

ROGÉRIO DE LEON PEREIRA

**UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A REJOGABILIDADE DE
SOFTWARE DE ENTRETENIMENTO DIGITAL ATRAVÉS DE
CONCEITOS DE *ARTIFICIAL LIFE***

MARINGÁ

2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ROGÉRIO DE LEON PEREIRA

**UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A REJOGABILIDADE DE
SOFTWARE DE ENTRETENIMENTO DIGITAL ATRAVÉS DE
CONCEITOS DE ARTIFICIAL LIFE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Dante Alves Medeiros Filho

MARINGÁ

2006

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

P436c Pereira, Rogério de Leon
 Uma contribuição para a rejogabilidade de software de
 entretenimento digital através de conceitos de artificial
 life / Rogério de Leon Pereira. -- Maringá : [s.n.], 2006.
 90 f. : il. color.

 Orientador : Prof. Dr. Dante Alves Medeiros Filho.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
 Maringá. Programa de Pós-graduação em Ciência da
 Computação, 2006.

 1. Inteligência artificial. 2. Jogos para computador. 3.
 Vida artificial. I. Universidade Estadual de Maringá.
 Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação.

Cdd 21.ed. 006.3

ROGÉRIO DE LEON PEREIRA

**UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A REJOGABILIDADE DE
SOFTWARE DE ENTRETENIMENTO DIGITAL ATRAVÉS DE
CONCEITOS DE ARTIFICIAL LIFE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Aprovado em

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Dante Alves Medeiros Filho
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Prof. Dr. David Calhau Jorge
CEFET – MG – Unidade de Araxá

Prof. Dr. Esteban Walter Gonzalez Clua
Universidade Federal Fluminense – UFF

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a 180 milhões de pessoas. Um povo sofrido, trabalhador e alegre. Pessoas que acreditam que o nosso país é muito mais do que Futebol e Samba. Um povo que sabe no fundo do seu coração que o dia de amanhã será melhor. Pessoas que descobriram que lugar melhor que aqui não há. Porque esse é o Povo Brasileiro, e ele, não desiste nunca.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Liana e ao meu filho Vinícius, pelo seu apoio incondicional e sua compreensão pela minha ausência (e por terem escondido todos os objetos pontiagudos e cortantes nos momentos de desespero).

A minha família, Marilsa, Rafael, Ricardo e Roberto, por sempre terem acreditado e investido no meu potencial.

Aos meus amigos Gilson, Jorge e Júlio, pelos acalorados e longínquos debates que só fizeram amadurecer as idéias e propostas desta dissertação.

Ao meu chefe, Prof. José Roberto Pinheiro de Melo por ter me concedido o afastamento parcial de minhas atividades para a dedicação neste trabalho. A todas as Coordenadoras da Assessoria de Planejamento (Celenei, Izabel, Rose e Sílvia) por me apoiarem junto à chefia no pedido de afastamento. Aos demais colegas de trabalho que souberam respeitar a minha necessidade de busca por conhecimento, mesmo custando-lhes 20 horas semanais do seu serviço de suporte e desenvolvimento em informática.

Às meninas do Escritório de Cooperação Internacional (Alessandra e Kátia), por sua ajuda na tradução dos termos em inglês e pela consultoria em normas científicas e padrões ABNT.

Aos meus professores (Constantino, Maurício e Xavier) que abriram os meus horizontes e fizeram saltar a minha veia científica e alimentaram a minha sede de saber.

Por último e não menos importante, ao meu orientador Prof. Dr. Dante Alves Medeiros Filho, que foi fator fundamental, desde o meu ingresso no curso de mestrado até a obtenção do título, pelo seu apoio, atenção e dedicação.

“So do all who see such times, but that is not for them to decide. All we have to decide is what to do with the time that is given to us... Even the smallest one may change the course of the future.”

J.R.R. Tolkien (The Fellowship of the Ring)

RESUMO

O jogo de computador é um tipo de *software* criado com o objetivo de entreter seus usuários. A interação criada entre eles se dá através da jogabilidade, que é um conjunto de desafios (físicos e mentais) que exigem do jogador o uso de diversas habilidades diferentes. Para aumentar o valor e o tempo de vida desse tipo de *software*, foram criadas diversas técnicas de rejogabilidade, fazendo com que um mesmo jogo seja jogado por muito mais tempo. Neste trabalho foi proposta uma nova forma de programar a rejogabilidade, através da configuração da inteligência artificial das componentes do jogo, de forma que estas atuem como se estivessem dentro de um ecossistema biológico. Para isso foi realizado um estudo multi-casos envolvendo três jogos de gêneros distintos onde, para cada caso, efetuou-se uma análise da estrutura funcional do jogo, avaliando a jogabilidade e a rejogabilidade, antes e após a aplicação da metodologia aqui proposta.

Palavras-chave: jogos para computador, inteligência artificial, vida artificial.

ABSTRACT

A computer game is a kind of *software* created with the purpose of entertaining its users. The resulting interaction is due the playability, which is a set of physical and mental challenges that requires from the player the use of various different abilities. It was created a series of techniques of replayability objecting the improvement of the value and lifetime of this kind of *software*, allowing the user to play it for a longer period of time. It was proposed in this study a new approach to implement replayability through the configuration of the artificial intelligence components of the game, as if it behaved like a biological ecosystem. For such, it was created a multi-case study involving three games of distinct genres, where in each case it was analyzed the functional structure of the game, taking in consideration the playability and replayability, before and after the application of the methodology proposed herein.

Keywords: computer games, artificial intelligence, artificial life.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1 – INTRODUÇÃO	11
2 – REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 – Mercado de Jogos	15
2.2 – Tipos de Desafios	18
2.2.1 – Desafio de Lógica e Inferência	18
2.2.2 – Desafio <i>Lateral-Thinking</i>	19
2.2.3 – Desafio de Memória	19
2.2.4 – Desafio baseado em Conhecimento	20
2.2.5 – Desafio de Reconhecimento de Padrões	21
2.2.6 – Desafio de Percepção Espacial	22
2.2.7 – Desafio de Coordenação	22
2.2.8 – Desafio de Reflexo/Tempo de Reação.....	23
2.2.9 – Desafio Físico	24
2.3 – Técnicas de Rejogabilidade	24
2.3.1 – Não-Linearidade	24
2.3.2 – Finais Alternativos.....	25
2.3.3 – Variação das condições iniciais	26
2.3.4 – Sorte como parte do jogo	26
2.3.4 – Oponentes não determinísticos	27
2.3.5 – Escolha de papéis e estratégias	27
2.3.6 – Tamanho	28
2.4 – Gêneros de Jogos	28
2.4.1 – Jogos de Ação	28
2.4.2 – Jogos de Aventura.....	28
2.4.3 – Jogos de Role-Playing Games (RPG).....	28
2.4.4 – Jogos Esportivos	29
2.4.5 – Jogos de Estratégia	29
2.4.6 – Jogos Massivos de Mundo Persistente (MMOG)	29
2.5 – Vida Artificial	29
2.6 – Ecossistemas	31
2.6.1 – Produtores	33
2.6.2 – Consumidores Primários.....	33
2.6.3 – Consumidores Secundários.....	34
2.6.4 – Consumidores Terciários	34
2.6.5 – Decompositores ou Bioredutores.....	34
2.6.6 – Agente Poluidor	34

3 – MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 – Apresentação.....	35
3.2 – Aplicação	44
3.3 – Escolha dos Casos	45
4 – ESTUDO DE CASOS.....	47
4.1 – Caso 1 – <i>Age of Empires II</i>	47
4.1.1 – Descrição	47
4.1.2 – Elementos de Jogabilidade.....	52
4.1.3 – Técnicas de Rejogabilidade	53
4.1.4 – Aplicação da Metodologia	53
4.1.5 – Análise	62
4.2 – Caso 2 – <i>Everquest 2</i>	63
4.2.1 – Descrição	63
4.2.2 – Elementos de Jogabilidade.....	67
4.2.3 – Técnicas de Rejogabilidade	68
4.2.4 – Aplicação da Metodologia	69
4.2.5 – Análise	73
4.2 – Caso 3 – <i>Grand Theft Auto: San Andreas</i>.....	74
4.3.1 – Descrição	74
4.3.2 – Elementos de Jogabilidade.....	76
4.3.3 – Técnicas de Rejogabilidade	77
4.3.4 – Aplicação da Metodologia	77
4.3.5 – Análise	80
5 – DISCUSSÃO	82
Caso 1 – <i>Age of Empires 2 (AoE2)</i>.....	82
Caso 2 – <i>Everquest 2 (EQ2)</i>.....	82
Caso 3 – <i>Grand Theft Auto: San Andreas (GTA4)</i>	83
Análise dos Casos.....	83
6 – CONCLUSÃO	85
REFERÊNCIAS	87

1 – INTRODUÇÃO

Os jogos eletrônicos, também chamados de *software* para entretenimento digital (SED), são programas computacionais cuja principal finalidade é a de entreter seus usuários. Sua origem ocorreu em meados da década de cinquenta, de forma despreziosa e quase acidental dentro do laboratório de física nuclear *Brookhaven National Laboratories*, em Nova Iorque, por meio do trabalho do físico Doutor Willy Higinbotham.

Em cinquenta anos de evolução os jogos aumentaram sua complexidade, criando um mercado que movimenta, no mundo todo, mais de US\$ 35 bilhões e que, nos EUA, desenvolveu-se mais do que o dobro da sua média econômica. Esta forte indústria gera diversos empregos diretos de profissionais altamente especializados, além de empregos indiretos no canal de comercialização, impostos, divisas de exportação, tecnologia e impulsiona outros mercados como o de hardware.

Os jogos acompanham a evolução da computação, necessitando cada vez mais recursos de hardware, memória e processamento. Sua constante demanda impulsionou o desenvolvimento de novas tecnologias como as placas aceleradoras 3D e a criação de acessórios especializados usados para enriquecer a experiência de jogo.

O que motiva o usuário, denominado jogador, a interagir com o *software* para entretenimento digital, é a jogabilidade. A jogabilidade é formada por um conjunto de desafios que exigem do jogador o uso de habilidades diferentes, tanto físicas quanto mentais. A interação do usuário com o jogo fornece estímulos aos seus sentimentos, levando-o a vivenciar e experimentar situações que provocam suas emoções, exigindo sua capacidade mental, física e motora.

Para que haja maior permanência de uso do mesmo produto, as técnicas de rejogabilidade têm sido uma opção importante de projetistas, aumentando assim o seu valor comercial, que está diretamente ligado a sua capacidade de entretenimento. Quanto maior o número de elementos que estimulem o usuário a reutilizar o *software* para entretenimento digital em busca de novas experiências de entretenimento, maior é a sua rejogabilidade.

As técnicas de rejogabilidade sugerem alteração na narrativa ou a mecânica do jogo. Entende-se por narrativa a forma de se contar a história dentro do jogo. Maneiras diferentes de se contar a mesma história levam a formas diferentes de experimentar o mesmo

jogo, aumentando sua rejogabilidade.

Já a mecânica de jogo está diretamente relacionada com a forma que ele é jogado. Dessa forma, a rejogabilidade existe quando é proporcionado ao jogador interagir com o mesmo jogo de formas diferentes, aumentando assim suas opções de entretenimento.

As técnicas de rejogabilidade, tanto oriundas da narrativa como da mecânica de jogo, podem ser aplicadas de forma isolada ou em conjunto com outras, sempre buscando enriquecer a experiência de jogo.

Algumas, por serem muito utilizadas, encontram-se desgastadas, tendo seu efeito na rejogabilidade diminuído com o tempo. Outras, por sua vez, são clássicas e são quase que obrigatórias para o sucesso de alguns produtos.

Porém, muitos jogos não admitem a aplicação das técnicas acima descritas, ou estas não são suficientes para atingir o efeito desejado. Por isso há uma constante busca por novas formas de aplicar rejogabilidade aos jogos que possibilitem alternativa às técnicas atuais da narrativa e mecânica de jogo.

Este trabalho tem como finalidade possibilitar alternativa às técnicas já existentes, contribuindo para o aumento da rejogabilidade de *software* para entretenimento digital, por meio da aplicação de conceitos oriundos das observações do funcionamento do ecossistema.

Esses conceitos serão aplicados durante a fase de projeto de software para entretenimento, fazendo com que seus elementos recebam características de seres vivos. Assim, a interação dessas entidades, entre si e com o jogador, levará a um reforço de jogabilidade servindo como uma alternativa para a rejogabilidade, podendo, por sua vez, ser aplicado em conjunto com as técnicas já conhecidas.

Isto é possível por meio da *Artificial Life* (A-life), que é um ramo da Inteligência Artificial (IA), que estuda ambientes computacionais criados pelo homem, que exibem comportamento característico ao de sistemas naturais vivos.

Há uma preocupação que esse processo por busca de ganho na rejogabilidade não altere de forma alguma a jogabilidade já existente.

A metodologia a ser aplicada durante a fase de projeto do jogo, mais especificamente na elaboração da inteligência artificial, agrega às suas entidades, características de seres vivos baseadas no funcionamento de ecossistemas biológicos, como o funcionamento da cadeia alimentar e relação predador-presa.

Após a análise teórica sobre a estrutura do ecossistema, seu funcionamento e componentes, foram elaboradas seis regras gerais que contém a essência desse sistema

biológico. Essas regras ditam a relação entre as diversas componentes de um ecossistema e a importância da manutenção da harmonia existente.

Assim, durante o projeto de um novo jogo, na construção das inteligências artificiais que ali serão inseridas, devem-se levar em consideração as regras propostas, incluindo propriedades em suas entidades com o intuito de que a sua inter-relação se assemelhe com as componentes de um ecossistema vivo.

Devido à complexidade para a elaboração de um jogo completo, optou-se por testar a metodologia por meio de um estudo multi-caso envolvendo três jogos de gêneros diferentes. Para cada caso, inicialmente foi feita uma análise geral sobre o funcionamento do jogo, sua classificação quanto ao gênero e a verificação dos fatores de jogabilidade e as técnicas de rejogabilidade já implementadas.

Em seguida, a partir das seis regras elaboradas na metodologia, foram feitas alterações no comportamento das inteligências artificiais presentes no jogo. Por fim, foi realizada uma nova análise do funcionamento do jogo já com a inserção da *Artificial Life* apontando então os novos indícios de rejogabilidade encontrados.

Posteriormente, construiu-se um debate sobre os dados coletados nos três casos, discutindo-se sobre a proposta de aumentar a rejogabilidade, a metodologia de aplicar conceitos de sistemas naturais vivos dentro de jogos eletrônicos e os resultados alcançados nesse trabalho.

No próximo capítulo, será apresentado o levantamento do referencial teórico realizado para servir como base para o desenvolvimento desse trabalho. Foi estruturado com a apresentação do mercado de entretenimento digital, demonstrando sua dimensão e importância como gerador de empregos, impostos, divisas e tecnologia, justificando assim a escolha do tema.

A seguir, apresenta-se o *software* de entretenimento digital, também chamado de jogo eletrônico, descrevendo os tipos de desafios que compõe sua jogabilidade. Na sequência, são apresentadas as técnicas de rejogabilidade estudadas por Ernest Adams, classificadas em dois grupos: narrativa e mecânica de jogo. Também é realizado um levantamento das principais classificações de jogos quanto ao gênero.

Ainda no estudo da base teórica, é abordado o tema da *Artificial Life*, seu histórico, princípios e funcionamento. E finalmente, trabalha-se com o funcionamento do ecossistema biológico que, com exemplos de como a retirada ou inserção de uma espécie dentro de um ecossistema pode afetar todo o seu funcionamento.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia, que foi elaborada de forma a

incluir elementos de *Artificial Life* na modelagem de jogos, com a finalidade de reforçar os elementos de jogabilidade e implantar maior rejogabilidade. Também descreve o modelo de multi-casos que foi usado para testar o funcionamento da metodologia, ou seja, da inclusão de *Artificial Life* em jogos, com o objetivo de dar aos elementos do jogo características de seres vivos.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos por meio do estudo dos três casos que foram desenvolvidos com jogos de gêneros distintos, utilizando-se a metodologia proposta para a sua verificação.

Os resultados obtidos nos três casos foram comparados e avaliados em relação aos itens de rejogabilidade bem como as particularidades de cada um e suas similaridades.

A conclusão, dentro dos limites encontrados no desenvolvimento da pesquisa, sugere horizontes futuros, respondendo questões e hipóteses apontadas.

2 – REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo foi realizado o levantamento do referencial teórico necessário para embasar o desenvolvimento proposto nos capítulos subseqüentes. Foi estruturado inicialmente com a apresentação do mercado de entretenimento digital, demonstrando sua importância e constante demanda por agregação tecnológica, justificando assim a escolha do tema, apresentando-se a seguir, o *software* de entretenimento digital, também chamado de jogo eletrônico, descrevendo os tipos de desafios que compõem sua *jogabilidade*. Na seqüência, são apresentadas as técnicas de *rejogabilidade* estudadas por Ernest Adams, classificadas em dois grupos: narrativa e mecânica de jogo. Também é realizado um levantamento das principais classificações de jogos quanto ao gênero.

Ainda no estudo da base teórica, é abordado o tema da *Artificial Life*, seu histórico, princípios e funcionamento. E finalmente, trabalha-se com o funcionamento do ecossistema biológico que, aliado aos conceitos de *Artificial Life*, vão servir de pilares para a proposta metodológica.

2.1 – Mercado de Jogos

Só em 2000, a indústria de entretenimento digital cresceu 14,9%, mais do que o dobro da média do mercado americano (Figura 2.1). O mercado global de jogos faturou em 2004 o montante de US\$ 35 bi e tem mostrado crescimento superior a de outras indústrias de entretenimento como a editorial, fonográfica e cinematográfica. Esse crescimento tem originado grande demanda de técnicas e ferramentas que auxiliem o desenvolvimento dos jogos ou que enriqueçam seu conteúdo (ESA, 2005).

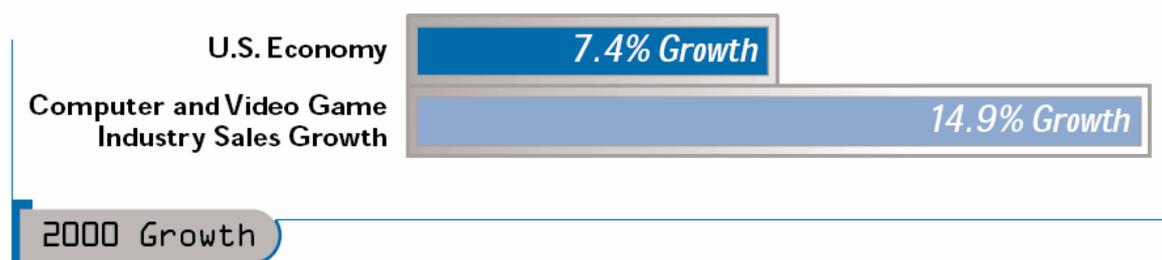


Figura 2.1 – Crescimento da economia americana (*U.S. Economy*) comparada com o crescimento do entretenimento digital (*Computer and Video Game Industry Sales Growth*).

Fonte: IDSA, 2002 – p. 11.

Os jogos eletrônicos, também chamados de *Software* para Entretenimento Digital (SED), originaram-se em 1958, quando o físico Doutor Willy Higinbothan precisou provocar um entretenimento para os visitantes do *Brookhaven National Laboratories*, em Nova Iorque.

Usando um computador analógico para o processamento e um osciloscópio como monitor, o físico criou o primeiro jogo eletrônico. Era um jogo de tênis rudimentar, que logo foi batizado por seu criador como *Tennis for Two*, tornando-se em pouco tempo a maior atração do laboratório e isto gerou conseqüências que se refletiram expressiva e definitivamente na evolução desta área da computação, conforme relatam Kent (2001) e Demaria e Wilson (2003). Desde então, este tipo de *software* tem cumprido com seu propósito, qual seja, promover o entretenimento aos seus usuários.

Durante o processo evolutivo do *software* para entretenimento, a necessidade de melhorias que trouxessem características que mais se aproximassem da vida real, fez com que recursos mais sofisticados se tornassem imprescindíveis para o desenvolvimento dessas atividades. Os recentes avanços tecnológicos nos campos da visualização 3D e da simulação de física, tanto por *software* como por hardware, têm ajudado a indústria a criar ambientes visualmente mais imersivos. O próximo passo para a maximização da imersão provocada por esses ambientes está no aprimoramento da Inteligência Artificial (IA) (Champanard, 2003).

O aumento do poder computacional, particularmente nas placas de aceleração gráfica, tem aliviado a carga de trabalho da unidade central de processamento (CPU), liberando recursos que podem ser aplicados em algoritmos de inteligência artificial mais sofisticados (Buckland, 2002).

A inteligência artificial é um campo de pesquisa dinâmico e em constante evolução, cujo interesse principal é o de encontrar um modo efetivo de entender e aplicar técnicas inteligentes para a solução de problemas complexos (Nilsson, 1982, Ballard, 2000 e Luger, 2004). Nos *softwares* de entretenimento digital, a inteligência artificial tem sido utilizada para a criação de oponentes virtuais e para o micro-gerenciamento de personagens que não são controlados pelo usuário (NPC) (Buckland, 2002 e 2005).

O algoritmo mais utilizado para o controle do comportamento dos oponentes virtuais é a Máquina de Estados Finitos (FSM). É uma opção de ótimo custo/benefício: rápida implementação, fácil depuração e baixa complexidade. Funciona com um conjunto de estados e uma série de regras que definem como ocorrerá a transição entre os estados (Figura 2.2) baseados na entrada de informações do sistema. Seu problema está descrito no próprio nome, ou seja, os estados são finitos. Mesmo aumentando o número de estados e a complexidade das

regras, sempre há a possibilidade de a máquina não saber como se comportar em uma situação não prevista (Bourg e Seeman, 2004).

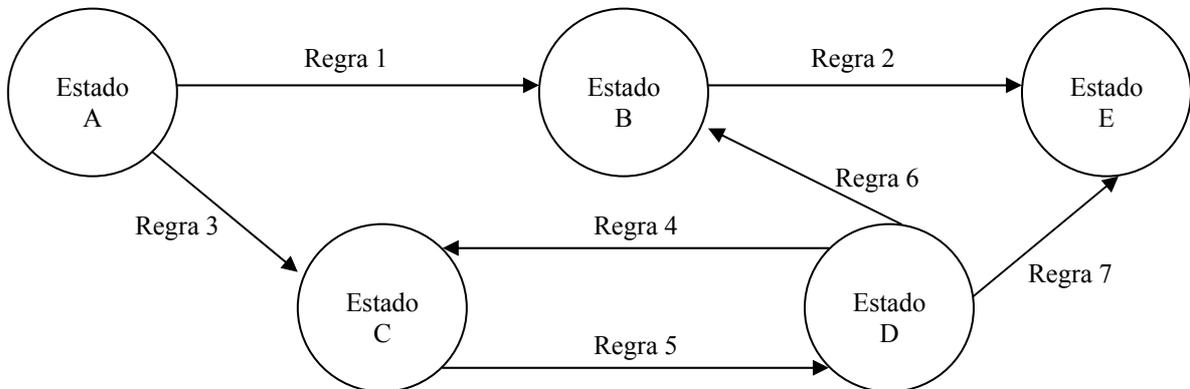


Figura 2.2 – Exemplo de Máquina de Estados Finitos. Os círculos representam os estados, e as setas, as regras de transição.

Já no micro-gerenciamento, a variação é maior, dependendo do tipo do jogo, que pode apresentar desde uma lógica difusa até uma rede neural artificial. Um bom exemplo está na solução do problema de busca de caminho (Buckland, 2005). Se as informações do mundo virtual forem armazenadas em forma de matriz ou mesmo num grafo, um algoritmo trivial como o de busca em largura, pode ser muito útil para achar um caminho viável entre dois pontos (Figura 2.3).

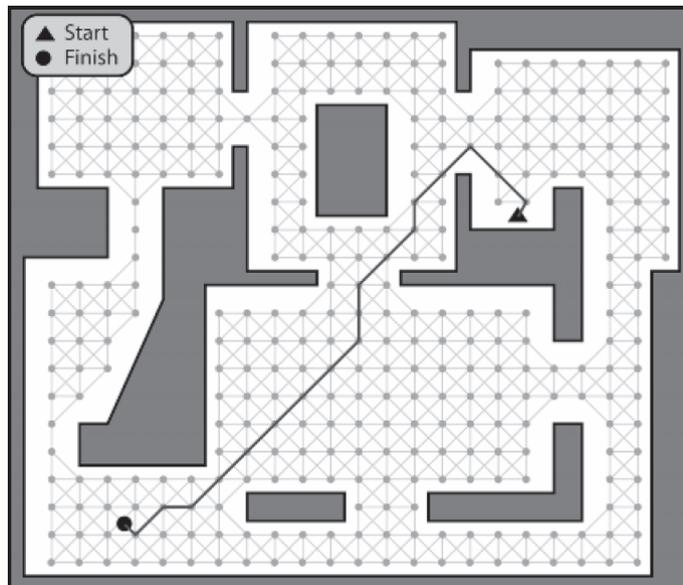


Figura 2.3 – Grafos para a busca de caminho, um exemplo de micro-gerenciamento.

Fonte: Buckland, 2005. p. 344.

Legenda: \blacktriangle Start=início \bullet Finish= chegada

Diferente de um filme ou de um livro onde o usuário participa apenas como espectador, nos jogos ele atua efetivamente da história, fazendo escolhas, tomando decisões, agindo como a personagem principal daquela trama.

O valor de um jogo está diretamente relacionado com a sua capacidade de entreter o usuário. Essa medida é dada em horas de uso, ou seja, quanto tempo o usuário levaria para chegar ao final do jogo. Muitos jogos vêm programados de fábrica com um número elevado de horas.

A capacidade de entreter o usuário está relacionada à sua jogabilidade. O conceito de jogabilidade é de difícil definição. Isso acontece, pois não há uma simples entidade que a represente, tendo em vista que a jogabilidade é o resultado da contribuição de diversos elementos. (Rollings e Morris, 2003)

Para Rollings e Adams (2003), a jogabilidade pode ser definida como: “*Uma ou mais séries de desafios casualmente ligados dentro de um ambiente simulado*”.

2.2 – Tipos de Desafios

Os desafios que compõem a jogabilidade aparecem em formatos diferentes e podem ser agrupados de acordo com a habilidade exigida dos jogadores. Na maioria dos casos esses desafios são puramente mentais, mas não é difícil encontrar alguns que demandem bons reflexos e coordenação motora. Os desafios também podem ser classificados como implícito e explícito.

Os explícitos são intencionalmente especificados durante a confecção do projeto do jogo. Já os implícitos não são projetados, simplesmente emergem como o resultado da combinação de algumas características do SED.

2.2.1 – Desafio de Lógica e Inferência

Testam a habilidade do jogador de assimilar informação e utilizar esta informação dentro do ambiente do jogo. Segundo a Teoria dos Jogos (Myerson, 2001), há duas classes de jogos: o de *informação perfeita*, onde cada jogador tem total informação sobre o jogo, e o de *informação imperfeita*, onde cada jogador sabe apenas parte da informação (não necessariamente a mesma parte ou de mesmo tamanho).

Os jogos de informação perfeita exigem do jogador o uso da lógica, como é o caso do *xadrez* (Figura 2.4). Para Rollings e Adams (2003), o *xadrez* é considerado de informação perfeita, pois em todo o período do jogo, ambos os jogadores tem total visão do estado do tabuleiro e a posição de todas as peças.



Figura 2.4 – Tabuleiro de *Xadrez*. Exemplo de jogo com informação perfeita. A posição de todas as peças está disponível para ambos os jogadores durante todo o jogo.

Já para os jogos com informação imperfeita a lógica sozinha não é suficiente. Nesses casos, as lacunas criadas pela falta de informação são preenchidas por meio do processo de inferência, ou seja, da capacidade de completar a informação pela extrapolação dos fatos existentes.

A maioria dos jogos de cartas conta com informação imperfeita. O jogador conhece apenas as cartas em sua mão e as abertas na mesa, não sabendo o valor das cartas fechadas no monte de compras, ou na mão dos jogadores adversários.

Jogos com informação imperfeita são mais comuns do que os de informação perfeita.

2.2.2 – Desafio *Lateral-Thinking*

É uma extensão do desafio de inferência. Esse tipo de desafio leva o jogador a criar novas estratégias baseadas não só no conhecimento, mas também em suas experiências anteriores no jogo.

Esse conhecimento pode ser intrínseco, obtido dentro do ambiente do jogo, ou extrínseco, obtido fora do ambiente do jogo.

2.2.3 – Desafio de Memória

Testam a capacidade de memorização do jogador. Um clássico dos jogos é o Jogo da Memória (Figura 2.5). Diversas cartas ficam espalhadas em uma mesa com a face virada para baixo. O jogador deve virar duas cartas para tentar formar um par. Caso não

obtenha sucesso, as cartas voltam a sua posição original passando a vez para o próximo jogador. Para obter um bom desempenho, o jogador precisa observar bem o desenvolver da partida, memorizando sempre a posição das cartas com o objetivo de conseguir o maior número de pares possível.



Figura 2.5 – À esquerda a versão clássica do jogo com as cartas em cima da mesa. À direita uma versão moderna onde as cartas se encontram presas nas faces de um cubo 3 D.

Fonte: *Memorycube!* – FourX Development.

2.2.4 – Desafio baseado em Conhecimento

Está relacionado ao nível de conhecimento do jogador. Como dito anteriormente, há dois tipos de conhecimento: intrínseco, que se relaciona ao ambiente do jogo, e o extrínseco, que é o conhecimento fora do ambiente do jogo.

O *Jogo do Milhão* (Figura 2.6) é um exemplo de jogo que traz desafios baseados em conhecimento. Nesse jogo, o jogador deve responder uma série de perguntas de conhecimentos gerais, acumulando dinheiro a cada acerto podendo chegar até ao prêmio de R\$ 1.000.000,00.



Figura 2.6 – Tela do *Jogo do Milhão*, jogo de perguntas e respostas (Quiz) baseado num programa de televisão.
Fonte: *Jogo do Milhão* - Brasoftware.

2.2.5 – Desafio de Reconhecimento de Padrões

O cérebro humano é uma verdadeira máquina de reconhecimento de padrões. Por exemplo: existem diversos modelos diferentes de carro em todo o mundo, mas uma pessoa pode dizer se um objeto é ou não um carro sem nunca ter visto aquele modelo antes.

Em alguns casos, o cérebro humano tem a capacidade de reconhecer padrões onde ele não existe. Esse fenômeno é chamado de *pareidolia*. Na Figura abaixo é possível observar três pizzas, cada qual faltando uma fatia. Da forma como estão dispostas, uma pessoa não teria dificuldade alguma de enxergar um triângulo na figura, mesmo não havendo nenhum triângulo ali desenhado.

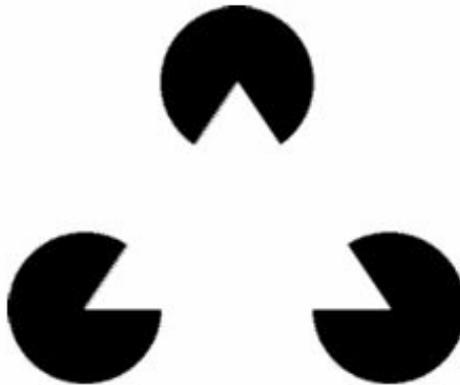


Figura 2.7 – Exemplo de *pareidolia*. O cérebro reconhece uma imagem mesmo não estando desenhada devido a sua capacidade de reconhecimento de padrão.

Fonte: Rollings e Adams, 2003. p 168.

O *Tetris* é um bom exemplo de jogo com desafio de reconhecimento de padrões. O jogador tem que encaixar peças de formas distintas dentro de uma determinada área (Figura 2.8). As peças vão caindo lentamente e o usuário pode rotacioná-las procurando o melhor lugar para colocá-las.

Tão logo uma linha seja totalmente preenchida, ela desaparece, criando uma leve folga dentro da caixa. Caso a caixa fique cheia de peças o jogador perde o jogo. Mesmo não estando delineado na figura formada pelas peças já encaixadas, o jogador pode reconhecer o melhor local para encaixar a próxima peça.



Figura 2.8 – Encontrar o melhor lugar para encaixar a peça, um exemplo do desafio de reconhecimento de padrões.

Fonte: *Tetris* – Nintendo

Jogos do tipo *First Person Shooter* (FPS) também usam muito desse recurso. Por possuírem ação constante e demandar reflexos rápidos, o jogador precisa identificar rapidamente se o alvo na mira é um adversário ou um aliado para não correr o risco de provocar fogo amigo ou de ser eliminado da partida.

2.2.6 – Desafio de Percepção Espacial

Usualmente implícito, é um híbrido dos desafios de memória e de inferência. O jogador precisa ter toda a percepção de um mundo tridimensional através das imagens bidimensionais apresentadas na tela do computador.

2.2.7 – Desafio de Coordenação

Presente na maioria dos jogos. Basicamente, testa a habilidade do jogador de executar várias ações simultâneas. No *Sandboard Brasil* (Figura 2.9), o jogador precisa pressionar diversas teclas em uma ordem específica num curto espaço de tempo para que o seu personagem execute uma manobra dentro do jogo.



Figura 2.9 – Necessidade de coordenação motora para a execução de manobras dentro do jogo.
Fonte: *Sandboard Brasil* – FourX Development

2.2.8 – Desafio de Reflexo/Tempo de Reação

Testam o tempo de reação/resposta do jogador aos estímulos do jogo. Esse tipo de desafio aparece normalmente junto com outros, principalmente o de coordenação descrito acima.

É muito utilizado nos jogos de ação, FPS, plataforma, *Real Time Strategy* (RTS) e *arcade*. No jogo *Alien Madness* (Figura 2.10), FPS, é possível ver claramente o uso deste tipo de desafio. O jogador controla uma estação de tiro estacionária, com capacidade de giro de 360° no próprio eixo. Aos poucos, o número de inimigos aumenta e o jogador precisa ser ágil para eliminá-los antes que eles acabem com a sua energia.



Figura 2.10 – Desafio de Reflexo/Tempo de Reação, quanto mais ágil o jogador, maior a chance de sucesso.
Fonte: *Alien Madness* – FourX Development

2.2.9 – Desafio Físico

São extremamente raros. A forma de entrada de dados ocorre através de atividade física por meio de hardware específico. Um exemplo é o *Dance Dance Revolution* (Figura 2.11), que pode ser encontrado em muitos *shopping centers* e casas de jogos eletrônicos (flipperama). Nesse jogo, são apresentados pelo monitor de vídeo, passos que seguem o ritmo da música tocada. Sobre um tablado especial, o usuário precisa “dançar” sobre o mesmo, pressionando as áreas corretas de acordo com a informação da tela.

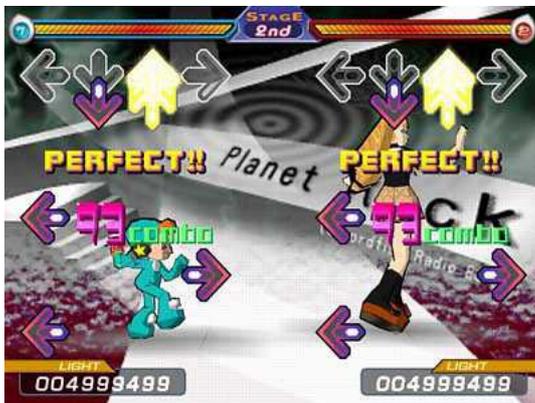


Figura 2.11 – O jogador precisa literalmente “suar” para vencer o jogo.
Fonte: *Dance Dance Revolution* – Konami

2.3 – Técnicas de Rejogabilidade

Existem técnicas que visam maximizar a jogabilidade fazendo com que os jogadores permaneçam jogando o jogo por mais tempo. Essas técnicas são chamadas de rejogabilidade. A rejogabilidade pode acontecer na narrativa (Adams, 2001 [1]) ou na mecânica do jogo (Adams, 2001 [2]).

Em narrativa, entenda-se à parte da história do jogo. As técnicas mais usadas são a *não-linearidade* e os *finais alternativos* (Adams, 2001 [1]).

2.3.1 – Não-Linearidade

Um bom exemplo de não-linearidade é encontrado no jogo *Star Wars: Knights of the Old Republic* (KotOR). Neste jogo, o usuário deve percorrer diversos planetas (*Dantooine*, *Kashyyyk*, *Korriban*, *Manaan*, *Tatooine*, *Taris* e *Yavin*) (Figura 2.12), em busca de pistas

sobre o seu passado. Não há uma ordem obrigatória, o jogador pode, numa partida, visitar *Kashyyyk* antes de ir para *Dantooine* e, numa outra, começar por *Manaam*. Dessa forma, a mesma história pode ser vivenciada (contada) de formas diferentes, como se os capítulos de um livro fossem embaralhados aleatoriamente gerando sempre um livro diferente, mas que conta sempre a mesma história.



Figura 2.12 – Um exemplo de história não-linear.
Fonte: *Star Wars: Knights of the Old Republic* – Lucas Arts.

O KotOR foi projetado para prover 65 horas de jogo, ou seja, se o jogador iniciar a partida, não errar nenhuma vez e permanecer jogando ininterruptamente, levará 65 horas para chegar ao final do jogo.

2.3.2 – Finais Alternativos

Já o jogo *Princess Maker 2* (PM2), foi planejado para prover apenas 2h30 de jogo. Neste jogo, o usuário atua como o tutor de uma criança abandonada. Mensalmente, ele deve definir uma agenda de afazeres, entre estudos e trabalhos, deveres, obrigações, diversão e lazer. Dependendo das escolhas durante a partida, o jogador chegará a um dos 70 finais diferentes (Figura 2.13), onde a sua protegida pode se tornar uma freira, uma dançarina de cabaré, a chefe da guarda dentre muitos outros possíveis.



Figura 2.13 – Alguns dos 70 finais alternativos presentes no PM2.
 Fonte: *Princess Maker 2* – Gainax.

Tanto a técnica de história não-linear como a técnica de finais alternativos pode ser utilizada em conjunto ou separadamente, podendo ainda ser combinadas com técnicas de mecânica de jogo.

Em relação à rejogabilidade por mecânica de jogo, o objetivo é reforçar os elementos de jogabilidade. Portanto, se o jogo não possui uma boa jogabilidade, todo o esforço em rejogabilidade, será em vão (Adams, 2001[2]).

Boa parte das técnicas de rejogabilidade por mecânica de jogo está relacionada à criação de variedade, contribuindo para que as partidas sejam sempre diferentes.

2.3.3 – Variação das condições iniciais

Jogos mais simples como *Xadrez*, *Damas* e *Gamão* começam sempre com as mesmas condições iniciais: o mesmo número de peças, dispostos na mesma ordem. Já no jogo *War*, os países dominados inicialmente pelo jogador, são sorteados a cada nova partida, variando de quantidade em relação ao número de jogadores presentes.

2.3.4 – Sorte como parte do jogo

Mesmo com as condições iniciais idênticas em cada partida, o jogo pode incluir elementos de aleatoriedade em suas regras. No *Banco Imobiliário*, todos os jogadores

começam sempre no mesmo lugar e com a mesma quantidade de dinheiro, variando apenas a movimentação, que é definida por dois dados de seis lados.

A grande maioria de jogos de cartas utiliza essas duas técnicas em conjunto. No *Poker*, por exemplo, apesar de o jogo começar sempre com o mesmo número de cartas, estas são sorteadas aleatoriamente. Durante a partida, na troca de cartas, a aleatoriedade se repete, pois a posição das cartas varia após serem embaralhadas no início de cada rodada.

2.3.4 – Oponentes não determinísticos

No *Xadrez*, onde não há variação das condições iniciais e as jogadas não são aleatórias, a utilização de oponentes não determinísticos é fundamental para a sua rejogabilidade. Oponentes artificiais tendem a ser previsíveis e repetitivos, já oponentes humanos contam com grande variação de estratégias, criatividade e capacidade de improviso e adaptação.

2.3.5 – Escolha de papéis e estratégias

Se o jogador puder jogar o mesmo jogo em papéis diferentes, o jogo parecerá diferente mesmo que o conteúdo permaneça o mesmo. O jogo *Star Wars: Knights of the Old Republic II (KotOR2)*, exemplifica essa técnica (Figura 2.14). Durante o jogo é possível resolver as missões jogando pacificamente ou pelo “lado negro da força”. Um homem está sendo cobrado de uma dívida de jogo por dois marginais. O jogador pode escolher entre: a) saldar a dívida; b) matar os cobradores ou c) matar o devedor e receber a recompensa. O personagem, de acordo com suas ações, vai se transformando, podendo terminar em um *cavaleiro jedi* ou um *lord sith*.



Figura 2.14 – Escolha de papéis e estratégias, outro exemplo de rejogabilidade.

Fonte: *Star Wars: Knights of the Old Republic II* – Lucas Arts.

2.3.6 – Tamanho

Alguns jogos como *Baldur's Gate*, *Fable* e *Sacred*, possuem mundos virtuais tão grandes que é quase impossível conhecê-los todos numa única partida, estimulando o jogador a jogar novamente e experimentar caminhos ainda não conhecidos.

2.4 – Gêneros de Jogos

Os jogos são agrupados por gênero, e este está relacionado com a jogabilidade. Portanto, jogos com semelhança em sua jogabilidade pertencem ao mesmo gênero. Conforme Salen e Zimmerman (2004), Meigs (2003), Pedersen (2003) e Rouse III (2001, 2005), os principais gêneros são:

2.4.1 – Jogos de Ação

Possui ação intensa necessitando coordenação motora e reflexos rápidos (desafios de coordenação e reflexo/tempo de reação). Prima pela qualidade gráfica, exigindo poder computacional para a renderização em tempo real. Na versão multiusuários (oponentes não determinísticos) utiliza-se de protocolos de comunicação robustos com suporte a diversos usuários simultâneos. Para o caso de um usuário, os adversários são controlados por inteligência artificial.

2.4.2 – Jogos de Aventura

Praticamente uma novela digital. O usuário controla uma personagem que participa de uma história (não linear ou com finais alternativos), e precisa resolver diversos enigmas físicos (abrir uma porta, mover uma alavanca) ou lógicos (decifrar uma charada, improvisar uma chave) para poder chegar ao final da trama (desafio baseado em conhecimento, memória, lógica e inferência).

2.4.3 – Jogos de Role Playing Games (RPG)

Compostos de um mundo virtual de tamanho expressivo, com diversas criaturas controladas por inteligência artificial onde o usuário deverá explorar resolvendo pequenas missões (desafio baseado em conhecimento, *lateral-thinking*) até atingir um objetivo maior no final. É muito comum haver diversas opções de personagens diferentes para um mesmo jogo (escolha de papéis e estratégias, finais alternativos, não linearidade).

2.4.4 – Jogos Esportivos

Subdividido em dois grupos, no primeiro, o usuário controla um ou mais desportistas na prática do esporte e, no segundo, atua como técnico/diretor do clube gerenciando os atletas, estádios, contratando e demitindo, marcando amistosos etc. Forte uso da inteligência artificial para o controle e gerenciamento dos adversários virtuais (desafio baseado em conhecimento, variação das condições iniciais).

2.4.5 – Jogos de Estratégia

Também subdividido em dois grupos, sendo que no primeiro, a estratégia é em tempo real voltado ao raciocínio rápido e, no segundo, a estratégia acontece por turnos, priorizando o raciocínio estratégico. Em ambos os casos a inteligência artificial é utilizada tanto para a construção dos oponentes como para o micro-gerenciamento das unidades no jogo (desafio lógico e de inferência, coordenação, reflexo/tempo de reação, oponentes não determinísticos, escolha de papéis e estratégias). Demandam protocolos de comunicação de dados rápidos e seguros para garantir que todos os participantes tenham as mesmas informações do jogo.

2.4.6 – Jogos Massivos de Mundo Persistente (MMOG)

Tem como principal característica o mundo persistente, ou seja, o mundo virtual continua evoluindo independente de o usuário estar ou não conectado. Outra característica é a participação de milhares de usuários simultâneos interagindo entre si e com o ambiente virtual e suas criaturas controladas por inteligência artificial. Esses tipos de jogos possuem alta tecnologia em balanceamento de carga, protocolo de comunicação de rede e inteligência artificial (opponentes não determinísticos, tamanho, escolha de papéis e estratégias).

2.5 – Vida Artificial

A disciplina que estuda a forma computacional de reproduzir características de seres vivos é chamada de Vida Artificial (*Artificial Life* ou A-Life), que é uma subárea da inteligência artificial. Esse termo foi cunhado em 1987, numa conferência chamada *Interdisciplinary Workshop on the Synthesis and Simulation of Living System*, organizada em

los Alamos por Chris Langton. Esse primeiro encontro deu origem ao *International Conference on Artificial Life* (Langton, 1998).

Segundo Levy (1992), a manifestação mais antiga de se tentar reproduzir vida artificialmente se deu no início do século XIX com a criação do *pato de Vaucanson*, uma pequena máquina formada por uma centena de peças que não apenas tinha a forma de um pato, mas também grasnava, comia, bebia e nadava.

Entretanto, uma das contribuições mais significativas, se não a mais significativa, foi *The General and Logical Theory of Automata*, formulada por von Neumann em meados da década de quarenta. Ele acreditava que a base da vida estava na capacidade do indivíduo de se reproduzir. Von Neumann percebeu que a vida era uma das máquinas que podiam ser emuladas através da máquina de Turing, e que a biologia oferecia o sistema de processamento de informação mais poderoso que se tinha notícia e ainda, que era necessário emulá-lo. Em sua obra sobre arquitetura de computadores, von Neumann fez diversas analogias entre partes de computador e órgãos, portas lógicas, circuitos e neurônios.

Seguindo a evolução histórica contada por Levy (1992), outro passo significativo que contribuiu com o surgimento da A-Life, foi dado por J.H. Conway, na Universidade de Cambridge no final dos anos sessenta. Ele fez experimentos com um jogo chamado *Life*, uma mistura do autômato celular proposto por von Neumann, e um tipo de Xadrez oriental chamado Go.

A A-Life é marcada por ser altamente interdisciplinar, pois, segundo Taylor (1999), primeiro é preciso entender o que é a vida, para então definir qual a melhor forma de reproduzi-la no computador. Diversas técnicas de inteligência artificial surgiram na inspiração e no estudo de sistemas vivos, como as Redes Neurais Artificiais, os Algoritmos Genéticos dentre muitos outros (Ballard, 2000).

Para Barone (2003), a A-Life pode ser definida como o estudo de sistemas que, embora tenham sido criados pelo homem, se comportam da mesma forma que sistemas naturais vivos. Uma das questões centrais é como produzir, em sistemas artificiais, comportamentos que possam imitar a vida em sistemas naturais. Em geral, tais sistemas artificiais são povoados com criaturas artificiais as quais são capazes de demonstrar, em conjunto, um comportamento emergente (ou seja, que surge de forma não explícita, de algo para o qual não foi diretamente programado). Em alguns casos, os comportamentos locais ou de cada criatura, podem ter sido programados, mas o comportamento que emerge do sistema, não (conceito do *something out of nothing*).

Outra característica marcante dos sistemas de vida artificial é que as criaturas são entidades distribuídas e de certa forma autônomas, uma vez que não há nenhuma forma de controle centralizado atuando sobre elas, além das características “dadas” a cada uma, no momento de sua construção, por parte de quem projeta o sistema. Ou seja, o controle se dá em nível local, mesmo que se esteja de fato interessado no comportamento global, o qual, como foi dito, emerge a partir da interação dos indivíduos.

Neste ponto é possível observar a semelhança de ambientes vivos e simulados. Ambos são repletos de entidades e muitas vezes essas entidades podem ser a representação de sistemas ainda menores. As criaturas artificiais devem exibir um comportamento inteligente, sendo capazes de perceber o ambiente e interagir com as demais criaturas ali presentes, como num verdadeiro ecossistema.

Alguns *softwares* de entretenimento digital já utilizam características de A-Life com as características do ser vivo e sua evolução. Na relação entre indivíduos de uma população, em sua cooperação e interação, a A-Life tem contribuído na simulação do efeito de *flocking* (Bourg e Seeman, 2004; Chamandard, 2003) por meio do uso do algoritmo de *steering behaviors*, proposto por Reynolds (1987 1999). Segundo essa técnica, o comportamento complexo apresentado por um grupo de entidades emerge através da interação entre elas por meio de regras simples.

Para os integrantes de um ecossistema onde há competição, a troca de energia e a relação predador-presa, pouco se tem estudado, com o objetivo de criar ecossistemas virtuais mais reais, contribuindo assim para a rejogabilidade sem que sofra alterações como um SED.

Para o segundo semestre de 2007, está previsto o lançamento do jogo *Spore* (www.spore.com), concebido por Will Wright, traz em seu conceito diversos elementos de A-Life. Além do personagem controlado pelo jogador evoluir desde um indivíduo unicelular, passando para vertebrado, criando uma cultura, civilização, chegando ao ponto de colonizar o espaço, o jogo também evolui, apresentando jogabilidade diferente em cada uma das fases do jogo.

2.6 – Ecossistemas

Um ecossistema é o conjunto formado por um ambiente físico (solo, ar, água) e os seres vivos que ali habitam (animais, plantas, bactérias etc). Odum (1988) explica em seu livro, todos os componentes que formam um ecossistema, bem como os papéis de cada espécie viva que o compõe. Uma floresta de coníferas é um ecossistema, assim como o

cerrado ou uma floresta tropical; uma árvore em decomposição também pode ser considerada um ecossistema; um lago, um rio ou um oceano. O conjunto de todos os ecossistemas existentes no planeta é chamado de Biosfera.

Para explicar melhor a importância da harmonia entre os seres vivos de um ecossistema, Schulze e Mooney (1994) fazem uma comparação com o funcionamento de um automóvel. O automóvel tem uma função: locomoção. Se retirarmos o motor, ele perderá a sua funcionalidade. Porém, se retirarmos o escapamento, o automóvel continuará se movimentando com menor rendimento, mais barulho e poluição. Os freios são utilizados de forma rotineira e também em casos extremos para evitar acidentes. Em um ecossistema, alguns de seus integrantes são essenciais para seu funcionamento, outros nem tanto. Qualquer alteração na harmonia entre os integrantes pode alterar o bom funcionamento de todo o ecossistema. Para reforçar essa idéia, os autores comentam diversos trabalhos que relatam alterações em ecossistemas a partir da quebra da harmonia entre seus habitantes.

Um desses trabalhos, de Brown e Heske (1990), fala de uma região árida norte americana onde havia uma população de roedores que se alimentava principalmente de plantas com sementes grandes que, por sua vez, competia com outras plantas com sementes pequenas, reduzindo assim a sua quantidade naquela região. Essa relação influenciava diretamente a composição da flora e, indiretamente, a densidade de formigas e aves no ecossistema.

Ao retirar três espécies de ratos *kangaroo*, da espécie *Dipodomys* (deixando outras oito diferentes espécies de roedores ali), levou-se a uma conversão da região alterando a sua característica desértica (raízes) em uma região de gramíneas (pastagens), num período de doze anos.

A introdução de espécies exóticas também é outra forma de afetar a harmonia de um ecossistema. A invasão biológica de espécies exóticas ocorre de forma silenciosa e, algumas vezes, devastadora, e é considerada hoje uma das principais causas da extinção de espécies nativas. A invasão acontece quando animais, plantas e microorganismos de um determinado lugar são levados para outro onde não há predadores para limitar sua população. Assim, o meio ambiente, a economia e a saúde do homem são afetados. Algumas das pragas que mais infestam o Brasil são: a árvore *pinus*, o *caramujo gigante africano*, trazido ao país como iguaria, e o *mexilhão*, transportado na água de lastro dos navios (Fischer e Colley, 2005).

O caramujo gigante africano (*Achatina fulica*) é uma espécie de molusco terrestre tropical, nativa no Leste-Nordeste da África. Os adultos atingem 15 cm de

comprimento de concha e mais de 200 g de peso total. A espécie chegou ao Brasil na década de 80, em uma feira agropecuária no Paraná como alternativa econômica, devido a sua grande massa corporal e alta taxa de reprodução. A idéia inicial seria comercializá-lo a um preço inferior ao *escargot*. Importado ilegalmente, foi introduzido em fazendas no interior do Paraná e escapou para o meio ambiente, adaptando-se perfeitamente em várias regiões brasileiras.

Além das doenças que pode transmitir, o caramujo é considerado como praga devido a sua grande capacidade de reprodução, propagação e competição com espécies nativas, além de atacar e destruir plantações e competir por espaços com outros moluscos da fauna nativa, podendo levá-los à extinção (Teles, 1997).

O vínculo existente entre um grupo de organismos presentes em um ecossistema, os quais são regulados pela relação predador-presa, é chamado de Cadeia Alimentar (Odum, 1988). É por meio da cadeia alimentar, ou cadeia trófica, que é possível a transferência de energia entre os seres vivos. Existem basicamente dois tipos de cadeia alimentar, as que começam a partir das plantas fotossintetizantes e as originadas por meio da matéria orgânica animal e vegetal morta. As plantas são consumidas por animais herbívoros enquanto que, a matéria orgânica morta, é consumida pelos animais detritívoros. A cadeia alimentar é constituída pelos seguintes níveis:

2.6.1 – Produtores

São os organismos capazes de fazer fotossíntese ou quimiossíntese. Produzem e acumulam energia por meio de processos bioquímicos, utilizando como matéria prima a água, gás carbônico e luz. Em ambientes afóticos (sem luz), também existem produtores, mas neste caso a fonte utilizada para a síntese de matéria orgânica não é luz, mas a energia liberada nas reações químicas de oxidação efetuadas nas células (como por exemplo, em reações de oxidação de compostos de enxofre). Este processo denominado quimiossíntese, é realizado por muitas bactérias terrestres e aquáticas.

2.6.2 – Consumidores Primários

São os animais que se alimentam dos produtores, ou seja, são as espécies herbívoras. Milhares de espécies presentes em terra ou na água se adaptaram para consumir vegetais, sem dúvida a maior fonte de alimento do planeta. Os consumidores primários podem ser desde microscópicas larvas planctônicas, ou invertebrados bentônicos (de fundo) pastadores, até grandes mamíferos terrestres como a girafa e o elefante.

2.6.3 – Consumidores Secundários

São os animais que se alimentam dos herbívoros, a primeira categoria de animais carnívoros.

2.6.4 – Consumidores Terciários

São os grandes predadores, como os tubarões, orcas e leões, os quais capturam grandes presas, e estão no topo da cadeia. Têm como característica, normalmente, o grande tamanho e menores densidades populacionais.

2.6.5 – Decompositores ou Bio-redutores

São os organismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, transformando-a em nutrientes minerais que se tornam novamente disponíveis no ambiente. Os decompositores, representados pelas bactérias e fungos, são o último elo da cadeia trófica, fechando o ciclo. A seqüência de organismos relacionados pela predação constitui uma cadeia alimentar cuja estrutura é simples, unidirecional e não ramificada.

2.6.6 – Agente Poluidor

São todos aqueles fatores que contribuem para a quebra da harmonia do ecossistema.

A transferência do alimento (energia) de nível para nível trófico a partir dos produtores, se faz por meio de cadeias alimentares, cuja complexidade é variável. Na maioria das comunidades, cada consumidor utiliza como alimento, seres vivos de vários níveis tróficos. Desta forma, não há cadeias alimentares isoladas na natureza, que por sua vez apresentam sempre vários pontos de cruzamento formando redes ou teias, geralmente de elevada complexidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A importância da rejogabilidade em um *software* de entretenimento digital (SED) já destacada nos capítulos anteriores, denota a necessidade de estimular sua execução sem a dependência exclusiva das técnicas atualmente empregadas na narrativa ou na mecânica de jogo.

Com efeito, este capítulo descreve a aplicação de elementos de *Artificial Life* (A-Life) em jogos, por meio de um estudo multi-caso, mediante análise dos elementos da rejogabilidade original de cada caso, e conseqüente avaliação da rejogabilidade adquirida após a aplicação da *Artificial Life*.

3.1 – Apresentação

Segundo Barone (2003), as criaturas sintéticas que povoam sistemas artificiais são capazes de demonstrar em conjunto, um comportamento emergente, ou seja, que surge de forma não explícita, de algo para o qual não foi diretamente programado. Os comportamentos locais, ou de cada criatura, em alguns casos, podem ser programados, mas o comportamento que emerge de um sistema *Artificial Life*, não.

O presente trabalho parte da premissa de que quando os elementos que compõem o jogo forem modelados a partir das características de *Artificial Life*, a interação entre os seus elementos deverá gerar eventos não programados, podendo levar a desafios implícitos, culminando num fator de rejogabilidade maior.

Assim sendo, a proposta aqui apresentada é, a partir do estudo realizado sobre o funcionamento geral do ecossistema biológico, abstrair um modelo lógico que possa ser aplicado computacionalmente no *software* de entretenimento digital, com o objetivo de aumentar a sua rejogabilidade, dando aos seus elementos características de seres vivos, como a capacidade de reprodução e a relação de predação.

A metodologia abaixo descrita, pode ser utilizada tanto na fase inicial de planejamento de novo jogos, visando implementar elementos de rejogabilidade, como em jogos já programados, para contribuir com o aumento deste fator.

Na Figura 3.1, o quadrado representa o *universo do jogo*, também chamado de biosfera, e os pequenos triângulos ali inseridos, representam os elementos que o compõem.

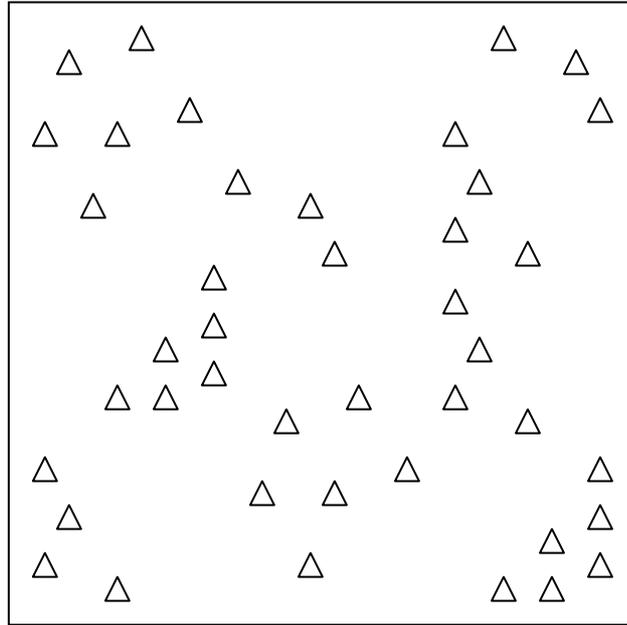


Figura 3.1 – Representação do universo do jogo e seus elementos.

O primeiro passo consiste em delimitar a região em que será aplicada a A-Life, criando um *ecossistema*. Na biologia, um ecossistema é o conjunto formado por todos os organismos vivos (fauna, flora e microorganismos), que habitam numa determinada área (de tamanho variado, desde o da cabeça de um alfinete a todo o planeta), possuindo dinâmica própria, resultado da relação entre todos os seres vivos da área com fatores químicos e físicos do local, mantendo um equilíbrio biológico.

Para a metodologia, o ecossistema tem a função de servir de local onde as entidades possam interagir entre si, buscando o surgimento de comportamentos emergentes, não programados. Um jogo pode ser definido por apenas um grande ecossistema, envolvendo todo o universo do jogo ou, pelo menos, um ou mais ecossistemas menores, como representados na Figura 3.2, onde os círculos dentro do quadrado representam os ecossistemas criados dentro do jogo.

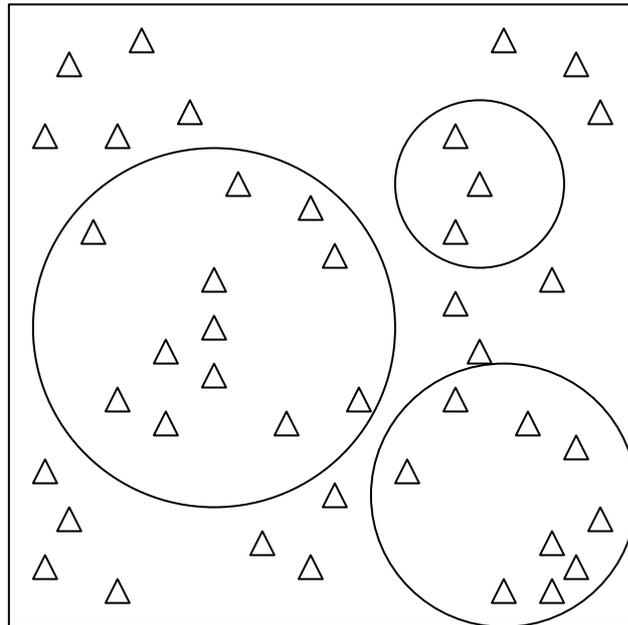


Figura 3.2 – Definindo ecossistemas dentro do universo do jogo.

O próximo passo consiste em classificar as entidades do ecossistema de acordo com a sua funcionalidade dentro do jogo. Estas são agrupadas em níveis de energia ou níveis tróficos, que são: produtor, consumidor primário, consumidor secundário, consumidor terciário e agente poluidor.

O grupo de produtores é formado por organismos capazes de fazer fotossíntese ou quimiossíntese. Produz e acumula energia por meio de processos bioquímicos utilizando como matéria prima a água, gás carbônico e luz. Constitui em sua maioria, de vegetais e plantas e é a base da cadeia alimentar, servindo de alimento e fonte de energia para todos os demais níveis tróficos. No jogo, os produtores são aquelas criaturas que tem pouca interação com as demais entidades.

Os consumidores primários são os animais que se alimentam dos produtores, ou seja, são as espécies herbívoras. Milhares de espécies presentes em terra ou na água se adaptaram ao longo da evolução para consumir vegetais, sem dúvida a maior fonte de alimento do planeta.

Têm um importante papel, pois servem de elo entre os produtores e os consumidores não herbívoros. No ecossistema virtual, os consumidores primários são aquelas entidades com baixo nível de interação e com ausência de agressividades com os demais habitantes virtuais do sistema.

Os animais que se alimentam dos herbívoros, a primeira categoria de animais carnívoros, são considerados consumidores secundários. São incapazes de sobreviver se alimentando diretamente dos produtores, por isso recorrem a fontes de energia de nível trófico mais alto, no caso, os consumidores primários. No jogo, representam as criaturas que demonstram níveis de agressividade moderados.

Os grandes predadores como os tubarões, orcas e leões, os quais capturam grandes presas, são considerados os predadores de topo de cadeia, formando o grupo dos consumidores terciários. Têm como característica, normalmente, o grande tamanho e menores densidades populacionais. Os animais contidos nesse grupo podem interagir com mais de um nível trófico, se alimentando tanto de consumidores primários como de secundários e, em alguns casos, até mesmo de produtores. No universo do jogo, representam as criaturas virtuais com alta agressividade ou que interajam com uma grande quantidade de entidades.

Aqueles fatores que contribuem para a quebra da harmonia do ecossistema são chamados de agentes poluidores que, em sua maioria, é representada pelo homem ou por suas edificações, como o lixo, cidades, represas, estradas etc.

Segundo a metodologia aqui proposta, não há necessidade que se tenha, num jogo, criaturas em todos os níveis de energia, podendo ocorrer casos em que algumas entidades não encontrem classificação, sendo assim consideradas como parte do ambiente.

Na Figura 3.3, o quadrado representa o universo do jogo, ou biosfera. Cada triângulo representa uma entidade pertencente ao jogo. O círculo grande é a região delimitada para a aplicação do A-Life e os círculos menores representam o agrupamento das entidades dentro do ecossistema.

De acordo com a figura, existem nesse ecossistema criaturas com apenas três níveis de energia, sendo que algumas criaturas não foram classificadas em nenhum dos grupos.

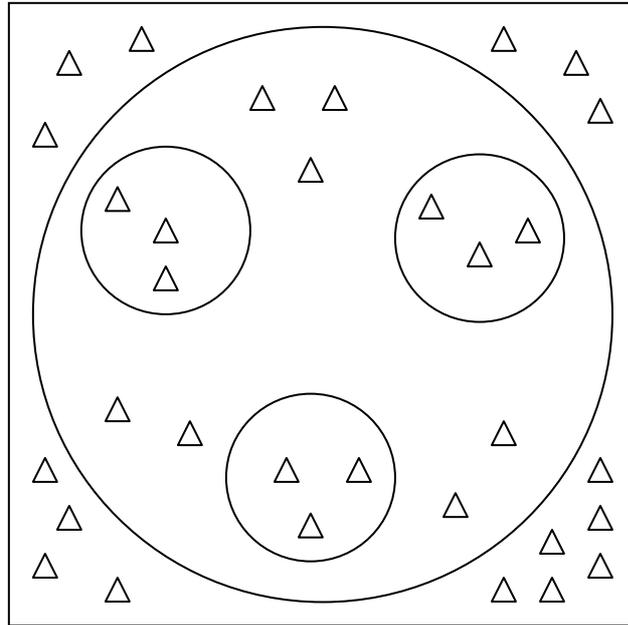


Figura 3.3 – Classificando e agrupando entidades por nível de energia.

Seguindo a metodologia aqui apresentada, deve-se então ser definida a forma como as criaturas de um mesmo nível trófico irão interagir entre si e com os demais, pertencentes a outros níveis de energia.

Na Figura 3.4 as setas indicam a interação entre as entidades no ecossistema virtual criado dentro do universo do jogo.

Os primeiros passos da aplicação da metodologia servem para delimitar a área de inclusão do A-Life, analisando as entidades ali presentes, classificando e agrupando de acordo com sua importância e comportamento.

Agora, com a definição da forma de interação entre elas, estão sendo criados mecanismos que permitam o surgimento de eventos não previstos e não programados, que possam levar a desafios implícitos, culminando num reforço dos elementos da jogabilidade e no aumento da rejogabilidade.

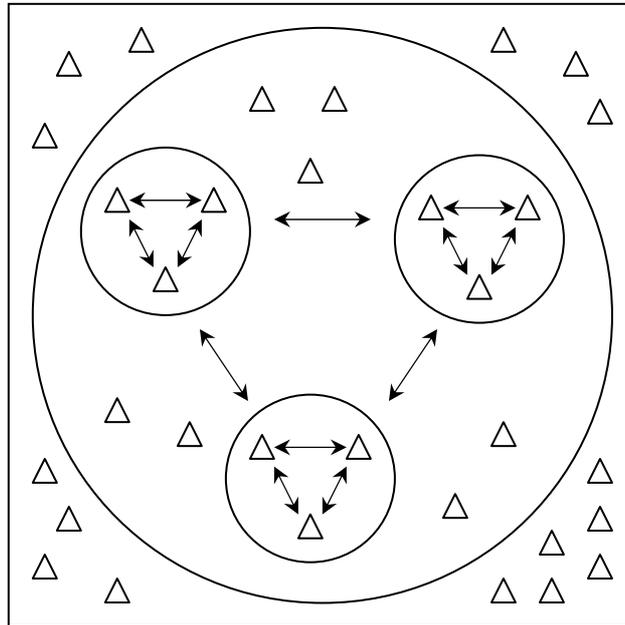


Figura 3.4 – Interação das entidades dentro do ecossistema virtual. Fonte: o autor.

A definição da interação das entidades dentro do ambiente do jogo se dá por meio da inclusão de novos estados A-Life, dentro da máquina de estados finitos que controlam as inteligências artificiais do jogo.

É chamado de estado A-Life, o estado que seja inspirado em comportamentos oriundos da cadeia alimentar, como a relação de predação ou de características biológicas, como a alimentação, reprodução etc.

Na figura 3.5, o item *a* representa uma máquina de estados finitos, sendo os círculos brancos seus estados, e as setas as regras de transição entre eles; em *b*, a máquina encontra-se alterada, com a inclusão de um estado A-Life, representado pelo círculo preto.

O item *c*, mostra a interação entre duas inteligências artificiais através de seus estados A-Life. É por meio desses novos estados e suas interações, que se espera atingir o objetivo proposto pelo trabalho, qual seja, o aumento da rejogabilidade pela inserção de características de seres vivos às entidades do jogo.

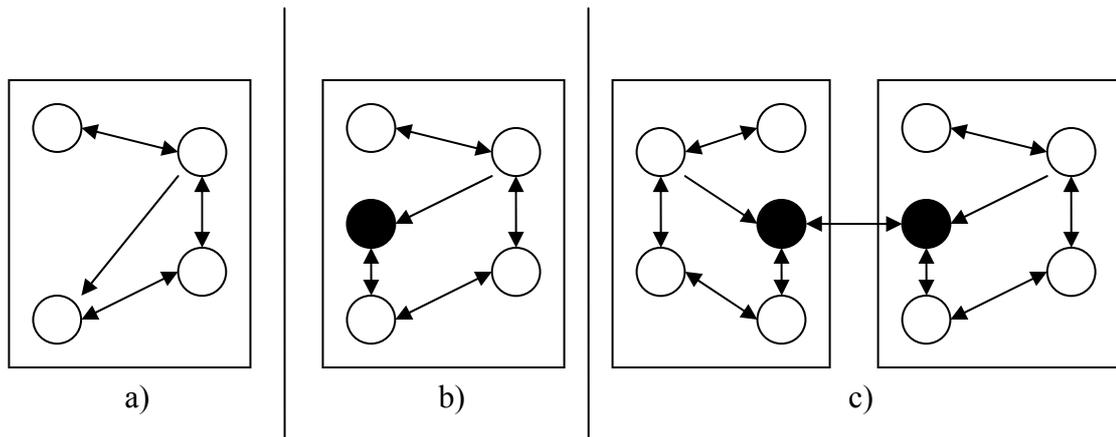


Figura 3.5 – a) máquina de estados original; b) máquina de estados com a inclusão de estado A-Life; c) interação de duas inteligências artificiais.

Com base no estudo realizado sobre a harmonia entre as entidades que compõem um ecossistema, a metodologia propõe um conjunto de regras que deve ser utilizado para definir o relacionamento das entidades dentro do ecossistema, para que ele apresente característica e comportamento similares ao de seres vivos.

Essas regras refletem a relação de predação entre componentes pertencentes a um mesmo ecossistema, e demonstram a importância de todos os elementos para a manutenção da harmonia do sistema.

Apesar de os produtores serem os responsáveis pela criação da energia, por meio da fotossíntese ou quimiossíntese (que é a base para a manutenção da cadeia alimentar, energia essa transmitida por todos os níveis tróficos), isso só é possível pela disponibilidade de recursos presentes no ambiente. É o caso da água, sais minerais, nitrogênio e outros elementos presentes no solo (para o caso terrestre), ou a oxigenação e grau de minerais presentes na água (para o ambiente aquático). Nos desertos, onde há um baixo nível de energia no solo, a presença de produtores é quase nula, já em regiões de solo mais fértil, como a floresta amazônica, a quantidade de produtores é muito grande. Na agricultura, procura-se sempre corrigir o solo, aumentando a quantidade de energia presente pela utilização de adubos químicos ou orgânicos, com o objetivo de aumentar a produtividade da cultura ali plantada. Com base nisso, se pode afirmar que:

Regra 1: *A quantidade máxima de produtores é diretamente proporcional à quantidade de energia disponível no ambiente.*

Regra 2: *A competição acontece quando dois ou mais elementos de um mesmo nível trófico concorrem pela mesma fonte de alimento.*

Dentro da cadeia alimentar, a relação da predação, ou seja, de quem come quem, acontece sempre de baixo para cima. Os animais de nível trófico maior se alimentam dos animais de nível trófico menor. Assim, caso haja a diminuição do número de indivíduos de uma determinada população, haverá uma conseqüente diminuição de oferta de alimento para seus predadores acima na cadeia, fazendo com que estes, por sua vez, aumentem a agressividade, migrem para outras regiões ou alterem seus hábitos alimentares. Sapos se alimentam de pequenos insetos, e este, por sua vez, serve de alimento para cobras. Se num certo bosque onde habitam insetos, sapos e cobras ocorre uma diminuição da quantidade de sapos, as cobras sofrem com a diminuição da quantidade de alimento, migrando para outra região mais favorável a sua sobrevivência. Com base nesse exemplo, deduz-se que:

Regra 3: *A variação na quantidade de indivíduos de uma população afeta o comportamento dos indivíduos de nível trófico superior.*

Com a diminuição do número de predadores, os indivíduos abaixo na cadeia têm seus hábitos alterados, como um aumento exagerado na natalidade, criando um desequilíbrio entre a oferta de alimento e seus consumidores, aumentando a concorrência nesses níveis tróficos, podendo em longo prazo prejudicar a renovação dos produtores, afetando assim toda a estrutura do ecossistema. Usando o mesmo bosque como exemplo, agora havendo uma diminuição da quantidade de indivíduos da população de cobras. Com isso, não haverá ameaça natural a população de sapos, que por sua vez, irá aumentar de quantidade, consumindo cada vez mais alimento, chegando a um ponto onde esse será escasso, havendo então a necessidade de migrar para outra região. Assim, pode-se dizer que:

Regra 4: *A variação na quantidade de indivíduos de uma população afeta o comportamento dos indivíduos de nível trófico inferior.*

Quando há um desequilíbrio entre populações de indivíduos diferentes num mesmo nível trófico, estes podem ser afetados de formas diversas, como o aumento na

competição por alimento, ou então servindo como opção de fonte de energia para predadores que se encontram acima na cadeia. Se numa determinada pastagem, povoada por bois e cabras, houver um aumento na população bovina, essa estará consumindo mais alimento, forçando a população caprina a procurar outra fonte de provimento energético. Esse exemplo nos leva a:

Regra 5: *A variação na quantidade de indivíduos de uma população afeta o comportamento dos indivíduos de mesmo nível trófico.*

Uma determinada população de indivíduos tende a migrar para outra região quando a quantidade de alimento disponível no seu *habitat* original encontra-se em quantidade inferior da necessária para a sua sobrevivência. Na bibliografia há casos onde indivíduos estão preparados para esse tipo de situação, hibernando durante um período de tempo (geralmente o inverno) até que o equilíbrio energético se restabeleça. Também há casos onde os indivíduos simplesmente desaparecem, ou então se adaptam às novas situações impostas por fatores externos, alterando seu comportamento e hábitos alimentares.

Regra 6: *A diminuição na quantidade de alimento incentiva a migração para outra região com maior concentração de energia.*

Para a elaboração das regras descritas acima, foram desconsiderados alguns aspectos da ecologia, como a lei da entalpia (Halliday, Walker e Resnick, 2002), teoria da biomassa e o conceito de teia alimentar (Odum, 1988). Essa decisão foi tomada para simplificar o conjunto de regras, tornando-o mais flexível, facilitando assim a sua aplicação prática.

A inspiração para o desenvolvimento da metodologia veio do trabalho de Reynolds (1987, 1999), que, na observação do movimento migratório das aves elaborou o algoritmo de *steering behaviors*, que culminou na criação da técnica de *flocking* (Bourg e Seeman, 2004; Champandard, 2003), que consiste no controle de entidades para que estas se movimentem de forma organizada.

Assim como os Algoritmos Genéticos e as Redes Neurais Artificiais (Ballard, 2000), que são exemplos de técnicas computacionais baseados em sistemas naturais vivos, este trabalho procurou buscar elementos que contribuíssem para a rejogabilidade do *software*

de entretenimento digital por meio da observação do ecossistema biológico, e não a reprodução computacional de um ecossistema.

3.2 – Aplicação

As regras apresentadas neste capítulo foram criadas para serem aplicadas durante o processo de modelagem do *software* de entretenimento digital, mais especificamente no planejamento dos algoritmos de inteligência artificial.

Devido à complexidade e quantidade de tempo necessário para a elaboração de um jogo completo, optou-se por testar o funcionamento da metodologia proposta neste trabalho, pela execução de um estudo de multi-casos, analisando-se três jogos em casos separados e, seguindo os seguintes procedimentos metodológicos para cada um:

1. Descrever o funcionamento do jogo e seus componentes principais;
2. Classificar o jogo quanto ao gênero;
3. Elencar os elementos de jogabilidade;
4. Apontar as técnicas de rejogabilidade já implementadas;
5. Propor um modelo de A-Life, baseado em ecossistemas naturais;
6. Indicar regras e variáveis que instrumentalizem essa proposta;
7. Analisar o fator de rejogabilidade obtido.

No primeiro passo foi apresentado o funcionamento do jogo e dos principais elementos que o compõe, a partir de uma análise descritiva. Para a realização desta etapa, se assumiu a posição de jogador e a partir de sua interação com o jogo, foram colecionadas as características e componentes principais do mesmo.

Em seguida, o jogo foi classificado quanto ao seu gênero. Este, obedeceu à tipologia de gêneros apresentada por Salen e Zimmerman (2004); Meigs (2003); Pedersen (2003); Rouse III (2001-2005), e procurou facilitar o levantamento dos elementos e técnicas de jogabilidade aplicados que são semelhantes em jogos do mesmo gênero.

Após a classificação de cada jogo quanto ao gênero, foram elencados os elementos e as técnicas de rejogabilidade programados. A identificação das técnicas de rejogabilidade permite, no passo seguinte, aplicar pontualmente as características de sistemas

de A-Life ampliando, na seqüência, sua própria rejogabilidade. Em outras palavras, a identificação das técnicas de rejogabilidade empregadas permitiu a inserção dos elementos de A-Life nas situações em que o jogo já desenvolve alguma técnica de rejogabilidade ou ao contrário, procurando desenvolvê-la onde as técnicas já aplicadas não desenvolvem.

Assim, os elementos identificados no primeiro passo receberam características de seres vivos e foram classificados de acordo com o funcionamento de um ecossistema, através da aplicação de propriedades, variáveis e funções de comportamento. Nesta etapa foram selecionadas as características de A-Life que melhor se adequavam a cada um dos casos, de acordo com a possibilidade de interação entre as entidades dos jogos.

Para o caso deste trabalho, foi necessário delinear dentro de cada um dos jogos, uma região onde se configura um ecossistema. Em seguida, observou-se qual das entidades ali presente se relacionavam direta ou indiretamente com o usuário. Estas, de acordo com sua função no jogo, foram classificadas em diferentes níveis de energia (níveis tróficos). Definiu-se então qual seria a relação entre tais entidades seguindo a relação predador-presa, criando para isso variáveis, métodos e propriedades.

Por fim, para cada caso foi descrito o funcionamento do jogo com as entidades já modificadas com as novas características baseadas em A-Life, para apontar os novos fatores de rejogabilidade obtidos.

3.3 – Escolha dos Casos

A escolha de três casos para o desenvolvimento do presente estudo se deu, em um primeiro momento, para demonstrar que a metodologia proposta tem sua aplicação em jogos de gêneros diferentes. Segundo a Entertainment Software Association - *ESA* e a Internacional Game Developers Associations - *IGDA*, os principais gêneros de jogos são: ação, estratégia e MMOG (ESA, 2004 e 2005; IDSA 2001, 2002 e 2003; e IGDA, 2004). Portanto, os jogos escolhidos foram:

Caso 1 - *Age of Empires II* (AoE2), produzido pela *Ensemble Studios* em 1999 e distribuído mundialmente pela *Microsoft Games Studios*, é um jogo do gênero de estratégia em tempo real (*real time strategy*, ou RTS).

Caso 2 - *Everquest 2* (EQ2), produzido e distribuído pela *Sony Online Entertainment* (SOE) em 2004, é um híbrido entre os gêneros de RPG e MMOG, chamado de *Massive Multiplayer Online Role Playing Game* (MMORPG), ou seja, jogo de interpretação *on-line* e massivo para múltiplos jogadores.

Caso 3 - *Grand Theft Auto: San Andreas* (GTA4), produzido em 2005 pela *Rockstar Games* e distribuído pela *Take2 Interactive*, é um jogo de ação.

Ao final da análise de cada caso, foram comparados os elementos de rejogabilidade em uma síntese geral sobre os modelos de A-Life de cada caso e discutidas as implicações nos jogos.

No próximo capítulo são apresentados os resultados da análise de cada caso e, na seqüência, no capítulo 5, a discussão.

4 ESTUDO DE CASOS

Neste capítulo será apresentado o estudo multi-caso realizado com a aplicação dos passos descritos na metodologia em três jogos de gêneros distintos. Primeiramente, será feita uma análise descritiva do funcionamento do jogo, destacando-se os elementos que compõem sua jogabilidade e as técnicas de rejogabilidade usadas.

Em seguida, será delimitada a área de aplicação da A-Life, criando um ou mais ecossistemas dentro do universo do jogo. As entidades ali inseridas serão classificadas e agrupadas de acordo com a sua funcionalidade dentro do jogo, quais sejam: produtor, consumidor primário, consumidor secundário, consumidor terciário e agente poluidor.

Assim, define-se a relação entre essas entidades com a aplicação das seis regras elaboradas através da observação do funcionamento do ecossistema biológico, visando incluir no jogo os conceitos de *Artificial Life*, ou seja, dando a seus elementos características de seres vivos.

Na seqüência é feita uma análise do funcionamento do *software* de entretenimento digital após a aplicação da *Artificial Life* verificando-se se houve ou não um aumento na rejogabilidade.

4.1 – Caso 1 – *Age of Empires II*

4.1.1 – Descrição

O Age of Empire II (AoE2) é um jogo do gênero de estratégia em tempo real (ETR, RTS ou *Real Time Strategy*), que exige do jogador raciocínio rápido, capacidade de elaboração de estratégias e certa quantidade de reflexo e coordenação motora. Foi produzido em 1999 pela *Ensemble Studios*, e distribuído mundialmente pela *Microsoft Games Studios*.

Ao executar o AoE2, o jogador será levado ao menu principal (Figura C1.1) após o vídeo de abertura. No menu é possível escolher uma das seguintes opções:

Learn to Play, uma pequena campanha introdutória, também chamada de tutorial, onde o jogador irá aprender o funcionamento do jogo. Esta possui apenas 7 (sete) missões e conta a história de *William Wallace* e dos escoceses.

Single Player, opção para escolha de jogo com apenas um jogador. Está subdividida em:

- a) *Campaigns*, onde é possível escolher uma das 5 (cinco) campanhas disponíveis, cada uma com história e civilização distintas, sendo elas: *William Wallace* (tutorial, escoceses), *Joana D'Arc* (franceses), *Saladino* (árabes), *Gengis Kan* (mongóis) e *Barbarosa* (germânicos). Cada campanha é formada por um conjunto de missões (mapas), e entre cada estágio do jogo uma parte da história daquela civilização é contada ao jogador.
- b) *Random Map*, também chamado de “jogo rápido”. Nessa opção o jogador joga apenas uma missão, podendo escolher o tipo de mapa (13 disponíveis), tamanho do mapa (6 opções), quantidade de adversários (de 1 a 7, todos controlados por IA), tecnologia inicial (6 disponíveis), condição de vitória (3 opções) e a sua civilização, que pode ser qualquer uma das 13 que acompanham o jogo.
- c) *Regicide*, muito parecido com a opção anterior, diferenciando-se por haver apenas uma condição de vitória que é a de eliminar o rei dos adversários e manter seu monarca vivo até o final da partida.
- d) *Death Match*, muito parecido com a opção *Random Map*, porém no *Death Match* o jogador e seus oponentes iniciam a partida com uma grande quantidade de recursos, deixando o jogo mais rápido e dinâmico.

History leva o jogador a um pequeno glossário com passagens históricas que vão da Idade Média ao Renascimento, passando pelas principais civilizações daquela época, usos, costumes, armamentos etc.

Map Editor carrega um programa para a criação e alteração de mapas pelo usuário.

Multiplayer, parecido com o *Single Player*, porém não contendo as opções de campanha. O jogador poderá criar ou participar de jogos de uma única missão (*Random Map*, *Regicide* e *Death Match*) contra um ou mais oponentes humanos pela Internet ou Rede Local.

Zone, esta opção leva o jogador a um servidor de jogos da *Microsoft* auxiliando-o na busca de oponentes para partidas *multiplayer*.

Independente da escolha do jogador seja pelo *single player* ou *multiplayer*, *random map* ou *regicide*, *campaign* ou *death match*, a mecânica do jogo é sempre a mesma: a) gerenciar recursos, b) criar exércitos, c) evoluir tecnologicamente e d) expandir o território.

No início do jogo, cada um dos participantes (humanos ou IA), recebe uma estrutura chamada “centro da cidade” e um número de trabalhadores (unidades civis). Esses trabalhadores são utilizados para a construção de estruturas e para o recolhimento de recursos.



Figura C1.1 – Menu Principal do AoE2.
Fonte: *Age of Empires 2* – Microsoft Games.

Há cinco diferentes recursos que devem ser adquiridos e gerenciados (Figura C1.2): madeira, comida, ouro, pedra e população.



Figura C1.2 – Recursos a serem gerenciados, da esquerda para a direita: madeira, comida, ouro, pedra e população.

Fonte: *Age of Empires II* – Microsoft Games

A madeira é obtida através das árvores existentes no mapa. Basta selecionar com o mouse um trabalhador e clicar com o botão da direita em cima de uma árvore ou floresta. O trabalhador irá dar início ao corte de madeira e aos poucos irá transportá-la para o centro da cidade. A madeira é principalmente utilizada para a construção de estruturas civis e para o treinamento de algumas unidades militares, como os arqueiros e armas de sítio.

A comida é o recurso mais importante no jogo. Ela é necessária para o treinamento da maioria das unidades (civis e militares), bem como para a construção de estruturas e para evolução tecnológica. Existem diversas formas de obter comida durante o jogo:

- a) Frutas: obtidas de pequenos arbustos com frutos vermelhos que podem ser colhidos pelos trabalhadores;
- b) Peixes: cardumes que aparecem nos rios, lagos e mares. Se próximos da costa, podem ser pescados pelos trabalhadores, caso contrário, há a necessidade da construção de barcos de pesca;
- c) Caça: todos os mapas possuem dois tipos de animais, um herbívoro, que pode servir de fonte de comida, e um carnívoro, que não serve de fonte de alimento e ataca o jogador caso se aproxime. Esses animais variam de acordo com o tipo do mapa. Se o escolhido for deserto, serão gazelas e leões. Já para a savana serão cervos e lobos;
- d) Fazenda: podem ser construídas pelo jogador após algumas evoluções tecnológicas e é uma fonte de comida renovável.

O ouro é obtido através da mineração de veios espalhados pelo mapa. São poucas unidades (civis e militares) que tem o seu custo em ouro. Sua principal utilização está no mercado, onde é possível trocar ouro por comida, pedra e madeira. Também é possível adquirir ouro com o treinamento de caravanas (unidade civil) e do estabelecimento de rotas comerciais com outros jogadores.

A pedra é extraída de jazidas e é utilizada para a construção de estruturas militares como muros, torres de defesa e castelos.

A população limita o número de unidades que o jogador pode treinar. Para aumentar o limite de população é necessária a construção de casas. Cada mapa possui um limite máximo de população por jogador.

Como dito anteriormente, os trabalhadores (unidades civis) são utilizados para construir estruturas e adquirir recursos espalhados por diversos lugares no mapa. Para a defesa e expansão territorial é necessário o treinamento de unidades militares.

Para a formação do exército o jogador deve levar em consideração que cada unidade militar (infantaria, artilharia e cavalaria) possui uma série de forças e fraquezas que, no caso do AoE2, são balanceadas no sistema Circular ou mais conhecido como “Pedra, Papel e Tesoura” (Rollings e Morris, 2003; Rollings e Adams, 2003). Nesse sistema, uma unidade do tipo “pedra” vence as unidades do tipo “tesoura” mas é derrotado por unidades do tipo “papel”.

Da mesma forma, as unidades do tipo “tesoura” vencem as unidades “papel” mas são vencidas pela “pedra”. Finalmente, as unidades “papel” são boas para derrotar as unidades “pedra” mas são facilmente derrotadas pelas unidades do tipo “tesoura”.

Como há uma grande quantidade de unidades militares diferentes, a melhor estratégia não está na criação apenas das unidades mais caras, mas sim na melhor combinação das forças e fraquezas das diversas unidades escolhidas. Conhecer os detalhes do exército adversário é uma das maneiras de determinar como montar o seu próprio exército, maximizando suas forças em relação às fraquezas do adversário.

No AoE2 é utilizada uma técnica chamada *Fog of War* (Salen e Zimmerman, 2004; Rollings e Adams, 2003). A região do mapa ainda não explorada, aparece oculta. A parte conhecida onde há a presença de unidades e estruturas do jogador, aparece nitidamente, já à parte explorada, onde não há presença do jogador, aparece levemente acinzentada, que é o efeito do *Fog of War* (Figura C1.3).



Figura C1.3 – Demonstração da técnica de *Fog of War*.
 Fonte: *Age of Empires 2* – Microsoft Games

4.1.2 – Elementos de Jogabilidade

A utilização da técnica de *Fog of War* faz do AoE2 um jogo de informação imperfeita, exigindo do jogador o processo de inferência e de *lateral thinking* para a elaboração de estratégias com o objetivo de vencer o jogo. Também é preciso uma dose de coordenação e reflexo para comandar suas unidades militares durante as situações de combate. Os principais elementos que contribuem para a jogabilidade são:

- Gerenciamento de recursos;
- Configuração de exército;
- Expansão territorial;
- Evolução tecnológica.

4.1.3 – Técnicas de Rejogabilidade

História

- Apesar da mecânica do jogo ser a mesma, o fato do jogo possuir cinco campanhas diferentes, dá ao jogador a possibilidade de vivenciar várias histórias distintas com finais diferentes.

Mecânica de Jogo

- No modo *multiplayer* o jogador pode jogar contra adversários humanos, que são oponentes não determinísticos, contribuindo para que cada partida seja diferente;
- Além de todas as opções de configuração do mapa (tipo, tamanho etc) a posição dos recursos aparece em lugares diferentes a cada partida, variando assim as condições iniciais de jogo;
- Cada uma das 13 civilizações disponíveis traz unidades militares distintas aumentando as opções de estratégia;
- O grande número de unidades militares diferentes aumenta a variedade da configuração dos exércitos, aumentando as opções de estratégia.

4.1.4 – Aplicação da Metodologia

Para a aplicação da metodologia proposta, faz-se necessário delimitar a área onde será inserida a A-Life. Cada partida do AoE2 é jogada em um mapa diferente. Para esse estudo foi escolhido o mapa de savana como o universo do jogo, ou biosfera. Ele será dividido em pequenos ecossistemas variando de 1 a j tal que j seja a quantidade de ecossistemas que compõe a biosfera.

Para incluir características de seres vivos nos elementos do jogo, torna-se necessário classificá-los de acordo com a estrutura dos ecossistemas biológicos. Propõe-se a criação de uma propriedade na entidade que receberá consumidores primários, consumidores secundários, consumidores terciários, agentes poluidores e o ambiente que os abriga.

No AoE2, o jogador controla personagens humanos que constroem casas, cortam madeira, colhem frutas, pescam e caçam animais. Essas atitudes são típicas de agentes poluidores, pois quebram a harmonia do ecossistema, esgotando recursos naturais e desequilibrando a cadeia trófica.

Além dos humanos, também é possível encontrar dois tipos de animais, um

herbívoro e um carnívoro, variando as espécies de acordo com o tipo de mapa escolhido. Para efeito de análise, serão usados os animais presentes no mapa do tipo savana, que são os cervos e lobos.

Assim, a nova propriedade *nível trófico* das entidades estudadas passa a possuir os seguintes valores:

- Humanos [nível trófico] = agente poluidor;
- Cervos [nível trófico] = consumidor primário;
- Lobos [nível trófico] = consumidor secundário.

Os cervos demonstram um comportamento muito simples, conforme representado na máquina de estados finitos da Figura C1.4. Os círculos representam os estados e as setas as regras de transição entre eles. A Tabela C1.1 apresenta a descrição das regras de transição entre os estados desta máquina.

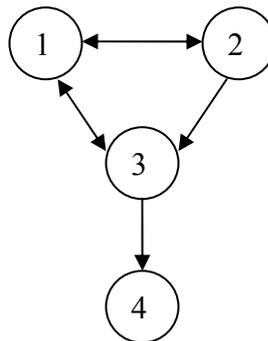


Figura C1.4 – Representação da Máquina de Estados Finitos que controla o comportamento das entidades do tipo cervo.

Estado Inicial	Regra de Transição	Estado Final
1 – Parado	Após um tempo aleatório T	2 – Andando
2 – Andando	Após um tempo aleatório T	1 – Parado
1 – Parado	Quando alguém se aproxima ou ameaça a integridade física da criatura	3 – Fugindo
2 – Andando	Quando alguém se aproxima ou ameaça a integridade física da criatura	3 – Fugindo
3 – Fugindo	Após um tempo aleatório T	1 – Parado
3 – Fugindo	Se não tiver mais pontos de vida	4 – Morto

Tabela C1.1 – Regras de transição entre os estados da máquina que controla o comportamento das entidades do tipo cervo.

Os lobos possuem um comportamento parecido com os cervos, porém, os lobos atacam aqueles que invadem seu território, jamais fugindo de situações de combate, conforme pode ser observado na Figura C1.5 e na Tabela C1.2.

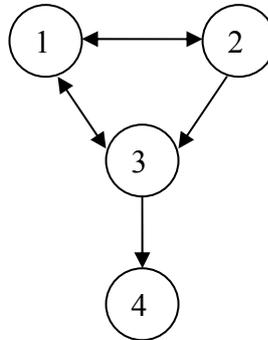


Figura C1.5 – Representação da Máquina de Estados Finitos que controla o comportamento das entidades do tipo lobo.

Estado Inicial	Regra de Transição	Estado Final
1 – Parado	Após um tempo aleatório T	2 – Andando
2 – Andando	Após um tempo aleatório T	1 – Parado
1 – Parado	Quando alguém se aproxima ou ameaça a integridade física da criatura	3 – Atacando
2 – Andando	Quando alguém se aproxima ou ameaça a integridade física da criatura	3 – Atacando
3 – Atacando	Quando o alvo morre ou está fora de alcance	1 – Parado
3 – Atacando	Se não tiver mais pontos de vida	4 – Morto

Tabela C1.2 – Regras de transição entre os estados da máquina que controla o comportamento das entidades do tipo lobo.

Uma característica fundamental dos seres vivos que deverá ser aplicado no jogo para viabilizar o modelo de ecossistema é a alimentação. É essa necessidade que faz com que a energia troque de nível dentro da cadeia trófica. Para representar essa característica, serão criadas duas propriedades: a) *energia atual*, que representa quanta energia há na entidade; e b) *energia mínima*, indica a condição para que a entidade busque energia. Sempre que a *energia atual* for menor ou igual à *energia mínima*, a entidade sairá em busca de alimento, proporcionando assim a idéia de fome.

Somente através de simulações e balanceamento seria possível chegar a um valor ideal da *energia atual* e *energia mínima* para cada uma das entidades estudadas. Para esta análise, será instituída uma constante α_i para o valor da *energia atual* e β_i para a *energia*

mínima, sendo i o índice da entidade na coleção de entidades do jogo e sendo como premissa que $\alpha_i > \beta_i$.

Como o jogador dispensa uma grande quantidade do recurso comida para treinar unidades (entidades humanas) considerar-se-á que não exista tal necessidade de busca de alimento por essas entidades, tendo seu valor de *energia atual* a constante γ_i , como se toda a comida que pudesse ser consumida a título de fome já tivesse sido suprida no momento da criação da unidade.

De qualquer forma, será necessário atribuir um valor de *energia atual* às unidades humanas, pois estes poderão eventualmente servir de alimento para os consumidores secundários.

Assim, temos:

- Humanos [energia atual] = γ_1 ;
- Humanos [energia mínima] = 0;
- Cervos [energia atual] = α_2 ;
- Cervos [energia mínima] = β_2 ;
- Lobos [energia atual] = α_3 ;
- Lobos [energia mínima] = β_3 .

Por ser a base da cadeia alimentar, os cervos consomem plantas e outros tipos de produtores. Não existem plantas no jogo ou outra forma de representação de gramíneas, que seriam a fonte de energia consumida por eles. Assim sendo, considerar-se-á que a energia primeiramente está no solo e que a quantidade de produtores é diretamente proporcional à energia presente no solo, conforme proposto pela **regra 1**.

Quando a *energia atual* do cervo for menor ou igual a sua *energia mínima*, a entidade irá retirar do solo o valor da segunda e adicionará esse valor na primeira. Como a quantidade de produtores é diretamente proporcional à energia do solo (**regra 1**), a passagem de energia do produtor para o consumidor primário irá reduzir a quantidade de energia no solo, afetando a quantidade de produtores, o que simularia o consumo de produtores pelo consumidor primário mesmo não havendo uma representação visual de tais produtores no universo do jogo.

Mesmo não existindo entidades produtores, poder-se-ia mudar a textura daquela

região para representar a quantidade de produtores que é diretamente proporcional a quantidade de energia disponível no solo (Figura C1.6).

Para os Lobos, será utilizado o mesmo raciocínio, porém como classificados em consumidor secundário, no instante em que sua *energia atual* for menor ou igual à *energia mínima*, ele irá procurar cervos (consumidores primários) para se alimentar. À *energia atual* do lobo serão adicionados 80% do valor da *energia atual* do cervo e os 20% restantes irão para o solo. Esses 20% representam a carcaça, vísceras e couro, que não são usados como alimento.



Figura C1.6 – A esquerda região com textura representando baixa quantidade de energia, a direita a representação da situação inversa.

Fonte: *Age of Empires 2* – Microsoft Games.

Com estas implementações fica possível caracterizar a relação predador/presa, princípio básico para o funcionamento de um ecossistema. Porém, há a necessidade da adição de novos fatores tendo em vista que a energia está sendo consumida sem sua reposição no ambiente.

Uma vez alimentado (*energia atual* maior ou igual à *energia mínima*) há a necessidade do gasto de energia das entidades para que o ciclo de consumo energético se feche. Será criada uma constante global chamada *consumo de energia* (CE) por unidade de tempo. A cada unidade de tempo t , será subtraído da energia atual de todas as entidades o valor da CE.

A energia subtraída da *energia atual* das entidades não pode desaparecer, caso contrário, com o passar do tempo, o ecossistema ficaria estéril com zero de energia no solo.

Sempre que a CE for subtraída do valor da *energia atual* das entidades a mesma quantidade de energia será adicionada ao solo. Isso representa a atuação dos biorredutores que atuam na renovação da energia para todo o sistema.

O ecossistema virtual ainda não está completo, pois, há a tendência de que com o tempo chegue ao fim a população de consumidores primários já que a sua quantidade é finita. Para isso há a necessidade de implantar no sistema virtual outra característica dos seres vivos que é a capacidade de reprodução.

Serão criadas mais duas variáveis para fazer o controle da reprodução: a) *energia consumida*, que irá contabilizar toda a energia adquirida pela entidade com o passar do tempo; e b) *energia reprodutiva*, que irá servir de constante condicional para que a entidade se reproduza. Sempre que *energia consumida* for maior ou igual à *energia reprodutiva* a entidade irá gerar descendente, que herdará suas características e metade da sua *energia atual*. Toda vez que ocorrer a reprodução a propriedade *energia consumida* deverá ser zerada, liberando assim a entidade para reproduções futuras.

Da mesma forma como no caso da *energia atual e energia mínima*, não há como definir valores ideais sem o devido processo de simulação e balanceamento. Para questões de projeto, será instituída uma constante δ_i para o valor da *energia consumida* e ϵ_i para a *energia reprodutiva*, sendo i o índice da entidade na coleção de entidades do jogo.

Como as entidades humanas são geradas pelo jogador não havendo reprodução espontânea, será considerado que tais entidades sofrem controle populacional tendo as duas novas propriedades criadas com valores zerados. Assim:

- Humanos [energia consumida] = 0;
- Humanos [energia reprodutiva] = 0;
- Cervos [energia consumida] = δ_2 ;
- Cervos [energia reprodutiva] = ϵ_2 ;
- Lobos [energia consumida] = δ_3 ;
- Lobos [energia reprodutiva] = ϵ_3 .

Simplificando o processo, não se divide a população animal em machos e fêmeas, fazendo com que a reprodução de tais seres seja dependente unicamente da quantidade de energia daquela entidade.

Para evitar superpopulação dentro do ambiente do jogo, há a necessidade de ser criada uma outra propriedade definindo o tempo espacial do fim da vida da entidade, ou seja, quando ela morre por causas naturais. Para esse controle serão criadas duas propriedades: a) *geração atual*, que dirá quantos descendentes a entidade possui; e b) *geração máxima*, que indica o número máximo de descendentes que uma entidade pode gerar.

Toda vez que uma entidade gerar um descendente, sua propriedade *geração atual* será acrescida de 1 (um), caso a *geração atual* for maior que a *geração máxima*, a entidade falecerá tendo a sua *energia atual* passada para o solo.

Analogamente aos casos anteriores, será criada uma constante de projeto ζ_i para definir o valor da *geração máxima* da entidade, sendo que *geração atual* de todas as entidades iniciará com zero. No caso das entidades humanas, criadas pelo jogador, seu tempo de vida no jogo está relacionado à sua propriedade *vida (health)*. Quando uma dessas entidades perde o valor total da sua *vida* ela morre. A *vida* das entidades humanas só decresce durante combate armado e já que essas entidades não consomem energia do ambiente sua longevidade não prejudica o equilíbrio do ecossistema. Logo:

- Humanos [geração atual] = 0;
- Humanos [geração máxima] = 0;
- Cervos [geração atual] = 0;
- Cervos [geração máxima] = ζ_2 ;
- Lobos [geração atual] = 0;
- Lobos [geração máxima] = ζ_3 .

Como o mapa do jogo será dividido em pequenos ecossistemas variando de 1 a j tal que j seja a quantidade de ecossistemas que compõe a biosfera, faz-se necessário a criação de uma propriedade que identifique a qual ecossistema pertence. A essa propriedade será dado o nome de *ecossistema*. Para as entidades humanas, por serem classificados como agentes poluidores, seu *ecossistema* sempre será aquele que possuir o seu *centro da cidade*, estrutura principal de sua civilização.

As demais entidades terão valores que variam de 1 a j , sendo dispostos no mapa de forma aleatória.

Poderão ocorrer casos em que uma determinada entidade não consiga encontrar

alimento dentro de seu ecossistema. Para determinar a área de busca por energia das entidades será criada uma propriedade chamada de *agressividade*. A *agressividade* é um valor numérico, inteiro, que indica o raio de busca por alimento e deve ser inversamente proporcional a sua quantidade de *energia atual*. Quanto menor a *energia atual*, maior será a *agressividade*, ou seja, o raio de busca por alimento.

Caso a entidade se alimente num ecossistema que não seja o seu, sua propriedade *ecossistema* será alterada fazendo com que o mesmo passe a pertencer a partir desse momento a esse novo ecossistema. Isso representa o ato de migração que ocorre comumente na ecologia quando os animais mudam de região à procura de melhores condições de sobrevivência, conforme disposto na **regra 6**.

Para as entidades humanas, como não se alimentam, reproduzem ou participam diretamente da cadeia energética, a migração não ocorrerá de forma espontânea, apenas caso o jogador crie um novo *centro da cidade* e comande suas unidades para aquela região.

A energia de um ecossistema é a somatória da energia contida no solo e de todas as entidades pertencentes aquele ecossistema. A construção de uma estrutura como uma casa, um quartel ou um castelo, diminuiria a área útil do ecossistema capaz de gerar produtores primários. Assim, cada estrutura além do seu custo em madeira, comida, pedra e ouro precisam de uma propriedade chamada *poluição*.

Cada estrutura erguida em uma determinada região diminuirá a energia do solo daquele ecossistema, aumentando o valor da sua *poluição*. Essa propriedade demonstra de forma efetiva os efeitos causados pelos agentes poluidores dentro de um ecossistema.

Com a aplicação da metodologia, diversas propriedades foram adicionadas nas entidades do jogo. Essas modificações se refletem no comportamento da inteligência artificial, conforme a Figura C1.7 e Tabela C1.3 para os cervos, e Figura C1.8 e Tabela C1.4 para os lobos.

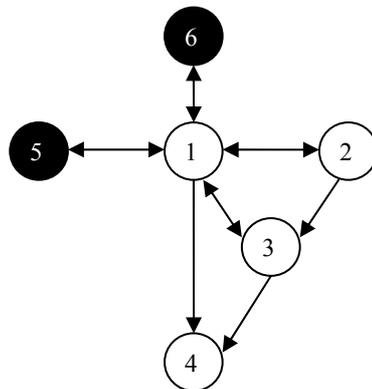


Figura C1.7 – Representação da Máquina de Estados Finitos que controla o comportamento das entidades do tipo cervo, após a aplicação da metodologia.

Estado Inicial	Regra de Transição	Estado Final
1 – Parado	Após um tempo aleatório T	2 – Andando
2 – Andando	Após um tempo aleatório T	1 – Parado
1 – Parado	Quando alguém se aproxima ou ameaça a integridade física da criatura	3 – Fugindo
2 – Andando	Quando alguém se aproxima ou ameaça a integridade física da criatura	3 – Fugindo
3 – Fugindo	Após um tempo aleatório T	1 – Parado
3 – Fugindo	Se não tiver mais pontos de vida ou se tiver atingindo geração máxima	4 – Morto
1 – Parado	Energia chaga ao nível mínimo	5 – Comendo
5 – Comendo	Energia carregada	1 – Parado
1 – Parado	Se tiver energia suficiente para reprodução	6 – Reproduzindo
6 – Reproduzindo	Depois de gerado a nova criatura	1 – Parado

Tabela C1.3 – Regras de transição entre os estados da máquina que controla o comportamento das entidades do tipo cervo.

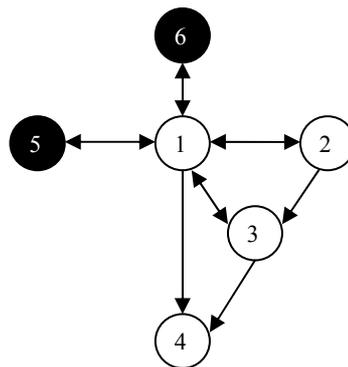


Figura C1.8 – Representação da Máquina de Estados Finitos que controla o comportamento das entidades do tipo lobo, após a aplicação da metodologia.

Estado Inicial	Regra de Transição	Estado Final
1 – Parado	Após um tempo aleatório T	2 – Andando
2 – Andando	Após um tempo aleatório T	1 – Parado
1 – Parado	Quando alguém se aproxima ou ameaça a integridade física da criatura	3 – Atacando
2 – Andando	Quando alguém se aproxima ou ameaça a integridade física da criatura	3 – Atacando
3 – Atacando	Quando o alvo morre ou está fora de alcance	1 – Parado
3 – Atacando	Se não tiver mais pontos de vida	4 – Morto
1 – Parado	Energia chaga ao nível mínimo	5 – Comendo
5 – Comendo	Energia carregada	1 – Parado
1 – Parado	Se tiver energia suficiente para reprodução	6 – Reproduzindo
6 – Reproduzindo	Depois de gerado a nova criatura	1 – Parado

Tabela C1.4 – Regras de transição entre os estados da máquina que controla o comportamento das entidades do tipo lobo.

4.1.5 – Análise

Durante a aplicação da A-Life, foram incluídas diversas características de seres vivos em algumas entidades do jogo. Com base nessas propriedades será feita uma análise de como seria o comportamento de tais entidades e como isso se reflete dentro do jogo.

Como visto no item anterior, a *comida* é um dos principais recursos que devem ser gerenciados pelo jogador. Com a aplicação da A-Life, os *cervos* (consumidores primários) foram transformados numa fonte de comida renovável, tendo em vista que agora se reproduzem.

Caso o jogador cace os cervos de forma indiscriminada, a população de lobos (consumidores secundários) rapidamente irá sofrer devido à carência de alimento, o que aumentará a sua *agressividade (regra 3)* que é inversamente proporcional à *energia atual*. Ou seja, quanto menor a *energia atual*, maior a *agressividade*. Com isso, os animais tendem a migrar para outras regiões (*regra 6*), se aproximando cada vez mais das cidades e possivelmente atacando as unidades dos jogadores.

Por outro lado, ao eliminar os lobos, a quantidade de cervos tenderia a aumentar tendo em vista que não haveria mais no ecossistema o predador natural dos cervos (*regra 4*). Caso o jogador crie um conjunto de muros cercando um ou mais ecossistemas e isolando os cervos, ele teria assim uma fonte maior de comida aumentando as reservas que poderiam, dentro do jogo, serem investidas em unidades militares.

Além disso, o jogador poderia matar os cervos das regiões próximas ao *centro da cidade* dos adversários, diminuindo a capacidade destes de coletar e armazenar comida, diminuindo a reserva para a criação de seus exércitos. Isso faria com que os lobos daquela região tornem-se mais agressivos (*regra 3*), atacando então as unidades dos adversários.

Com essa análise chega-se a três pontos:

- a) A atuação dos animais virtuais, com características de seres vivos, reforça a característica do jogo no que tange ao gerenciamento de recursos, no caso comida, e, segundo Adams (2001[2]), reforçar um elemento de jogabilidade é considerado como rejogabilidade;
- b) Eliminar a caça na região dos inimigos enfraquece sua capacidade de adquirir comida e conseqüentemente de criar exércitos, sendo mais uma

variação de estratégia, que é considerada por Adams (2001-2) como uma técnica de rejogabilidade;

- c) A diminuição das presas na região dos adversários pelo jogador, com o objetivo de sabotar seu suprimento de comida, faz com que os predadores da região ataquem as unidades adversárias, gerando uma nova opção de estratégia, conforme o item anterior, uma técnica de rejogabilidade.

Vale ressaltar que os três itens acima não alteraram a jogabilidade.

4.2 – Caso 2 – *Everquest II*

4.2.1 – Descrição

O *Everquest II* (EQ2) foi publicado pela *Sony Online Entertainment* (SOE) em 2004, após 5 anos de desenvolvimento. Trata-se de MMORPG (IGDA, 2004), um híbrido dos gêneros de MMOG e de RPG. Essa mistura alia a quantidade massiva de jogadores e a persistência do mundo virtual (MMOG) com a customização e evolução da personagem do jogador (RPG). Nesse jogo, o usuário precisa de muita percepção espacial, memória, conhecimento, raciocínio, reflexo e coordenação motora.

Diferente dos jogos tradicionais onde o jogador adquire um CD-ROM e a partir dele pode jogar durante um período indeterminado, os MMORPG em sua maioria custam ao jogador uma assinatura mensal que varia de US\$ 9.00 a US\$ 14.90.

Por se tratar de um jogo de RPG, faz-se necessário à criação de um personagem, antes de entrar pela primeira vez no mundo virtual. No EQ2, o jogador pode salvar até 6 personagens diferentes, podendo a cada partida escolher com qual deseja jogar.

A primeira coisa a ser feita na criação de um personagem está na escolha do sexo e de uma das 16 raças disponíveis (Figura C2.1).

A questão do sexo do personagem não tem nenhum efeito de jogabilidade, apenas questão visual. Já a escolha da raça tem influência dentro do jogo. Um *anão* que possui bastante *força*, terá maior potência nos golpes, infligindo mais dano durante os combates sendo uma boa opção para *guerreiros*. Por outro lado, por ser mais inteligente, um *elfo* possui elevada quantidade de energia mágica, tornando-o uma boa escolha para um *feiticeiro*. Independente dos atributos iniciais de cada raça, não há restrição no jogo que

impeça um *anão* de ser *feiticeiro* e um *elfo* de ser *guerreiro*.



Figura C2.1 – Escolha de sexo e raça no EQ2.
Fonte: *Everquest 2* – Sony Online Entertainment.

O próximo passo está na escolha do alinhamento: bom ou mau (Figura C2.2). O alinhamento define a cidade natal da personagem e em que lado ele irá participar na guerra entre as duas grandes nações do jogo: *Qeynos* (bem) e *Freeport* (mal). Algumas raças e profissões são exclusivas para um dos dois lados.



Figura C2.2 – Escolha do alinhamento na eterna luta entre o bem e o mal.
Fonte: *Everquest 2* – Sony Online Entertainment

Em seguida, deve ser escolhida a profissão (Figura C2.3) que servirá como base para a construção das estratégias do jogador. Elas estão agrupadas em quatro grupos: a) *guerreiros*, primam pelo combate corpo a corpo e ao dano físico; b) *clérigo*, representante de alguma divindade, possui o poder da cura e da proteção; c) *feiticeiros*, utilizam as artes arcanas para enfeitiçar e atacar seus adversários; e d) *ladinos*, detentores de subterfúgio, especializados em espionagem e sabotagem.



Figura C2.3 – 32 opções para profissões.
Fonte: *Everquest 2* – Sony Online Entertainment

Até este ponto foi definido o que a personagem vai ser, mas ainda falta escolher como ela será. A configuração da cor da pele, característica racial, cabelo, tamanho, peso, olhos etc pode levar a bilhões de opções diferentes (cálculo estimado do jogo), tornando as personagens no jogo praticamente únicas (Figura C2.4).



Figura C2.4 – Nível de personalização da personagem resulta em mais de 2 bilhões opções diferentes.
Fonte: *Everquest 2* – Sony Online Entertainment

Para concretizar a criação da personagem é necessária a escolha de um *servidor de jogo* (Figura C2.5). Todos os servidores dentro do EQ2 executam o mesmo jogo, mas para

efetuar o balanceamento de carga e diminuir a latência e tempo de espera foram criados diversos “mundos paralelos”. A população flutuante média em cada servidor é de 50.000 usuários chegando a picos de 3.000 jogando simultaneamente em cada um deles.



Figura C2.5 – Diversos mundos paralelos, uma forma de realizar o balanceamento de carga.
Fonte: *Everquest 2 – Sony Online Entertainment*.

Cada *servidor de jogo* é, na verdade, um *cluster* de computadores onde cada um executa um ou mais mapas que juntos formam o mundo virtual de *Norrath*. O jogador pode interagir com outros usuários e demais habitantes sintéticos de um determinado mapa. Existem diversas áreas de transição, ou seja, quando um jogador chega a uma determinada região sua personagem é transferida para outro mapa, muitas vezes dentro de outro computador, mas ainda no mesmo *servidor de jogo*.

No EQ2 existem diversas personagens que não são controladas por jogadores (*NPC, non player characters*), mas sim pelo próprio jogo. Esses NPCs tem diversas funcionalidades que vão desde preencher espaço e dar “vida” aos cenários, contar a história de *Norrath*, contratar os serviços dos jogadores (*quests*) ou servir como mercadores.

Os mercadores vendem apenas itens básicos, de comida a arma, de magia a armadura, de jóia a mobília. Outros itens mais avançados (e mais poderosos) são fabricados e vendidos pelos próprios jogadores. O valor desses itens é determinado pela lei da oferta e demanda criando dentro do jogo um sistema econômico forte.

O jogador tem a liberdade para fazer o que quiser. Ele pode simplesmente sair e explorar o mundo, precisando se preocupar apenas em levar comida, bebida e evitar os perigos existentes na vida selvagem.

Para evoluir seu personagem é preciso dois recursos: *dinheiro* e *experiência*. Uma maneira de obtê-los é através da realização de missões (*quests*) dadas pelos NPCs. As *quests* são muito variadas indo desde entregar uma correspondência a outro NPC, caçar uma criatura ou combater um inimigo.

Outra maneira é através da caça e exploração. Toda vez que o jogador elimina uma criatura dentro do jogo ele recebe uma recompensa em experiência, dinheiro e itens. Os itens podem ser armas, armaduras, magias, equipamento diverso (mochila, corda, tocha etc) e tesouros.

Quando se acumula uma quantidade específica de experiência o personagem “passa de nível” (evolui). Todos os jogadores iniciam no nível um e quanto maior o seu nível, mais poderoso ele é. Ao passar de nível o personagem recebe novas magias, manobras de combate e aumento em seus atributos (vida, dano, energia mágica etc). Inicialmente era possível evoluir 50 níveis, após as duas primeiras expansões esse limite passou para 70.

O dinheiro tem uma aplicação variável. Pode-se comprar casas dentro das cidades, mobiliá-las com móveis, troféus e livros que contam a história de *Norrath*. Também é utilizado para comprar provisões (comida e bebida) e equipamento (armas, armaduras, roupas etc). Também é possível investir o seu dinheiro na compra de matéria-prima para a confecção de objetos que podem ser vendidos para outros jogadores.

Quanto mais longe da cidade, maior a dificuldade e o perigo enfrentado.

4.2.2 – Elementos de Jogabilidade

Por não saber a quantidade nem a raça e profissão dos oponentes presentes no jogo, é necessária cautela e parcimônia na hora de explorar o vasto mundo de *Norrath* utilizando-se de inferência e *lateral-thinking*, características de jogos com informação incompleta. Por ser um ambiente muito grande, o jogador precisa de percepção espacial para não se perder, além da utilização da bússola e mapas. Também é preciso memória para guardar informações que possam ser vitais a sua sobrevivência, como a posição de NPCs, onde comprar provisões, a rota mais segura para a cidade, pontos de referência e muitos outros conhecimentos adquiridos dentro do universo do jogo. Os principais elementos que contribuem para a jogabilidade são:

- Configuração e personalização de personagem;
- Variação de raças e profissões;

- Evolução de personagem;
- Exploração do vasto mundo virtual;
- Participação da evolução histórica do mundo;
- Quantidade e diversidade de missões (*quest*);
- Desenvolvimento econômico e social.

4.2.3 – Técnicas de Rejogabilidade

História

- A história de *Norrath* é contada de forma não-linear, pois cada pedaço do mundo possui apenas relatos fragmentados e cada raça traz pontos de vista diferentes sobre o cataclisma que assolou o planeta nos últimos 500 anos.

Mecânica de Jogo

- Por se tratar de um jogo *massive multiplayer* a quantidade e variação de *oponentes não determinísticos* faz com que cada partida seja única;
- O *tamanho* do mundo virtual de *Norrath* é maior do que o do Estado americano de *Rhode Island* (1.214 milhas quadradas) sendo impossível conhecê-lo todo em apenas uma partida;
- As 32 profissões disponíveis contam com magias e manobras de combate únicas, aumentando as opções de *escolha de papéis e estratégia*;
- A cada nova partida o mundo virtual encontra-se numa configuração diferente, influenciado pelas ações de outros jogadores, variando assim as *condições iniciais* de jogo.

4.2.4 – Aplicação da Metodologia

Devido ao tamanho do mundo de *Norrath*, foi escolhido para esse caso apenas o estudo de um dos muitos mapas do jogo, o *Outpost of the Overlord* (Figura C2.6). Todos os jovens cidadãos de *Freeport* iniciam o jogo neste mapa, que serve como um breve tutorial para aprender a mecânica do jogo e ser introduzido à história deste mundo.



Figura C2.6 – *Outpost of the Overlord*, um dos muitos mapas do EQ2.
Fonte: *Everquest 2 – Sony Online Entertainment*.

É possível observar na Figura C2.6 que o mapa é dividido em diversas regiões através de limites geográficos naturais (montanhas, lagos, rios etc). Foi considerado então, que todo o mapa é uma biosfera e cada uma das regiões existentes ali, um ecossistema. A primeira região, marcada na Figura C2.6 com uma *mochila* e um *livro* é chamada de *Outpost of the Overlord*, a parte principal da ilha.

À esquerda fica *Seaside Glade*, ressaltada na Figura C2.7 que será o ecossistema estudado nessa parte do trabalho.

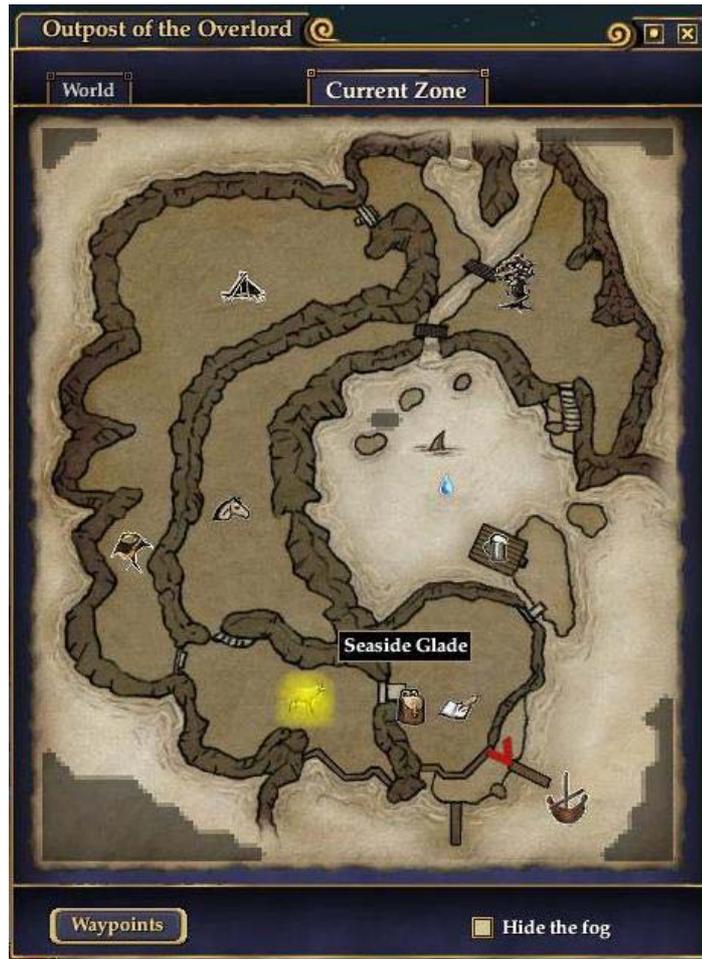


Figura C2.7 – *Seaside Glade*, ecossistema em estudo na ilha de *Outpost of te Overlord*.
 Fonte: *Everquest 2* – Sony Online Entertainment

Novamente, para incluir características de seres vivos nos elementos do jogo, torna-se necessário classificá-los de acordo com a estrutura dos ecossistemas biológicos. Propõe-se a criação de uma propriedade na entidade que receberá consumidores primários, secundários, terciários, agentes poluidores e o meio ambiente que os abriga.

Em *Seaside Glade* é possível encontrar as seguintes criaturas (Figura C2.8 da esquerda para a direita): *Tunarian scout*, *elk calf*, *cow elk*, *worker bee* e *soldier bee*.



Figura C2.8 – Criaturas encontradas no ecossistema de *Seaside Glade*.
 Fonte: *Everquest 2* – Sony Online Entertainment.

As populações de *elk* e *bee* foram classificadas como consumidores primários. Ambas são amistosas, atacando apenas quando agredidas. Já os *Tunarian scout* encontram-se um nível acima na cadeia trófica, atacando o jogador quando esse invadir o seu território por considerá-lo como um concorrente. Tanto o jogador quanto os *Tunarian scout* foram classificados como consumidores secundários. Outra entidade incluída nesse estudo são os NPC do tipo mercador, aqueles que compram e vendem itens dos jogadores.

- Jogador [nível trófico] = consumidor secundário;
- Tunarian scout [nível trófico] = consumidor secundário;
- Elk calf [nível trófico] = consumidor primário;
- Cow elk [nível trófico] = consumidor primário;
- Worker bee [nível trófico] = consumidor primário;
- Soldier bee [nível trófico] = consumidor primário;
- Mercador [nível trófico] = consumidor terciário.

Existe uma entidade invisível dentro do EQ2 chamado *respawn*. Essa entidade faz o controle populacional de determinada criatura. O *respawn* dispara um contador de tempo toda vez que uma criatura daquela população é eliminada. Quando o contador chega a um valor t uma nova criatura é adicionada ao jogo. O *respawn* simula tanto a reprodução quanto à migração, fazendo que uma população sempre se renove após a interação do jogador com aquela região.

Em *Seaside Glade* existem três *respawn*, um para os *tunarian* (RT), outro para *elk* (RE) e um para *bee* (RB). Toda vez que o RE coloca uma criatura em jogo ele sorteia entre *elk calf* e *cow elk*. Da mesma forma, o RB sorteia sempre entre as opções *soldier bee* e *worker bee*.

No EQ2 há uma quantidade máxima fixa de criaturas controladas por um *respawn*. Neste estudo o valor da propriedade que controla a quantidade máxima ($QtdMax$) dos consumidores primários varia de acordo com a quantidade atual ($QtdAt$) dos consumidores secundários a uma razão x . Assim:

$$RE[QtdMax] = x \cdot RT[QtdAt]$$

$$RB[QtdMax] = x \cdot RT[QtdAt]$$

Dessa forma, é possível aplicar a relação: a quantidade de consumidores secundários é inversamente proporcional à quantidade de consumidores primários, ou seja, a diminuição da população de consumidores secundários leva ao aumento da quantidade de consumidores primários (**regra 4**).

As criaturas que atacam o jogador ou outras criaturas, são chamadas de criaturas do tipo *KoS (Kill on Sight)*, e possuem uma área chamada de *threat range* (território). Qualquer um que invadir o seu território é atacado.

Para simular a agressividade dos consumidores secundários pela falta de alimento, o território será inversamente proporcional à quantidade de consumidores primários em uma relação y , ou seja, quanto menor a quantidade de consumidores primários, maior a agressividade dos consumidores secundários (**regra 3**).

$$RT[Território] = y \cdot (RB[QtdAt] + RE[QtdAt])$$

Os NPC mercadores, considerados como consumidores terciários (super predadores) não vagam pelo mapa e não interagem diretamente com outros NPC, apenas com os jogadores. Sua relação com a população será dada de forma econômica. Entre todos os itens vendidos pelos mercadores há entre eles a *comida* e a *bebida*.

Considerando que a *comida* é à base de *carne de elk*, e a *bebida* é à base de *mel de bee*, o preço desses itens será inversamente proporcional ao tamanho da população desses animais, ou seja: quanto maior a quantidade de *elk*, menor o preço da *comida*; quanto menor a quantidade de *elk*, maior o preço da *comida*; seguindo a mesma fórmula para a *bebida* e a população de *bee* (**regra 3**).

Pode-se ainda atribuir *quest* especiais aos mercadores, como por exemplo: se a quantidade de *elk* for menor que um determinado valor i , é acionada uma *quest* num determinado mercador que pedirá ao jogador que elimine alguns *tunarian* para que a população de *elk* possa se repopular, em troca de *dinheiro*, *experiência* e um pouco de *comida*. Quando a população passar o patamar i , a *quest* é desativada.

4.2.5 – Análise

Os *respawn* já realizam o controle populacional, simulando a migração e a reprodução dos animais no ecossistema. As alterações propostas nos *respawn* criam a relação predador/presa, determinando a quantidade dos consumidores primários e a agressividade dos consumidores secundários.

Caso o jogador caça indiscriminadamente os consumidores primários (*bee* e *elk*), ele sofrerá fisicamente, com o aumento da ameaça dos consumidores secundários (*tunarian*) e economicamente, já que o alimento necessário para se manter durante suas empreitadas ficarão mais caros (**regra 3**).

Por outro lado, também há a possibilidade do jogador eliminar os *tunarian* para diminuir o preço das provisões nos mercados e também para tornar a região mais segura. Porém, com o aumento da oferta de matéria-prima (*bee* e *elk*) os mercados pagarão menos pelos itens comprados dos jogadores (**regra 4**).

Por se tratar de um jogo para muitos usuários simultâneos, as alterações do ecossistema serão uma resposta do jogo não só as atitudes do jogador, mas também dos demais jogadores humanos presentes naquele mapa.

As regiões que margeiam as cidades passam a ter um aumento em seu valor estratégico, tendo em vista que as interações dos jogadores ali vão alterar os preços dos produtos dos NPC vendedores e o nível de hostilidade da região.

Um grupo de aventureiros de *Freeport*, por exemplo, poderia se aproximar de *Qeynos* e, ao invés de tentar um combate aberto invadindo a cidade enfrentando os NPC guardas e outros jogadores humanos, o grupo de invasores pode promover um cerco. Matando os consumidores primários, fazendo o preço da comida e bebida subir na cidade e tornar seus pontos de acesso mais perigosos com o aumento da agressividade dos consumidores secundários (**regra 3**). Em compensação o cerco ativaria diversas *quest* na cidade, beneficiando os moradores de *Qeynos* com dinheiro e experiência.

Caso os habitantes de *Qeynos* saibam através de seus espiões da intenção de uma invasão por parte de *Freeport*, seus aventureiros podem caçar os consumidores primários para aumentar a agressividade dos consumidores secundários fazendo com que eles sirvam como uma primeira defesa da cidade (**regra 3**).

Com essa análise chegamos a três pontos:

- a) A relação predador/presa modifica a situação dos ecossistemas presentes no jogo tornando cada partida uma experiência única, variando sempre as condições iniciais do jogo que, segundo Adams (2001-2), é uma técnica de rejogabilidade;
- b) A opção de cerco é mais uma opção de estratégia que pode ser adotada pelos jogadores na guerra entre *Qeynos* e *Freeport*, sabendo que a quantidade de opções de estratégias é considerada por Adams (2001-2) como uma técnica de rejogabilidade;
- c) Aumentar a agressividade das criaturas selvagens que margeiam as cidades é uma tática de defesa, sendo mais uma opção de estratégia que para Adams (2001-2) é uma técnica de rejogabilidade.

Vale ressaltar que os três itens acima não alteraram a jogabilidade.

4.2 – Caso 3 – Grand Theft Auto: San Andreas

4.3.1 – Descrição

O Grand Theft Auto: San Andreas (GTA4) foi produzido pela Rockstar Games em 2005 e publicado mundialmente pela Take2 Interactive. Trata-se de um jogo de Ação, definido por muitos como um jogo “*politicamente incorreto*”. Nesse jogo o usuário precisa de muita percepção espacial, memória, conhecimento, raciocínio, reflexo e coordenação motora.

Nesse título, o jogador encarna em *Carl Johnson* (CJ), um rapaz de origem humilde, que fugiu há cinco anos para deixar de lado as opressões da vida em *Los Santos*, uma das cidades da região metropolitana de *San Andreas*. Após o assassinato de sua mãe, CJ decide voltar às suas origens, e sua gangue, a *Grove Street Families* (a mais antiga de *Los Santos*), encontra-se enfraquecida nas ruas, sob ataque de rivais e dividida por brigas internas. O objetivo do jogo não é só o de reconquistar a confiança de seus familiares e amigos, mas também extinguir os conflitos internos, acabar com as gangues rivais e retomar o controle das ruas de *Los Santos* e, porque não, de *San Andreas*.

O nível de liberdade deste jogo é muito grande, seu enredo é tão extenso quanto os de grandes produções cinematográficas. O jogador pode fazer muitas coisas legais e ilegais. Como na vida real, cada ação gera uma reação e *para aqueles que não andam na linha, a polícia irá debruçar sobre ele o implacável braço da lei*. Entretanto, o foco do jogo é

justamente o contrário, já que para prosseguir nas variadas missões será necessário roubar, atirar, atropelar, matar, traficar e mais

O ambiente do jogo é muito *ativo*, com pessoas e carros sempre em movimento. Um destaque para o jogo é a qualidade da inteligência artificial que consegue reproduzir diversos eventos do cotidiano, como brigas de trânsito, acidentes de carro, pessoas andando de bicicleta, transeuntes passeando com cachorrinhos e muito mais.

O tamanho também é algo que impressiona, trazendo três grandes cidades fictícias que compõem a região metropolitana de *San Andreas*. São elas: *Los Santos*, *San Fierro* e *Las Venturas*, que são versões da *RockStar* de *Los Angeles*, *San Francisco* e *Las Vegas*, respectivamente. Essas regiões causam grande impacto visual e oferecem grandes áreas para vasta exploração e entretenimento, incluindo zonas urbanas e as periferias que separam as três cidades.



Figura C3.1 – Fotos panorâmicas de regiões de *San Andreas*.
Fonte: GTA4 – Take2 Interactive

Ao iniciar o jogo, o jogador assume a personagem principal da trama, o CJ. A ele são apresentadas algumas missões (*quests*). O jogador pode ir seguindo as missões, recebendo outras e seguindo a linha histórica do jogo, ou então passear pela cidade com um grande grau de liberdade.

A quantidade de missões é muito elevada, e também muito variada, desde ir à casa de um NPC (personagem controlado pelo jogo), roubar um carro, assaltar um banco ou assassinar alguém.

O jogador pode se apoderar de qualquer veículo disponível no mapa, desde bicicletas, motos, carros, carros de polícia, ambulância, caminhões do corpo de bombeiro, até aviões, planadores e asa delta.

Cometendo crimes o jogador passa a ser considerado um criminoso e com o

tempo, a polícia passa a persegui-lo. Quanto mais grave o crime e quanto maior a sua ficha criminal, mais fácil será despertar a suspeita de um carro patrulha ou de um policial de rua, iniciando logo uma perseguição, que em alguns casos, chega a contar com o apoio aéreo de helicópteros, bloqueios de rua e carros blindados.

Mas não é só a polícia que pode perseguir o jogador. Roubando carros em bairros dominados por gangues rivais, criminosos passam a andar em seu encalço, e esses, adotam atitudes bem menos ortodoxas, conforme pode ser visto na Figura C3.2.



Figura C3.2 – Ataque de gangue rival.
Fonte: GTA4 – Take2 Interactive

4.3.2 – Elementos de Jogabilidade

Por não saber a quantidade nem posição dos oponentes presentes no jogo, é necessária cautela na hora de explorar as vastas cidades que compõem a região metropolitana de *San Andreas* utilizando-se de inferência e *lateral-thinking*, características de jogos com informação incompleta. Por ser um ambiente muito grande, o jogador precisa de percepção espacial para não se perder, além da utilização de mapas e GPS. Também é preciso memória para guardar informações que possam ser vitais a sua sobrevivência, como a posição de hospitais, delegacias, quartéis de gangues rivais, onde comprar armas e munições, a rota mais segura para o seu território, pontos de referência e muitos outros conhecimentos adquiridos dentro do universo do jogo. Os principais elementos que contribuem para a jogabilidade são:

(comparar com a página 77, os textos se repetem, mudando apenas o nome do jogo, é proposital?)

- Liberdade para seguir a história e atuar dentro do universo do jogo;
- Exploração da grande metrópole de *San Andreas*;
- Quantidade e diversidade de missões (*quest*);
- História de enredo complexo e bem elaborado.

4.3.3 – Técnicas de Rejogabilidade

História

- A história do GTA4 tem início e final fixo, porém, devido à liberdade que o jogador possui para andar pela cidade, sua participação na história não é linear, podendo variar sempre de acordo com as decisões do jogador podendo ser diferente a cada nova partida.

Mecânica de Jogo

- O tamanho da metrópole virtual de *San Andreas* é muito grande, formado por grandes cidades, bairros, periferias, zonas industriais, portos, sendo impossível conhecê-la todo em apenas uma partida;
- A maior parte das missões pode ser realizada de formas diferentes, aumentando as opções de escolha de papéis e estratégia;
- A cada nova partida o mundo virtual encontra-se numa configuração diferente, variando assim as condições iniciais de jogo. (novamente, comparar com a página 77, os textos se repetem, mudando apenas o nome do jogo, é proposital?)

4.3.4 – Aplicação da Metodologia

Devido ao tamanho da metrópole virtual de *San Andreas* (Figura C3.3), foi escolhido para esse caso apenas o estudo de um dos muitos bairros do jogo, o *Ganton*. O jogo sempre se inicia nesse bairro, que é o território controlado por sua gangue, a *Grove Street Families*, local onde se encontra também a casa da sua família.



Figura C3.3 – Mapa da metrópole de *San Andreas*.
Fonte: GTA4 – Take2 Interactive

É possível observar na Figura C3.3 que a metrópole é formada por três grandes cidades (área quadriculada em branco), separadas de limites geográficos naturais (montanhas, lagos, rios etc., demarcadas em verde). Foi considerado então que todo o mapa é uma biosfera e cada uma das regiões existentes ali (bairros) como um ecossistema.

Para incluir características de seres vivos nos elementos do jogo, torna-se necessário classificá-los de acordo com a estrutura dos ecossistemas biológicos. Propõe-se a criação de uma propriedade na entidade que receberá consumidores primários, secundários, terciários, agentes poluidores e o ambiente que os abriga.

Na maioria dos bairros, assim como em *Ganton* é possível encontrar as seguintes criaturas (Figura C3.4 da esquerda para a direita): Carros, policiais e membros de gangues. Os demais elementos encontrados no jogo foram considerados como ambiente.



Figura C3.4 – Criaturas encontradas no ecossistema de *Ganton*.
Fonte: GTA4 – Take2 Interactive.

As populações de *carros* foram classificadas como consumidores primários. São amistosos, atropelando o jogador apenas durante assaltos. Já os *membros de gangue* encontram-se um nível acima na cadeia trófica, atacando o jogador quando esse invadir o seu território por considerá-lo como um concorrente. Tanto o jogador quanto os *membros de gangue* foram classificados como consumidores secundários. Outra entidade incluída nesse estudo são os *policiais*, eles estão presentes andando pela rua ou fazendo patrulhamento com carros. Devido a sua dependência e relacionamento com todos os demais elementos do jogo, foram considerados como consumidores terciários (super predadores).

- Carros[nível trófico] = consumidor primário;
- Jogador[nível trófico] = consumidor secundário;
- Membros de gangue[nível trófico] = consumidor secundário;
- Mercador[nível trófico] = consumidor terciário.

Para cada um dos bairros do jogo, foi criada uma propriedade chamada *segurança atual* que representa quanto o bairro é seguro. Para os carros, foi necessário duas propriedades: a) *valor do seguro*, que indica o valor proporcional do carro e b) *segurança mínima*, que indica o mínimo de segurança necessário para atrair um carro para determinado bairro (*regra 1*).

Carros caros e luxuosos, como uma *Ferrari*, que possui um alto *valor do seguro* e *segurança mínima*, só será encontrado em bairros ricos, com alto valor de *segurança atual*. Carros mais simples e baratos, como *fusca*, podem ser encontrados em todos os bairros do jogo, mas em sua maioria em bairros da periferia, pobres com baixo valor de *segurança atual*.

Toda vez que um carro é roubado ou destruído, seja pelo jogador ou por membros de gangues, o *valor do seguro* do carro vai ser descontado da *segurança atual* daquele bairro. Assim, a quantidade de segurança de um bairro é diretamente proporcional à quantidade de carros roubados naquela região.

Para os consumidores secundários, ou seja, para o jogador e para os membros de gangue, foi criada uma propriedade chamada *ameaça pública*, que indica o quão perigoso é aquele indivíduo para a sociedade. Toda vez que um consumidor secundário, seja ele o

jogador ou algum membro de gangue, roubar ou destruir um carro, o *valor do seguro* daquele carro será adicionado à propriedade *ameaça pública* da entidade.

A agressividade dos consumidores secundários está diretamente ligada a *segurança atual* do bairro em que vive. Quanto menor for o valor da *segurança atual*, maior será a sua agressividade. Quando carros começarem a ser roubados ou destruídos em um determinado bairro, os membros de gangue que controlam aquele bairro atacarão outros consumidores secundários, dando preferência aqueles com maior valor de *ameaça pública* (*regras 2 e 3*).

Os consumidores terciários são atraídos por bairros com baixo valor de *segurança atual*, por tanto, quanto maior o número de roubos num determinado bairro, menor será o valor da sua *segurança atual*, aumentando assim a presença de policiais (consumidores terciários). Os policiais sempre atacaram entidades com valor de *ameaça pública* maior do que zero, dando preferência aqueles com maior valor dessa propriedade.

Toda vez que o jogador ou um membro de gangue for morto ou preso, o valor da sua *ameaça pública* será adicionada ao valor da *segurança atual* do bairro em que ele foi autuado.

4.3.5 – Análise

Após a aplicação das características de seres vivos, foram criadas regras que definem o comportamento das entidades em relação às demais dentro de um mesmo ecossistema.

Caso o jogador roube indiscriminadamente os consumidores primários (*carros*) de um mesmo bairro, ele sofrerá fisicamente, com o aumento da ameaça dos consumidores secundários (*membros de gangues*) e terciários, já que haverá um aumento no policiamento e ambos estarão sempre a busca de jogador caso sua *ameaça pública* for alta (*regras 3 e 4*).

Por outro lado, também há a possibilidade do jogador eliminar os *membros de gangues* para diminuir a concorrência em determinadas regiões, favorecendo assim suas ações no mundo do crime (*regra 5*).

Após a implementação da *Artificial Life*, a disposição do policiamento e a periculosidade dos membros da gangue estarão diretamente relacionadas às ações do jogador dentro do universo do jogo.

Antes de um grande assalto a banco, o jogador pode matar membros de gangues em bairros vizinhos, aumentando assim a segurança daquele local, diminuindo o policiamento da região. Essa estratégia pode ser realizada em diversas localidades, criando um caminho

seguro que pode ser utilizado para voltar ao seu território sempre que estiver sendo perseguido tanto por bandidos quanto por mocinhos.

O jogador também pode escolher ir para uma região afastada da cidade, efetuar roubos, destruir casas, ameaçar pessoas, fazendo cair drasticamente o valor da segurança daquela região, fazendo com que o policiamento migre para aquela região, deixando outros bairros mais desprotegidos para seus futuros golpes.

Com essa análise chega-se a dois pontos:

- a) A relação predador/presa modifica a situação dos ecossistemas presentes no jogo tornando cada partida uma experiência única, aumentando as opções de estratégia que, segundo Adams (2001-2), é uma técnica de rejogabilidade;

- b) A possibilidade de alterar a harmonia de um ecossistema (bairro), seja aumentando ou diminuindo sua segurança, aumenta as opções de estratégias, considerada por Adams (2001-2) como uma técnica de rejogabilidade;

Vale ressaltar que os três itens acima não alteraram a jogabilidade.

5 DISCUSSÃO

Neste capítulo será realizada a discussão sobre os dados obtidos através da realização do estudo multi-caso com três jogos de gêneros distintos, verificando-se a aplicação de características baseadas na observação de ecossistemas biológicos dentro de jogos eletrônicos, com o objetivo de buscar um ganho na rejogabilidade.

Caso 1 – *Age of Empires 2 (AoE2)*

No primeiro estudo de caso, do jogo *Age of Empires 2 (AoE2)*, foram propostas inclusões de propriedades nas entidades controladas por inteligência artificial, com o intuito de adicionar característica de seres vivos a estas.

Ao se aplicar a **regra 1**, criou-se um ciclo de transferência de energia entre o ambiente e as entidades ali presentes. Com isso as entidades passaram a se alimentar e reproduzir, determinando também a relação de predação, ou seja, de quem come quem.

Com as **regras 3 e 4**, definiu-se a relação de comportamento entre os indivíduos de espécies diferentes, presentes em diversos níveis tróficos, determinando o seu comportamento caso a harmonia entre esses seres seja de alguma forma abalada.

Por fim, a **regra 6** propôs o comportamento das entidades com o seu meio, simulando a migração para outros ecossistemas em busca de condições melhores de sobrevivência.

A análise realizada após a aplicação da *Artificial Life* demonstrou que tais modificações contribuíram para o reforço da jogabilidade, considerado por Adams (2001-2) como uma técnica de rejogabilidade. Também foi observado o aumento do número de estratégias disponíveis para o jogador, também considerado por Adams (2001-2) como uma forma de rejogabilidade.

Caso 2 – *Everquest 2 (EQ2)*

No segundo estudo de caso, também foram propostas inclusões de propriedades nas entidades controladas por inteligência artificial, com o intuito de adicionar característica de seres vivos a estas.

Diferente do primeiro caso, não houve a necessidade de aplicar a **regra 1**, tendo em vista que o jogo já programa o controle populacional, fazendo que novas criaturas sejam

adicionadas ao jogo em substituição a outras eliminadas pelo jogador. A **regra 6** também não foi adicionada já que a migração de criaturas para ecossistemas diferentes dentro da biosfera do jogo alteraria a sua jogabilidade.

A aplicação das **regras 3 e 4** fizeram-se necessárias para definir o comportamento entre as entidades dentro do jogo, bem como a influência das ações do jogador com a harmonia do ecossistema.

Durante a análise após a inserção de elementos de *Artificial Life* no jogo foi observado o aumento de fatores de rejogabilidade, como a variação das condições iniciais do jogo e do aumento das opções de estratégia. (Adams, 2001-2)

Caso 3 – Grand Theft Auto: San Andreas (GTA4)

Diferente dos casos anteriores, no GTA4, inicialmente, houve certa dificuldade em classificar as entidades como integrantes de um ecossistema. Isso aconteceu, pois nas análises anteriores, não haviam animais que se assemelhavam às classes de consumidores primários, secundários etc.

No GTA4, há apenas carros e pessoas, dificultando assim a busca por semelhanças que lembrassem um ecossistema biológico. Foi importante, nesse caso, observar que a metodologia busca implantar nos jogos a harmonia entre as entidades que vivem em uma determinada região e a inter-relação entre eles.

Assim, a relação de dependência entre carros (objetos de roubo) com ladrões e policiais pode ser classificada como uma relação de predação, com as aplicações das **regras de 2 a 5**. Também foi necessário aplicar a **regra 1** determinando a quantidade de energia (segurança) e como se dá a sua distribuição dentro dos diversos níveis tróficos.

Durante a análise após a inserção de elementos de *Artificial Life* foi observado o aumento de fatores de rejogabilidade, como aumento das opções de estratégia e o reforço na jogabilidade fazendo com que as partida sejam sempre diferentes. (Adams, 2001-2)

Análise dos Casos

Com os dados obtidos pelo estudo dos três casos, observou-se que todos eles apresentaram ganho na rejogabilidade e/ou reforço de jogabilidade após a implantação de características de componentes de ecossistemas biológicos.

Também vale ressaltar que os jogos possuíam jogabilidade e rejogabilidade

diferentes, mas mesmo assim, a principal característica herdada com a implantação do *Artificial Life* foi a construção do ecossistema, definição da relação e a troca de energia dentro dos diversos níveis tróficos, bem como a relação das entidades ali representadas.

6 CONCLUSÃO

Num primeiro momento, foram encontrados indícios que comprovam a afirmação de que, quando se adicionam características de seres vivos na inteligência artificial que controla as entidades de um jogo, a interação entre elas gera eventos não programados, como o que acontece em sistemas com *Artificial Life*.

Porém, devido à complexidade para a elaboração e implementação de um jogo completo, o trabalho limitou-se em testar a metodologia proposta em jogos já existentes. Por se tratar de jogos comerciais com código fonte fechado e proprietário, as análises foram totalmente teóricas.

Todavia, as simulações efetuadas nesses estudos demonstraram a existência de eventos não previstos durante o planejamento das modificações, com a inserção das características de seres vivos baseadas na observação do funcionamento de ecossistemas biológicos, o que reforça a premissa levantada na metodologia que diz: “*quando os elementos que compõem o jogo forem modelados a partir das características de Artificial Life, a interação entre os elementos do jogo deverá gerar eventos não programados, podendo levar a desafios implícitos, culminando num fator de rejogabilidade maior*”. (quem disse?)

Essa premissa foi elaborada com base nos conceitos oriundos da A-Life, que afirma que as criaturas sintéticas que povoam sistemas artificiais são capazes de demonstrar em conjunto um comportamento emergente, ou seja, que surge de forma não explícita, de algo para o qual não foi diretamente programado. Os comportamentos locais, ou de cada criatura, em alguns casos, podem ser programados, mas o comportamento que emerge de um sistema *Artificial Life*, não.

Por meio dos dados obtidos pelas simulações, pode-se afirmar ainda que a proposta apresentada neste trabalho adequa-se a jogos de gêneros diversos, tendo em vista que para a realização do estudo multi-caso, houve a preocupação da escolha de jogos de gêneros diferentes, e em todos eles, se notou reforço na jogabilidade ou ganho de rejogabilidade segundo os parâmetros apontados no referencial teórico. Entretanto, nenhuma técnica de rejogabilidade é 100% aplicável em todos os casos.

Para trabalhos futuros, indicam-se o projeto, implementação e avaliação de um jogo completo, programando-se uma versão com *Artificial Life*, e outra sem a mesma,

tornando viável, desta forma, a comparação do valor da jogabilidade e rejogabilidade de ambas. Pode-se ainda, avaliar em jogos comerciais, a existência de técnicas que se assemelhem às propostas desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ADAMS, E. *Replayability, Part One: Narrative*. Disponível em: <http://www.gamasutra.com>
Acesso em: 14/04/2005.

ADAMS, E. *Replayability, Part 2: Game Mechanics*. Disponível em:
<http://www.gamasutra.com> Acesso em: 14/04/2005.

BALLARD, H.D. *An Introduction to Natural Computation*. Cambridge: The MIT Press, 2000.

BARONE, D. et al. (ed.) *Sociedades artificiais - A nova fronteira da inteligência das máquinas*. Porto Alegre: Bookman, 2003.

BEDAU, M.; McCASKILL, J. S.; PACKARD, N.; RASMUSSEN, S.; ADAMI, C.; GREEN, D. G.; IKEGAMI, T.; KANEKO, K.; RAY, T. Open problems in artificial life. *Artificial Life*. v. 6, p. 363-376, Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2000.

BETHKE, E. *Game Development and Production*. Plano: Wordware Publishing, 2003.

BOURG, D. M.; SEEMAN, G. *AI for Game Developers*. Cambridge: O'Reilly, 2004.

BOURG, D. M. *Physics for Game Developers*. Cambridge: O'Reilly, 2002.

BROOKS, R. Artificial Life and Real Robots. "Toward a Practice of Autonomous Systems: Proceedings of the First European Conference on Artificial Life". Cambridge: MIT Press, 1992, p. 3-10 (Paper).

Brown, JH; **Heske**, EJ Control of a desert-grassland transition by a keystone rodent guild. *Science* 1990, 250, 1705--1707.

BUCKLAND, M. *AI Techniques for Game Programming*. Cincinnati: Premier Press, 2002.

BUCKLAND, M. *Programming Game AI by Example*. Plano: Wordware Publishing, 2005.

CAVUTO, D. J. An Exploration and Development of Current Artificial Neural Network Theory and Applications with Emphasis on Artificial Life. The Cooper Union for the Advancement of Science and Art. Albert Nerken School of Engineering. . 117p. Mestrado (Mestrado em Engenharia). New York: The Cooper Union, 1996.

CHAMPANDARD, A. J. *AI Game Development: Synthetic Creatures with Learning and Reactive Behaviors*. Indianapolis: New Riders Publishing, 2003.

CHEN, L.; BECHKOUM, K.; CLAPWORTHY, G. Equipping a Lifelike Animated Agent with a Mind Source. Proceedings of the Third International Workshop on Intelligent Virtual Agents. *Lecture Notes In Computer Science*, v. 2190, p. 72 - 85 - 2001

DELOURA, M. *Game Programming Gems*. Rockland: Hingham River Media, 2000.

DEMARIA, R.; WILSON, J.L. *High Score: The Illustrated History of Electronic Games*. 2.ed. Emeryville: McGraw-Hill Osborne Media, 2003.

DRESHER, M. *The Mathematics of Game of Strategy: theory and applications*. New York: Dover Publications, 1981.

DUNN, F.; PARBERRY, I. *3D Math Primer for Graphics and Game Development*. Plano: Wordware Publishing, 2002.

EBERLY, D. H.. *3D Game Engine Design*. San Diego: Morgan Kaufmann Publishers, 2000.

ELMAN, J. Connectionism, Artificial Life, and Dynamical Systems. In: BECHTEL, W.; GRAHAM, G. (eds.). *A Companion to Cognitive Science*. New York: Blackwell, 1998. pp.488-505

ESA – Entertainment Software Association. *Essential Facts About the Computer and Video Game Industry*. 2004 (EFBrochure2004) Disponível em: <http://www.theesa.com> Acesso em: 15/01/2005.

ESA – Entertainment Software Association. *Essential Facts About the Computer and Video Game Industry*, 2005. Disponível em: <http://www.theesa.com> Acesso em: 21/01/2006.

FISCHER, M.L.; COLLEY, E. *Espécie invasora em reservas naturais: caracterização da população de Achatina fulica Bowdich, 1822 (Mollusca – Achatinidade) na Ilha rasa, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil*. Revista Biota Neotropica, Vol. 5 (n1): 1-18, 2005.

FUNGE, J. D. *AI for Games and Animation: a cognitive modeling approach*. Wellesley: AK Peters, 1999.

GINSBERG, M. *Essentials of Artificial Intelligence*. San Diego: Morgan Kaufmann Publishers, 1993.

HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK, R. *Fundamentos da Física*. V.2. 6.ed. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.: Rio de Janeiro, 2002.

IDSA – Interactive Digital Software Association. *Economic Impacts of the Demand for Playing Interactive Entertainment Software*. 2001 (EIS2001) Disponível em: <http://www.idsa.com> Acesso em: 02/02/2004.

IDSA – Interactive Digital Software Association. *Essential Facts About the Computer and Video Game Industry*. 2002 (IDSABooklet2002) Disponível em: <http://www.idsa.com> Acesso em: 02/02/2004.

IDSA – Interactive Digital Software Association. *Essential Facts About the Computer and Video Game Industry*. 2003 (EF2003) Disponível em: <http://www.idsa.com> Acesso em: 02/02/2004.

- IDSA – Interactive Digital Software Association. *State of the Industry: report 2000-2001*. 2001 (SOTI2001) Disponível em: <http://www.idsa.com> Acesso em: 02/02/2004.
- IGDA – Internacional Game Developers Associations. *2004 Persistent Worlds Witepaper*. 2004. Disponível em: <http://www.igda.org> Acesso em: 30/04/2004.
- KAWICK, M. *Real-Time Strategy Game Programming*. Plano: Wordware Publishing, 1999.
- KENT, S. L. *The First Quarter: A 25-year History of Video Games*. . Marietta: BWD Press, 2001.
- KENT, S. L. *The Ultimate History of Video Games*. . Three Rivers: Three Rivers Press, 2001.
- LAMOTHE, A. *Tricks of the Windows game programming gurus*. Indianapolis: Sams, 1999.
- LANGTON, C. G. *Artificial Life: an overview*. Cambridge: MIT Press, 1998.
- LEVY, S. *Artificial Life: a report from the frontier where computers meet biology*. New York: Vinage Books, 1992.
- LEVY, S. *Artificial Life: the quest for a new creation*. New York: Pantheon Books, 1992.
- LUGER, G. F. *Inteligência Artificial: estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos*. São Paulo: Bookman, 2004.
- MEIGS, T. *Ultimate Game Design: Building game worlds*. New York: McGraw-Hill/Osborne, 2003.
- MYERSON, R. B. *Game Theory: Analysis of Conflict*. Cambridge: Harvard University Press, 2001.
- NILSSON, N.J. *Principles of Artificial Intelligence*. New York: Springer-Verlag, 1982.
- ODUM, E.P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.
- PEDERSEN, R. E. *Game Design Foundations*. Plano: Wordware Publishing, 2003.
- RABIN, S. *AI Game Programming Wisdom 2 (Game Development Serires)*. Hingham: Charles River Media, 2003.
- RABIN, S. *AI Game Programming Wisdom*. Hingham: Charles River Media, 2002.
- REYNOLDS, C. W. *Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model*. Journal of Computer Graphics 4(21):25–34, 1987.
- REYNOLDS, C. W. *Steering Behaviors for Autonomous Characters*. In: Proceedings of Game Developers Conference, San Jose: Miller Freeman Game Group. 1999. p. 763-782.
- ROLLINGS, A.; ADAMS, E. *Game Design*. Indianapolis: New Riders Publishing, 2003.

- ROLLINGS, A.; MORRIS, D. *Game Architecture and Design*. Indianapolis: New Riders Publishing, 2003.
- ROUSE III, R. *Game Design: Theory & Practice*. 2.ed. Plano: Wordware Publishing, 2005.
- ROUSE III, R. *Game Design: Theory & Practice*. Plano: Wordware Publishing, 2001.
- RUSSEL, S.; NORVIG, P. *Artificial intelligence: A Modern Approach*. 2.ed. New Jersey: Pearson Education, 2003.
- SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. Cumberland: The MIT Press, 2004.
- SALISBURY, A. *Game Development Business and Legal Guide*. Cincinnati: Premier Press, 2003.
- SCHULZE, E. D.; MOONEY, H.A. *Biodiversity and Ecosystem Function*. New York: Springer-Verlag, 1994.
- SHELDON, L. *Character Development and Storytelling for Games*. Cincinnati: Premier Press, 2004.
- STERLING, B. Artificial Life. *Magazine of Fantasy and Science Fiction*. 1992, column #4. Hoboken, NJ (Paper).
- TAYLOR, T.J. *From Artificial Evolution to Artificial Life*. University of Edinburgh, 1999. 295p. Tese (Doutorado em Engenharia) Edinburgh: The University of Edinburgh, 1999.
- TELES, H.M.S.; VAZ, J.F.; FONTES, L.R.; DOINGOS, M.F. *Registro de Achatina fulica Bowdich, 1822 (Mollusca, Gastropoda) no Brasil: caramujo hospedeiro intermediário da angiostrongilíase*. *Revista Saúde Pública*, 31 (3): 310-12, 1997.
- TERZOPOULOS, D. (Org.). *Artificial Life for Graphics, Animation, Multimedia, and Virtual Reality*, Course 22 Notes. SIGGRAPH (Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques) 1998 (Conference).
- THALMANN, N. M.; THALMAN, D. (eds). *Artificial Life and Virtual Reality*. New York: John Wiley & Sons, 1994.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)