dnd.matteoferla.com>>.  
Acesso em: 18 Jan. 2019.

TOLKIEN, J. R. R. *The Lord of the Rings*: 1ª ed. Reino  
Unido: Allen & Unwin, 1954.