

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



FEUP

Geração procedimental de níveis de jogo com base no conceito de play-persona

António Miguel Oliveira Ferreira

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Orientador: António Coelho (Professor)

Co-orientador: Rui Rodrigues (Professor)

28 de Julho de 2012

Geração procedimental de níveis de jogo com base no conceito de play-persona

António Miguel Oliveira Ferreira

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: António Augusto de Sousa (Doutor)

Vogal Externo: Maximino Bessa Luís Magalhães (Doutor)

Orientador: António Coelho (Doutor)

28 de Julho de 2012

Resumo

O crescimento constante da indústria dos jogos digitais trouxe consigo um maior número de complicações e dificuldades no seu desenvolvimento e desenho. Torna-se cada vez mais necessário a procura de soluções que permitam a geração de conteúdo de uma forma válida e eficaz que seja passível de ser usada no produto final. Para além dos benefícios mencionados, a possibilidade de adaptação do conteúdo ao jogador tem vindo a ganhar uma importância cada vez mais significativa nos meios académicos e comerciais. Esta dissertação pretende dar um passo em frente na geração de conteúdo personalizado, através da exploração da análise comportamental do jogador que atualmente se encontra desacoplada da geração procedimental e também do uso conjunto de vários modelos teóricos de perceção da experiência do jogador que têm vindo a ser explorados nos últimos anos. Para tal serão desenvolvidas metodologias que permitam capturar a experiência do jogador de uma forma útil e significativa, modelar esses dados e criar conteúdo de forma a melhorar a sua qualidade de acordo com o modelo criado anteriormente e os modelos teóricos mencionados. Espera-se demonstrar a viabilidade da geração procedimental no panoramana atual da indústria e a importância que a adaptação de conteúdo gerada pode ter na experiência final do jogador. Desta forma pretende-se reforçar o potencial desta área e espera-se que este trabalho sirva como base em futuras investigações relacionadas com o tema.

Palavras-chave: Geração procedimental de conteúdo, *Play-Persona*, Adaptação, Perceção da experiência do jogo

Abstract

The constant growth of the digital gaming industry brought a number of issues and difficulties in its development and design. Therefore it becomes increasingly important to search for solutions that allow procedural content generation in a valid and efficient way that is able to be used in the final product. Beyond these advantages, the possibility of content adaptation in regards to the player has been gaining a greater weight in the academic and commercial venues. This dissertation intends to take a step forward in adaptable content generation through the behavioural analysis that is currently detached from procedural techniques and also through the use of several theoretical models of experience perception that have been explored in the last years. In order to do so it is necessary to develop methodologies that allow the capture of player experience in a useful and meaningful way, create a model based in that data and generate content that maximizes the quality based in both the model and the theoretical models. This work will hopefully demonstrate the usefulness of procedural content generation in the industry's current panorama and the importance that content adaptation can have on the player's final experience. This way, it is intended to reinforce this area's potential and it is hoped that this work proves to be a base for future related investigations.

Keywords: Procedural content generation, Play-Persona, Adaptation, Game's experience perception

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao meu orientador, António Fernando Vasconcelos Cunha Castro Coelho, e ao meu co-orientador, Rui Pedro Amaral Rodrigues, pelo apoio, incentivo e ajuda proporcionada durante todo o trabalho desenvolvido na Dissertação e pela oportunidade de estudar uma área tão entusiasmante como esta.

Gostaria de agradecer ao meu orientador na empresa, Hugo Simões, pela introdução ao ambiente de desenvolvimento sobre o qual iria recair o meu trabalho e pela resolução de problemas que se revelou crucial durante todo o processo. Aproveito também para agradecer à direção da *App-Generation* pela disponibilização de um espaço nas suas instalações e pelo material tecnológico que me permitiu realizar a dissertação.

Por fim gostaria de agradecer à minha família e à minha namorada, pela compreensão e apoio ininterrupto que demonstraram e continuam a demonstrar.

António Miguel Oliveira Ferreira

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento e Motivação	1
1.2	Descrição do Problema	2
1.3	Objetivos	2
1.4	Trabalho relacionado	3
1.5	Estrutura da Dissertação	3
2	Revisão Bibliográfica	5
2.1	Ludologia	5
2.2	Perceção da experiência de jogo	8
2.3	Play-Personas	13
2.4	Tipos de geração procedimental	17
2.5	Geração procedimental de conteúdo para jogos digitais	17
2.5.1	Espaços de jogo	18
2.5.2	Componentes gráficas	21
2.5.3	Narrativa	22
2.5.4	Outros	24
2.5.5	Conclusão	27
2.6	Geração procedimental dinâmica	27
2.6.1	Modelação da experiência do jogador	28
2.6.2	Representação do conteúdo	30
2.6.3	Geração do conteúdo	31
2.6.4	Avaliação do conteúdo	31
2.6.5	Conclusão	33
3	Metodologia	35
3.1	Estrutura e fluxo	35
3.2	Modelação do jogador	37
3.2.1	Paradigmas	38
3.2.2	Estilos	39
3.2.3	Métricas	43
3.2.4	Play-Personas	44
3.2.5	Problemas e cuidados	45
3.3	Geração	47
3.4	Análise	52
3.5	Avaliação	52
3.6	Conclusão	61

CONTEÚDO

4	Implementação	63
4.1	Strategy Wars	63
4.2	Paradigmas	65
4.3	Estilos	67
4.3.1	Expansão	67
4.3.2	Gestão Militar	70
4.3.3	Gestão Financeira	73
4.3.4	Fluxo da captação dos estilos	73
4.4	Play-Personas	73
4.5	Geração	74
4.5.1	<i>Layout</i>	74
4.5.2	Preenchimento	76
4.5.3	Militar	77
4.5.4	Financeira	78
4.5.5	Fluxo	78
4.6	Análise	78
4.7	Avaliação	81
4.8	Conclusão	83
5	Resultados e testes	85
5.1	Modelação	85
5.2	Geração	87
5.3	Avaliação	88
5.4	Conclusão	89
6	Conclusões e trabalho futuro	91
6.1	Satisfação dos Objetivos	91
6.2	Trabalho futuro	92
	Referências	95

Lista de Figuras

2.1	As três componentes principais de um jogo, adaptado de [HLZ04]	5
2.2	Estrutura hierárquica dos componentes presentes na framework, retirado de [SCW08]	8
2.3	Gráfico representativo das varáveis em jogo na determinação da satisfação de um utilizador durante a execução de uma tarefa, aptado de [Csi91]. Este gráfico representa a necessidade da adaptação da dificuldade da tarefa de forma proporcional à habilidade que o utilizador vai ganhando à medida que a vai efetuando. Se a tarefa se tornar demasiado difícil o utilizador fica ansioso, enquanto que se se revelar demasiado fácil o utilizador fica aborrecido e sem vontade de continuar. .	10
2.4	Uma vista normal de um jogo de Sonic The Hedgehog 4, onde é possível ver que para além do objetivo base do jogo que consiste em acabar o nível também são apresentadas duas áreas representadas dentro dos rectângulos vermelho que simbolizam dois objetivos extra. O da esquerda revela-se um objetivo opcional de otimização enquanto que o da direita revela-se como um objetivo primário através da restrição temporal imposta para acabar o nível.	12
2.5	É possível usar a hierarquia de necessidades do ser humano proposta em [Mas43] para contextualizar o foco lúdico atual dos jogos digitais. Dentro do rectângulo vermelho encontram-se as áreas maioritariamente exploradas atualmente, deixando de parte muitas outras de maior importância.	12
2.6	Esquema representativo da ligação entre as 4 componentes que permitem a determinação da personalidade do jogador, adaptado de [Can09].	16
2.7	Esquema representativo de uma possível definição de um domínio multi-dimensional da personalidade do jogador, onde a criação de personas (atleta, cerebral e bruto) nasceria da triangularização dos estilos de jogo medidos nas três dimensões representados como eixos na imagem. Adaptado de [Can09]	16
2.8	Diagrama da arquitetura da ferramenta Launchpad, adaptado de [SWM+11] . . .	20
2.9	Exemplo de uma vista de um cenário do jogo Oblivion [Bet06], representativo da quantidade de detalhe que é necessário para tornar o mundo credível.	21
2.10	Esquema representativo da ferramenta SketchaWorld, retirado de [STdKB11]. . .	22
2.11	Esquema funcional da interface adjetival, retirado de [HGC09].	22
2.12	Esquema funcional da interface adjetival, retirado de [HGC09].	23
2.13	Arquitetura da framework RoleModel, retirado de [CSJ+10].	24
2.14	Arquitetura da framework RoleModel, retirado de [CSJ+10].	28
3.1	Estrutura e fluxo do comportamento do sistema proposto na metodologia apresentada. As caixas com o contorno tracejado representam os diferentes módulos presentes.	36

LISTA DE FIGURAS

- 3.2 Esquema de modelação da metodologia apresentada. Os quatro círculos representam possíveis localizações de modelações relativas a quatro jogadores distintos. Os círculos vermelhos (C,D) representam jogadores que apresentam o mesmo nível de capacidade de jogo mas revelam personalidades substancialmente diferentes enquanto que a situação inversa se verifica no caso dos jogadores representados pelos círculos verdes (A,B). 37
- 3.3 Figura representativa dos paradigmas existentes no *Civilization V* e no alcance expressivo que esses paradigmas podem atingir. O tamanho dos círculos representa a relação do alcance entre os vários paradigmas existentes e o tamanho do círculo global do jogo pode ser considerado como a soma do alcance de todos os paradigmas nele presente. 39
- 3.4 Figura representativa de uma possível conversão entre dois paradigmas do jogo *Civilization V* e respectivos estilos (correspondentes a espectros onde irá ser situado o valor desse estilo). O número de estilos que é possível retirar de um determinado paradigma depende do seu alcance expressivo resultante da sua complexidade e é representado na figura através do tamanho relativo entre os círculos representativos dos dois paradigmas. 40
- 3.5 Esquema representativo da adaptação que tem que ser feita aos diferentes espectros de estilos de jogo que estarão presentes no modelo completo da personalidade do jogador. Enquanto que ambos os estados representam um subconjunto de interações em relação às possíveis na totalidade do jogo, o segundo é mais abrangente sendo um melhor indicador do estilo a ter em conta devido à maior dimensão da linha que representa uma maior liberdade no aspecto a considerar. 41
- 3.6 Situação sem adaptação do espectro ao estado de jogo em questão. Neste caso o estado 1 estaria severamente limitado a uma gama de valores significativamente baixa do estilo a ter em conta o que restringia a utilidade dessa dimensão nesse caso. 42
- 3.7 Determinação do vetor de estilo de jogo através das compreensão direta das ações que foram tomadas durante o turno pelo jogador que levaram à transformação do estado inicial no estado final. 42
- 3.8 Determinação do vetor de estilo de jogo através do cálculo das ações tomadas por comparação entre os estados do turno. 43
- 3.9 Esquema final representativo da conversão entre paradigmas, estilos correspondentes e métricas/eventos de jogo necessárias para a sua formulação. 43
- 3.10 Representação visual do processo de determinação de personas baseada exclusivamente na análise histórica das sessões de jogo existente. 45
- 3.11 Vista geral do processo de geração, adaptação/alteração e percepção por parte do jogador. 47
- 3.12 Fluxo geral da geração de um sistema compatível com a metodologia proposta. . 48
- 3.13 Interação das várias partes integrantes de um sistema de geração procedimental de conteúdo. O processo é dividido em fases que representam camadas diferenciáveis que constituem o conteúdo a ser gerado. 50
- 3.14 Esquema representativo da constituição e fluxo da geração através das várias camadas de um espaço de jogo. 50
- 3.15 Interação das várias partes integrantes de um sistema de geração procedimental de conteúdo. O processo é dividido em fases paralelas às camadas constituintes do conteúdo. 54

LISTA DE FIGURAS

3.16	Para além das diferentes amostras geradas, a perceção que o jogador final vai ter do conteúdo depende do avatar que este controlar para o caso de jogos onde existem vários avatares possíveis de serem controlados num dado espaço de jogo.	55
3.17	Fluxo geral do processo de geração, análise e avaliação.	55
3.18	Comparação entre o fluxo típico de um jogo de plataformas (neste caso é o <i>Super Mario Bros 3</i> [Nin90]) onde o jogador segue um caminho linear entre o ponto inicial e o ponto final e um jogo de estratégia onde o rota que o jogador irá tomar não pode ser conhecida a priori.	56
3.19	Se a dificuldade base que foi calculada para o espaço não se situar nos limites da janela de dificuldade aceitável definido na modelação da capacidade do jogador, o conteúdo não é considerado adequado.	57
3.20	A capacidade do jogador é representada através dos limites mínimos e máximos da janela de dificuldade aceitável para a performance demonstrada por este. . . .	57
3.21	Comparação entre diferentes evoluções da percentagem territorial do jogador ao longo de três jogos com a mesma duração. Enquanto que a evolução no primeiro gráfico foi constantemente positiva sem máximos locais, a segunda e a terceira tiveram algumas quebras. A diferença no número de quedas e na força das quedas diferencia o segundo o terceiro gráficos no que diz respeito à dificuldade que o jogador teve para completar o nível.	58
3.22	A dificuldade sentida pelo jogador em espaços de jogos anteriores irá resultar numa movimentação da janela de dificuldade aceitável.	59
3.23	Para que o conteúdo seja avaliado terá que passar um conjunto de filtros que podem abranger diferentes aspetos, desde dificuldade até dimensão desejada.	59
3.24	Esquema representativo das dependências na utilidade/efetividade das várias partes do processo da metodologia proposta. As setas indicam que a origem depende do destino e as elipses com contorno verde tracejado representam componentes ou domínios cuja complexidade pode ser alterada.	60
4.1	Imagem de um possível estado de jogo.	64
4.2	Arquitetura do sistema do ponto de vista da modelação da personalidade do jogador.	66
4.3	Paradigmas do jogo <i>Strategy Wars</i>	66
4.4	Exemplo de conectividade hexagonal. Neste caso o hexágono central tem 2 hexágonos adjacentes que pertencem ao mesmo jogador em 6 possíveis, o que resulta numa conectividade de 0,33.	68
4.5	Duas expansões possíveis a partir do mesmo estado inicial que se traduzem em dois valores praticamente opostos no estilo caracterizador do tipo de expansão. . .	69
4.6	Exemplo do cálculo do poder efetivo de uma região. O valor numérico representa o dinheiro da região e o caracter representa uma unidade (S - soldado, C - cavaleiro, R - rei, T - torre)	70
4.7	Estado hipotético de jogo onde o jogador humano é caracterizado pela cor verde. A única região do jogador tem duas regiões adjacentes inimigas que têm dois valores de poder significativamente diferentes.	70
4.8	Exemplo de uma expansão constituída por 3 ataques distribuídos pelas duas regiões inimigas adjacentes à região original do jogador.	71
4.9	Estado de jogo hipotético onde o território do jogador humano, caracterizado pela cor verde, tem 4 hexágonos em perigo representados na imagem com um contorno laranja e 1 deles desprotegido representado pelo contorno tracejado. Os semicírculos indicam o alcance defensivo das unidades posicionadas na região.	72
4.10	Possíveis direções de expansão caracterizadas pelo número da aresta do hexágono.	75

LISTA DE FIGURAS

4.11	Exemplo de três possíveis ciclos de geração estrutural, sempre com o objetivo de afastamento. As direções laranjas representam possíveis direções de afastamento enquanto que as vermelhas representam aproximação	76
4.12	Exemplo de um estado estrutural indesejado. A conectividade hexagonal é tão baixa que daria origem a um jogo extremamente desinteressante devido à liberdade reduzida.	77
4.13	Fluxo de geração do sistema desenvolvido para a criação de mapas para o jogo <i>Strategy Wars</i>	79
4.14	Alguns exemplos de visualização de mapas criados depois de toda a geração.	80
5.1	Fluxo dos testes da componente de avaliação do sistema especificado e implementado.	88

Lista de Tabelas

3.1	Esta tabela apresenta um sub-conjunto de estilos de vários paradigmas, as suas definições através do significado dos seus extremos e a consequente caracterização do líder <i>Mahatma Gandhi</i> nos espectros apresentados.	46
3.2	Esta tabela mostra algumas características passíveis de serem extraídas em diferentes camadas e problemas/particularidades a ter em conta na determinação do seu valor	53
4.1	Características das unidades existentes no jogo.	65
4.2	Informação sobre os centros dos dois principais <i>clusters</i> encontrados e o número de elementos dentro de cada <i>cluster</i> . E - expansividade, DEO - Dimensão do exército ofensivo, TDE - Tipo de exército, RF - Risco financeiro, TE - Tipo de expansão, PT - Proteção territorial, TA - Tipo de ataque	74
5.1	Valores das <i>play-personas</i> dos jogadores presentes nos testes depois de jogarem a bateria de níveis inicial.	89

LISTA DE TABELAS

Abreviaturas e Símbolos

3D	<i>Three dimensional</i>
DEO	Dimensão do exército
E	Expansividade
EDPCG	<i>Experience-driven procedural content generation</i>
FPS	<i>First person shooter</i>
GBPEM	<i>Gameplay-based player experience model</i>
HCI	<i>Human-Computer Interaction</i>
NPC	<i>Non-player character</i>
MMORPG	<i>Massively multiplayer online role-playing game</i>
PT	Proteção territorial
SBPCG	<i>Search-based procedural content generation</i>
RF	Risco financeiro
RPG	<i>Role-Playing Game</i>
TA	Tipo de ataques
TDE	Tipo de exército
TE	Tipo de expansão

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento e Motivação

A indústria dos jogos apresenta um dos maiores crescimentos a nível mundial, ultrapassando, em 2008, a indústria cinematográfica e literária [Cha]. Mais recentemente, os jogos têm apresentado uma evolução de complexidade cada vez maior, através do aumento da quantidade e qualidade dos conteúdos providenciados. Com este aumento de complexidade vem, naturalmente, o aumento do número de pessoas e da quantidade de tempo necessárias para o seu desenvolvimento. Recentemente têm vindo a ser adotadas inúmeras técnicas de geração procedimental de conteúdos que visam responder ao problema apresentado anteriormente, que consiste na geração de cenários, elementos, layouts, dinâmicas, sons e regras de uma forma automatizada de acordo com um conjunto finito de parâmetros controláveis definidos pelo designer. Estas técnicas têm vindo a ser utilizadas com o principal objetivo de ajudar e facilitar todo o processo de desenvolvimento, normalmente através da geração de conteúdo pouco revelante e pouco diferenciável em grandes quantidades. Esta ajuda pode revelar-se essencial na redução do tempo e dos custos permitindo um foco noutros aspetos mais importantes do produto final.

Para além da expansão que se tem vindo a verificar, os jogos têm sido usados como potenciadores da liberdade de manifestação do jogador. Títulos como *The Elder Scrolls: Oblivion*, *GTA IV* ou *Hitman: Blood Money* apresentam mundos não lineares, onde o poder de escolha e a vontade do jogador revelam-se fatores diferenciadores dos demais jogos existentes no mercado. Esta personalização na experiência de jogo traz consigo um conjunto de vantagens e potencialidades para a indústria. A aplicação da liberdade como um fator primário no desenvolvimento de um jogo faz com que seja criada uma nova razão para se jogar, pela fantasia criada através identificação criada com as ações que o *avatar* que controlamos, o que abre as portas a um novo conjunto de jogadores que não sentiam que a dificuldade e o desafio, as características mais determinantes na maioria dos jogos na última década, fossem suficientemente apelativas para se dedicarem à indústria. A criação de novas razões para jogar amadurece a indústria e solidifica-a como um meio cada

vez mais abrangente e determinante na nossa vida. Para além da expansão do público alvo, esta nova abordagem na personalização da experiência fortalece a ligação com a história virtual nele vivida, fazendo com que mesmo os jogadores que já gostavam de jogar ganhassem novas razões para o fazer por mais tempo. Para além das vantagens que o direcionamento na personalização da experiência de jogo trouxe à indústria, esta perspetiva abriu uma série de possibilidades, perguntas e problemas na forma como podemos utilizar essa liberdade para tentar perceber o que é que o jogador faz, porque é que o faz e como é que podemos usar essa informação.

Juntando a crescente importância que a criação automática de conteúdo tem tido com a potencialidade da personalização da experiência, o trabalho desenvolvido focou-se na combinação destas duas direções de exploração numa perspetiva única de geração procedimental de conteúdo baseado na personalidade do jogador.

1.2 Descrição do Problema

Embora as abordagens procedimentais já tenham produzido resultados interessantes na geração de conteúdo estático (isto é, gerado fora do ciclo de jogo), ainda existem muitas lacunas a explorar na geração dinâmica [YT11], que consiste na adaptação em tempo real dos conteúdos de forma a melhorar a experiência do jogador.

O foco na geração dinâmica tem vindo continuamente a ser direcionado para a maximização de um certo estado afetivo, normalmente a diversão do jogador. Apesar de este ser o objetivo máximo de qualquer conteúdo de entretenimento, a modelação do jogador é feita de forma a avaliar a sua performance e não o seu comportamento, deixando de fora outros fatores presentes na experiência de jogo que têm vindo a ser negligenciados atualmente e que podem beneficiar significativamente com o avanço nesta área. Esta tese foca-se na exploração do contributo da geração procedimental de conteúdos para o aumento do grau de personalização da experiência de jogo, e da forma como essa personalização pode ser usada para melhorar a satisfação sentida na sua experiencição.

1.3 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação passa pelo desenvolvimento de um sistema que seja capaz de gerar conteúdo procedimentalmente para um jogo digital em concreto e de o adaptar à personalidade do jogador demonstrada durante o ciclo de jogabilidade, de forma a melhorar a sua experiência de jogo. Pretende-se que este sistema funcione em tempo real e que seja possível a sua integração em jogos de dispositivos móveis, o que levanta um conjunto de problemas e restrições em relação ao seu funcionamento. De forma a cumprir estes objetivos será necessária a concretização dos seguintes objetivos específicos:

- Investigar o estado da arte ao nível da geração procedimental de conteúdos para jogos digitais, nomeadamente geração estática e dinâmica;

Introdução

- Investigar a percepção da experiência de jogo através da identificação dos fatores que a alteram e de que forma se pode controlar essa alteração;
- Investigar a modelação da personalidade do jogador, como é que esta pode ser aplicada, o que é possível obter, e como é que esse modelo pode ser usado neste contexto;
- Especificar uma metodologia que seja capaz de abranger a geração procedimental de conteúdo, a modelação do jogador e a avaliação do conteúdo gerado tem em conta a sua adaptabilidade;
- Aplicação da metodologia proposta, através da sua implementação num jogo em concreto para dispositivos móveis;
- Validação e avaliação dos resultados.

1.4 Trabalho relacionado

Dado o tema desta dissertação ter tido um âmbito bastante abrangente desde a sua fase inicial, foram encontrados e estudados vários trabalhos que se relacionam com o problema delineado. Apesar destes artigos explorarem áreas em comum, nenhum ainda abordou o problema da mesma forma na medida em que relaciona várias áreas estudadas. No entanto, vários trabalhos foram importantes, por evidenciarem a importância que podem ter na geração procedimental, na avaliação do comportamento do jogador e na determinação da qualidade da experiência de jogo.

1.5 Estrutura da Dissertação

O documento está dividido em 6 capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Implementação, Resultados e testes e, finalmente, Conclusões e trabalho futuro. O capítulo introdutório fornece uma visão geral do tema, a sua importância, os principais problemas a enfrentar e os principais contributos do trabalho. No segundo capítulo será feito um apanhado sobre os principais trabalhos e artigos estudados nas áreas relacionadas com o tema desta dissertação, mantendo uma visão aberta, resultante da abrangência do tema inicial que foi proposto. Este estudo foi progressivamente direcionado de forma a encontrar uma área relacionada que ainda tivesse falhas que permitissem um contributo significativo com a realização deste trabalho.

No terceiro capítulo é descrita a metodologia proposta, começando pela sua descrição geral, arquitetura e fluxo, e continuada pela exploração das várias componentes nas secções nele presente. Neste capítulo são apresentadas as devidas fundamentações teóricas dos métodos abordados e, sempre que necessário, são mostrados os exemplos empíricos que serviram de base às decisões tomadas.

No quarto capítulo é descrito o processo de aplicação da metodologia através da sua implementação num jogo em concreto, identificando-se as questões técnicas mais importantes e as particularidades encontradas.

Introdução

No quinto capítulo são descritos os testes que abrangeram as várias componentes e são apresentados os resultados finais.

Por fim, no último capítulo, são referidas possíveis aplicações concretas desta solução e apontadas algumas direções para o trabalho nesta área que possa vir a ser desenvolvido no futuro.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Ludologia

Antes de se abordar a geração procedimental de conteúdos, será útil perceber os constituintes de qualquer jogo e criar uma taxonomia que nos permita perceber de uma forma formal e inequívoca com o que estamos a lidar e de que forma as alterações impostas afetam a experiência final.

Nesta secção serão abordados os trabalhos que exploram o estudo dos jogos digitais de um ponto de vista ludológico, isto é, decompondo-os, classificando-os e organizando-os de forma a tentar criar uma linguagem universal no que toca ao seu desenho e desenvolvimento e a identificar os aspectos sociais, psicológicos, económicos e tecnológicos implicados na interação entre o jogador e o jogo.

A constante evolução verificada nas interpretações sobre o que é um jogo, como é construído e como é experienciado, ajudam a amadurecer a indústria e conseqüentemente facilitam a troca e a concretização de ideias e conceitos expressos formalmente.

Proposta em 2004, a *framework* MDA [HLZ04] tem como objectivo a definição de uma metodologia que ligue diferentes áreas técnicas e sociais presentes no desenvolvimento de jogos e o reforço dos processos dos *developers*, académicos e investigadores, facilitando a decomposição, estudo e projeto de um conjunto de estilos e artefactos de jogo.

Os jogos são identificados como bens consumíveis e é formalizada a forma de consumo através de 3 componentes distintas:



Figura 2.1: As três componentes principais de um jogo, adaptado de [HLZ04]

Mecânicas descrevem os componentes particulares de um jogo ao nível da representação dos dados e dos algoritmos.

Dinâmicas descrevem o comportamento em tempo real da interacção entre o jogador e o mundo de jogo.

Estéticas descrevem as respostas emocionais desejáveis de provocar no jogador quando este interage com o jogo.

Estes conceitos estão ligados entre si de uma forma causal, fazendo com que pequenas alterações nas mecânicas possam dispoletar novas dinâmicas e gerar respostas emocionais no jogador completamente diferentes.

Um dos contributos mais importantes deste trabalho consiste na definição de uma taxonomia dos valores estéticos sentidos pelo jogador. Entre os 8 valores principais definidos destaca-se o de **expressão** que identifica o potencial expressivo que os jogos podem ter, na forma como incentivam a liberdade do jogador através de uma jogabilidade personalizada minizando o efeito restritivo imposto pelos limites de desenho e implementação. O principal objectivo da componente expressiva consiste em fazer querer aos jogadores que estão a jogar o jogo como querem e não apenas seguindo caminhos lineares especificados previamente pelos criadores.

Um dos principais contributos do trabalho a realizar durante a dissertação consiste, através da geração procedimental de conteúdo em aumentar o potencial expressivo dos jogos através de técnicas adaptativas que irão ser explicadas mais à frente.

Definida em 2005, [ZMFV⁺05] a framework Game Ontology Project (GOP) tinha como objectivo a descrição, análise e o estudo dos jogos através de uma definição de uma hierarquia de conceitos obtidos de uma análise de muitos jogos específicos. O objetivo não era diferenciar os jogos pelo seu género, mas sim descrever e compreender os espaço de design desses mesmos jogos. Para tal foi definida uma ontologia que identifica os elementos estruturantes num jogo e as relações entre eles organizadas hierarquicamente. Esta ontologia foca-se nos aspetos formais e estruturais, deixando de parte os aspetos representacionais. São definidos atributos de alto nível comuns a qualquer jogo:

- Interface
- Regras
- Objetivos
- Entidades
- Manipulação de entidades

A interface prende-se com a camada de interacção com o jogador e a sua avaliação pode ser feita em três dimensões:

- Cardinalidade
- Hardware de apresentação

- Software de apresentação

Enquanto que o significado da apresentação ao nível do hardware e software é facilmente perceptível, a cardinalidade prende-se com a dimensionalidade do espaço de jogo, 2D, 3D ou isométrico.

As regras definem o comportamento das entidades entre si no mundo de jogo como as suas respostas à interação com o avatar representacional do jogador.

Os objetivos podem ser divididos em objetivos dos agentes, tanto do jogador como das personagens não controláveis (PNC), assim como os objetivos do jogo em geral e as métricas de objetivos que são responsáveis por dar resposta ao jogador sobre o progresso que está a fazer e o quão próximo está ou não de cumprir os seus objetivos.

As entidades referem-se aos objetos constituintes da realidade do jogo mas são a componente que está menos desenvolvida nesta framework, devido à maior importância dada à manipulação de entidades.

Por fim a manipulação de entidades consiste na alteração de atributos das entidades (como velocidade, dano, etc) de forma definitiva ou temporária através de um conjunto de verbos denominados popularmente como habilidades que provocam essas alterações.

São ainda exploradas algumas questões de interesse como os paradigmas de interação existentes e a segmentação da jogabilidade.

Continuado em [ZFM08], este projeto foi expandido de forma a formalizar as questões de segmentação apresentadas anteriormente. Esta exploração lida com a forma como o conteúdo que é apresentado é estruturado e gerido ao longo do tempo.

O autor divide a segmentação em três categorias: temporal, espacial e desafio. A primeira trata da forma como a atividade do jogador é limitada, sincronizada ou coordenada ao longo do tempo. A segunda lida com a divisão do espaço de jogo em níveis, mapas ou mundos. A terceira aborda a granularidade com que os desafios individuais são apresentados ao jogador, normalmente através de ondas de inimigos, puzzles ou bosses.

Definida por Smith et al. em [SCW08], a framework explorada visa um estudo mais profundo sobre jogos de plataformas 2D, quais os seus constituintes, de que forma estão relacionados e como é que o seu uso individual e relativo pode influenciar a mensagem passada pelo jogo. Através da análise dos jogos de plataformas mais populares, os autores listam os cinco constituintes principais dos jogos de plataformas:

- Plataformas
- Obstáculos
- Auxiliares de movimento
- Itens colecionáveis
- Gatilhos

A relação entre estes elementos é conseguida através dos seguintes conceitos:

- Nível
- Célula
- Portal
- Grupo rítmico
- Elementos base

O esquema da estruturação hierárquica dos conceitos é apresentado na Figura 2.2. Um nível é constituído por células que representam uma secção linear de jogabilidade. Estas células estão ligadas por portais. As células são compostas por grupos rítmicos que representam áreas isoladas, onde normalmente está presente um tipo de desafios. Entre os grupos rítmicos existe uma pausa para o jogador se preparar para o próximo. Dentro dos grupos rítmicos encontram-se os elementos base constituintes de um jogo de plataformas mencionados anteriormente.

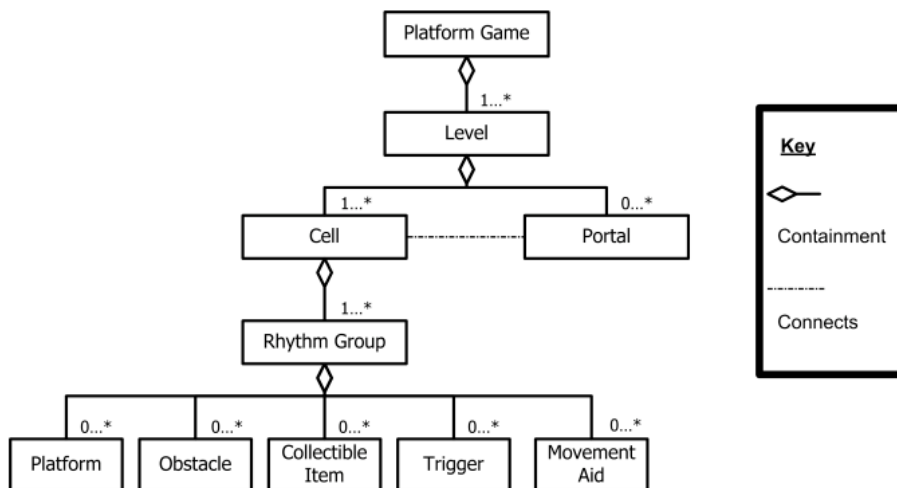


Figura 2.2: Estrutura hierárquica dos componentes presentes na framework, retirado de [SCW08]

Apesar do tema destes trabalhos não fazer parte do cerne do tema da dissertação que foi escolhido, estas especificações formais apresentadas servirão como guias para a análise que será feita quando o jogo que será usado como plataforma de testes for escolhido. Isto permitirá a localização do impacto que a geração procedimental irá ter na hierarquia especificada e de que forma as outras componentes serão afetadas.

2.2 Perceção da experiência de jogo

Nesta secção serão abordados os trabalhos que exploram a forma como os jogadores percebem as suas experiências com os jogos digitais e de que forma as alterações nas várias componentes podem afetar a resposta cognitiva. Tendo em conta estes estudos será possível perceber

melhor de que forma o jogador é afetado pela relação espaço-temporal dos artefactos que lhe são apresentados e como é que a geração procedimental pode contribuir nestes aspetos.

Proposto por Mihály Csíkszentmihályi [Csi91], o flow é um estado mental onde a pessoa está completamente imersa, focada e determinada a concretizar os objetivos da tarefa que está a realizar. Esta teoria foi testada em vários locais do mundo e em vários tipos de pessoa, tendo sido concluído que não depende da religião, cultura ou país, sendo um valor universal que determina a satisfação que se obtém em realizar uma tarefa, independentemente das recompensas extrínsecas que possam ser obtidas e do quão perigosa ou morosa essa tarefa possa ser (Figura 2.3).

Uma experiência de flow pode ser avaliada principalmente em 8 dimensões:

- A tarefa em causa pode ser completa
- Capacidade de concentração na tarefa
- A tarefa tem objetivos claros
- A tarefa providencia resposta imediata sobre as nossas ações
- Habilidade de exercer uma sensação de controlo sobre as ações
- Envolvimento profundo e fácil que remove a consciência de preocupações e frustrações do dia-a-dia
- Preocupação com o nosso bem estar desaparece mas reemerge mais forte depois da realização da tarefa
- Sensação do tempo é alterada

Esta teoria foi rápida e facilmente aceite na comunidade ludológica como uma boa framework de avaliação das experiências que os desenvolvedores estavam a criar. Em [SW05], é criado um mapeamento das recomendações de Csíkszentmihályi ao mundo concreto dos jogos digitais através da definição de um conjunto de critérios divididos em várias categorias (concentração, desafio, capacidades do jogador, controlo, objetivos claros, resposta, imersão e interação social).

Os critérios mais importantes para este trabalho são os de desafio e controlo.

De forma a um jogo ser suficientemente desafiante devem ser tidas em conta as seguintes características:

- Os desafios nos jogos devem corresponder às capacidades de jogo do jogador
- Os jogos devem providenciar diferentes níveis de desafio para diferentes jogadores
- O nível de desafio deve aumentar à medida que o jogador progride no jogo e aumenta as suas capacidades
- Os jogos devem apresentar novos desafios a um ritmo apropriado

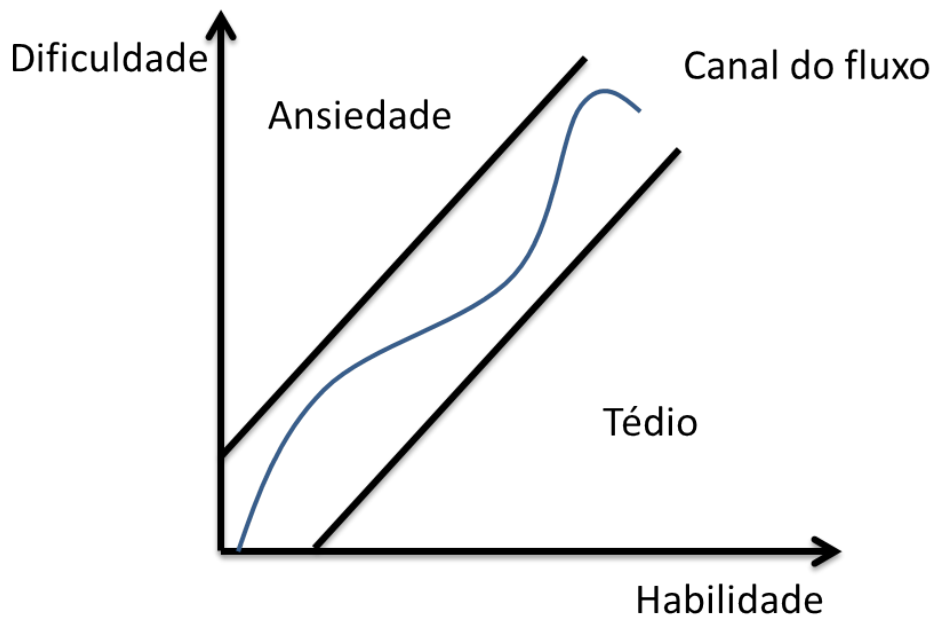


Figura 2.3: Gráfico representativo das variáveis em jogo na determinação da satisfação de um utilizador durante a execução de uma tarefa, adaptado de [Csi91]. Este gráfico representa a necessidade da adaptação da dificuldade da tarefa de forma proporcional à habilidade que o utilizador vai ganhando à medida que a vai efetuando. Se a tarefa se tornar demasiado difícil o utilizador fica ansioso, enquanto que se se revelar demasiado fácil o utilizador fica aborrecido e sem vontade de continuar.

Os jogadores devem sentir-se sob o controlo das suas ações no jogo através da avaliação de um conjunto de critérios. Os mais importantes para o âmbito deste trabalho são os seguintes:

- Os jogadores devem ter uma sensação de controlo e impacto na forma como o mundo de jogo lhes é apresentado;
- Os jogadores devem sentir controlo sobre as ações que tomam e as estratégias que usam e devem ser livres de jogar o jogo da forma que querem e não apenas descobrindo ações e estratégias planeadas pelos criadores do jogo.

De um ponto de vista fundamentalmente educacional, Malone definiu em [Mal81] um conjunto de guias e heurísticas para o desenho de jogos instrutivos que tinha como objetivo a maximização da satisfação e qualidade de aprendizagem durante a jogabilidade. Estes conceitos podem ser aplicados a domínios mais abrangentes, nomeadamente a todo o espectro de jogos digitais existentes atualmente. Desta forma é importante analisar aqueles conceitos considerados mais importantes na forma como experienciamos o jogo.

Para o autor, desafio, autoestima e fantasia são as três principais características. Enquanto que a autoestima e a fantasia são dois fatores onde a geração procedimental não tem muito impacto, o

desafio é uma área crucial que pode ser claramente afetada pela forma como geramos o conteúdo e como o apresentamos.

O desafio é dividido em três componentes principais, o objetivo, resultado incerto e informação escondida.

Nos objetivos é importante reter as seguintes noções:

- Os jogos devem providenciar um objetivo óbvio;
- Os melhores objetivos são práticos ou fantasiosos em vez do uso simples de uma habilidade
- Os jogadores devem ser capazes de dizer se estão mais próximos dos seus objetivos

Apesar da importância destas características dos objetivos ser inegável, o resultado incerto e a informação escondida revelam a maior possibilidade de utilidade na geração procedimental de conteúdos. Malone reforça a importância de entropia ou incerteza na vitória ou derrota, através da variação no nível de dificuldade para se adaptar corretamente às capacidades do jogador e através da multiplicidade de objetivos. Desde que a multiplicidade e complexidade dos objetivos a cumprir não crie uma sobrecarga no processo cognitivo do jogador, devem ser criadas situações que exercitem a constante adaptação da estratégia de jogo de forma a ter que lidar com vários tipos de desafios que vão aparando simultaneamente (Figura 2.4). Por exemplo, na maioria dos jogos da geração dos anos 80 e 90, para além do objetivo base de chegar ao fim do jogo, eram providenciadas um conjunto de dinâmicas e representações visuais que incentivavam o jogador a maximizar a sua produtividade, normalmente através de uma pontuação que aumentava consoante a eficácia com que se cumprissem os objetivos estipulados ou através de restrições temporais.

Koster propõe em [Kos05] uma abordagem centrada na forma como os jogos digitais estimulam a nossa vontade intrínseca em aprender. Durante o livro, Koster caracteriza os humanos como procuradores de ordem no caos, através da capacidade e a vontade que temos em tentar descobrir padrões em todos os sistemas com que interagimos. Para o autor o conceito de diversão nasce da nossa vontade em aprender. Esta vontade provoca estímulos cerebrais que são originadas quando nos empenhamos em atividades desafiantes a nível cognitivo. Deste ponto de vista, o jogo só é estimulante enquanto o seu funcionamento lógico subjacente não for completamente dominado. A partir desse ponto, o ato de jogar passa de uma atividade de aprendizagem estimulante para uma aplicação rotineira e sistemática das capacidades já desenvolvidas anteriormente.

O autor usa este conceito base para reforçar a importância que os jogos têm, como modelos representativos da realidade, em servir como ferramentas de aprendizagem de valores cada vez mais importantes na era atual como capacidades logísticas, sociais e de gestão de recursos. Do ponto de vista do autor a maioria dos jogos atualmente ainda exploram dimensões básicas, focando-se na aprendizagem e domínio de habilidades e capacidades de baixo nível que poderiam ser úteis antigamente quando as necessidades se prendiam em arranjar comida e em sobreviver, mas que não são tão importantes no contexto sócio-económico atual (Figura 2.5).

Na mesma linha ideológica da satisfação do jogador ser criada através do quão imerso ele está no processo estratégico de tomada de decisões durante o ciclo de jogo, Sid Meier definiu da seguinte forma um bom jogo:



Figura 2.4: Uma vista normal de um jogo de Sonic The Hedgehog 4, onde é possível ver que para além do objetivo base do jogo que consiste em acabar o nível também são apresentadas duas áreas representadas dentro dos rectângulos vermelho que simbolizam dois objetivos extra. O da esquerda revela-se um objetivo opcional de otimização enquanto que o da direita revela-se como um objetivo primário através da restrição temporal imposta para acabar o nível.

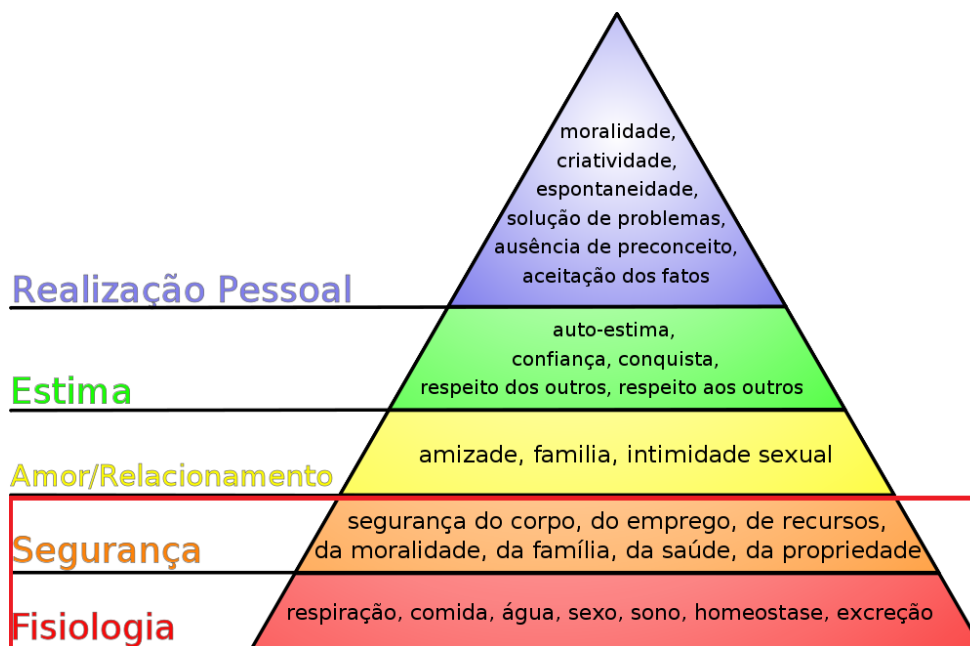


Figura 2.5: É possível usar a hierarquia de necessidades do ser humano proposta em [Mas43] para contextualizar o foco lúdico atual dos jogos digitais. Dentro do rectângulo vermelho encontram-se as áreas maioritariamente exploradas atualmente, deixando de parte muitas outras de maior importância.

"Um [bom] jogo é um série de escolhas interessantes"

Uma escolha interessante consiste numa escolha em que nenhuma opção é claramente melhor do que as outras e as opções não são igualmente atrativas forçando o jogador a ter que fazer uma escolha informada.

Esta ideia foi corroborada empiricamente por Lida et al. [ITY03] que, através da definição de uma heurística de entretenimento que relacionava a quantidade de escolhas que o jogador tinha que tomar em relação à quantidade de opções plausíveis que tinha em cada uma das escolhas, estabeleceu uma comparação entre diversas variantes do xadrez típico relativamente à satisfação provocada no jogador. As escolhas plausíveis consistiam em escolhas percebidas pelo jogador como ótimas no contexto corrente, onde a quantidade de escolhas plausíveis era inversamente proporcional à experiência e ao grau de domínio que o jogador tinha em relação ao jogo correspondente.

Existem outras abordagens que tratam o comportamento dos *NPC's* pelo jogador presentes no espaço de jogo e a competitividade que nasce entre estes e o jogador como os fatores principais na determinação da satisfação do jogador. Baseado nos estudos feitos em [FBG+00] e [TvOBN03], que relacionam a satisfação num jogo digital com a qualidade do comportamento dos *NPC's* e na credibilidade da interação entre as duas partes, o trabalho realizado por Yannakakis et al. ao longo de [Yan05, YH04a, YH04b, YH, YH05] tem como base a criação de um conjunto de heurísticas que representassem a qualidade de um jogo presa-predador, através da cooperação entre os agentes, a variedade de jogo e a dificuldade. Os resultados apresentados usando este modelo como base para a adaptação do conteúdo foram testados tendo em conta uma análise quantitativa do estado emocional através da captura da expressão facial durante o jogo e foram obtidos correspondências significativas entre o valor de entretenimento calculado e aquele realmente experienciado pelo jogador.

Os vários estudos apresentados revelam a complexidade na captura da experiência do jogador de uma forma precisa, sendo difícil individualizar concretamente os fatores que tornam um jogo digital divertido. Com isto em mente, neste trabalho pretender-se-á dar importância a todas as teorias apresentadas como bases para a determinação da qualidade do conteúdo gerado. Apesar do foco principal deste trabalho residir na adaptação da geração procedimental de acordo com a personalidade demonstrada pelo jogador, as outras abordagens não serão desprezadas, pelo contrário, servirão como complemento a essa avaliação. Só desta forma será possível representar a natureza multi-facetada e por vezes conflituosa que se verifica na geração de conteúdo que proporcione ao jogador um jogo que cumpra com as linhas de qualidade gerais comuns a qualquer tipo de jogo, mantenha uma dificuldade aceitável mas desafiante e que se adapte à personalidade do jogador criando uma experiência mais pessoal.

2.3 Play-Personas

Sendo uma das partes mais inovadoras deste trabalho, a adaptação do conceito de play-persona introduzido por Canossa em [Can09] revela-se como um potenciador da qualidade da geração de

conteúdo dinâmico baseado na experiência do jogador, onde a sensação de controlo e liberdade é maioritariamente deixada de lado nas abordagens encontradas atualmente. Através deste conceito, Canossa pretende mostrar a complexidade humana na forma como interpreta o ambiente e como reage dinamicamente segundo um aglomerado de subpersonalidades internas consoante o contexto social e espaço-temporal. Este conceito de personalidade é adaptado aos jogos e são exploradas técnicas de captura de manifestos de personalidade através das métricas de jogabilidade.

Canossa, explora em [Can09] o potencial interativo dos jogos digitais, ausentes em outras formas de entretenimento, como o principal fator a ter em conta durante o desenho do produto. Este trabalho prende-se com a centralidade no jogador, na forma como todo o processo de desenvolvimento do jogo deve ser adaptado de forma a que seja percebido de que forma o jogador o vai compreender e como é possível melhorar o resultado final desse ponto de vista.

O autor trata o espaço de jogo como um espaço de comunicação, onde são disponibilizados um conjunto de elementos, análogos às palavras de um dicionário, e um conjunto de regras cuja combinação pode dar origem a afirmações de vontades concretas.

Normalmente, os jogos disponibilizam aos jogadores um conjunto de escolhas situadas em eixos paradigmáticos, como a escolha da arma a utilizar num jogo de ação em primeira pessoa. Quando esta escolha de arma é combinada com a escolha do tipo de abordagem espacial que se quer tomar ao entrar numa certa secção do jogo, nomeadamente escolher uma espingarda para conseguir eliminar os inimigos à distância, é criado um sintagma, ou seja, uma mensagem de atitude na forma como abordamos a situação com que estamos a lidar. As combinações diferentes dos elementos providenciados pelo jogo revelam diferentes mensagens estigmáticas.

O conceito de play-persona tem por base conceitos nos campos de interação pessoa-computador [CRC07] mas têm um conjunto de características que lhe conferem distinção própria. As play-personas podem ser definidas antes do lançamento do jogo como metáforas de forma a tentar antever os comportamentos possíveis que os diferentes jogadores irão tomar e desenhar o jogo de forma a suportá-los da forma desejada. Depois do lançamento do jogo, as play-personas serão usadas como lentes, isto é, depois da recolha de dados suficientes que permitam analisar a forma como os jogadores jogaram o jogo, é possível comparar a hipótese inicial do seu comportamento com aquela que foi demonstrada. Isto permite a descoberta de falhas no desenho ou incorreções nas metáforas criadas e permite a descoberta de novas manifestações de personalidades não pensadas na fase de desenho.

Para além disso as play-personas são descritas através dos seus comportamentos de uma forma procedimental, através da probabilidade de escolha das possibilidades que o jogo oferece e sendo este um sistema de natureza numérica que oferece um conjunto de descrições procedimentais, torna-se concreta e fácil a análise e comparação de diferentes play-personas.

É importante referir que, como as play-personas são manifestações espaciais e temporais de decisões num espetro de paradigmas existentes, a abrangência e precisão das personas criadas depende da quantidade de possibilidades de ação permitidas pelo jogo em questão. Apesar de todos os jogos providenciarem um conjunto de ações que funcionam como sub-conjuntos ou simplificações dos seus correspondentes na vida real, existem diferenças claras na forma como estas

divergem. Enquanto que num jogo tão simples como o Pac-man existem 4 ações possíveis em cada momento contextualizadas de acordo com o espaço, tempo e posição relativa dos inimigos, não é possível criar uma representação da personalidade do jogador tão abrangente, expressiva e potencialmente útil quanto é em jogos mais "abertos", como Hitman: Blood Money, onde podemos concretizar os objetivos do jogo de várias formas.

Apesar das play-personas serem conceitos ótimos para avaliar e decidir sobre um comportamento de um jogador, não fornecem informações sobre o jogador, nomeadamente o seu nome, idade, etc nem permitem descobrir o que motiva o jogador a tomar as decisões que tomou nem se estão a ser criadas nele as respostas emocionais desejadas pelos desenvolvedores, sendo para tal necessário o uso de métodos quantitativos ou qualitativos que serão explorados nos capítulos posteriores.

As play-personas não se baseiam na manifestação de um tipo de comportamento definido de uma forma estática e imutável, mas sim através de uma manifestação dinâmica que varia ao longo do tempo de múltiplas sub-personalidades, sendo este o fundamento base da psicossíntese. Esta perspetiva aborda a psicologia como uma luta constante entre forças opostas que são unidas e geridas harmonicamente por um centro de integração com objetivos creativos.

Assim sendo, a personalidade é caracterizada pela importância relativa que as sub-personalidades estão a tomar num contexto espaço-temporal.

Cada subpersonalidade tem o seu próprio conjunto de valores, estruturas de crenças, motivações e conjuntos emocionais, formas de pensar, desejos e necessidades.

Este conceito pode ser adaptado à teoria do fluxo, mencionada no capítulo anterior, através da criação de fluxos ideais para as diferentes sub-personalidades. Considerando que diferentes personalidades preferiam diferentes tipos de desafios e diferentes tipos de variação de dificuldade, dificuldade máxima e média e valor do aumento constante da dificuldade das tarefas que tem que realizar seria possível então definir diferentes gráficos ótimos para cada sub-personalidade e sobrepô-los com um peso relativo à importância que essa sub-personalidade está a ter na manifestação atual de personalidade demonstrada pelo jogador.

De forma a clarificar os diferentes níveis de granularidade que o comportamento do jogador pode assumir durante o ciclo de jogabilidade, Canossa divide em [Can09] a personalidade em 4 partes (Figura 2.6):

- Play-values
- Play-modes
- Play-Styles
- Play-Personas

Os play-values consistem num conjunto de objetivos de alto nível que servem para facilitar a caracterização de um comportamento de um ponto de vista objetivo e irredutível. Os play-modes consistem nas mecânicas providenciadas pelo jogo nomeadamente nas ações (ou verbos) que o jogador pode usar de forma a se poder manifestar. Estas ações podem ser divididas tendo em conta

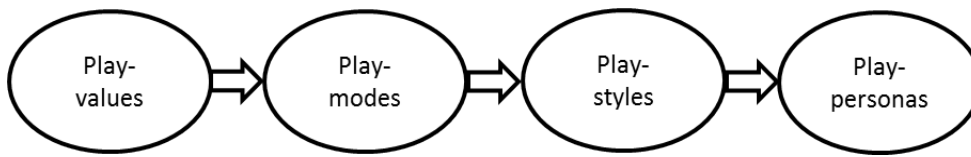


Figura 2.6: Esquema representativo da ligação entre as 4 componentes que permitem a determinação da personalidade do jogador, adaptado de [Can09].

o seu contexto, por exemplo num jogo de ação existem diversas ações que refletem as nossas decisões de navegação espacial como andar, correr, subir e também existem ações no domínio da ação através da seleção de armas, tipos de tiros, uso de acessórios, etc. Os play-styles são caracterizados por uma manifestação de um conjunto de play-modes. Quando um jogador se comporta de forma consistente e mantém um play-style durante longos períodos está-se a identificar com uma play-persona (Figura 2.7).

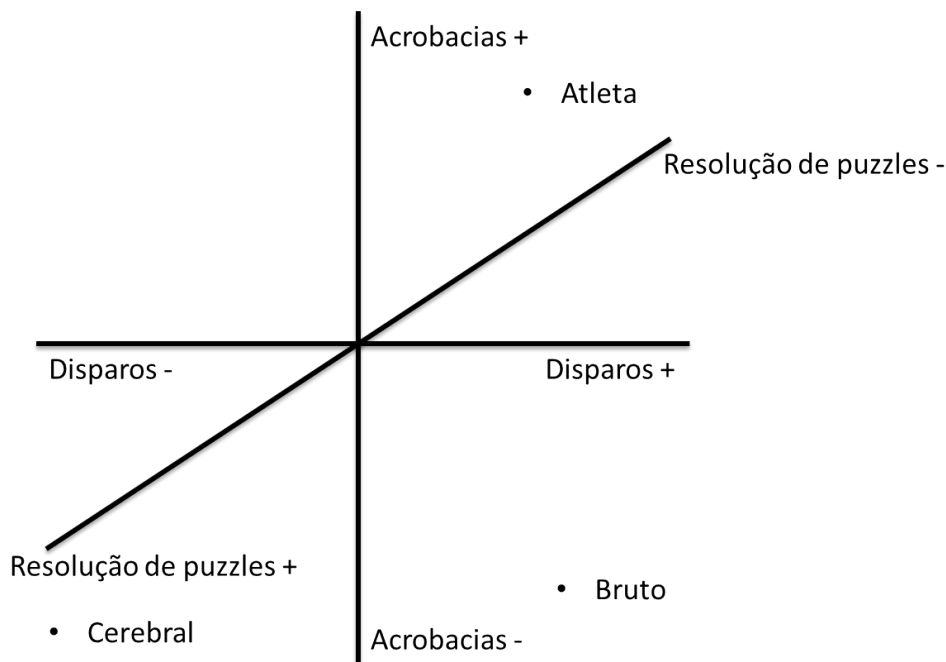


Figura 2.7: Esquema representativo de uma possível definição de um domínio multi-dimensional da personalidade do jogador, onde a criação de personas (atleta, cerebral e bruto) nasceria da triangularização dos estilos de jogo medidos nas três dimensões representados como eixos na imagem. Adaptado de [Can09]

Este conceito irá ser um dos pilares fundamentais do trabalho, revelando-se um caminho ainda não explorado na área da geração procedimental, onde as poucas abordagens que capturavam o modelo do jogador através da construção da sua personalidade ficavam-se por uma simples rotulagem de acordo com um pequeno conjunto finito de estereótipos que foram definidos.

2.4 Tipos de geração procedimental

Antes de analisar os domínios sobre os quais a geração procedimental de conteúdo incide atualmente convém distinguir entre os vários fatores que caracterizam a geração procedimental. Segundo [TYSB10] a geração procedimental de conteúdo pode ser caracterizada segundo várias dimensões:

- Offline vs Online
- Conteúdo necessário vs opcional
- Vetores de parâmetros vs sementes aleatórias
- Geração estocástica vs determinística
- Geração construtiva vs gerar-e-testar

A geração offline consiste na geração de conteúdo realizada durante o processo de desenho, normalmente servindo como ajuda aos artistas ou aos criadores de componentes específicas enquanto que a geração online é realizada durante o ciclo de jogo. Dentro da geração online podemos ainda distinguir geração estática de geração dinâmica ou geração procedimental de conteúdo baseada na experiência do jogador (GPCBEJ) [YT11]. Este último tipo de geração adapta a criação de conteúdo consoante o comportamento exibido pelo jogador e será explorada mais em detalhe na secção 2.6.

A geração de conteúdo pode ainda se debater sobre conteúdo necessário sem o qual seria impossível jogar o jogo ou sobre conteúdo opcional que complementa a experiência. Toda a geração procedimental recebe parâmetros de entrada que podem ir desde simples sementes aleatórias até vetores de tamanho fixo. Estas diferenças irão distinguir o nível de controlabilidade que se pretende que a geração tenha. Na mesma linha a geração pode ser estocástica ou determinística. Na geração estocástica o mesmo conjunto de parâmetros de entrada podem dar origem a resultados diferentes enquanto que na determinística isso não acontece. A geração pode ainda ser construtiva, isto é, gerar o conteúdo uma vez e este ser pronto a ser utilizado ou pode ser do tipo gerar-e-testar através da criação de múltiplos candidatos que são testados e onde é selecionado o melhor deles como o resultado final. Os resultados descartados podem então ser reutilizados se, por exemplo, se tratar de um algoritmo evolutivo.

2.5 Geração procedimental de conteúdo para jogos digitais

Antes de se poder gerar conteúdo de forma dinâmica e adaptativa à experiência do jogador, é necessário conhecer formas de o gerar garantindo a construção base do conteúdo que depois será evoluído de acordo com avaliações de qualidade que serão explicadas mais à frente. Nesta secção irão ser explorados os contributos da geração procedimental de conteúdo nos vários aspetos constituintes de um jogo digital, desde o espaço concreto de jogo até os complementos visuais,

auditivos passando pela complexidade narrativa ou até a criação de ecossistemas económicos. Apesar de o principal foco deste trabalho residir na geração e população de espaços de jogo, é importante reforçar a importância que a geração procedimental de conteúdo tem tido nos últimos anos nas várias componentes que formam um jogo digital.

2.5.1 Espaços de jogo

Considerando o espaço de jogo o local de confronto entre aquilo que os criadores do jogo supuseram e a atuação do jogador através das indicações mecânicas providenciadas que definem um subconjunto de ações possíveis que permitem identificar o seu comportamento, os espaços de jogo revelam-se elementos cruciais na experiência de jogo. Os primeiros jogos a utilizar a geração procedimental fizeram-no através da criação de níveis como é o caso do Diablo [Bli96] ou do Rogue [Epy86] que é considerado o pioneiro no domínio da geração procedimental. Este tipo de geração contínua de níveis permitia aos jogadores terem uma experiência nova de cada vez que jogavam aumentando significativamente a satisfação do jogador e o tempo de vida do jogo ao mesmo tempo que libertava os criadores da criação sistemática de níveis.

Proposto em 2010 por Mawhorter et al. [MM10], a criação de níveis através de extensão regulada por ocupação permite um tipo de criação top-down, independente do domínio concreto da sua aplicação. Esta ferramenta usa um conjunto de elementos base que necessitam de ser especificados previamente pelos criadores que são guardados numa biblioteca para alimentar o mecanismo de agregação de elementos base consoante as posições possíveis onde o jogador pudesse estar, definidas como âncoras, como pontos de expansão. Este potencial interativo entre as componentes que irão ser criadas permite um comportamento emergente no espaço criado, mantendo a coerência e a conexão durante todo o processo. Apesar de esta técnica ser uma boa representante da criatividade necessária na criação de um nível [Bod04], esta abordagem não garante que o nível criado seja possível de ser jogado. Para além disso, a generalidade está comprometida pela necessidade de criação e especificação dos elementos base que irão constituir a biblioteca usada pelo agregador de conteúdo.

Tratando a geração procedimental de espaços de um ponto de vista topológico, foi explorado em [AO02] o uso de gramáticas baseadas em gráficos. Esta ferramenta gera especificações de alto nível, preocupando-se apenas com a ordem da apresentação das várias secções do nível independentemente da sua representação geométrica. O uso de gramáticas generativas levanta alguns problemas como a dificuldade em conseguir criar níveis segundo os parâmetros de entrada especificados devido a procuras locais que não têm em conta o alcance global da geração e problemas de impossibilidade de criação onde um certo estado não teria mais produções possíveis sendo necessário recomeçar de novo.

Uma das grandes vantagens desta abordagem consiste na facilidade da representação e avaliação de conceitos de alto-nível desejáveis em jogos de exploração de grutas, como a sensação de descobrimento e curiosidade aplicável através da construção de caminhos opcionais com recompensas posicionadas de acordo com a dificuldade estimada em atingir o ponto onde estaria

colocada a recompensa. Para além disso, esta representação topológica facilita a criação de dinâmicas chave-fechadura comuns na maioria dos jogos de aventura [Ash06]. Desta forma, é claramente perceptível que as abordagens declarativas de alto nível são ideais para capturar sensações de exploração e descobrimento mas pecam na dificuldade de análises mais específicas nas secções existentes.

Um outro tipo de abordagem inversa, baseado numa geração bottom-up, foi proposta em [JYT10]. Esta abordagem consistia no uso de autómatos celulares para gerar níveis de um jogo de exploração de grutas subterrâneas. Esta abordagem era composta por duas fases; a primeira consistia na geração de um número suficiente de áreas fechadas por paredes que cumprisse os requisitos mínimos de tamanho. Numa segunda fase seriam criadas ligações entre as áreas fechadas de forma a permitir a navegabilidade do jogador.

De um ponto de vista menos concreto na geração, funcionando mais como um assistente na geração, a ferramenta proposta em [SWM10] integra planeamento reativo com programação baseada em restrições para acomodar a geração e a adaptação de níveis em tempo real. O autor argumenta que a criação de um nível é um processo criativo e iterativo e a sua otimização é conseguida através de um ciclo constante entre o desenho humano e a ajuda procedimental. A geração consiste numa constante geração de possibilidade de conteúdo a ser gerado na linguagem de planeamento reativa ABL que por sua vez é filtrada e resolvida pelo resolutor de restrições Choco.

No caso de geração procedimental de níveis para jogos digitais de plataformas, foi proposta em [SWM⁺11] uma ferramenta geradora de níveis através do uso de grupos rítmicos que são gerados usando uma abordagem baseada em gramáticas 2.8. Os segmentos criados são ligados entre si formando níveis completos que são classificados de acordo com um conjunto de heurísticas. A geração é composta por duas fases:

- Gerar o ritmo desejado no nível
- Criar a geometria baseada nesse ritmo

Este tipo de abordagem bifaseada permite o descaplamento entre a vertente lógica geométrica e a definição declarativa rítmica. Cada grupo rítmico corresponde a um conjunto de componentes não intersetáveis que encapsulam uma área de desafio. São gerados vários níveis candidatos que depois são avaliados segundo dois "críticos". O primeiro avalia o quão bem o nível gerado segue a linha modelo a seguir, definida previamente pelo criador, enquanto que o segundo avalia a correspondência entre a frequência de apresentação das componentes existentes de acordo com as especificações delineadas. Como muitas vezes estes dois críticos produzem avaliações contraditórias é necessário atribuir um peso a avaliação de cada um. Depois do melhor nível ter sido escolhido é aplicado um filtro final que é responsável por adicionar elementos extra como moedas ou outras componentes especiais.

Esta abordagem construtiva na geração seguida da avaliação segundo um conjunto de heurísticas potencialmente conflituosas serve de base para a forma de geração que será utilizada neste trabalho.

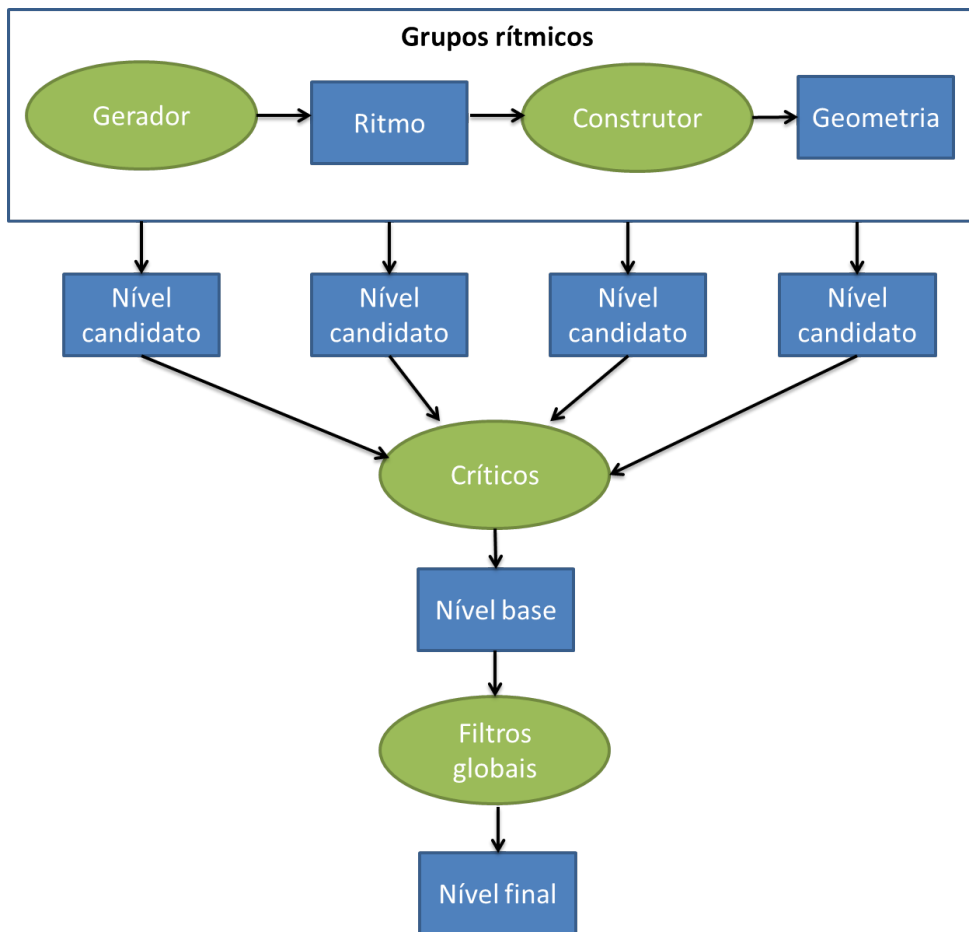


Figura 2.8: Diagrama da arquitetura da ferramenta Launchpad, adaptado de [SWM⁺11]

Proposto em [CM06], a ferramenta explorada permite uma geração através de uma definição hierárquica de componentes que são colocados através de padrões. As componentes são construídas através de parâmetros de forma a permitir uma maior variedade e os padrões podem ter diferentes níveis de complexidade. A possibilidade de gerar níveis não lineares advém do uso de células e de estruturas de células que encapsulam os padrões mencionados. Uma estrutura de células define uma possível organização das células segundo um conjunto finito de possibilidades, sendo possível a criação de ramos, ramos paralelos, portais, válvulas, centros de distribuição ou outros tipos complexos de estruturação espacial encontrada em jogos não-lineares. A geração ocorre através de gramáticas generativas e o conteúdo a ser gerado é avaliado segundo um algoritmo de hill-climbing de acordo com a dificuldade calculada através da distância entre plataformas e o seu ângulo. Desta forma é possível selecionar o conteúdo que minimize a diferença entre a dificuldade calculada e aquela pretendida pelo criador.

A geração procedimental de espaços de jogo tem ganhando popularidade na indústria comercial. Considerado o pioneiro na geração procedimental de níveis, Rogue [Epy86] foi o primeiro jogo a usufrir das potencialidades da geração procedimental para criar cenários onde o jogador

pudesse explorar e defrontar inimigos. Este tipo de geração garantia uma longevidade e variedade significativas ao jogo tornando-se um exemplo a seguir. Desde então, a geração procedimental tem sido usada em geração de níveis completamente aleatórios [Bli96, AB09, Yu08], de acordo com um conjunto de parâmetros de entrada escolhidos pelo jogador [Mic90], ou de forma a manter estrutura base do nível mas a garantir alguma variedade para garantir que o jogador não use a mesma estratégia como é o caso do jogo Frozen Synapse [Gam11].

2.5.2 Componentes gráficas

Com o constante crescimento dos mundos de jogo e da necessidade de níveis de fidelidade visual elevados para tornar os jogos apelativos, tornou-se cada vez mais importante desenvolver ferramentas que pudessem criar objetos ou cenários complexos baseando-se num conjunto de características de alto nível. Ao serem usadas estas ferramentas procedimentais foi possível poupar imenso tempo na geração de conteúdo gráfico que é exígivel em grandes quantidades mas que tem pouca variedade entre si (Figura 2.9).



Figura 2.9: Exemplo de uma vista de um cenário do jogo Oblivion [Bet06], representativo da quantidade de detalhe que é necessário para tornar o mundo credível.

Apresentada em 2010, por Smelik et al. [STdKB11], a framework SketchaWorld visa a criação de mundos 3D através de uma abordagem de modelação declarativa que permita aos artistas especificarem o que querem em vez de terem de descrever como o querem. Para tal a modelação é composta em duas componentes, uma interface de desenho procedimental interativo que permite ao artista desenhar um esboço do que pretende e uma componente responsável por manter a consistência nas várias camadas do mundo que são geradas através da definição das restrições e regras da agregação das várias componentes.

De um ponto de vista ainda mais alto nível, Hultquist et al. definiu em [HGC09] um mapeamento entre adjetivos comumente usados e os atributos usados como entrada nas funções de

Revisão Bibliográfica

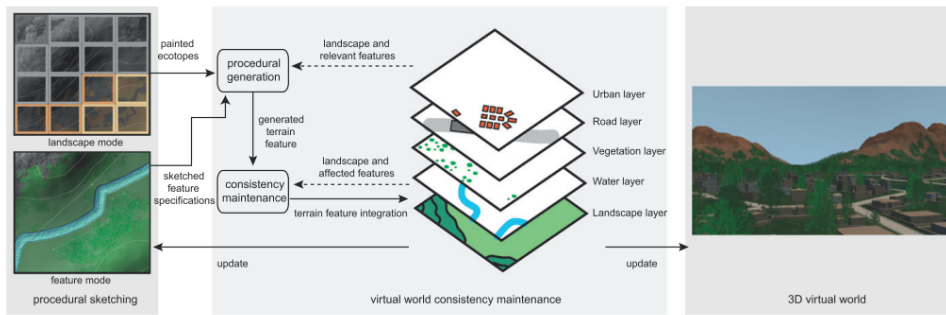


Figura 2.10: Esquema representativo da ferramenta SketchaWorld, retirado de [STdKB11].

criação procedimental de conteúdos gráficos. Este mapeamento foi conseguido através do treino de uma rede neuronal que aproximava a relação entre o conjunto de atributos especificados e os parâmetros da geração procedimental. A rede foi treinada através de testes feitos com pessoas reais onde eram apresentadas sequências de imagens reais de certos objetos e era pedido ao utilizador para caracterizar a imagem segundo um conjunto de adjetivos existentes. Desta forma o processo de geração procedimental tornar-se-ia mais simples e fácil de usar.

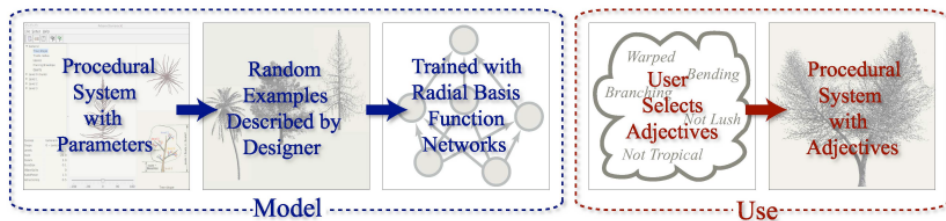


Figura 2.11: Esquema funcional da interface adjetiva, retirado de [HGC09].

De forma a gerar terrenos que maximizassem a sensação de imprevisibilidade, estruturação, interesse e que fossem rápidos e controláveis, Doran et al. propuseram em [DP10a] uma abordagem baseada em agentes. Isto foi garantido através do uso de sementes aleatórias e do ambiente cooperativo baseado em regras e restrições foi possível cumprir esses objetivos através da especificação de agentes responsáveis pela criação de costas, praias, montanhas, rios e agentes de suavização do terreno gerado.

Perlin propôs em [Ken95] a criação de animações de forma procedimental através de funções pseudo-aleatórias compostas por ritmos internos e regras de transição entre movimentos. Estas animações podem ser geridas através da especificação de comportamentos alto nível que fossem pedidos à personagem garantindo um comportamento variado, realista e facilmente manipulável.

2.5.3 Narrativa

Uma das frentes mais exploradas nos últimos anos tem sido a da narrativa gerada proceduralmente. Em vez de uma especificação prévia de como seria a história, os caminhos possíveis

e as personagens constiuíntes, são utilizadas técnicas adaptativas tendo em conta a experiência do jogador.

Baseado na definição de drama interativo proposto em [Gla86], Makergo propôs em [Mag02] uma arquitetura que permita conjugar a interação do utilizador do sistema com a quantidade de controlo dramático que é pretendido dar ao escritor. Desta forma seria possível a participação por parte do utilizador no desenvolvimento da história, assim como um conjunto de eventos e personagens controlados pelo sistema que avancem a acção de uma forma dramática e interessante. Para tal foi utilizado um director da história que tinha um certo objetivo a cumprir e poderia alterar os comportamentos ou objetivos das personagens não controláveis de forma a cumprir o rumo desejado.

A história era representada através de lógica de primeira ordem e era subdividida em atos e cenas. Cada cena tinha um estado inicial, os eventos necessários que funcionavam como condições-objetivo, conhecimento de fundo e restrições de conteúdo. A especificação dramática da história é colocada nas mãos do escritor, ele é que define as heurísticas dos estados desejados e as acções que o director deve tomar de forma a incentivar o Utilizador a ir para os estados desejados. Nesta abordagem, as decisões estão definidas nas personagens em si, e o director simplesmente altera os seus objectivos ou conhecimento, permitindo comportamentos mais modulares.



Figura 2.12: Esquema funcional da interface adjetiva, retirado de [HGC09].

Baseado num conceito semelhante, mas recorrendo a técnicas de modelação da experiência do jogador, Thue et al. propôs em [TBSW07] uma abordagem de adaptação da narrativa através da combinação de modelação do jogador, pontos de decisão e eventos. Foram especificados um conjunto de perfis estereótipos que representassem, de uma forma generalizada, os possíveis comportamentos que o jogador pudesse demonstrar durante a jogabilidade da história. O modelo do jogador era constituído por um vetor de números inteiros em que cada número correspondia à quantidade de manifestação do tipo de estereótipo específico que foi manifestada pelo jogador. As repercussões adaptativas nasciam então de possíveis eventos que fossem definidos previamente. Estes eventos seriam então escolhidos em tempo real e todas as suas características como quem começa o evento, onde e quais as especificidades encontradas nele dependeriam do perfil do jogador demonstrado e das possibilidades de agentes passíveis de iniciar o evento que se encontrassem nas redondezas.

Uma das componentes principais de qualquer boa história ou enredo é o diálogo entre as personagens. Na maioria dos jogos atuais um dos fatores mais críticos na redução da imersividade sentida pelo jogador reside no baixo nível de realismo e variedade que as conversações que tem com as personagens não jogáveis e as que eles têm entre si demonstram. De forma a lidar com este problema, foi sugerido em [SMG09] a criação de uma ferramenta que fosse capaz de criar e gerir conversações entre *NPC's* e o jogador de uma forma fácil de usar e que se baseasse em modelos aditivos, isto é, que permitisse a qualquer momento uma adição de informação às personagens e que essa informação fosse corretamente refletida no conjunto de conversas que iriam ser iniciadas pela personagem em questão. O modelo de conversação usado consiste num modelo mental usado em cada uma das personagens envolvidas, representado como um grafo onde cada nó é um tópico que a personagem gosta e a sligações entre nós são palavras chave associadas com os tópicos. A importância que a personagem dá aos tópicos está presente nos pesos das ligações e a informação sobre os nós e palavras chaves são extraídas de um ficheiro de diálogo escrito pelo autor.

Através da focalização nos papéis que as personagens de um enredo representam, é apresentada em [CSJ⁺10] a ferramenta RoleModel que usa modelos formais de papéis dentro de uma framework de programação lógica abductiva. Os objetivos autoriais podem ser definidos total ou parcialmente como restrições. A arquitetura do sistema é apresentada na Figura 2.13

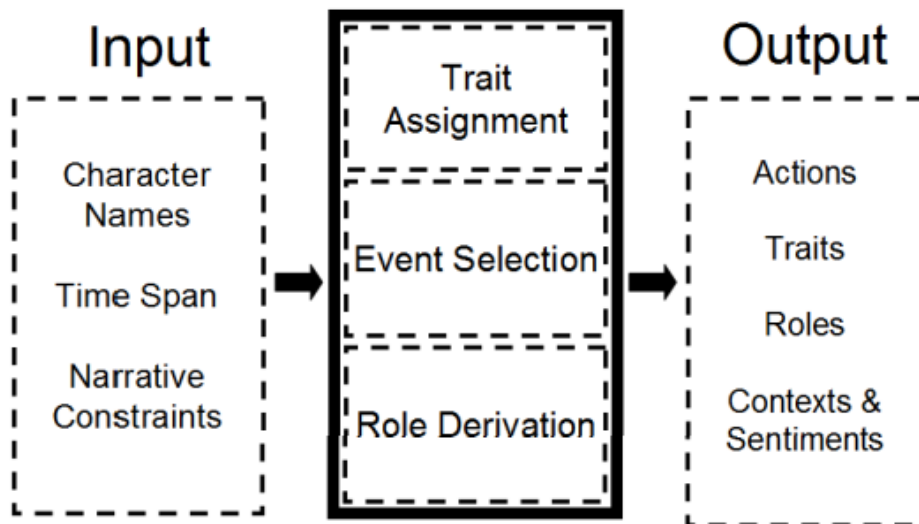


Figura 2.13: Arquitetura da framework RoleModel, retirado de [CSJ⁺10].

2.5.4 Outros

Apesar das áreas mais exploradas atualmente na geração procedimental serem as anteriores, existem outras que também têm merecido atenção por parte da comunidade científica e da indústria comercial. De seguida serão apresentados alguns destes, que abordam áreas tão distintamente abrangentes como música, quests, economias e armas.

Revisão Bibliográfica

Através da análise de 750 *quests* de 4 RPG's populares é identificado em [DP11] uma estrutura comum e é proposta uma classificação de quest e um gerador baseado nessa classificação. Foi especificada uma divisão entre as *quests* através da motivação por trás do *NPC* que propõe a *quest* ao jogador:

- conhecimento
- conforto
- reputação
- serenidade
- proteção
- conquista
- dinheiro
- habilidade
- equipamento

A definição das *quests* é contruída a partir de uma gramática livre de contexto, onde as produções de mais alto nível representam as motivações da *quest* e que derivam para um conjunto de ações base para ir para um certo local, obter um certo artefato ou dá-lo a alguém. Isto gera um ciclo em que na produção de uma ação podem ser geradas todo um novo conjunto de ações que permitam ao jogador obter os pré-requisitos para poder efetuar as ações anteriores.

Apesar do conceito estar interessante, podiam ser construídas heurísticas que permitissem avaliar as *quests* segundo um conjunto de parâmetros como a dificuldade, quantidade de sítios a explorar, a variedade dos objetivos da *quest*, o tamanho máximo, as implicações dramáticas, etc. Para além disso podiam ser utilizadas técnicas de captura da experiência do jogador para determinar qual seria a melhor motivação tendo em conta o tipo de jogador.

No mesmo contexto de criação de *quests*, o trabalho apresentado em [LC11] infere o tipo de jogador usando uma rede de bayes, gera o enredo da *quest* usando redes de Petri e gera *quests* aplicando-as a uma plataforma de jogo específica. O jogador é classificado em novato ou experiente consoante um conjunto de evidências a regras para a sua classificação e é escolhida o tipo da *quest* a ser selecionada consoante o tipo do jogador.

Um dos usos mais exóticos da geração procedimental de conteúdo consistia na geração de comportamentos de armas, em [HGS09]. O jogo consistia num shooter espacial online onde o jogador poderia escolher entre diversas armas. O comportamento e cor dos tiros disparados representavam os dados de saída de uma rede neuronal e os padrões mais usados pelos jogadores eram evoluídos dando origem à existência de "modas" de estilos de combate através das diferentes estratégias que o comportamento das armas suscitava.

Revisão Bibliográfica

De forma a criar um ecossistema económico auto-sustentável, realista e motivador para os jogos RPG's onde tipicamente o comércio constitui uma parte importante da experiência, principalmente se for um MMORPG, foi proposto em [DP10b] um modelo baseado na lei económica de oferta e procura. O sistema económico serve quatro funções principais:

- Preços das matérias-primas
- Quantidades de compras/vendas
- Produção e consumo de matérias-primas
- Alocação de matérias-primas e papéis aos *NPC*'s participantes

Os *NPC*'s responsáveis pela venda ou compra dos produtos têm um conjunto de pares de crenças dos preços das matérias-primas que deseja vender ou comprar, definido por um valor mínimo e máximo, que é alterada consoante o sucesso da compra ou venda desse mesmo produto. Os agentes económicos são definidos pelos produtos que produzem. Desta forma, estes só compram os produtos necessários para a criação do produto final e só vendem aquilo que produzem. Desta forma é possível criar um sistema económico que se comporte de forma esperada e realista a acontecimentos análogos aos vindos a ser verificados no mundo real, como a escassez de um recurso importante na comunidade dar origem a choques no sistema como a depleção total ou parcial de recursos.

De forma a suportar os criadores a desenharem missões e espaços em jogos onde fosse dada ao jogador liberdade de escolha, foi proposta em [PLWC10] uma ferramenta que consiga antecipar as decisões que o jogador possa tomar, de que forma é que essas decisões afetam o desenrolar do resto da missão e com estes dados seja capaz de gerar possíveis soluções apresentadas em forma de storyboards. A geração de storyboards é executada paralelamente à geração da solução, permitindo uma geração passo a passo através de uma interface interativa. De forma a poder gerar as soluções possíveis para uma dada missão a ferramenta necessita de conhecer um tuplo que contenha o estado inicial, os operadores possíveis e o estado objetivo. Desta forma é possível com esta ferramenta a assistência a criação de jogos não lineares facilitando o processo de reconhecimento de planos alternativos, falhas a corrigir ou problemas de balanceamento possíveis de serem detetados.

Um dos exemplos mais famosos de aplicação de conceitos de adaptação/geração de conteúdo principal em aplicações comerciais pode ser encontrada em *Left 4 Dead* [Sof08], onde é utilizado um diretor que analisa o comportamento dos jogadores da equipa, analisa o seu estado médio de ansiedade e através da gestão do flow (explicado na Secção 2.2) responsabiliza-se por popular o espaço de jogo de forma a realçar os valores base de qualquer jogo do género, como a tensão, o medo e a imprevisibilidade, garantindo que a equipa não fica demasiado stressada nem demasiado relaxada. O posicionamento dos inimigos é feito de acordo com uma área circular de possível colocação à volta da equipa. Os inimigos especiais são escolhidos de forma a cumprir restrições temporais/espaciais mas também garantindo a variedade nos confrontos.

Por fim, é importante destacar os avanços realizados na área da geração procedimental aplicada às componentes auditivas de um jogo como músicas ou efeitos sonoros. Como esta área acabou por não ser o caminho explorado no domínio da geração procedimental que irá ser aplicado nesta dissertação, não foi possível uma grande exploração do tema. Apesar disso destaca-se a crescente importância que a adaptação da música e efeitos sonoros têm tido nos últimos tempos na comunidade científica. A adaptação da música procedimentalmente permite a geração de respostas emocionais nos jogadores difíceis de reproduzir através de outros meios, tornando-se a forma ideal de criar antecipação, chamar a atenção do jogador ou criar momentos altamente emotivos [Col09]. Isto pode ser conseguido através de uma geração transformacional ou generativa. A geração transformacional consiste na combinação instrumentais já existentes enquanto que a generativa cria os próprios sons dos instrumentos e trata de os juntar de forma coerente e objetiva.

2.5.5 Conclusão

Como foi analisado nesta secção, a geração procedimental de conteúdo pode ser aplicada a um leque abrangente de domínios, revelando-se uma técnica essencial na exploração de novas formas de prolongar, melhorar e personalizar a experiência que os jogos atuais providenciam. Apesar da multiplicidade de opções disponíveis na abordagem a este problema, a geração de conteúdo procedimental aplicada a espaços de jogo revela-se como sendo o caminho mais adequado tendo em conta o contexto sobre o qual será aplicada a *framework* a desenvolver. Tratando-se de um jogo móvel, desenvolvido pela empresa AppGeneration, o espaço de jogo torna-se a área mais importante a explorar, devido ao valor que a geração procedimental pode trazer ao aumento de qualidade do produto e ao avanço científico que se pretende levar a cabo neste trabalho mas também devido à inaplicabilidade das outras áreas num paradigma móvel. Sendo jogos relativamente simples e que pretendem captar a atenção do jogador, a geração de enredos, músicas ou outras mecânicas mais complexas como comportantes de *NPC's* ou sistemas económicos revelam-se escolhas inadequadas neste contexto.

2.6 Geração procedimental dinâmica

É inegável a importância que os jogos têm como experiências *HCI*, sendo assim importante o reconhecimento da importância ciclo afetivo [Sun05]. De forma a completar este ciclo, o jogo deve ser adaptado aos padrões de resposta afetiva do jogador, a adaptação deve ser rápida, não deve ser percebida pelo jogador e deve ser rica em termos contextuais. Desta forma foi proposto em [YT11] o conceito de *EDPCG* (*Experience-driven procedural content generation*). Este conceito apresenta a ligação entre a experiência do jogador e a geração procedimental. A *EDPCG* é constituída por:

- Modelação da experiência do jogador: a experiência do jogador é modelada em função do conteúdo do jogo e do jogador.

- Qualidade do conteúdo: A qualidade do conteúdo gerado é avaliado de acordo com o modelo do jogador
- Representação do conteúdo: O conteúdo é representado de forma a maximizar a eficácia, performance e robustez do gerador
- Gerador de conteúdo: o gerador procura pelo espaço de geração pelo conteúdo que otimiza a experiência de acordo com o modelo adquirido.

O esquema representativo pode ser visto na Figura 2.14.

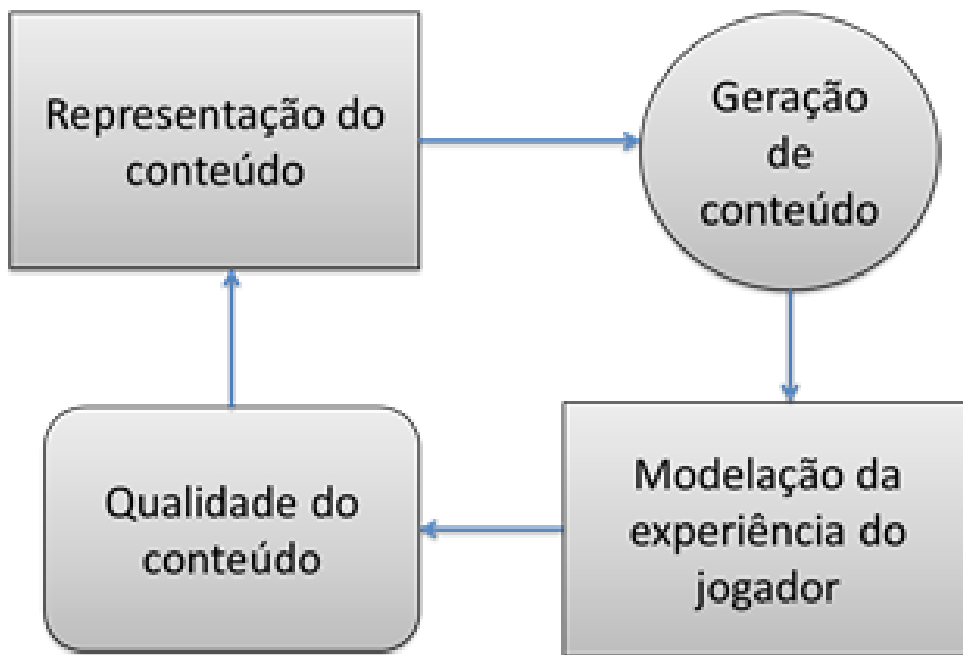


Figura 2.14: Arquitetura da framework RoleModel, retirado de [CSJ⁺10].

Tendo em conta a divisão especificada serão explorados nas seguintes subsecções os trabalhos que contribuíram para os avanços nas respetivas partes constituintes da *EDPCG*. A revisão que se segue é principalmente baseada na pesquisa levada a cabo em [YT11], sendo recomendada a leitura desse artigo de forma a obter informação mais detalhada sobre os trabalhos abordados.

2.6.1 Modelação da experiência do jogador

De forma a poder adaptar a geração de acordo com o jogador, é necessário antes de mais modelar a experiência do jogador. Existem várias formas de captar e modelar esse estado que podem ser categorizadas como modelação:

- Subjetiva: baseia-se nas respostas dadas pelos jogadores, normalmente através de formulários ou perguntas depois do terminado a secção, funcionando como uma retrospectiva sobre aquilo que jogou;

- **Objetiva:** recorre ao uso de aparelhos de medição de respostas físicas expressas pelos jogadores enquanto jogam o jogo;
- **Baseada na jogabilidade:** são usadas métricas de jogabilidade para inferir o comportamento que o jogador está a manifestar durante o ciclo de jogo.

De seguida serão definidos mais promenorizadamente cada um dos tipos de modelação existentes, identificados e explorados alguns trabalhos que recorrem a esse tipo de modelação. No fim será delineada uma conclusão sobre os métodos existentes e é explicado o porquê da escolha do tipo de modelação que será usado neste trabalho.

2.6.1.1 Subjetiva

A modelação subjetiva baseia-se em opiniões dadas na primeira pessoa e não nas de peritos ou observadores externos. Este tipo de dados pode ser obtido através de resposta-livre durante a jogabilidade ou através de recolha por questionários. Apesar da resposta livre permitir a extração de informação mais rica, é mais difícil de obter e analisar informação de uma forma útil. Por outro lado, o uso de questionários limita os jogadores a terem que escolher opções específicas que podem não se adequar ao estado afetivo ou não se refletirem corretamente com a experiência que o jogador teve.

As opiniões forçadas podem ser subdivididas em classificações onde o jogador recebe um formulário e tem que classificar segundo uma pontuação definida [MIC06a, DNYP10a] ou segundo uma avaliação preferencial onde é pedido aos jogadores que comparem as suas experiências em duas ou mais variantes/sesões do jogo [YH07, Yan09, TGBM10].

A modelação subjetiva tem alguns defeitos, nomeadamente na dificuldade inerente em obter uma representação correta do estado /experiência do jogador, devido à possível incapacidade em caracterizar a sua própria experiência ou às tendências criadas pela ordenação temporal, diferentes predisposições emocionais ou outro tipo de condicionantes que podem funcionar como ruído nos dados obtidos.

2.6.1.2 Objetiva

A forma mais concreta e precisa de modelar a experiência do jogador consiste na captação da sua reação fisiológica aos eventos que decorrem durante o ciclo de jogo. Este tipo de elicitação das respostas emocionais pode ser feita através da análise da expressão facial, postura, fala e alterações nos níveis de atenção e foco do jogador. A modelação correta e potencialmente útil exige então o acesso a múltiplas destas vias de captação corporal mencionadas.

Foram realizados vários estudos que tinham como objetivo o relacionamento entre os dados fisiológicos obtidos e as opiniões manifestadas pelos jogadores. Para tal foram usados vários sinais como eletrocardiografia [DNYP10b, YMJ10], fotopletismografia [YMJ10, TGBM10], resposta galvânica da pele [MIC06b, MI04, RSL05], respiração [TGBM10], eletroencefalografia [Nij09], eletromiografia e pupilometria [PS03].

Para além de dados fisiológicos foram também estudadas relações entre expressões corporais do jogador e respostas afetivas, incluindo posicionamento da cabeça e corpo [AKK08] e expressão facial [KCC10]. Apesar de inerentemente mais difícil de captar e inferir algo útil sobre a sua aquisição, a fala também foi usada [KA06, KPY09].

A modelação objetiva pode ser abordada de uma forma livre de modelo ou baseada em modelos. Baseada em modelo refere-se ao uso de modelos emocionais derivados da teoria da emoção onde as respostas corporais são diretamente mapeadas em respostas emocionais específicas. Por outro lado a modelação objetiva livre de modelos consiste na construção de um mapeamento inicialmente desconhecido entre os dados recolhidos do jogador e um estado emocional através do uso de técnicas de classificação e refressão derivadas de abordagens do tipo aprendizagem de máquina ou estatísticas. Apesar de ser a técnica de modelação com maior potencial, a modelação da experiência objetiva levanta alguns problemas como a sua baixa praticidade, alta complexidade e dificuldade na aplicação a produtos comerciais.

2.6.1.3 Baseada na jogabilidade

A modelação da experiência do jogador baseada na jogabilidade (GBPEM) assume que as ações e preferências em tempo real do jogador estão ligados à experiência do jogador através da forma como estes afetam os padrões de processamento e foco cognitivo. Qualquer elemento derivado da interação entre o jogador e jogo forma a base da GBPEM.

A GBPEM pode ser classificada como baseada em modelo ou livre de modelo ou um híbrido entre os dois. As abordagens baseadas em modelos são tipicamente inspiradas por uma framework teórica de análise comportamental ou modelação cognitiva, como as exploradas na Secção 2.2.

Os parâmetros de entrada de um GBPEM consistem em características espaço-temporais derivadas da interação com o jogo e são normalmente mapeadas em níveis de estados cognitivos como atenção, desafio ou imersão.

2.6.2 Representação do conteúdo

A representação de conteúdo é uma questão central na *EDPCG*. Nas histórias interativas são normalmente usadas árvores ao grafos. Este tipo de representação permite um maior controlo ao nível do desenho de alto nível, normalmente levado a cabo pelo *designer*, mas não é o mais aconselhável tendo em conta a natureza variada e inovadora desejada neste tipo de geração e adaptação do conteúdo. A maioria das abordagens foca-se em geração baseada em pesquisa, *bottom-up*, e são guiadas por heurísticas computacionais da experiência do jogador, mantendo a liberdade da intervenção *top-down*. Tendo em conta estes conceitos, e com base na ideia que um bom espaço de jogo requer uma abordagem iterativa que reflita o processo criativo e inovador que está por trás da criação de qualquer bom espaço de jogo [TN08], o uso de algoritmos genéticos revela-se a opção mais viável para o desenvolvimento do trabalho desta tese. Torna-se então necessário explorar a forma como os genótipos (estruturas de dados que são representadas internamente pelo gerador)

são mapeados em fenótipos (estruturas de dados ou processos que são usados pela função de avaliação), através da codificação utilizada, que pode ir de uma completamente direta onde o tamanho do genótipo é linearmente proporcional ao tamanho do fenótipo e em que cada parte do genoma está mapeada a uma parte específica do fenótipo até uma codificação indireta onde o genótipo é mapeado de forma não-linear ao genótipo. [Sta07]. Independentemente do tipo de codificação escolhida torna-se crucial manter sempre o princípio da localidade [TYSB10], que representa a relação entre o grau das alterações efetuadas no genótipo e as resultantes na valor da avaliação de *fitness*. Pretende-se então que a representação permita uma alta localidade, isto é, que uma pequena/grande alteração no genótipo gere uma pequena/grande alteração na avaliação, respetivamente. A representação pode ser colocada num espectro onde um dos extremos é caracterizada pelo baixo grau de abstração, normalmente associado a um valor por casa/posição no terreno/área indivisível e outro extremo representado por um único valor aleatório, normalmente denominado por semente, que funciona como a única fonte de diferenciação existente e que tem o nível mais baixo de localidade. O problema da localidade está relacionado com o problema da dimensionalidade [YT11], que se prende com o potencial excesso de dimensão que a representação escolhida possa ter, tornando inviável a sua geração e avaliação. É então necessário encontrar um balanço ideal entre uma localidade elevada e uma dimensionalidade baixa, através da especificação da representação do conteúdo que seja o mais abstrata possível mas mantendo o detalhe necessário que permita as alterações necessárias tendo em conta o domínio do jogo e os objetivos delineados.

2.6.3 Geração do conteúdo

Depois de a experiência do jogador ter sido modelada, o conteúdo estar representado e as funções de avaliação estarem especificadas é necessário o desenvolvimento de um gerador de conteúdo que procure no espaço de procura resultante por conteúdo que maximize aspetos particulares da experiência do jogador. Apesar da pesquisa exaustiva poder ser capaz de providenciar soluções robustas quando se trata de uma representação do conteúdo num número pequeno de dimensões, esta torna-se impraticável quando tal não acontece. Nesse caso devem ser usadas técnicas como *gradient-search* ou técnicas estocásticas de optimização global como algoritmos evolutivos e optimização *particle swarm*. A geração de conteúdo pode ser do tipo construtiva ou do tipo gerar-e-testar. Na geração construtiva o conteúdo é gerado uma única vez e fica pronto, sendo toda a sua qualidade especificada na forma como é gerado enquanto no tipo gerar-e-testar são geradas múltiplas soluções candidatas que são posteriormente avaliadas.

2.6.4 Avaliação do conteúdo

O principal objetivo da modelação da experiência do jogador consiste em providenciar uma avaliação precisa e útil sobre o conteúdo gerado. Para tal são usadas funções de avaliação baseadas no modelo criado, que irão atribuir um valor escalar ou um vetor de valores, que terão que ser resolvidos usando algoritmos de multi-objetivos, ao conteúdo gerado refletindo o quão bem este se adapta ao estado afetivo que se deseja provocar no jogador.

A avaliação pode ser distinguida em três tipos: direta, baseada em simulação ou interativa. Nas secções seguintes serão exploradas as características de cada um dos tipos de avaliação existentes e serão dados exemplos do seu uso concreto.

2.6.4.1 Direta

A avaliação direta consiste numa função que extraia algumas características do conteúdo gerado e essas características sejam mapeadas diretamente num valor de qualidade. Normalmente este mapeamento não envolve grande poder de computação e é tipicamente desenhado especificamente para um jogo em particular ou tipo de conteúdo. É importante distinguir entre funções de avaliação direta baseadas em teoria e baseadas em dados. Nas funções baseadas em teoria o criador é guiado por intuição ou baseia-se numa teoria qualitativa da experiência ou emoção do jogador para derivar um mapeamento desejado entre o modelo da experiência e a qualidade do conteúdo. Alguns exemplos de funções de avaliação direta podem ser encontrados em [ADP06, DJSY10, CY06, DNYP10a]. Por outro lado as funções baseadas em dados consistem na coleção de informação sobre os efeitos de vários exemplos de conteúdo através de questionários ou medições fisiológicas. Posteriormente são usadas técnicas automatizadas para configurar o mapeamento do conteúdo para a experiência do jogador e finalmente para funções de avaliação. Alguns exemplos de funções de avaliação baseadas em dados podem ser encontradas em [DCY09, DC09, YMJ10, TGBM10].

2.6.4.2 Baseada em simulação

Uma função de avaliação baseada em simulação consiste na experiencição do conteúdo gerado por parte de um agente. Da experiência realizada são extraídas características através da jogabilidade observada que sejam passíveis de serem mapeadas para modelos de experiência do jogador que são utilizadas para avaliar a qualidade do conteúdo gerado. O agente criado pode ser codificado manualmente ou de um modelo de aprendizagem com base nos jogadores humanos, como no caso de [TDL07] onde foi usada uma rede neuronal que recebe informação sensorial de um agente (neste caso representando um carro) correspondente à velocidade do carro, a sua direção e alguns sensores de obstáculos. Esta rede era então treinada através de múltiplas sessões com jogadores reais possibilitando a construção de um agente com um comportamento similar a de um jogador normal através da minimização de um conjunto de funções de *fitness* indicativas das diferenças entre o agente e os jogadores relativamente ao progresso total efetuado (quantidade de pontos chave na pista atingidos), velocidade em cada ponto chave e desvio ortogonal.

Dentro da avaliação de conteúdo baseada em simulação é importante distinguir entre funções estáticas ou dinâmicas. Nas funções estáticas o agente não muda o seu comportamento durante a experiencição do conteúdo enquanto que nas dinâmicas isso acontece, caracterizado pela sua capacidade de aprendizagem. A simulação dinâmica pode ser extremamente útil quando pouco pode ser assumido sobre o que é o conteúdo e como deve ser jogado ou para simular efeitos de cansaço ou fadiga do jogador.

As técnicas de avaliação baseada em simulação são morosas a executar e requerem uma modelação de um agente, algo que por vezes é difícil de conseguir. Algumas técnicas de avaliação estática podem ser encontradas em [TDL07, TPY10, HM07] e dinâmicas em [TS08, Bro08].

2.6.4.3 Interativa

As funções de avaliação interativas pontuam o conteúdo baseando-se na sua interação com um jogador no jogo. Esta informação pode ser obtida do jogador explicitamente através de questionários ou dados verbais, ou implicitamente através da medição dos períodos de interação que um jogador tem com uma parte do conteúdo gerado. Apesar de esta área ainda não ter sido alvo de grande exploração, a sua utilização em [HGS09] revelou-se um caso de sucesso. O jogo utilizado consistia num *shooter* espacial *online* onde os vários jogadores podiam jogar simultaneamente. O conteúdo a ser gerado consistia nas armas usadas pelos jogadores e a sua diferenciação era obtida através de uma rede neuronal evolutiva representativa de um sistema de partículas que mapeava um conjunto de parâmetros de entrada para cada *frame* de animação como a posição da partícula e a distância da posição original de disparo em várias características como a velocidade nos três eixos e a sua cor. O conteúdo gerado era então avaliado segundo o seu uso demonstrado pelos jogadores (tempo que usaram a arma vs tempo que a arma não foi usada) sabendo que era possível carregar três armas simultaneamente e de cada vez que se destruíu um inimigo era colocada uma nova arma evoluída segundo a topologia mencionada no local onde o inimigo foi destruído. A população consistia no conjunto de armas possuídas por todos os jogadores que jogavam o jogo e a seleção de elementos para a evolução era feita através de técnicas de roleta.

2.6.5 Conclusão

De forma a gerar conteúdo que se adapte ao comportamento manifestado pelo jogador é necessário desenvolver uma ferramenta que permita a modelação da experiência do jogador de forma rápida, concreta e que tenha utilidade para a posterior adaptação. Tendo isto em conta, o tipo de modelação que se mais adequa ao contexto móvel da aplicação e ao objetivo primário deste trabalho que consiste na adaptação do conteúdo com base na personalidade do jogador é a modelação da experiência do jogador baseada em jogabilidade. A modelação objetiva requer um grande número de instrumentos capazes de captar os dados, exige um grande poder de processamento por parte do dispositivo e é demasiado intrusivo para uma realidade móvel. A modelação subjetiva não é a mais adequada para capturar a personalidade do jogador mas servirá de base para a avaliação que será feita ao trabalho depois de este ter sido terminado com vista a avaliar, através de escolha forçada preferencial entre pares de conjuntos de níveis gerados que será explicado mais à frente na Secção 3.

Tendo em conta os conceitos de representação de conteúdo apresentados torna-se então imperativo construir uma representação que maximize a localidade e minimize a dimensionalidade, permitindo alterar e avaliar as componentes necessárias em tempo útil. Como este problema prende-se

Revisão Bibliográfica

fortemente com o domínio específico do jogo, a representação concreta a ser utilizada só poderá ser construída numa fase posterior do trabalho quando for decidido o jogo que será usado.

A fase de avaliação do conteúdo é uma das fases principais da *EDPCG* e a escolha de uma técnica adequada revela-se de extrema importância. Tendo em conta a natureza teórica baseada em modelos de diversão/qualidade de experiência (explorados em [2.2](#)) que pretendo avaliar na realização deste trabalho, a avaliação de conteúdo que será levada a cabo consiste numa avaliação direta, com base nas várias teorias de diversão apresentadas e no modelo de personalidade do jogador que irá ser criado.

Capítulo 3

Metodologia

Neste capítulo será explicada em detalhe a metodologia proposta, que consiste na combinação de vários métodos e ideias exploradas anteriormente e que tem como objetivo final a geração procedimental de níveis de jogo. Estes níveis deverão ser adequados ao estilo e capacidade do jogador, que é capturado através de acontecimentos internos ao jogo. Apesar da metodologia ser genérica e composta por um conjunto de componentes dos quais a maioria é passível de ser aplicada a vários domínios presentes em vários géneros, a partir deste ponto a geração de conteúdo referir-se-á especificamente à geração de espaços para jogos de estratégia (neste caso tabuleiros). Desta forma pretende-se facilitar a comunicação das ideias através da utilização de um contexto suficientemente específico que permita uma compreensão mais rápida e eficaz dos conceitos abordados.

3.1 Estrutura e fluxo

De forma a ser possível o desenvolvimento de um sistema que seja capaz de modelar a personalidade do jogador, criar um conjunto de conteúdo que será analisado, e avaliar esse conteúdo para medir a sua qualidade no que diz respeito à sua adaptabilidade ao jogador, é necessário especificar uma estrutura que abrange todos os processos envolvidos (Figura 3.1). Desta forma, a metodologia proposta foi dividida em três módulos que irão funcionar em diferentes janelas temporais:

- Modelação
- Geração
- Avaliação

A fase de modelação é composta por duas componentes. A componente responsável pela recolha de estados de jogo está situada numa posição sobrejacente ao motor de jogo e comunica

com o modelador que trata de agregar os dados recebidos de forma a criar uma representação da personalidade do jogador. Esta dimensão está em processamento durante todo o ciclo de interação entre o jogador e o jogo.

A geração consiste no processo responsável pela criação, análise e gestão do conteúdo disponível. Um ciclo de geração de conteúdo começa pela criação de um elemento válido, seguido de uma análise que extrai deste um conjunto de características. Estas características são descrições comprimidas que contêm toda a informação necessária para a fase de avaliação. Todo o conteúdo gerado é guardado numa *pool* de dimensão apropriada que funcionará como a fonte dos elementos que serão posteriormente avaliados. Esta *pool* tem que ter o tamanho e variedade ideais para ser capaz de acomodar vários pedidos de jogadores diferentes. Isto é garantido não só pela sua composição inicial, mas também por uma evolução progressiva que é conseguida através da remoção, modificação e adição de novo conteúdo. Esta fase está em funcionamento sempre que o ciclo de geração/evolução seja ativado, pontual ou periodicamente conforme seja desejado. Sempre que o jogador requisite um novo nível, é então acionada a fase de avaliação que percorre todas as amostras existentes e avalia a sua adaptabilidade de acordo com o modelo do jogador e os objetivos definidos. Este nível é então devolvido ao motor de jogo.

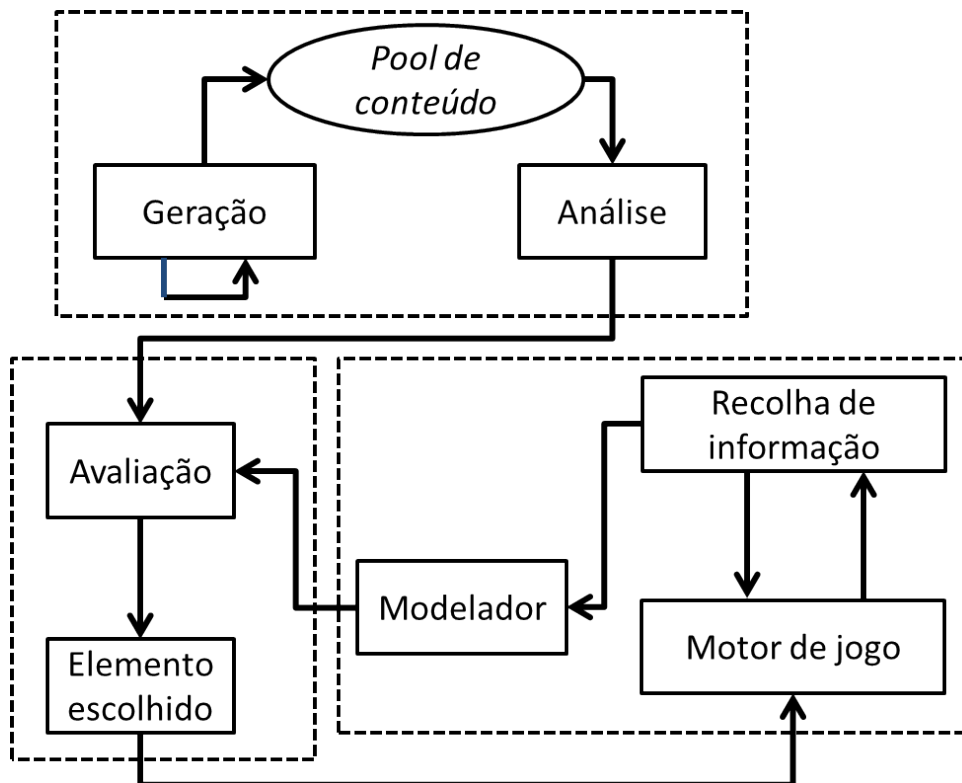


Figura 3.1: Estrutura e fluxo do comportamento do sistema proposto na metodologia apresentada. As caixas com o contorno tracejado representam os diferentes módulos presentes.

3.2 Modelação do jogador

A modelação do jogador deve combinar a forma como o jogador joga com a eficácia das suas jogadas. Estas duas partes, apesar de terem sido abordadas separadamente na revisão bibliográfica levada a cabo, serão complementares nesta metodologia. Esta abordagem mantém o foco em conteúdo personalizado sem descurar a importância da dificuldade dos desafios apresentados como um fator importante. Na Figura 3.2 é apresentado um esquema que representa a natureza dual que a modelação da metodologia apresentada utiliza. São considerados os espectros da personalidade e da capacidade dos jogadores como dimensões diferentes mas que são ambas importantes para providenciar aos jogadores conteúdos que se adaptem corretamente à forma de eles jogarem.

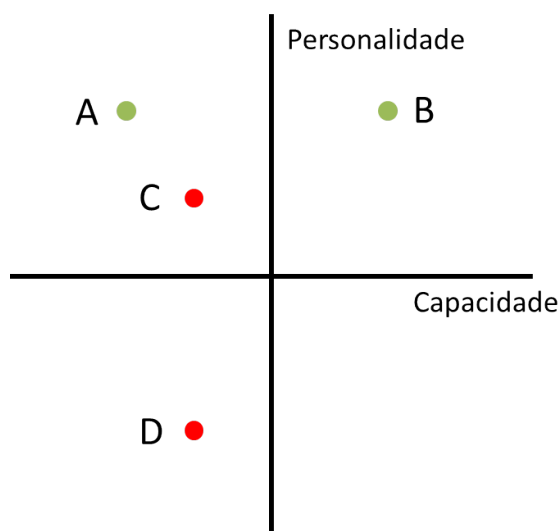


Figura 3.2: Esquema de modelação da metodologia apresentada. Os quatro círculos representam possíveis localizações de modelações relativas a quatro jogadores distintos. Os círculos vermelhos (C,D) representam jogadores que apresentam o mesmo nível de capacidade de jogo mas revelam personalidades substancialmente diferentes enquanto que a situação inversa se verifica no caso dos jogadores representados pelos círculos verdes (A,B).

A modelação da capacidade do jogador é um processo tipicamente simples mas que exige uma especificação dos resultados esperados nos casos de ser um jogador experiente ou um novato. Desta forma, é simplesmente necessário localizá-lo nesse espectro de capacidade previamente definido de acordo com o *feedback* que é possível obter do ciclo de jogo. A definição de um comportamento de um jogador experiente ou novato pode ser baseada em modelos teóricos originados na intuição/experiência do *designer* do jogo ou pode ser induzido através de uma análise compreensiva de vários jogadores a jogar o jogo em questão. Independentemente da forma escolhida, a modelação da capacidade do jogador consiste em determinar qual a informação que deve ser extraída das sessões de jogo e como é que essa informação deve ser tratada, com vista a calcular um valor que represente a qualidade do jogador. Este valor será situado num espectro que compreende dois extremos representativos de um jogador extremamente fraco e um jogador praticamente perfeito.

Por outro lado, a modelação da personalidade do jogador é um processo complexo e altamente dependente do domínio em concreto da sua aplicação, pelo que é necessário antes de mais compreender o jogo com que se está a lidar através da análise das ferramentas de interação que são providenciadas, na forma como estas estão dispostas e organizadas e conseguir definir e perceber o domínio onde o jogador pode atuar no mundo virtual. Só assim será possível compreender em que domínios é que o jogador se pode expressar e qual é o alcance dessa manifestação permitido pelo jogo.

O primeiro passo consiste numa abordagem analítica ao jogo em questão, através de uma desconstrução de acordo com as componentes exploradas previamente na Secção 2.1, nomeadamente através da determinação das mecânicas-base que definem o jogo em si, da forma como estas são apresentadas, das dinâmicas que surgem a partir dessas combinações e das respostas estéticas criadas no jogador. Esta perspetiva vai de acordo com a proposta por Canossa em [Can09], na medida em que é necessário perceber os constituintes base do jogo e a forma como interagem para conseguir então determinar o que se pretende medir e modelar a partir daí.

3.2.1 Paradigmas

A determinação dos domínios paradigmáticos do jogo permite definir as possibilidades de manifestação e os seus limites. Usando como exemplo um jogo típico de estratégia, como o *Civilization V*¹, é possível determinar várias dimensões paradigmáticas. A expansão é uma dimensão paradigmática bastante abrangente. O posicionamento inicial das cidades através do terreno circundante, que pode ser de vários tipos, ou a forma como as cidades são fundadas relativamente ao posicionamento inicial das próprias cidades do jogador ou cidades inimigas, revelam comportamentos diferentes que variam consoante o jogador. Cidades fundadas em territórios maioritariamente cobertos por montanhas revelam uma vontade de produzir, visto que as posições ocupadas por montanhas providenciam mais poder de produção às cidades que estejam no seu alcance. O terreno também pode ser importante no aspeto militar. Um jogador que se expande para regiões montanhosas terá vantagens defensivas visto que as unidades ficam mais fortes quando se encontram em territórios montanhosos enquanto que um posicionamento costeiro poderá revelar uma vontade de formação de um exército marítimo ou na vontade de explorar novos terrenos ou criar novas amizades com outras civilizações distantes.

O exemplo apresentado demonstra, de uma forma bastante comprimida, a potencial complexidade na determinação correta da personalidade do jogador, nomeadamente quando o jogo em questão é composto por um conjunto de sistemas e elementos substancialmente grande (domínio das mecânicas extremamente rico). Se este conjunto de elementos e sistemas estiverem relacionados entre si de uma forma densa e completa pode dar origem a um sistema altamente emergente, resultando num grande número de dimensões em que o jogador se pode exprimir.

¹ *Civilization V* é um jogo de estratégia criado pela Firaxis, baseado em turnos no qual o jogador toma o controlo de um povo e o lidera através do início da história até ao futuro próximo, num mapa aleatório baseado em hexágonos. O jogador terá que conjugar pesquisa tecnológica, força militar, expansão populacional, diplomacia e economia, entre outros, para alcançar a vitória.

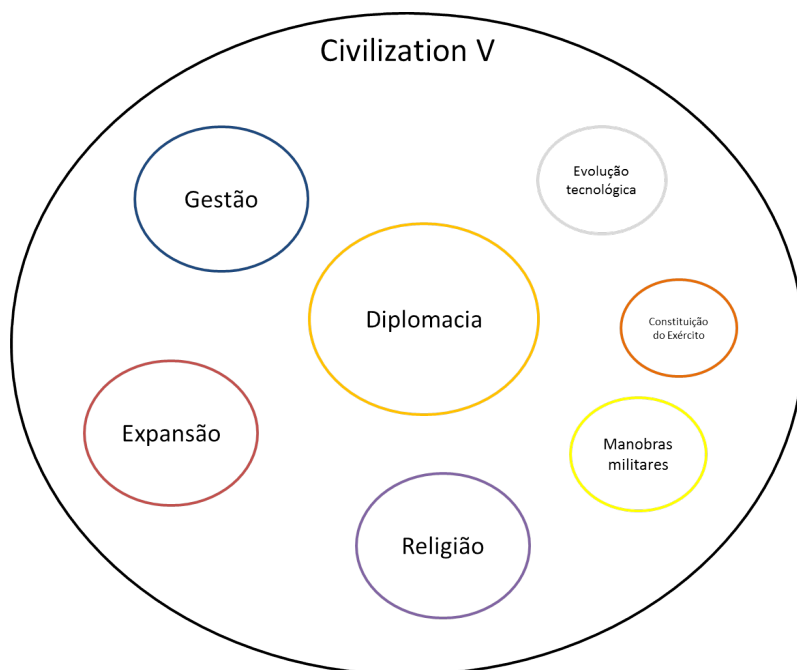


Figura 3.3: Figura representativa dos paradigmas existentes no *Civilization V* e no alcance expressivo que esses paradigmas podem atingir. O tamanho dos círculos representa a relação do alcance entre os vários paradigmas existentes e o tamanho do círculo global do jogo pode ser considerado como a soma do alcance de todos os paradigmas nele presente.

3.2.2 Estilos

Depois de especificados os domínios paradigmáticos existentes no jogo, devem ser definidos os espectros de estilo de jogo, baseados nos *play-styles* [Can09], que podem ser avaliados e utilizados numa posterior modelação do comportamento do jogador. Um estilo deve definir um tipo de comportamento baixo-nível localizado no paradigma que se está a explorar. Deve ser considerado uma medição elementar que seja o mais fácil possível de perceber, que tenha o mínimo possível de interferência com outros estilos existentes e com fatores externos de jogo, e deve ser calculado através da intersecção de valores básicos do jogo que serão explicados mais à frente. Um estilo por si não deve ser o suficiente para determinar o comportamento mas sim apenas um bloco-base que irá ser posteriormente usado para construir a personalidade do jogador. A quantidade de estilos para cada paradigma depende da dimensão expressiva desse paradigma que normalmente é tão maior quanto a complexidade dessa componente durante a jogabilidade.

Nos paradigmas mais abrangentes é possível uma divisão em vários estilos que correspondam a várias áreas desse paradigma. No paradigma da diplomacia é importante saber se o jogador é social através da frequência com que interage com outros jogadores, a forma como o faz, se é agressivo ou não, se tem tendência a construir relações comerciais externas, a forma como reage aos pedidos que lhe são feitos através da medição das vezes que aceita os pedidos ou ordens que lhe são dadas, as vezes que renegoceia e com quem interage através de medições de variação na interação e nas características dos jogadores com que interage, como por exemplo no seu poder

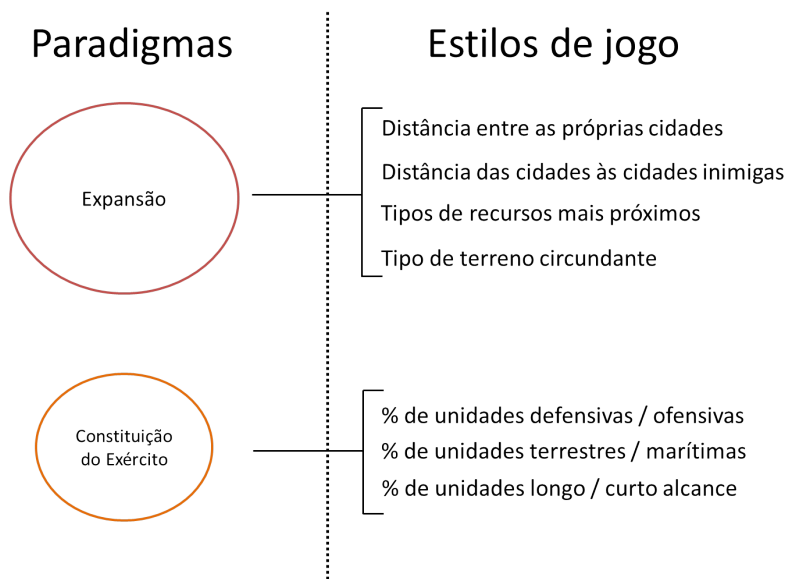


Figura 3.4: Figura representativa de uma possível conversão entre dois paradigmas do jogo *Civilization V* e respectivos estilos (correspondentes a espectros onde irá ser situado o valor desse estilo). O número de estilos que é possível retirar de um determinado paradigma depende do seu alcance expressivo resultante da sua complexidade e é representado na figura através do tamanho relativo entre os círculos representativos dos dois paradigmas.

relativo no momento da interação.

Cada estilo de jogo existente é representado por um valor escalar real que irá ser compreendido entre um valor mínimo e um valor máximo, por exemplo entre 0.0 e 1.0. Cada um dos extremos dos espectros do estilo terá que ter um significado em concreto e os extremos terão que ser completamente contraditórios entre si. Para cada estilo definido o valor máximo significará um comportamento que se adeque de forma perfeita à definição do estilo e ao que ele representa enquanto que o valor mínimo representa um comportamento completamente oposto. Um dos principais problemas desta representação dos estilos como um espectro escalar consiste na conversão entre o seu significado e a definição concreta dos seus limites, porque para determinar a forma como um jogador está a jogar não basta determinar aquilo que ele fez mas também aquilo que ele podia ter feito na condição atual do jogo. Desta forma os vários espectros de estilo de jogo terão que ser comprimidos dentro dos limites do estado atual de jogo e aquilo que era possível ao jogador fazer, como representado na Figura 3.5.

Se a adaptação do espectro ao estado atual e às suas restrições não fosse tida em conta teríamos uma situação como a demonstrada na Figura 3.6 onde não seria possível em nenhum dos estados precisar corretamente o comportamento do jogador na linha representativa da dimensão do estilo a avaliar devido às restrições impostas pelo estado de jogo.

A análise destes dois casos revela a maior importância que o estado 2 tem numa correta modelação da personalidade do jogador devido à sua dimensão relativamente ao primeiro estado, o que representa uma gama maior de escolhas/possibilidades na dimensão a considerar tornando a ação

Metodologia

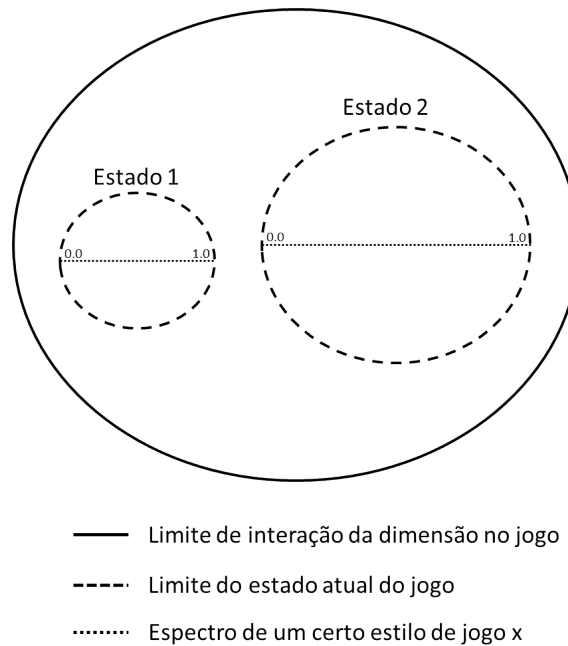


Figura 3.5: Esquema representativo da adaptação que tem que ser feita aos diferentes espectros de estilos de jogo que estarão presentes no modelo completo da personalidade do jogador. Enquanto que ambos os estados representam um subconjunto de interações em relação às possíveis na totalidade do jogo, o segundo é mais abrangente sendo um melhor indicador do estilo a ter em conta devido à maior dimensão da linha que representa uma maior liberdade no aspecto a considerar.

mais importante devido ao maior conflito que foi criado no jogador.

Desta forma é possível manter o conceito de subpersonalidades manifestadas dinamicamente que foi explorado em [Can09] mas não de uma forma linear, dando o mesmo peso a todas as decisões tomadas, mas tendo em conta que a importância dessas mesmas escolhas depende da quantidade de "caminhos" possíveis que o jogador podia seguir. Voltando ao exemplo do *Civilization V* e mais propriamente à importância que a escolha do local de fundação das cidades tem na determinação do estilo de jogo do jogador, se considerarmos um cenário onde o jogador tem n lugares possíveis onde fundar a cidade relativamente a outra situação em que existem $n * 2$ lugares possíveis, a segunda situação revela uma maior importância da determinação das estratégias de expansão do jogador devido ao maior número de possibilidades que lhe é dado.

Todos os espectros de estilo de jogo serão então reunidos num vetor real que compreende todos os estilos de todos os paradigmas e a sua determinação irá acontecer depois do jogador ter efetuado as suas ações. O cálculo do vetor poderá decorrer da recolha direta de eventos e ações entre o início e o fim do turno ou através da comparação dos estados inicial e final, como é representado nas Figuras 3.7 e 3.8

É necessário perceber se era possível ou não ao jogador exprimir-se em todos os estilos presentes. Considerado o caso apresentado na Figura 3.4, é impossível determinar o estilo de expansão do jogador se este não tiver efetuado qualquer expansão. O facto de o jogador não se ter expandido

Metodologia

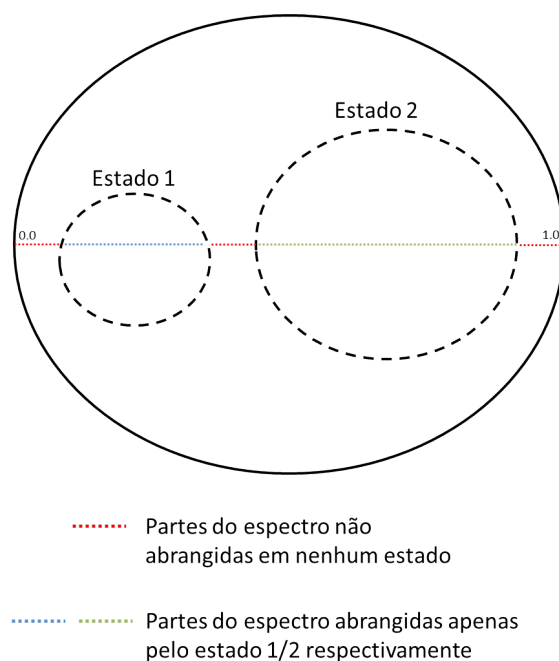


Figura 3.6: Situação sem adaptação do espectro ao estado de jogo em questão. Neste caso o estado 1 estaria severamente limitado a uma gama de valores significativamente baixa do estilo a ter em conta o que restringia a utilidade dessa dimensão nesse caso.

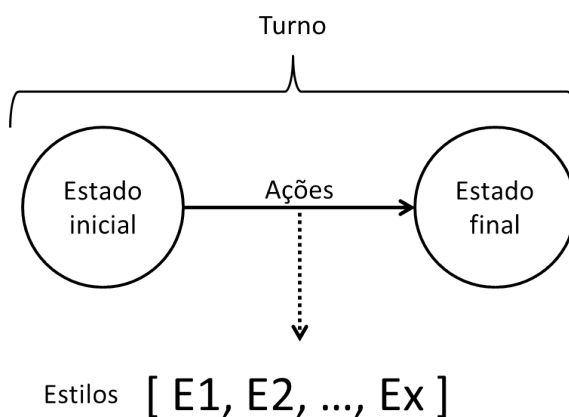


Figura 3.7: Determinação do vetor de estilo de jogo através das compreensões diretas das ações que foram tomadas durante o turno pelo jogador que levaram à transformação do estado inicial no estado final.

pode ser um contributo útil no cálculo de outro estilo que tenha como objetivo saber se o jogador é pouco ou muito expansivo mas não serve como um indicador do tipo de expansão que ele pretende efetuar. Nos casos onde não existe informação suficiente para a determinação correta de um determinado estilo, este deve tomar um valor não localizável na gama de valores definida, como -1.0 na gama de 0.0 a 1.0 e deve ser considerado como um caso especial que não vai ser tido em

Metodologia

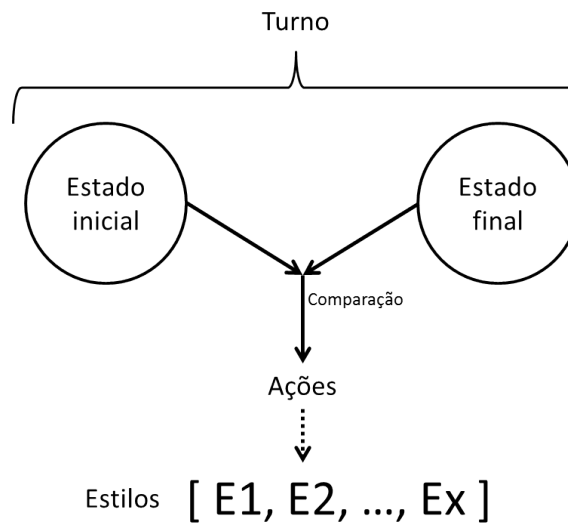


Figura 3.8: Determinação do vetor de estilo de jogo através do cálculo das ações tomadas por comparação entre os estados do turno.

conta na determinação final do vetor definitivo do estilo do jogador.

3.2.3 Métricas

Uma vez especificados os estilos de jogo que devem ser tidos em conta na modelação da personalidade do jogador é então necessário determinar quais são as variáveis e eventos de entre as centenas ou milhares que existem que devem ser recolhidos de forma a que os estilos possam ser calculados. Voltando ao exemplo do *Civilization V*, para a determinação da relação entre os estilos de jogo e a forma de expansão do jogador será necessário ter acesso a variáveis e eventos relacionados com a fundação das cidades e a informação das outras cidades inimigas ou do mesmo jogador que seja conhecido (se existir *fog of war* que impede a visualização por parte do jogador de terrenos que ainda não foram explorados) assim como a informação do terreno circundante e o terreno disponível para a fundação da cidade (Figura 3.9)

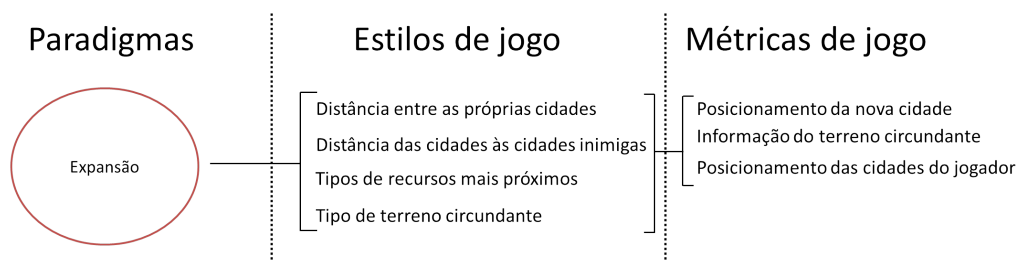


Figura 3.9: Esquema final representativo da conversão entre paradigmas, estilos correspondentes e métricas/eventos de jogo necessárias para a sua formulação.

3.2.4 Play-Personas

Depois de determinados os paradigmas que fazem parte do jogo, os estilos possíveis e as métricas que são necessárias capturar e acompanhar é então possível a especificação de *play-personas* como definido em [Can09]. Uma Play-Persona consiste numa aproximação do comportamento manifestado pelo jogador a um conjunto de estereótipos que representam casos extremos de personalidades que atuam de uma forma previamente especificada e que normalmente correspondem ahipérboles de um certo tipo de forma de estar e ser no mundo virtual. As *play-personas* são o conceito mais complexo apresentado até agora devido à sua natureza multi-variável e ao conjunto de ligações e inter-conexões que existem entre os vários elementos do jogo aquando da sua especificação.

As *play-personas* podem ser especificadas através de modelos teóricos assentes na intuição e experiência dos *designers* do jogo, através de uma análise histórica das sessões disponíveis de jogo ou através de uma combinação de ambas. Este processo começa por uma possível definição inicial de um conjunto de *personas* hipótese que serão corroboradas ou contrariadas, eliminadas ou criadas depois da análise das sessões de jogo existentes de acordo com o conceito da percepção das *play-personas* como metáforas numa fase inicial de suposição e previsão de comportamento e como lentes na fase de análise histórica [Can09]. Esta análise é feita recorrendo a um algoritmo de *clustering* hierárquico onde fosse possível ver para as diferentes distâncias entre diferentes *clusters* a quantidade de elementos existentes e os seus centros. O uso de *clustering* hierárquico permite uma análise mais exploratória não sendo necessário saber *a priori* a quantidade de *personas* que se quer determinar, ao contrário de outras opções no mesmo domínio de aplicação como o *k-means*.

No final deste processo deverão estar especificadas as *play-personas* que constituam uma representação plausível e significativa dos estereótipos de comportamento que possam ser revelados pelo jogador. Esta especificação deve ser definida por um vetor do mesmo tamanho do vetor de estilos completo que represente uma modelação ideal, normalmente contendo apenas valores extremos para cada um dos espectros de estilo determinados. É importante definir uma descrição para cada *play-persona* que permita facilmente a sua identificação e compreensão por parte de qualquer pessoa que tenha algum conhecimento do jogo. Uma *play-persona* representa um comportamento hiperbólico completamente focado e direcionado para um objetivo específico não sendo de esperar que algum jogador se enquadre completamente numa *play-persona*, sendo necessário criar uma forma de representação da localização da personalidade do jogador no conjunto de *play-personas* definidas. Esta representação pode se conseguida através do uso de um vetor de números reais compreendidos entre 0.0 e 1.0 com o tamanho igual ao número de *play-personas* definidas que identifique a probabilidade do jogador ser considerado como um exemplo perfeito do estereótipo em questão. Estas probabilidades são obtidas através do cálculo da distância euclidiana entre cada par de elementos do vetor de estilos que representa a personalidade do jogador e o vetor característico da *play-persona* a considerar. A definição de uma *play-persona* pode não abranger todos os estilos existentes sendo nesse caso calculada a distância média entre as

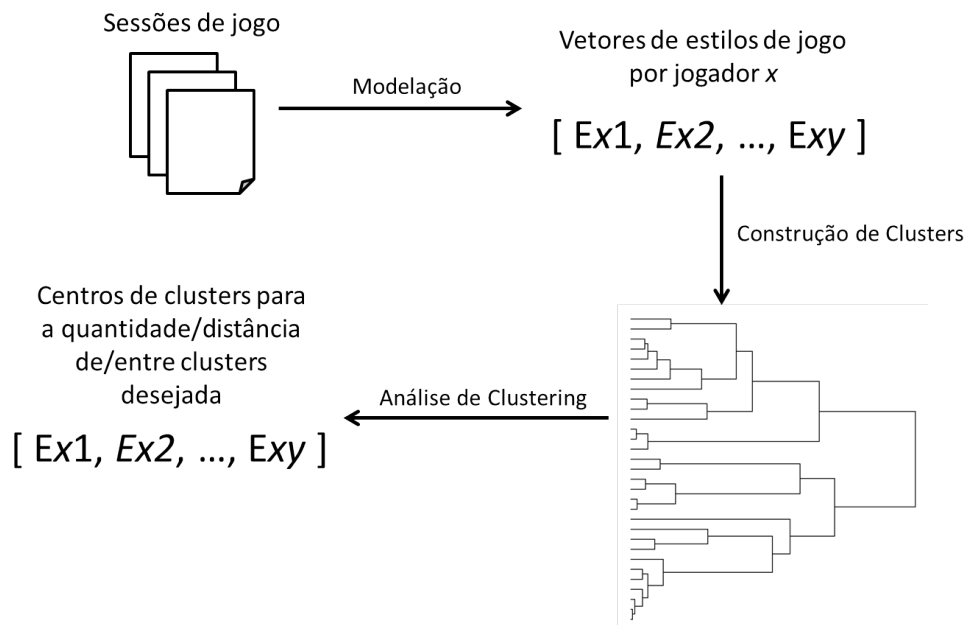


Figura 3.10: Representação visual do processo de determinação de personas baseada exclusivamente na análise histórica das sessões de jogo existente.

comparações possíveis de serem feitas.

Voltando ao caso do jogo *Civilization V*, o conjunto de *play-personas* que seria possível definir com base nas interações entre paradigmas é bastante grande mas alguns exemplos servirão para demonstrar o seu potencial descritivo e a sua utilidade para determinar a personalidade do jogador. Estes exemplos são baseados nos líderes presentes no jogo que representam de forma mais ou menos acentuada um certo estereótipo e são ótimas bases para possíveis *play-personas*. Considerando o exemplo de *Mahatma Gandhi*, é caracterizado por um comportamento pacífico, por um exército de pequenas dimensões, pouco expansivo, focado no bem estar da população, que favorece comunicação com as outras civilizações, principalmente trocas, e que perdoa confrontos anteriores tendo sempre em vista a paz entre as civilizações existentes. Apesar de este ser apenas um resumo da personalidade da personagem representativa de *Mahatma Gandhi*, serve como base descritiva para a posterior determinação dos valores característicos nos estilos especificados anteriormente. A tabela 3.1 contém a definição de alguns estilos, o significado dos seus extremos e a caracterização do caso em questão nesses espectros.

3.2.5 Problemas e cuidados

Apesar desta abordagem da modelação da personalidade do jogador ser a forma mais intuitiva, natural e potencialmente útil numa posterior adaptação de conteúdo, existem alguns problemas associados que impedem que a modelação resultante represente na perfeição a verdadeira vontade intrínseca do jogador. Qualquer jogo tem como objetivo fundamental a vitória através do alcance de um conjunto de estados ou através da maximização de certos atributos ou valores. Esta vontade

Metodologia

Estilo	Descrição do valor mínimo	Descrição do valor máximo	Caracterização
Atitude Diplomática	Sempre que existe interação com outros jogadores é para declarar guerra ou fazer pedidos agressivos	Sempre que existe interação com os outros jogadores é sempre feita através de atitudes pacíficas	Mínimo
Construção de unidades	Nunca constrói unidades militares	Constroi unidades militares sempre que possível	Mínimo
Expansionismo	Nunca se tenta expandir, mantendo-se sempre com poucas cidades	Tenta expandir sempre que possível, preferindo ter muitas cidades	Máximo
Vontade de comunicação	Nunca tenta comunicar por vontade própria com outros jogadores	Tenta comunicar o máximo possível com outros jogadores	Máximo
Exploração de recursos	Prefere recursos relacionados com a felicidade e crescimento da população	Prefere recursos relacionados com o aumento da produção industrial ou financeira	Mínimo

Tabela 3.1: Esta tabela apresenta um sub-conjunto de estilos de vários paradigmas, as suas definições através do significado dos seus extremos e a consequente caracterização do líder *Mahatma Gandhi* nos espectros apresentados.

de atingir um certo objetivo faz com que o jogador proceda a uma desconstrução analítica inconsciente dos componentes e interações que fazem parte do jogo. Esta análise revela a fragilidade de todo o sistema que, se desequilibrado, fará com que esse desequilíbrio seja rapidamente percebido e o seu comportamento a partir desse instante se direcione para uma interação propositadamente orientada exclusivamente para a vitória. Isto provoca a perda da utilidade de uma modelação de personalidades únicas e distintas entre os jogadores devido à convergência de comportamentos para atingir a solução ótima. Voltando ao caso do *Civilization V*, alguma experiência com o jogo na sua versão base de lançamento revela problemas na forma como a inteligência artificial reage nas interações diplomáticas ou nas manobras militares. A incapacidade por parte dos agentes inimigos de conseguir perceber como atacar e defender de unidades de longo alcance juntamente com a agressividade excessiva e o comportamento errático que estes manifestam nas relações diplomáticas com o jogador humano faz com que seja rapidamente perceptível que uma estratégia predominantemente militar e expansionista, com o objectivo de criar o efeito de ataques preventivos, juntamente com o uso de unidades de longo alcance nas manobras ofensivas, são estratégias claramente superiores às outras existentes. Isto leva a que os estilos existentes nesses domínios não sejam bons indicadores da personalidade do jogador devido a falhas interiores ao sistema na forma como ele foi concebido e construído. A modelação dos jogadores através da análise histórica das sessões de jogo existentes pode servir como uma ajuda na deteção destes *biases* existentes no jogo principalmente se forem estudados os comportamentos de jogadores mais experientes que já tiveram muito tempo para perceber como funciona o jogo.

3.3 Geração

É importante perceber bem o jogo em toda a sua totalidade para se perceber que tipo de conteúdo se pode gerar e que tipos de adaptações se podem fazer. Um jogo de estratégia tem como conteúdo principal o mapa onde o jogo está a decorrer, sendo esta a escolha óbvia na geração de conteúdo. Mas, mesmo assim, existem alterações e adaptações possíveis à forma como o jogador final irá experienciar o conteúdo gerado, através de particularidades nas condições iniciais ou através de mudanças na forma como o conteúdo gerado lhe é apresentado. Considerando um jogo como o *Civilization V*, para além da consituição do mapa onde o jogo irá decorrer também é possível adaptar um conjunto de fatores de forma a criar o efeito desejado, nomeadamente o posicionamento inicial dos jogadores no mapa e as condições iniciais como o número de cidades, unidades ou condições tecnológicas, religiosas ou monetárias. O impacto destas alterações pode ir desde condições gerais até mudanças a nível comportamental e estrutural das entidades existentes. No entanto devem ter sempre em conta as regras base do jogo, devem manter sempre a sua integridade e não devem ser demasiado profundas nem demasiado perceptíveis ao ponto de alterarem significativamente o jogo, visto que poderia atingir o caso extremo em que as próprias regras de jogo eram alteradas e isso não é desejável. Apesar do conteúdo principal ser a fonte mais importante no cumprimento dos objectivos definidos, as alterações e adaptações posteriores são cruciais para melhorar a experiência de jogo de acordo com as teorias estudadas na Secção 2.2, algo que será explorado em mais detalhe mais à frente, mas que pode ser resumido de uma forma muito simples através da Figura 3.11. Estas alterações não significam obrigatoriamente alterações concretas ao conteúdo gerado sendo possível representarem apenas mudanças na forma como o conteúdo é apresentado ou na forma como o conteúdo reage às ações do jogador. Todas estas alterações irão moldar a percepção do jogador sobre o jogo.

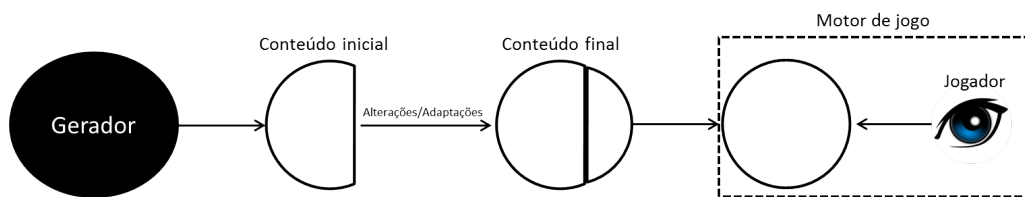


Figura 3.11: Vista geral do processo de geração, adaptação/alteração e percepção por parte do jogador.

De acordo com a caracterização da geração de conteúdo proposta em [TYSB10], a geração de conteúdo baseado na experiência do jogador, particularmente aplicada a jogos de estratégia deve ser localizada no meio do espectro *Online - Offline* no sentido em que o conteúdo é apresentado de forma sequencial devido à natureza elementar dos mapas de jogo mas é baseado no modelo de personalidade do jogador que está a ser continuamente construído. O fluxo geral base de um sistema de geração deste tipo teria que corresponder à apresentada na Figura 3.12

O posicionamento do gerador no contexto estrutural do sistema a ser desenvolvido depende do contexto de utilização e restrições do dispositivo onde o jogo irá ser executado. Um sistema

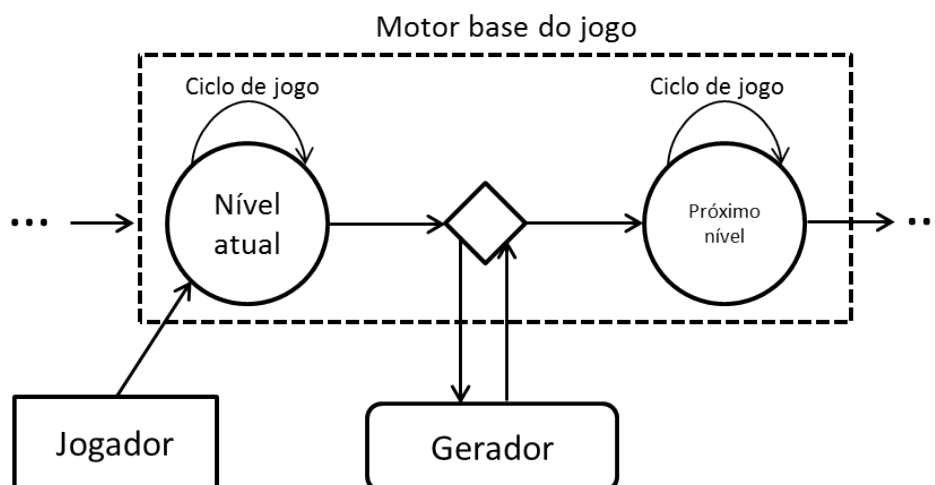


Figura 3.12: Fluxo geral da geração de um sistema compatível com a metodologia proposta.

baseado no paradigma cliente-servidor reduz a carga do cliente e facilita futuras alterações ao comportamento da geração, mas tem como desvantagem a exigência de uma ligação à internet constante, o que poderá ser algo difícil de exigir principalmente no que toca aos dispositivos móveis, onde a mobilidade é um das principais razões da sua utilização.

De forma a representar a criatividade, subjetiva e pessoal da perceção de qualidade que o jogador tem daquilo que experiencia, optou-se por usar uma solução do tipo SBPCG [TYSB10] que aceite como entrada um vetor de parâmetros que define um conjunto de características gerais que vão moldar a geração. Este molde não pode ser demasiado restritivo senão corre-se o risco de perder o poder de generalização e, conseqüentemente, o alcance expressivo do gerador. Mas também não se pode resumir a uma semente aleatória devido à falta de controlo no resultado da geração, algo que seria indesejável se fosse pretendido criar certas tendências de modo a direcionar a geração para um conjunto de *outputs* tidos como preferenciais. Resumidamente a geração tem que seguir três pontos principais:

- Gerar conteúdo válido que não quebre as regras de jogo e permita a correta aplicação das ferramentas de jogabilidade providenciadas ao jogador
- Seguir um objetivo geral de alto nível
- Garantir um bom balanço entre parametrização do conteúdo gerado e alcance expressivo da geração

Considerando a criação de espaços de jogo, a geração deve ser dividida em fases distintas mas interligadas que caracterizem a modularidade das componentes que constituem esse espaço, como representado na Figura 3.13. Dentro de cada fase/camada de geração é recebido um conjunto de parâmetros que definem e restringem o resultado intermédio, que deve ser adequado, através do cumprimento das regras e restrições existentes definidas para a camada correspondente. Apesar

Metodologia

das regras e restrições estarem representadas como componentes na imagem, estas não precisam, nem podem em muitos casos, estar presentes numa base de dados em forma numérica podendo ser apenas um conjunto de especificações de alto-nível ou pseudo-código que garante que o resultado da camada em questão seja válido. Os objetivos gerais definem mais uma fonte de modulação da geração, caracterizada por um conjunto de descrições ou guias que definam que aquilo que se pretende seja minimamente garantido na geração do nível. Aplicando este conceito ao caso do jogo *Civilization V*, seria possível e plausível dividir a geração de espaços de jogo nas seguintes camadas (Figura 3.14):

- **Layout:** Esta camada representaria a constituição base de cada mapa, representada apenas pelo tipo fundamental de terreno para cada espaço indivisível de jogo, podendo este ser água ou terra.
- **Terreno:** Nesta camada seria caracterizado o tipo concreto da parte terrestre do mapa, podendo este ser planície, montanha, deserto, rio, etc.
- **Recursos:** Nesta camada seriam colocados os recursos ou luxúrias especiais que adicionam mais uma componente de exploração e gestão ao jogo.
- **Maravilhas naturais:** Aqui seria determinado o posicionamento de maravilhas naturais ², que podem ser terrestres ou marítimas.
- **Posicionamento inicial das civilizações:** Nesta fase seria determinado o posicionamento inicial das civilizações através do seu colonizador inicial.

A lista de camadas poderia continuar dependendo da profundidade que se queira dar à geração, que poderia ir desde um posicionamento inicial das civilizações, como acontece num jogo normal de *Civilization V*, até à definição de cidades/unidades/tecnologias iniciais que resultaria num jogo mais condicionado e direcionado, típico do modo de jogo "cenário" ³.

Para cada uma destas camadas teriam que ser definidos um conjunto de restrições extremas que garantissem a validade dos espaços de jogo criados:

- **Layout:** A quantidade de hexágonos terrestres deve ser suficiente para que seja possível a todos os jogadores terem um espaço inicial para fundarem as suas cidades e pelo menos mais um hexágono terrestre adjacente passível de ser trabalhado para permitir uma futura expansão marítima.
- **Terrenos:** A personalização do tipo de terreno no *layout* existente terá que garantir que existe um número mínimo de terrenos passíveis de serem trabalhados e que só são definidos tipos de terreno para as partes terrestres do mapa.

²As maravilhas naturais são entidades no mapa que têm como objetivo representar as suas contra-partes reais e que garantem diversos tipos de bônus a quem as encontrar e explorar através do posicionamento de cidades no seu alcance. As maravilhas naturais são parte integral do mapa e não podem ser movidas nem destruídas por nenhum jogador.

³Um cenário é um modo de jogo do *Civilization V* onde os jogadores começam condicionados a vários níveis e existe um objetivo específico, ao contrário do modo normal de jogo.

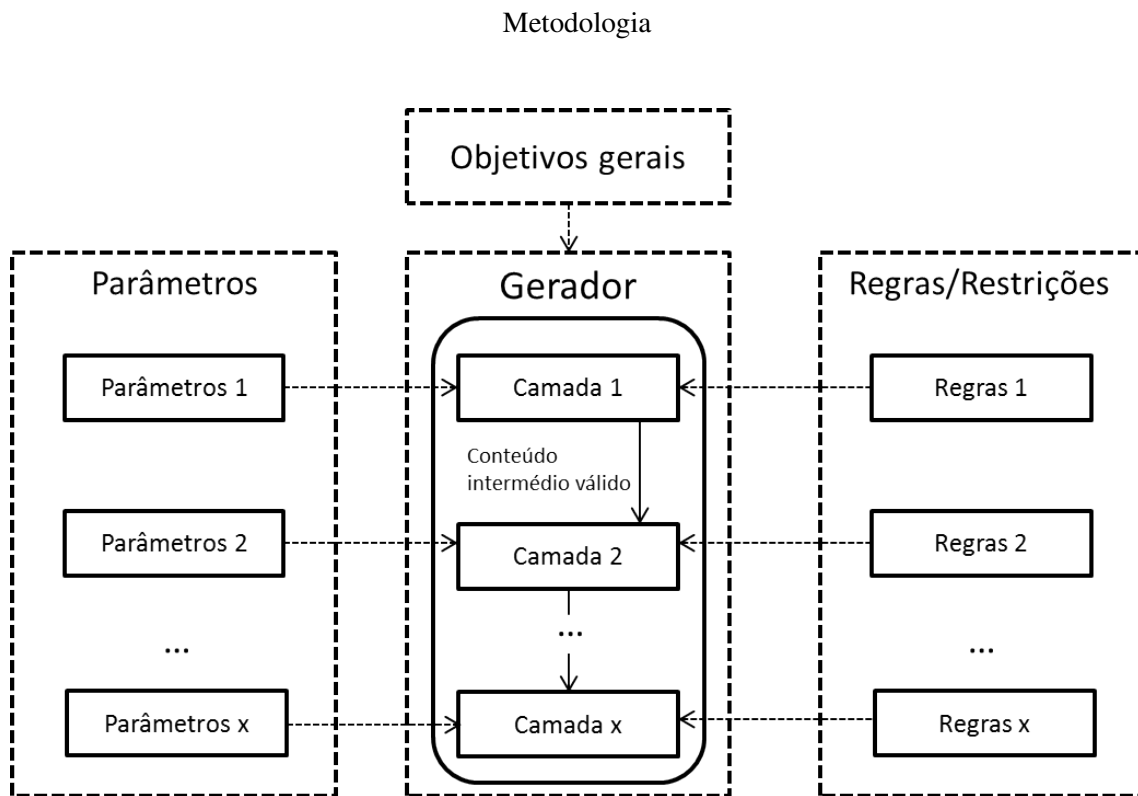


Figura 3.13: Interação das várias partes integrantes de um sistema de geração procedimental de conteúdo. O processo é dividido em fases que representam camadas diferenciáveis que constituem o conteúdo a ser gerado.



Figura 3.14: Esquema representativo da constituição e fluxo da geração através das várias camadas de um espaço de jogo.

Metodologia

- **Recursos:** Nesta fase só teria de ser garantido que os recursos/luxúrias seriam posicionados em terrenos compatíveis.
- **Maravilhas naturais:** Não poderiam ser posicionadas duas Maravilhas em locais demasiado próximos que levassem à interseção entre elas; teriam que ser colocadas em terrenos adequados ao seu tipo e só poderia ser colocada no máximo uma Maravilha de cada tipo por mapa.
- **Posicionamento inicial dos jogadores:** O colonizador inicial dos jogadores só poderia ser colocado em terrenos compatíveis com o posicionamento de uma unidade terrestre e teria que ter no mínimo outra posição terrestre adjacente passível de ser trabalhada para permitir a sua expansão.

Os parâmetros de entrada de cada uma das fases constituem mais uma camada de limites ou caracterizações que não provocariam violações da integridade do conteúdo gerado independentemente do seu valor mas que funcionariam como um elemento adicional de personalização de alteração rápida por parte de um elemento da equipa de desenvolvimento do jogo. Estes parâmetros são normalmente definidos por limites mínimos e/ou máximo de valores que serão usados na geração e por probabilidades de colocação/alteração/remoção de certos elementos. No caso do jogo *Civilization V* os parâmetros de entrada na camada de *Layout* poderiam ser as dimensões mínimas e máximas do mapa a ser criado e a probabilidade de um determinado espaço de jogo indivisível ser terra ou mar. Para cada um destes parâmetros terá que ser definido um valor especial que funcione como um indicador ao sistema para desabilitar o seu efeito na geração.

Apesar do cumprimento destas regras levar à criação de espaços de jogo válidos e respeitadores dos limites de jogabilidade impostos pelo motor de jogo, a geração constante de mapas que apenas cumpram estes requisitos levará a um grande desperdício de processamento devido à inutilidade da maioria dos mapas que se revelariam na maioria dos casos inadequados. Isto resultaria numa diminuição das pontuações recebidas numa posterior avaliação. Desta forma a especificação de um conjunto de objetivos gerais permite guiar a geração de forma a gerar conteúdo geralmente mais interessante através do seguimento de um conjunto de *guide-lines*. No caso em concreto do jogo *Civilization V*, os objetivos podiam representar um conjunto de guias que priorizasse o balanço inicial de jogo. Desta forma seria necessária a especificação de um conjunto de linhas gerais que fossem consequentemente traduzidas em características concretas passíveis de serem extraídas de forma numérica do conteúdo a ser gerado:

- **Redução da agressividade inicial:** A especificação de uma distância mínima entre os colonizadores iniciais levaria a uma minimização da agressividade inicial por parte dos jogadores devido ao espaço suficientemente grande de crescimento e exploração.
- **Balanço entre recursos iniciais:** Este objetivo teria que ser cumprido através de uma correta distribuição de tipos de terreno/recursos seguido de um posicionamento dos colonizadores de forma a que não houvessem diferenças demasiado grandes entre o valor territorial potencial dentro de um certo alcance.

Os objetivos gerais devem ser poucos e simples de forma a restringir o mínimo possível o alcance expressivo do gerador e a aumentar a sua utilidade através da redução de conteúdo que seria rapidamente considerado de baixa qualidade numa fase posterior.

3.4 Análise

Depois da geração do conteúdo estar concluída, o resultado será serializado para uma posterior análise e avaliação. A fase da análise do conteúdo gerado será realizada numa perspetiva semelhante à geração, através da divisão do processo num conjunto de camadas iguais às usadas anteriormente. Para cada uma das fases será criado um relatório parcial que será complementado com os outros para a criação de um relatório final onde estará presente toda a análise resultante (Figura 3.15). Em cada uma das fases terão que ser especificadas quais as características que devem ser extraídas e a forma como seu valor é calculado. Resumindo, as características a extrair têm que cumprir os seguintes requisitos:

- Terem utilidade para uma posterior avaliação do conteúdo;
- Estarem corretamente calculadas e normalizadas de forma a que os seus valores sejam relativos à totalidade global do conteúdo e que possam ser comparadas a outras amostras e a outros valores sem a necessidade do uso de fatores de adequação de escalas.

No caso do *Civilization V*, e como é mostrado na Tabela 3.2 através de uma quantidade bastante reduzida de possibilidades para as diferentes camadas do conteúdo, é possível definir um conjunto de características que digam algo sobre o conteúdo gerado e que sejam úteis para concluir algo sobre a adaptabilidade ou não dessa amostra a um dado jogador. As características dos jogadores têm que ser calculadas para todas as civilizações presentes, o que irá alargar o conjunto de possibilidades de experiência do conteúdo, que não depende só do mapa em si mas também de qual a civilização existente é que o jogador controla (Figura 3.16).

3.5 Avaliação

A análise do conteúdo gerado tem como objetivo extrair um conjunto de características dos resultados gerados que sejam suficientemente esclarecedoras e úteis para a fase posterior de avaliação. Nesta fase pretende-se classificar os resultados existentes através de um número real que represente uma gama de qualidade onde o valor mínimo represente algo completamente inadaptado ao jogador e um valor máximo represente o conteúdo perfeito para o modelo criado (Figura 3.17). A metodologia apresentada nesta dissertação pretende complementar as várias teorias de perceção de qualidade de jogo através do estabelecimento de uma relação entre os principais fatores dessas teorias e a forma como podem ser avaliadas/utilizadas no contexto definido até agora. O estudo levado a cabo na Secção 2.2 levou à identificação de alguns fatores cruciais que podem ser aplicados ao domínio de espaços de jogo:

Metodologia

Características a extrair		
Camada	Característica	Descrição
<i>Layout</i>	Dimensão	Dimensão do mapa; terá que ser normalizada através do seu posicionamento no espectro entre a dimensão mínima e máxima possíveis de um mapa
	Habitabilidade	Relação entre a quantidade de terra e mar existente, um valor mínimo indica a existência máxima de água que respeite as restrições especificadas anteriormente enquanto que o máximo representa a presença de terra unicamente no mapa todo
	Quantidade de regiões	Quantidade de regiões ou massas de terra existentes comparativamente à dimensão total do mapa. O problema neste caso consiste na definição do valor mínimo da característica, nomeadamente no que significa um mapa com esta característica no seu valor mínimo.
	Distância entre regiões	Distância média entre regiões. Um valor máximo indica uma distânciação máxima possível para as massas de terra existentes enquanto que um valor mínimo corresponde a um caso de existência de uma massa de terreno única, estilo pangeia.
Terreno	Alimentação	Percentagem de terreno passível de ser trabalhado que tem recursos que providenciem alimentação às cidades no seu alcance.
	Produção	Percentagem de terreno passível de ser trabalhado que tem recursos que providenciem produção às cidades no seu alcance.
	Financeiro	Percentagem de terreno passível de ser trabalhado que tem recursos que providenciem recursos financeiros às cidades no seu alcance.
Posicionamento inicial	Habitabilidade inicial	Percentagem de terreno circundante terrestre e passível de ser trabalhado para cada jogador. Um jogador que comece numa ilha pequena só com mar à volta terá um valor perto do mínimo enquanto que um jogador que comece numa pangeia ou num continente grande terá um valor máximo.
	Distância ao jogador mais próximo	Distância de cada jogador ao jogador mais próximo, normalizada através da relação entre as distâncias entre qualquer par de jogadores existentes

Tabela 3.2: Esta tabela mostra algumas características passíveis de serem extraídas em diferentes camadas e problemas/particularidades a ter em conta na determinação do seu valor

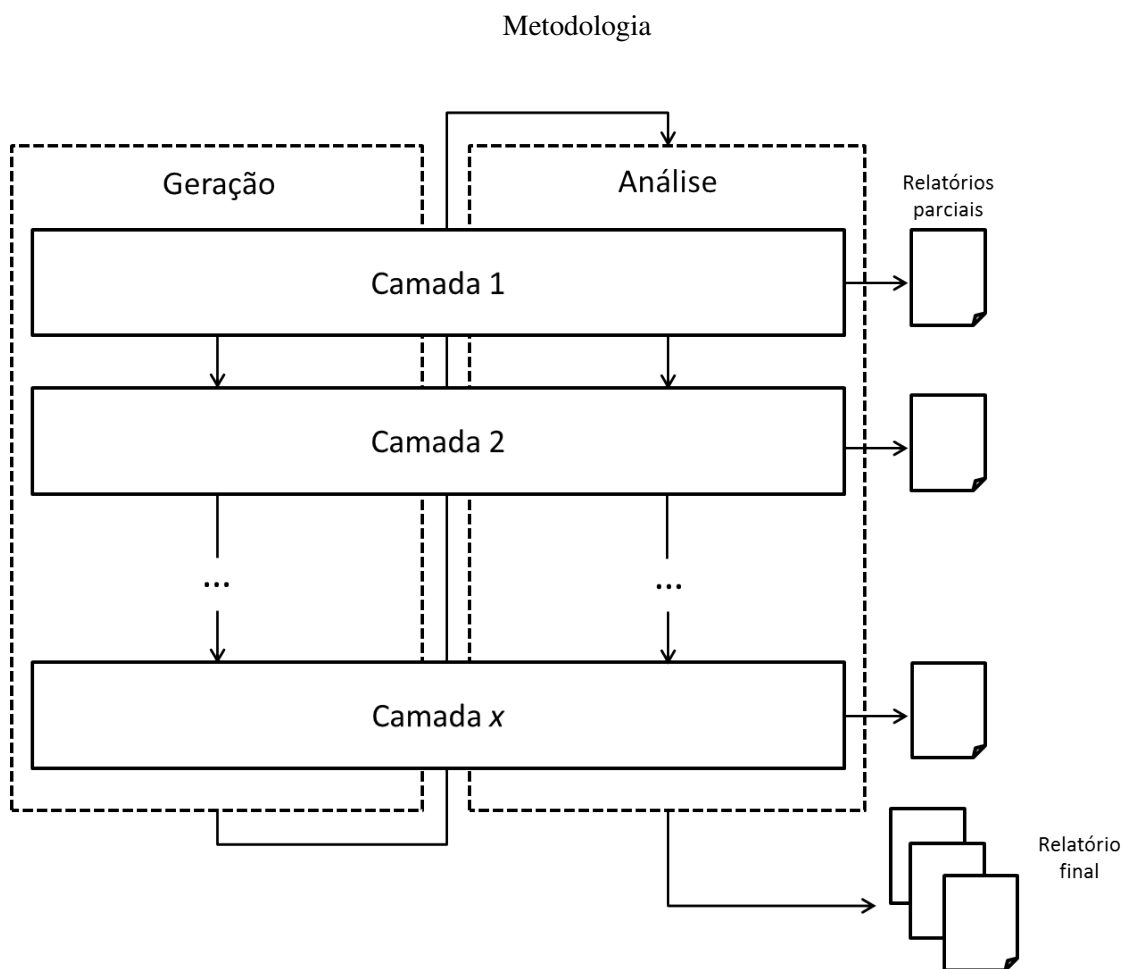


Figura 3.15: Interação das várias partes integrantes de um sistema de geração procedimental de conteúdo. O processo é dividido em fases paralelas às camadas constituintes do conteúdo.

- **Desafio:** Os desafios apresentados devem corresponder às capacidades do jogador e devem aumentar ou diminuir a um ritmo apropriado consoante a percepção da evolução dessa mesma capacidade.
- **Incerteza:** A informação escondida e os resultados incertos levam à experimentação e à exploração.
- **Decisões:** O jogo deve apresentar um conjunto de mecânicas e dinâmicas com uma complexidade progressivamente maior o que irá aumentar o conjunto e o interesse das decisões que o jogador pode tomar.
- **Aprendizagem:** O jogo deve providenciar um conjunto de desafios variados que forcem o jogador a ter que abordar diferentes perspectivas para completar os seus objetivos.

A abordagem mais intuitiva e simples seria a aplicação de uma avaliação distribuída por vários módulos que representassem os fatores determinantes no aumento de qualidade da experiência por parte do jogador (como demonstrado na Figura 3). Esta hipótese revelou-se desde cedo inaplicável devido às particularidades do género e do jogo em questão onde foi aplicada a metodologia

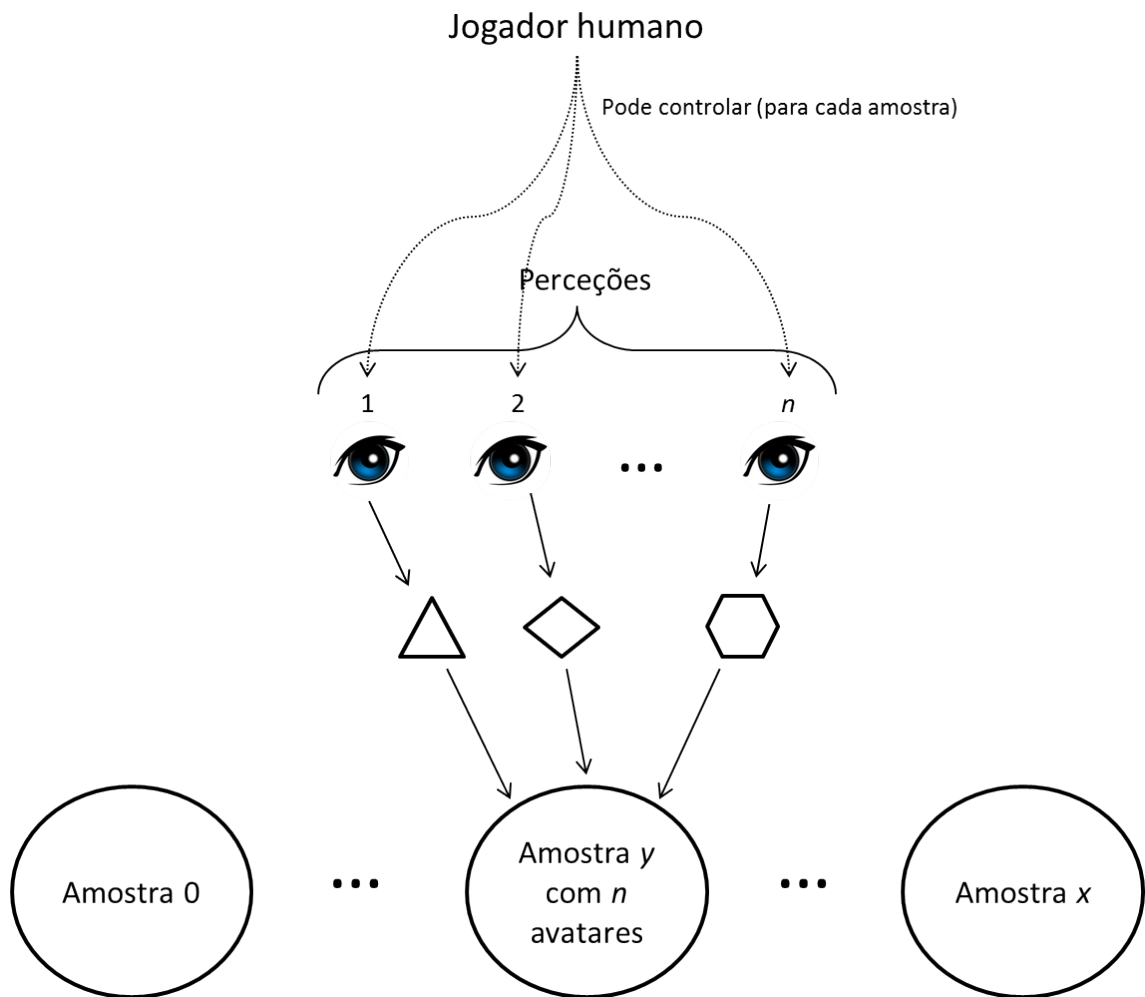


Figura 3.16: Para além das diferentes amostras geradas, a percepção que o jogador final vai ter do conteúdo depende do avatar que este controlar para o caso de jogos onde existem vários avatares possíveis de serem controlados num dado espaço de jogo.

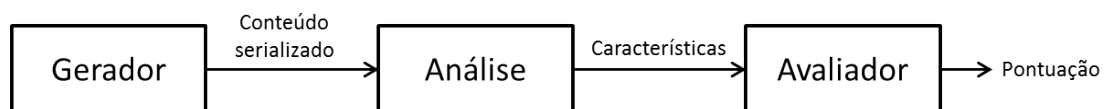


Figura 3.17: Fluxo geral do processo de geração, análise e avaliação.

proposta. Este problema reduziu um pouco a abrangência genérica que potencialmente poderia ser aplicada a vários domínios e géneros.

Uma das primeiras particularidades impostas pelo direcionamento da metodologia para jogos de estratégia consiste na caracterização espaço-temporal da experiência dos espaços de jogo, que não decorre de forma sequencial, o que causa problemas na aplicação do conceito de *flow* [Csi91] devido à imprevisibilidade na forma como o jogador vai interagir com o con-

Metodologia

teúdo. Enquanto que num jogo de plataformas o jogador segue um caminho linear e é incentivada a sua progressão constante no nível, num jogo de estratégia um jogador pode escolher para onde se expandir e não está sujeito a pressões temporais (Figura 3.18).

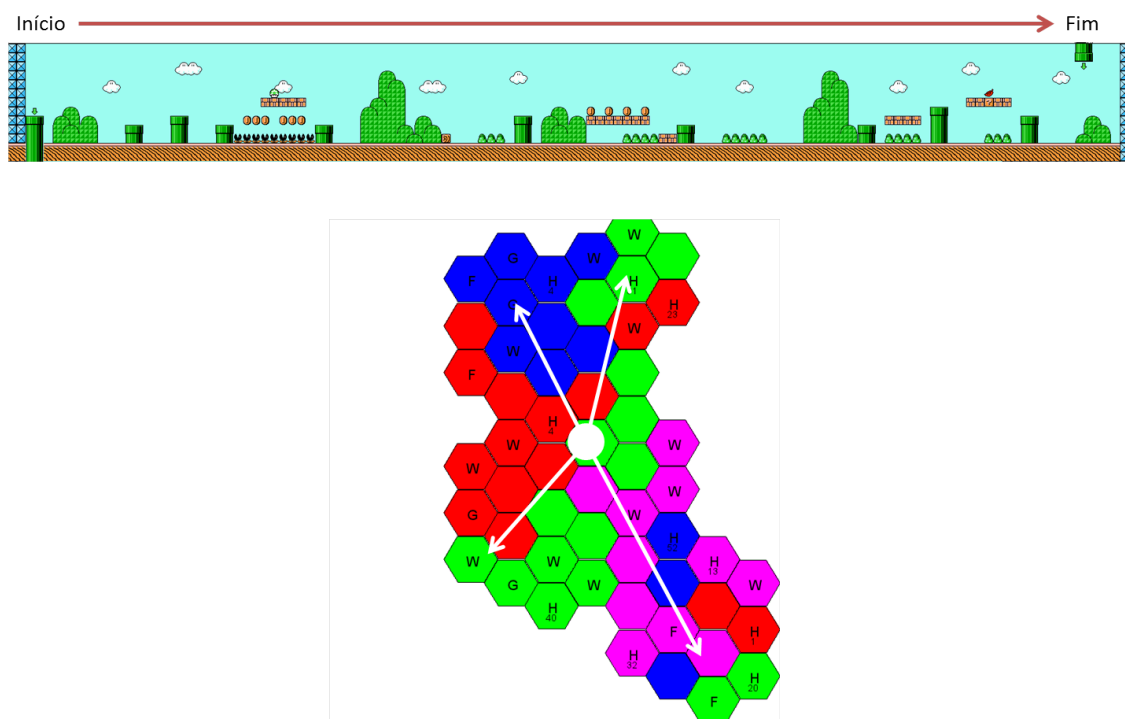


Figura 3.18: Comparação entre o fluxo típico de um jogo de plataformas (neste caso é o *Super Mario Bros 3* [Nin90]) onde o jogador segue um caminho linear entre o ponto inicial e o ponto final e um jogo de estratégia onde o rota que o jogador irá tomar não pode ser conhecida a priori.

A aplicação do fator **desafio** na fase da avaliação consiste em determinar se o espaço de jogo em questão está dentro dos parâmetros de dificuldade adaptados à capacidade do jogador. A capacidade do jogador é calculada tendo em conta a dificuldade base do último nível jogado e a dificuldade sentida para completar esse nível. É ainda caracterizado por uma janela de dificuldade aceitável que limita a gama de conteúdos que são considerados como adequados para os limites de capacidades percecionados (Figura 3.19 e Figura 3.20). A dificuldade-base do espaço deve representar o nível de desafio exigido de uma forma genérica, normalmente ligada ao género de jogo, minimizando a indução subjetiva a partir de características que possam provocar diferenças de desempenho em diferentes jogadores, sendo esse papel reservado para uma fase posterior de avaliação guiada pela modelação de personalidade.

A dificuldade sentida pelo jogador é obtida através da análise das características de jogo que sejam indicadoras do sucesso do jogador. No caso de jogos de estratégia a percentagem de território é um bom indicador da dificuldade que o jogador teve em completar o desafio que lhe foi colocado. Através da comparação entre diferentes visualizações de mapeamentos entre a percentagem territorial do jogador e os turnos que passaram desde o início do jogo é possível identificar

Metodologia

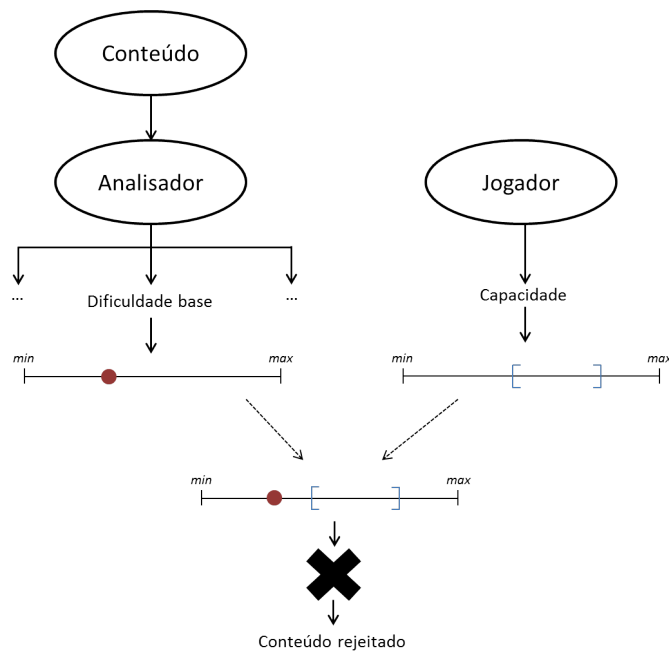


Figura 3.19: Se a dificuldade base que foi calculada para o espaço não se situar nos limites da janela de dificuldade aceitável definido na modelação da capacidade do jogador, o conteúdo não é considerado adequado.

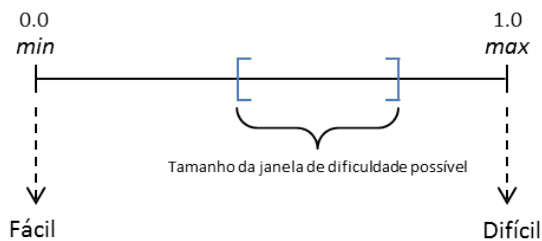


Figura 3.20: A capacidade do jogador é representada através dos limites mínimos e máximos da janela de dificuldade aceitável para a performance demonstrada por este.

algumas características da evolução dessa percentagem como fontes de dificuldade, como demonstrado na Figura 3.21.

A quantidade de quebras que o jogador teve e a força das quedas obtida através do mínimo valor atingido depois dessa queda e antes de ter recuperado o valor do máximo local onde começou a queda são os fatores a ter em conta na determinação da dificuldade. Como o foco da metodologia proposta foi direcionado para jogos de estratégia por turnos, a quantidade de turnos que o jogador demorou a completar o mapa não deve ser um fator a ter em conta porque não é um bom indicador do que se pretende medir no contexto em que está inserido. No final deste cálculo resultará um valor real entre 0.0 e 1.0 que representa a dificuldade que o jogador teve. Através deste valor é possível ajustar a janela de dificuldades aceitáveis para o jogador de acordo com a

Metodologia

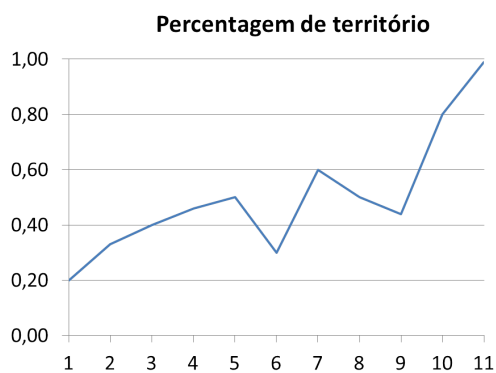
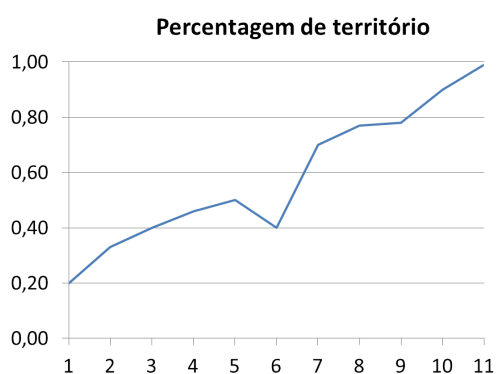
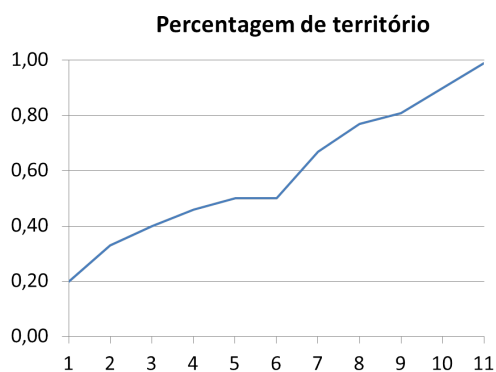


Figura 3.21: Comparação entre diferentes evoluções da percentagem territorial do jogador ao longo de três jogos com a mesma duração. Enquanto que a evolução no primeiro gráfico foi constantemente positiva sem máximos locais, a segunda e a terceira tiveram algumas quebras. A diferença no número de quedas e na força das quedas diferencia o segundo o terceiro gráficos no que diz respeito à dificuldade que o jogador teve para completar o nível.

sua performance. Se a dificuldade for mínima, o valor resultante será perto do limite máximo, o que levará a uma mudança da janela para que apenas aceite espaços considerados mais difíceis (Figura 3.22). A magnitude do movimento da janela é proporcional à dificuldade sentida, nomeadamente na diferença absoluta em relação ao valor mediano do espectro. A direção do movimento

Metodologia

é relativa ao sinal desse valor de diferença, de forma a que o valor mínimo na dificuldade sentida implique uma nova janela de dificuldade que só aceite espaços mais fáceis enquanto que um valor máximo origina um comportamento inverso.

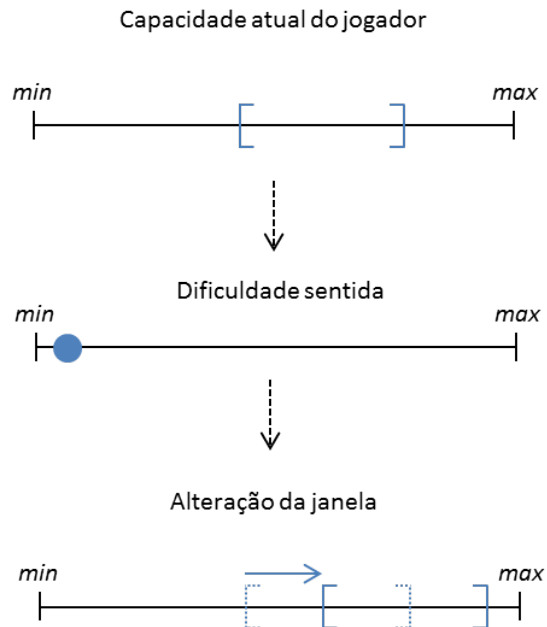


Figura 3.22: A dificuldade sentida pelo jogador em espaços de jogos anteriores irá resultar numa movimentação da janela de dificuldade aceitável.

Desta forma, a dificuldade base constitui um filtro para rejeitar a avaliação de conteúdo que não seja sequer adequado a esse nível. Este conceito pode ser generalizado a outros fatores de pré-seleção que representem condições básicas mínimas que deverão constituir uma primeira barreira que terá que ser ultrapassada para que o conteúdo siga para a fase de avaliação (Figura 3).

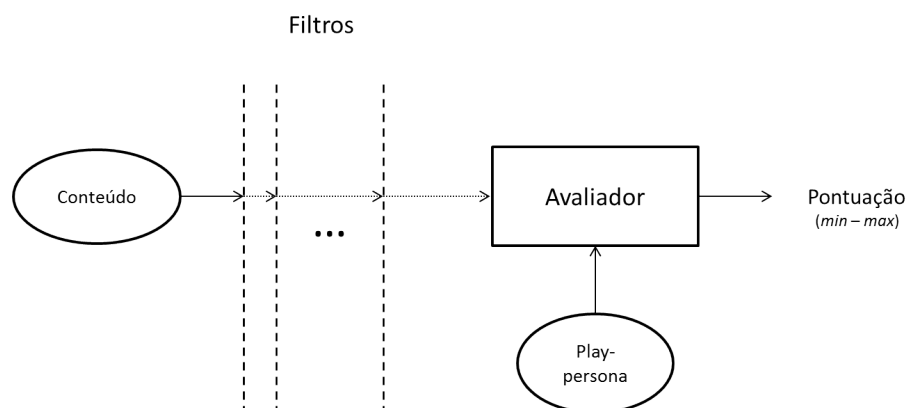


Figura 3.23: Para que o conteúdo seja avaliado terá que passar um conjunto de filtros que podem abranger diferentes aspetos, desde dificuldade até dimensão desejada.

Metodologia

Enquanto o fator **desafio** é aplicado de uma forma genérica e independente do modelo de personalidade do jogador devido à sua natureza universal, a **incerteza**, as **decisões** e a **aprendizagem** são fatores que podem ser avaliados de uma forma pessoal. Esta avaliação é guiada por objetivos que determinam aquilo que se pretende valorizar e de que forma o modelo do jogador pode ser importante para tal. No caso do jogo *Civilization V*, um dos objetivos da avaliação dos espaços de jogo seria maximizar a aprendizagem do jogador através da valorização de características que evidenciassem mapas que se diferenciavam do seu estilo normal. Para um jogador com tendência para a expansão marítima, seriam valorizados espaços constituídos maioritariamente por terra ou cujo posicionamento inicial do jogador fosse longe de uma costa. No caso de o jogador preferir a exploração e aproveitamento de terrenos maioritariamente focados para a produção, seriam valorizados posicionamentos iniciais em locais cujos ambientes tivessem poucos recursos que contribuíssem para o aumento da produção das cidades no seu alcance. A complexidade e a utilidade deste processo dependem da complexidade da modelação do jogador (através da quantidade e relevância dos estilos determinados e das personas definidas), da análise do conteúdo (através da quantidade e relevância das características extraídas), que por si também depende de outros fatores como representado na Figura 3.24. As componentes assinaladas com contorno verde podem ser alteradas a nível de complexidade, que se poderá traduzir num aumento de utilidade nas componentes que dependem dessa, até ao limite permitido pelas componentes de que dependem. No caso do *Civilization V* a modelação do jogador pode ir desde a avaliação de estilos e personalidades simples que caracterizem o jogador consoante espectros básicos como a agressividade. Este efeito não é necessariamente negativo e até pode ser desejável dependendo dos objetivos da avaliação e da forma como pretendemos criar as diferenças na perceção da experiência de jogo através da utilização de conteúdo gerado proceduralmente.

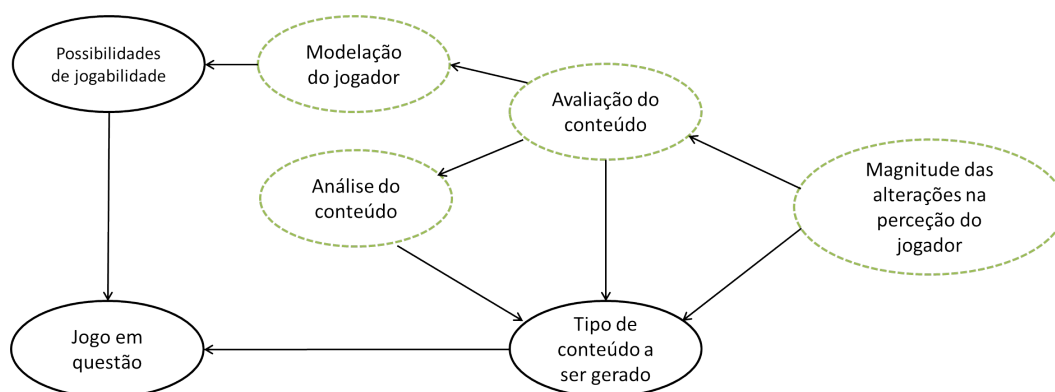


Figura 3.24: Esquema representativo das dependências na utilidade/efetividade das várias partes do processo da metodologia proposta. As setas indicam que a origem depende do destino e as elipses com contorno verde tracejado representam componentes ou domínios cuja complexidade pode ser alterada.

Independentemente dos objetivos ou dos graus de complexidade dos vários componentes, a avaliação do conteúdo gerado é caracterizada pela relação entre o modelo de personalidade do

jogador, composto por um vetor de probabilidades de identificação com as *play-personas* definidas, e as características do conteúdo gerado extraídas na fase de análise. Desta forma pretende-se que uma dada *play-persona* valorize uma determinada característica com um determinado peso relativo. Esta relação pode ser caracterizada pela seguinte matriz:

$$\begin{array}{l}
 \text{Play - P.1} \\
 \text{Play - P.2} \\
 \text{Play - P.3}
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 \text{Caract.1} & \text{Caract.2} & \dots & \text{Caract.3} \\
 w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1y} \\
 w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2y} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 w_{x1} & w_{x2} & \dots & w_{xy}
 \end{pmatrix}$$

Esta é uma matriz bidimensional que representa a relação entre as *play-personas*, situadas nas linhas, e as características do conteúdo, situadas nas colunas. Neste caso existem x *play-personas* e y características de conteúdo. Cada elemento representa o peso que essa *play-persona* dá à característica em questão, nulo no caso de ser uma característica irrelevante para a avaliação do conteúdo segundo essa *play-persona*. O cálculo da pontuação pode ser dado pela seguinte fórmula:

$$\sum_{i=1}^x p_i \frac{\sum_{b=1}^y P_{ib} v_b}{y} \quad (3.1)$$

p_i é a probabilidade do jogador pertencer à *play-persona* i , p_{ib} é o peso que a *play-persona* i dá à característica b e v_y é o valor da característica y . Um conteúdo perfeito para o jogador segundo os objetivos definidos terá uma pontuação máxima, 1.0, ou 0.0 na situação inversa.

Depois de especificados os processos de modelação, geração, análise e avaliação de conteúdo, é necessário definir o comportamento geral do sistema. Como a geração é do tipo SBPCG é necessário criar uma *pool* de conteúdos suficientemente grande para garantir a diversidade de amostras passivas de serem avaliadas, de forma a aumentar as possibilidades de providenciar ao jogador conteúdo com mais qualidade. Esta *pool* terá que ser regularmente atualizada por via da remoção das amostras com piores classificações médias e pela criação de novo conteúdo para o seu lugar. Isto levanta a necessidade de especificação de uma dimensão máxima para a *pool*, da taxa de frequência de atualização e da percentagem da população que será removida. Para além disso é possível não só remover o conteúdo mas também melhorar o já existente, tornando-se assim um problema de algoritmia genética. Apesar das possibilidades destes métodos serem prometedoras e passíveis de resultarem em conjuntos de conteúdos com qualidade superior, o seu uso não foi explorado devido a restrições temporais e dificuldades de adaptação de algoritmos típicos genéticos a conteúdo não sequencial, onde é difícil concretizar o processo de *cross-over*, deixando assim em aberto possibilidades futuras de melhoramentos a nível de evolução do conteúdo gerado.

3.6 Conclusão

Neste capítulo foram apresentadas e descritas as componentes que formam o sistema capaz de criar uma modelação de personalidade, gerar conteúdo próprio para o jogo e avaliá-lo segundo a

Metodologia

sua adaptabilidade ao jogador.

Foi explicado de que forma a informação necessária para a modelação da personalidade do jogador é capturada e de que forma é agregada para que seja criada uma descrição fácil de perceber, útil e significativa, através da aplicação de *Play-Personas*.

Foi proposto um sistema de geração e análise de conteúdos através de uma abordagem por camadas. De forma a que seja providenciado ao jogador o conteúdo que melhor se adequa a ele segundo os objectivos propostos, foi delinado o processo de avaliação que relaciona as características de conteúdo com as *Play-Personas*. No fim do processo de avaliação, o conteúdo que obteve a melhor pontuação é retornado ao jogo. No próximo capítulo será descrita a implementação desta metodologia a um caso em concreto, nomeadamente um jogo de estratégia por turnos para dispositivos móveis.

Capítulo 4

Implementação

A metodologia proposta foi testada num jogo desenvolvido pela empresa *AppGeneration*, e neste capítulo será explicado o processo de implementação e os resultados das várias fases especificadas no capítulo anterior. De início será analisada a aplicação da modelação da personalidade do jogador nos seus vários domínios incluindo os paradigmas, estilos, métricas e *Play-personas*. De seguida será explorada a geração, análise, avaliação e por fim a gestão global do sistema. Para cada uma destas fases irá ser descrito não só o que foi implementado, mas também serão identificados os problemas encontrados e as possibilidades de melhoramentos futuros.

4.1 Strategy Wars

O jogo escolhido para a implementação do sistema baseado na metodologia proposta foi o *Strategy Wars*, desenvolvido pela *AppGeneration* em 2012 e é um jogo de estratégia por turnos onde a ação decorre num tabuleiro composto por casas hexagonais onde cada hexágono é caracterizado pela cor do jogador que o controla e pela unidade que o ocupa se for esse o caso. De entre os vários jogos disponíveis para a aplicação da metodologia existentes na altura, este revelou-se com sendo o mais apropriado devido ao maior grau de complexidade e possibilidade de escolha dada ao jogador comparativamente às outras hipóteses, que recaíam maioritariamente sobre jogos casuais mais simples.

O jogo tem vários níveis e cada nível é ganho depois do jogador ter conquistado uma certa quantidade de território suficiente para fazer com que a inteligência artificial desista. Cada jogo começa com uma distribuição territorial inicial onde cada jogador tem um conjunto de regiões. Uma região é um conjunto de hexágonos adjacentes e tem uma "capital" caracterizada por uma casa. A gestão financeira é independente para cada região e é constituída pelo dinheiro total que a região tem, o lucro que esta gera por turno proporcional ao número de hexágonos pertencentes à região e a manutenção provocada pelas unidades que nela habitam (Figura 4.1). Durante cada turno o jogador pode executar uma das seguintes ações:

Implementação



Figura 4.1: Imagem de um possível estado de jogo.

- Comprar unidade
- Conquistar hexágono
- Posicionar/Mover unidade no próprio território
- Fundir unidades
- Melhorar unidade
- Desistir

Existem dois tipos de unidades, ofensivas e defensivas. Um jogador pode comprar torres que servem para proteger os hexágonos onde estão posicionadas e todos os adjacentes que pertençam ao jogador, e pode ter uma de três unidades ofensivas: um soldado, um cavaleiro ou um rei. Enquanto o soldado pode ser comprado diretamente, as unidades superiores como o cavaleiro ou o rei têm de ser obtidas através de uma fusão entre duas unidades do mesmo tipo de classe inferior ou através da evolução de uma unidade. Cada uma destas unidades tem um conjunto de características que são apresentadas na Tabela 4.1. Uma unidade ofensiva só pode conquistar um hexágono se este não estiver no alcance (próprio hexágono ou hexágonos adjacentes da mesma

Implementação

Nome	Custo	Manutenção	Força relativa
Soldado	8	2	1
Cavaleiro	16	6	2
Rei	24	12	3
Torre	15	0	2

Tabela 4.1: Características das unidades existentes no jogo.

região) de uma unidade inimiga com a mesma força ou mais forte e se for um hexágono adjacente à região onde a unidade ofensiva está posicionada.

Se uma região entrar em déficit (dinheiro negativo originado pela superioridade continuada da manutenção relativamente ao lucro) todas as unidades dessa região transformar-se-ão em sepulturas no próximo turno. Estas sepulturas irão ser convertidas em árvores no turno a seguir se não forem conquistadas e as árvores propagam-se aleatoriamente todos os turnos. Tanto as árvores como as sepulturas não providenciam benefícios lucrativos aos hexágonos onde estão posicionados. Durante cada turno o jogador pode tomar um número de ações apenas limitado pelos recursos de que dispõe.

Como se trata de um jogo para dispositivos móveis, a implementação do sistema foi feita com base no paradigma Cliente - Servidor, devido não só às restrições computacionais do dispositivo mas também à facilidade de alteração de comportamento do sistema o que leva a uma maior independência do cliente. Desta forma foi criada uma camada que se sobrepõe ao motor de jogo e é responsável por guardar os estados inicial e final de cada turno do jogador e de os enviar para o servidor que vai ser responsável por criar uma modelação parcial do jogador com base nas ações tomadas (Figura 4.2) que irá ser guardado num diretório com o nome do identificador do jogador que consiste no código *hash* do identificador único do dispositivo (Figura ??). A modelação parcial será guardada juntamente com algumas características do conteúdo num ficheiro histórico do jogador e será agregada com as outras modelações parciais calculadas até então para formar uma nova modelação completa. Todas as componentes desenvolvidas no servidor (parte da modelação, geração, análise e avaliação) foram escritas em *Python* devido à sua simplicidade e eficácia. O módulo responsável pela recolha dos dados provenientes do motor de jogo foi escrito em *Objective-C* porque o jogo foi desenvolvido para dispositivos que usam *iOS*.

4.2 Paradigmas

Apesar de ser um jogo composto por mecânicas simples, fácil de aprender e pouco complexo, é possível distinguir três domínios de ação ou paradigmas centrais que caracterizam o comportamento de um jogador:

- Expansão
- Gestão Militar
- Gestão Financeira

Implementação

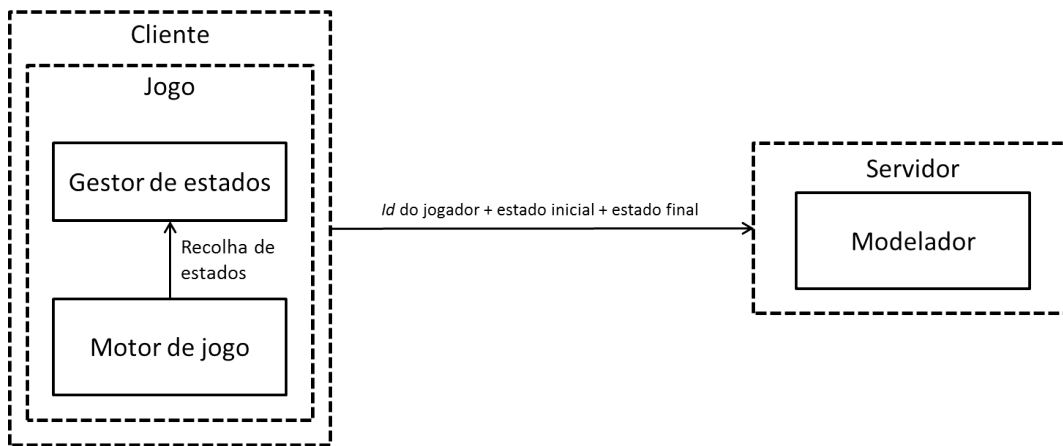


Figura 4.2: Arquitetura do sistema do ponto de vista da modelação da personalidade do jogador.

Estes paradigmas estão representados na Figura 4.3 onde o tamanho relativo dos paradigmas representa o alcance expressivo de cada um destes paradigmas e consequentemente a quantidade de estilos de jogo passíveis de serem retirados de cada um deles. A interseção entre os círculos representa as possíveis dependências entre os paradigmas, natural neste género de jogo onde as ações do jogador podem ter significados em vários domínios.



Figura 4.3: Paradigmas do jogo *Strategy Wars*.

4.3 Estilos

Como referido na Secção 3.2.2, os estilos de jogo correspondem espectros representativos de comportamentos passíveis de serem avaliados no jogo. Para cada um dos paradigmas definidos foi possível determinar estilos de jogo para cada um, que serão explicados nas próximas subsecções.

4.3.1 Expansão

A nível da expansão, é possível caracterizar não só a frequência com o jogador avança no terreno mas também a forma como o faz e quem ataca quando se está a expandir, descritível em três estilos:

- Expansividade
- Tipo de expansão
- Tipo de ataques

A expansividade tem como objetivo medir a vontade do jogador em se expandir. Um valor máximo representa um jogador que tenta expandir sempre que possível enquanto que um valor mínimo representa um jogador mais reservado que não direciona todos os seus esforços para a expansão imediata. Para tal é necessário obter a seguinte informação:

- A quantidade de hexágonos conquistados
- A quantidade de unidades ofensivas que o jogador possuía
- A quantidade de hexágonos passíveis de serem conquistados

Desta forma é possível relacionar aquilo que o jogador fez em relação ao que podia ter feito. Se o jogador tiver usado todas as suas unidades para conquistar terreno novo, então será avaliado com o valor máximo neste estilo. A quantidade de hexágonos passíveis de serem conquistados permite saber se havia restrições na expansão permitindo que seja atingido o valor máximo mesmo que o jogador não tenha usado todas as suas unidades ofensivas devido a impossibilidades territoriais. Isto pode ser representado através da seguinte fórmula:

$$\frac{hc}{hp} * \frac{hc}{u} \quad (4.1)$$

onde hc é a quantidade de hexágonos conquistados, hp é a quantidade de hexágonos passíveis de serem conquistados e u a quantidade de unidades ofensivas controladas pelo jogador. Se o jogador não tiver unidades ofensivas então o estilo terá um valor -1 indicando a impossibilidade em determinar corretamente a sua vontade de expansão.

O tipo de expansão caracteriza a agressividade/descuido com que o jogador conquista novos terrenos através do cálculo da conectividade dos hexágonos conquistados. Esta conectividade é dada

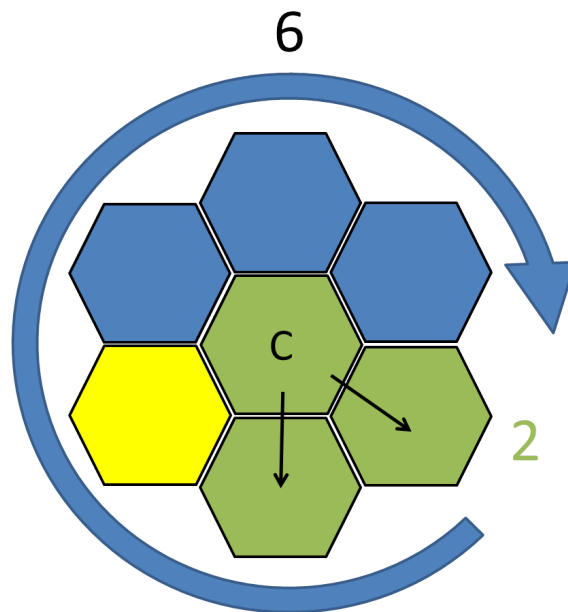


Figura 4.4: Exemplo de conectividade hexagonal. Neste caso o hexágono central tem 2 hexágonos adjacentes que pertencem ao mesmo jogador em 6 possíveis, o que resulta numa conectividade de 0,33.

pele número de hexágonos adjacentes que pertencem ao jogador em relação ao número total de hexágonos adjacentes (Figura 4.4).

Este estilo pode então ser calculado através da seguinte fórmula:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \frac{ha_i}{hp_i}}{n} \quad (4.2)$$

ha_i representa a quantidade de hexágonos adjacentes pertencentes ao mesmo jogador, hp_i o número de hexágonos adjacentes válidos e n a quantidade total de hexágonos conquistados. A Figura 4.5 demonstra uma situação onde a partir de um estado inicial hipotético são apresentadas duas expansões possíveis de magnitude (quantidade de hexágonos conquistados) 6. Enquanto o estado final da esquerda indicia uma expansão mais segura através de um grau de conectividade superior deixando menos hexágonos em contacto com o território inimigo, o da direita tende para o caso contrário resultando numa conectividade média significativamente mais baixa.

O estilo de tipo de ataque pretende avaliar a agressividade do jogador através da análise comparativa das regiões conquistadas. Pretende-se desta forma saber se o jogador tende a atacar regiões mais fortes ou mais fracas, o que pode evidenciar um comportamento mais penetrante e determinado a tomar o caminho mais difícil comparativamente ao outro extremo oposto de ataques mais seguros. Para tal é necessário determinar todas as regiões adjacentes à região inicial de onde foi originado o ataque no estado inicial e é também necessário determinar um valor de "força" das regiões de forma a ser possível efetuar futuras comparações utilitárias sobre a importância de uma

Implementação

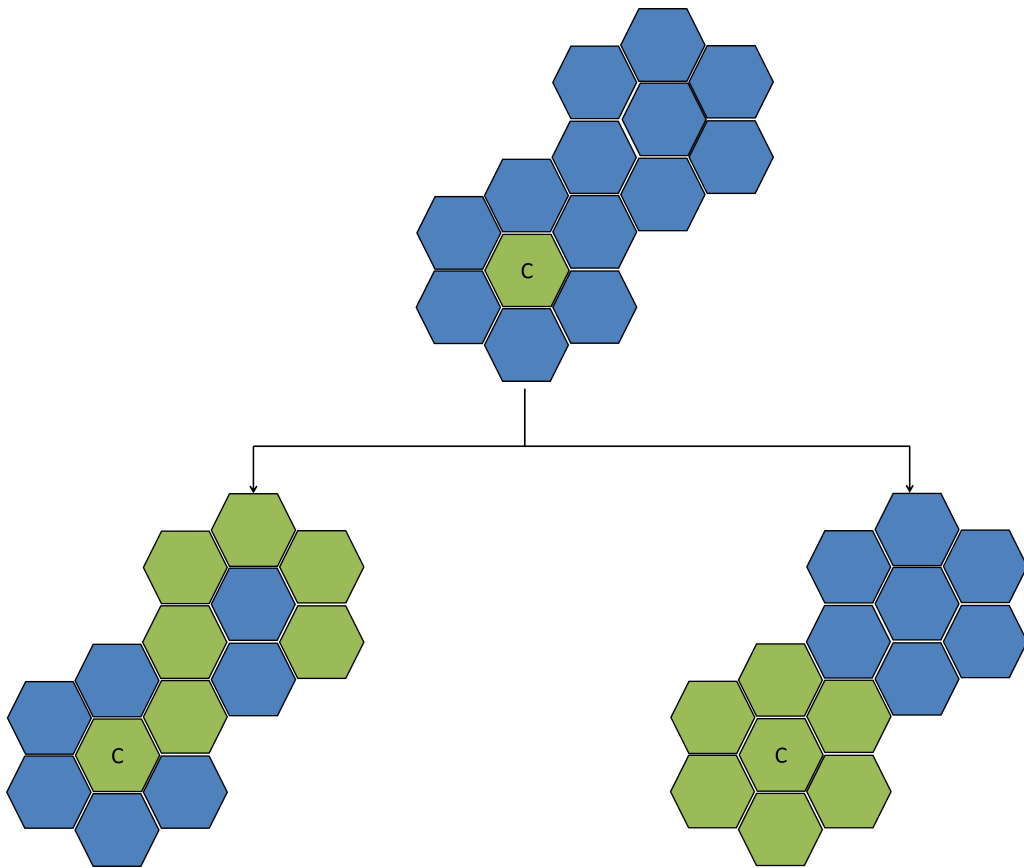


Figura 4.5: Duas expansões possíveis a partir do mesmo estado inicial que se traduzem em dois valores praticamente opostos no estilo caracterizador do tipo de expansão.

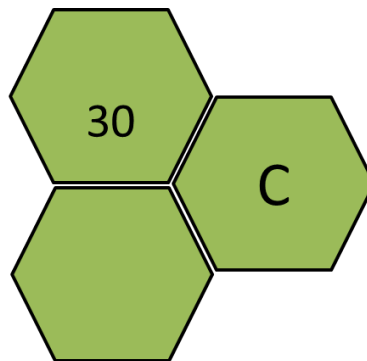
certa região no contexto global de jogo. Esta "força" de uma dada região tem em conta o tamanho da região, as unidades presentes na região e o seu dinheiro. Todos estes fatores podem ser reduzidos a uma significância monetária de todos os elementos presentes. Resumindo, o cálculo do poder efetivo de uma região pode ser determinado através da seguinte fórmula:

$$Rm + \sum_{i=1}^n U_{C_i} + R_s \quad (4.3)$$

Rm representa o dinheiro da região, U_{C_i} o custo da unidade i e R_s a dimensão da região (Figura 4.7).

Sabendo o poder efetivo de todas as regiões inimigas adjacentes à região de onde foi originado o ataque é necessário obter o valor normalizado através da divisão desse mesmo valor pelo máximo do conjunto considerado de regiões. O valor do estilo tipo de ataques é então calculado pela média de todos os esses valores para cada hexágono conquistado (Figura 4.8). Se não houver nenhum hexágono conquistado, este valor é negativo devido à impossibilidade na sua determinação.

Implementação



Tamanho da região - 3
Dinheiro da região - 30
Custo total das unidades - 16

Poder efetivo da região - 49

Figura 4.6: Exemplo do cálculo do poder efetivo de uma região. O valor numérico representa o dinheiro da região e o caractere representa uma unidade (S - soldado, C - cavaleiro, R - rei, T - torre)

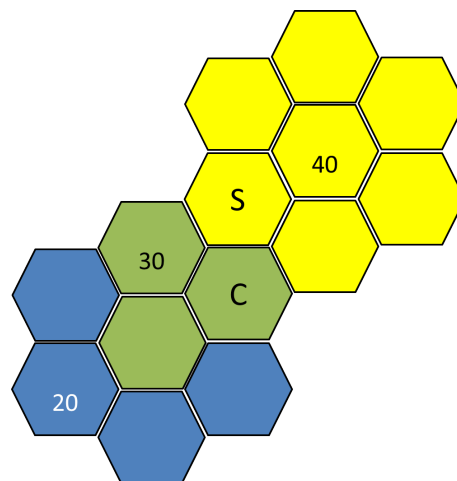


Figura 4.7: Estado hipotético de jogo onde o jogador humano é caracterizado pela cor verde. A única região do jogador tem duas regiões adjacentes inimigas que têm dois valores de poder significativamente diferentes.

4.3.2 Gestão Militar

A nível da **Gestão Militar** é possível distinguir três estilos diferentes:

- Dimensão do exército ofensivo

Implementação

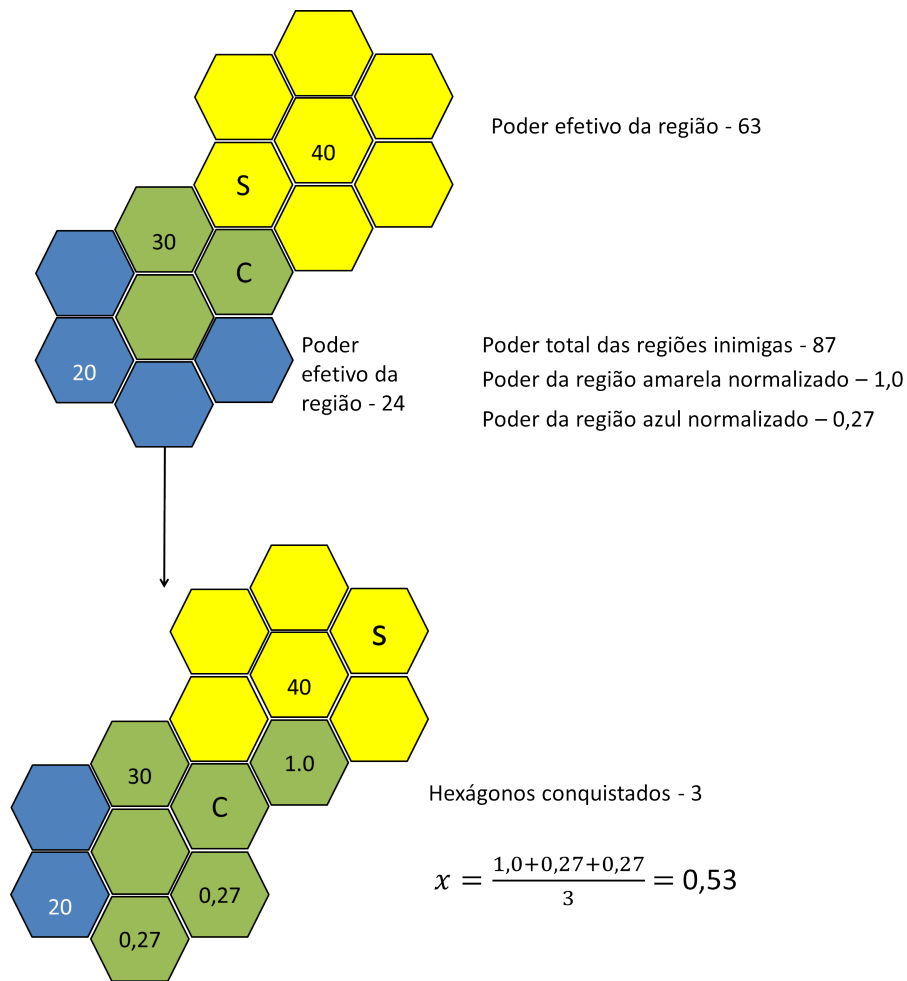


Figura 4.8: Exemplo de uma expansão constituída por 3 ataques distribuídos pelas duas regiões inimigas adjacentes à região original do jogador.

- Tipo do exército
- Proteção territorial

O tipo do exército é calculado através da relação entre as unidades ofensivas e as defensivas. Este estilo pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$\frac{Uo_i}{Uo_i + Ud_i} \quad (4.4)$$

Uo_i é o número de unidades ofensivas do jogador e Ud_i o número de unidades defensivas do jogador. Desta forma o estilo terá valor máximo se o jogador possuir um exército totalmente ofensivo, mínimo se for totalmente defensivo ou negativo se não houver nenhuma unidade.

A proteção territorial avalia o cuidado do jogador na proteção do seu terreno. Este cuidado é determinado através da percentagem de hexágonos em contacto com regiões inimigas que estão

Implementação

desprotegidos (Figura 4.9). Como os hexágonos conquistados (determinados através da comparação entre estados) e os seus adjacentes estão protegidos automaticamente estes não são considerados. O cálculo representado pela seguinte fórmula:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \frac{Hp_i}{Hp_i + Hd_i}}{n} \quad (4.5)$$

n é o número de regiões, Hp_i a quantidade de hexágonos em risco protegidos e Hd_i a quantidade de hexágonos em risco desprotegidos. O valor máximo representa um jogador protetor que não deixa nenhum hexágono desprotegido enquanto que o valor mínimo representa um jogador descuidado que não valoriza a proteção do seu terreno. O tamanho do exército ofensivo avalia a quantidade de

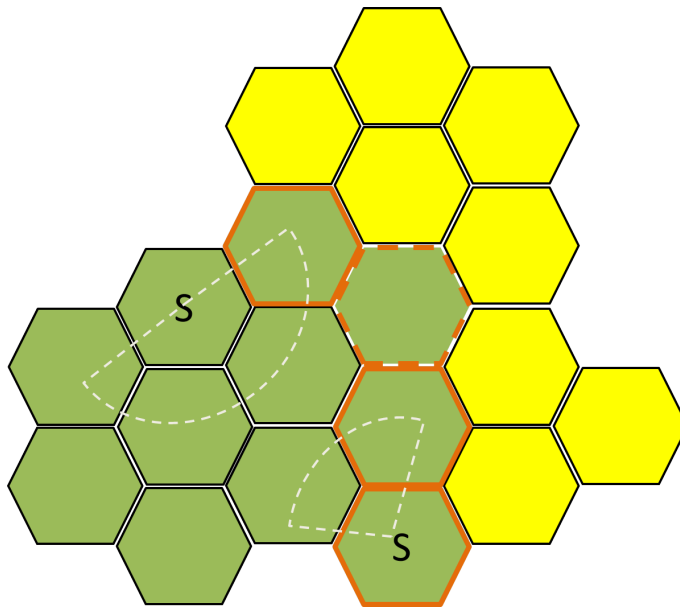


Figura 4.9: Estado de jogo hipotético onde o território do jogador humano, caracterizado pela cor verde, tem 4 hexágonos em perigo representados na imagem com um contorno laranja e 1 deles desprotegido representado pelo contorno tracejado. Os semicírculos indicam o alcance defensivo das unidades posicionadas na região.

unidades que o jogador usa. Para tal é calculada a relação entre o número de unidades ofensivas e a dimensão territorial das suas regiões. Este cálculo tem como limite máximo o caso extremo financeiramente suportável em que o jogador tem um soldado por cada dois hexágonos livres (mais do que isso levaria a origem de dívida devido à superioridade da manutenção em relação ao lucro). O cálculo deste estilo é caracterizado pela fórmula:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \frac{Uo_i}{\frac{H_i}{2}}}{n} \quad (4.6)$$

n é o número de regiões, Uo_i a quantidade de unidades ofensivas na região em questão e H_i o número de hexágonos dessa região. Se o valor resultante é limitado ao valor máximo de 1,0. O

valor máximo representa um jogador que gosta de usar um exército ofensivo grande enquanto que o valor mínimo representa o contrário.

4.3.3 Gestão Financeira

Por fim, a nível da **Gestão Financeira**, é avaliado apenas um estilo, a vontade gastadora do jogador. O cálculo deste estilo é efetuado através de uma simples comparação entre o dinheiro do jogador entre o estado inicial e final do turno para cada região:

$$1.0 - \frac{D_f}{D_i} \quad (4.7)$$

D_i é o dinheiro que o jogador tinha no estado inicial e D_f é o dinheiro que ele tinha no estado final. O valor máximo representa um jogador que gosta de gastar todo o dinheiro que tem enquanto que um valor mínimo representa o contrário.

4.3.4 Fluxo da captação dos estilos

Estes sete estilos especificados são os constituintes base do modelo de personalidade do jogador. O seu cálculo é efetuado em todos os turnos do jogador e é adicionado ao ficheiro *history-Data.txt*. A informação do vetor de estilo é complementado com um conjunto de características do jogo no estado final do jogo, como o número do turno, a percentagem territorial do jogador, a soma da força das suas unidades e o dinheiro total. Cada vez que este ciclo acaba, o modelo final do jogador é recalculado com base na agregação composta das várias medições parciais. Para cada estilo só são considerados os valores positivos no cálculo do vetor final da personalidade do jogador.

4.4 Play-Personas

Depois de finalizada a modelação dos estilos do jogador, a determinação de *play-personas* foi feita através de uma análise histórica de sessões de jogo que tinham sido previamente guardadas com recurso a um algoritmo de *clustering* hierárquico. Para tal foram usados 1974 sessões de jogo que cumpriam os requisitos de 5 turnos, de forma a que houvesse uma significância mínima das sessões exploradas. Os elementos base eram os vetores de estilo e a distância entre clusters/elementos base era determinada através da distância euclideana entre os vetores. Os resultados obtidos levaram à identificação de dois *clusters* principais, representados na Tabela 4.2.

Apesar de parecer um pouco redutor, a personalidade dos jogadores recai principalmente sobre um de dois extremos, agressivo (muito expansivo, grande exército, baixa proteção territorial, arriscado financeiramente) ou defensivo (o inverso). Este facto não deriva da modelação de personalidade implementada mas sim da natureza paradigmática do jogo, que se revela demasiado reduzida para uma modelação significativamente complexa (resultante da dependência demonstrada na Secção 3.5).

Implementação

Centróides							Número de elementos
E	DEO	TDE	RF	TE	PT	TA	
0.84	0.63	0.92	0.84	0.43	0.34	0.78	1599
0.22	0.32	0.35	0.20	0.63	0.78	0.18	375

Tabela 4.2: Informação sobre os centros dos dois principais *clusters* encontrados e o número de elementos dentro de cada *cluster*. E - expansividade, DEO - Dimensão do exército ofensivo, TDE - Tipo de exército, RF - Risco financeiro, TE - Tipo de expansão, PT - Proteção territorial, TA - Tipo de ataque

4.5 Geração

A geração de conteúdo, recaiu, como explicado anteriormente, sobre a geração de espaços de jogo. Esta decisão foi tomada devido à natureza derivada do género do jogo. Sendo um jogo de estratégia, a sua orientação é direcionada para a jogabilidade em vez do conteúdo e o espaço de jogo é o principal domínio passível de ser alterado procedimentalmente. O conteúdo é representado por um grafo onde os vértices correspondem aos hexágonos do mapa e as ligações indicam adjacência entre os elementos ligados. A análise dos possíveis espaços de jogo apresentados permite a divisão em quatro camadas distintas:

1. Estrutural
2. Preenchimento
3. Militar
4. Financeira

Esta divisão foi diretamente traduzida em quatro fases de geração que se responsabilizavam por gerar conteúdo intermédio válido que cumprisse as regras e restrições definidas, respeitasse os limites definidos nos parâmetros de entrada e se adequasse os objetivos gerais especificados. Estes objetivos consistiam principalmente em gerar espaços de jogo minimamente justos para todos os jogadores. Não era desejável a geração de mapas com o poder efetivo distribuído equitativamente por todos os jogadores mas também não era aceitável nem útil gerar mapas em que um dos jogadores fosse desproporcionadamente mais forte que todos os outros.

4.5.1 *Layout*

A fase inicial da geração estrutural tem como objetivo criar o *layout* geral do mapa, em que cada hexágono funcionará como um *placeholder* para o preenchimento futuro. De forma a poder restringir de uma forma geral a dimensão e formato do mapa final foram definidos quatro parâmetros de entrada:

- Dimensão máxima: Número máximo de hexágonos que o mapa poderá ter
- Dimensão mínima: Número mínimo de hexágonos que o mapa poderá ter

Implementação

- **Raio máximo:** Este parâmetro define a distância máxima de propagação dos hexágonos para que qualquer hexágono não se distancie mais do hexágono inicial do que o valor do raio máximo.
- *Compactness:* valor real entre 0.0 e 1.0 que determina a probabilidade da direção de expansão ir no sentido de afastar mais o hexágono em relação ao anterior.

A única regra na geração estrutural consiste em garantir que o grafo gerado é totalmente conexo, isto é, que entre cada par de vértices existe um caminho possível, o que impossibilita a geração de um mapa com ilhas, algo que não seria aceite pelo motor de jogo.

A geração estrutural começa pela determinação da dimensão do mapa a gerar, que é 80% da dimensão determinada entre o máximo e o mínimo. Esta precaução serve para reservar hexágonos para um processamento posterior do mapa que será explicado mais à frente.

A geração estrutural é feita com recurso a duas variáveis principais, a posição atual e a direção de propagação da colocação. Esta última é um valor escalar entre 1 e 6 que indica o posicionamento relativo ao hexágono atual onde vai ser colocado o novo hexágono. O primeiro hexágono a ser criado é sempre posicionado no ponto (0,0) e é definida uma direção de expansão com um valor aleatório entre 1 e 6.

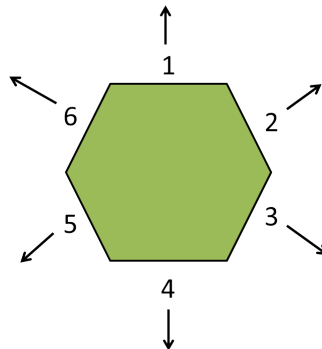


Figura 4.10: Possíveis direções de expansão caracterizadas pelo número da aresta do hexágono.

Depois de colocado um hexágono é calculada uma nova direção de propagação que pode ser de dois tipos, aproximação ou afastamento, cuja probabilidade de escolha é calculada com um máximo limitado pelo parâmetro *compactness*. Para saber se uma nova direção vai afastar ou aproximar os hexágonos, é estabelecida uma relação com a direção anterior (por exemplo se a direção anterior for 1, as direções possíveis de afastamento são a 6, 1 ou 2, como representado na Figura 4.11).

Este ciclo continua até que acabem os hexágonos disponíveis para esta fase. Depois é feito um pós-processamento que tem como objetivo assegurar uma "largura" mínima de modo a que não haja situações em que a liberdade de expansão dos jogadores é tão reduzida que origine situações de *deadlock*, como a exemplificada na Figura 4.12. Para tal são determinados todos os *cut-vertices* do grafo. Estes *cut-vertices* representam o conjunto de nós que, se removidos, dividiriam o grafo

Implementação

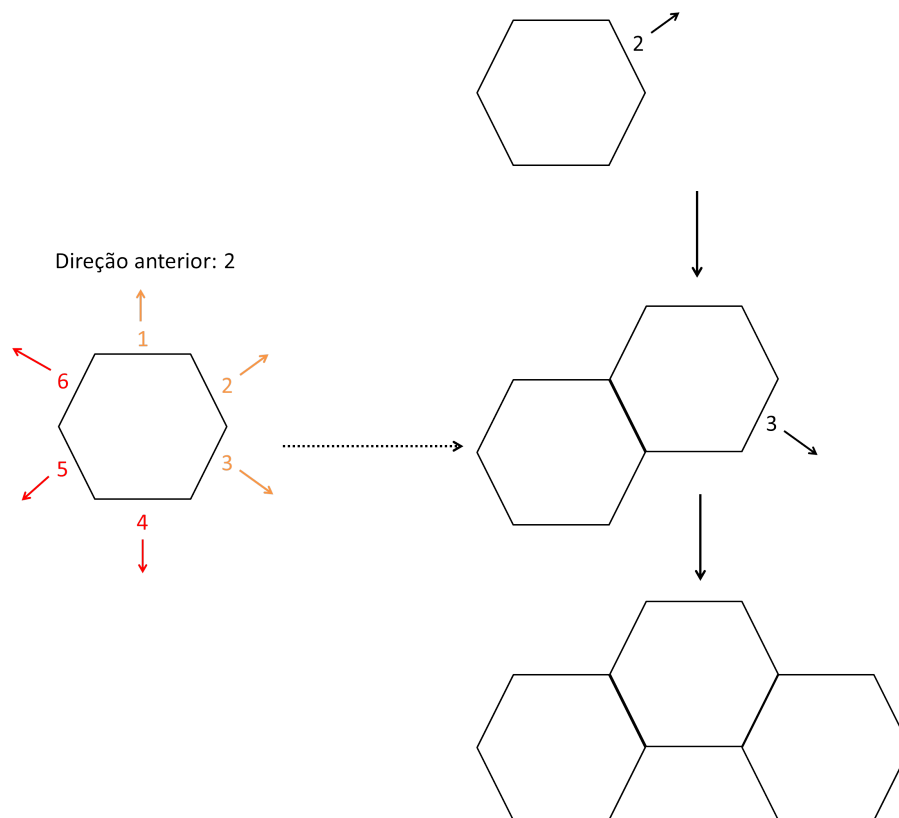


Figura 4.11: Exemplo de três possíveis ciclos de geração estrutural, sempre com o objetivo de afastamento. As direções laranjas representam possíveis direções de afastamento enquanto que as vermelhas representam aproximação

em dois subgrafos não conexos entre si. De modo a distinguir a importância dos hexágonos no contexto global, é usado o conceito de proximidade, uma das medidas de centralidade em grafos. Este valor representa a probabilidade de um dado nó pertencer ao caminho mais próximo entre quaisquer dois nós diferentes do grafo, escolhidos aleatoriamente. Quanto maior for este valor mais importante é o nó e mais prioritária é a resolução do seu problema de baixa conectividade. São então escolhidos todos os *cut-vertices* que tenham um valor de proximidade mínima de 0,2 (este valor foi o escolhido depois de várias análises dos valores de proximidade de vários mapas, revelando-se ser um bom limite na identificação de um hexágono importante). A quantidade de hexágonos ainda disponível é então dividida pela dimensão do sub-conjunto de *cut-vertices* que cumpram a restrição anterior e estes são populados com esse número de vizinhos. Por fim todos os hexágonos que sobrarem são colocados aleatoriamente na vizinhança de um hexágono com menos de 6 vizinhos escolhido aleatoriamente.

4.5.2 Preenchimento

Depois da fase estrutural estar concluída, o seu resultado é então passado para o gerador de preenchimento que será responsável por atribuir a cada hexágono um identificador do jogador que

Implementação

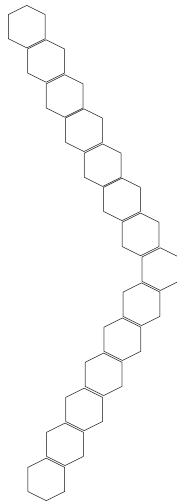


Figura 4.12: Exemplo de um estado estrutural indesejado. A conectividade hexagonal é tão baixa que daria origem a um jogo extremamente desinteressante devido à liberdade reduzida.

o irá controlar. Nesta fase o único parâmetro de entrada é o número máximo de jogadores que irão participar no jogo. De modo a garantir que o objetivo geral de um equilíbrio minimamente aceitável seja cumprido, todos os jogadores terão no mínimo uma parte igual de 70% dos hexágonos iniciais disponíveis para serem preenchidos. A única restrição intransponível nesta fase consiste em garantir que todos os jogadores têm no mínimo uma região, ou seja, dois hexágonos adjacentes sob o seu controlo. Desta forma, o passo inicial consiste em gerar as regiões iniciais mínimas de cada jogador através do preenchimento de dois hexágonos adjacentes para cada um deles. Depois de garantida a restrição do preenchimento, é então determinado um número aleatório de regiões para cada jogador entre 1 e a quantidade de hexágonos que este tem disponíveis para serem preenchidos. Depois de determinado o número de regiões é determinado o número de hexágonos para cada região e é escolhido um hexágono inicial livre para o começo da população da região. Em cada ciclo é escolhido um vizinho livre aleatório e é então atribuído ao jogador em questão. Se chegar a uma situação em que já não existe nenhum vizinho livre passível de ser preenchido é então passada para a próxima região e o ciclo repete-se até não haver mais hexágonos disponíveis para preencher para esse jogador. Depois de todos os jogadores terem os conjuntos de hexágonos atribuídos, são então preenchidos os hexágonos que sobram através de uma distribuição aleatória.

4.5.3 Militar

Depois da fase de preenchimento, são posicionadas as unidades no mapa. O posicionamento das casas que representam as capitais é completamente aleatório para todas as regiões. Os parâmetros de entrada limitam as probabilidades máximas da colocação dos vários tipos de unidades que só podem ser soldados, torres ou sepulturas. De forma a cumprir o objetivo geral do balanço entre os jogadores, o número máximo de entidades por região é inversamente proporcional à dimensão da região. O posicionamento das unidades dentro das regiões é feita de forma aleatória.

4.5.4 Financeira

Depois da colocação das unidades, o estado de jogo é passado para o gerador financeiro. Esta fase tem como parâmetros o dinheiro mínimo e máximo para cada região. A atribuição de uma soma monetária a cada uma das regiões é feita de forma semi-aleatória, mais uma vez tendo em conta a dimensão para esta quantidade ser inversamente proporcional ao seu tamanho.

No final de todo o processo é feito um pós-processamento em linha com o objetivo geral do balanço. Este pós-processamento tem como finalidade garantir que nenhuma região tem capacidade militar e financeira para ser capaz de destruir completamente uma região inimiga vizinha se fosse esse o jogador a jogar primeiro.

4.5.5 Fluxo

O fluxo do processo está representado na Figura 4.13 num modelo adequado ao apresentado na Secção 3.3. Depois de tudo estar concluído as posições são corrigidas através de movimentações horizontais e verticais de todos os hexágonos de modo a que não haja posições negativas, algo que não seria aceite pelo motor de jogo.

No final de toda a geração o estado de jogo é serializado e é guardado na diretoria de grafos juntamente com a imagem representativa do mapa (Figura 4.14). Tanto a serialização como a imagem são guardadas com um identificador numérico que vai ser superior em uma unidade ao maior identificador que existir na diretoria.

4.6 Análise

Após a geração do mapa é feita a análise do conteúdo gerado nas várias camadas. Numa primeira fase são extraídas três características a nível estrutural:

- **Dimensão:** valor normalizado da quantidade de hexágonos do mapa gerado entre o máximo e mínimo;
- **Largura:** Largura do mapa medida através da média do comprimento diagonal medido segundo um varrimento horizontal;
- **Distância máxima:** Distância máxima entre dois hexágonos do mapa, calculado recorrendo ao algoritmo de *Dijkstra*.

A nível do preenchimento são extraídas as seguintes características para cada jogador (todos os valores estão normalizados entre 0.0 a 1.0 de acordo com o conjunto de valores de todos os jogadores):

- **Centralidade:** valor de proximidade média dos hexágonos;
- **Hexágonos Isolados:** valor da percentagem de hexágonos isolados;
- **Conetividade:** valor médio de conetividade;

Implementação

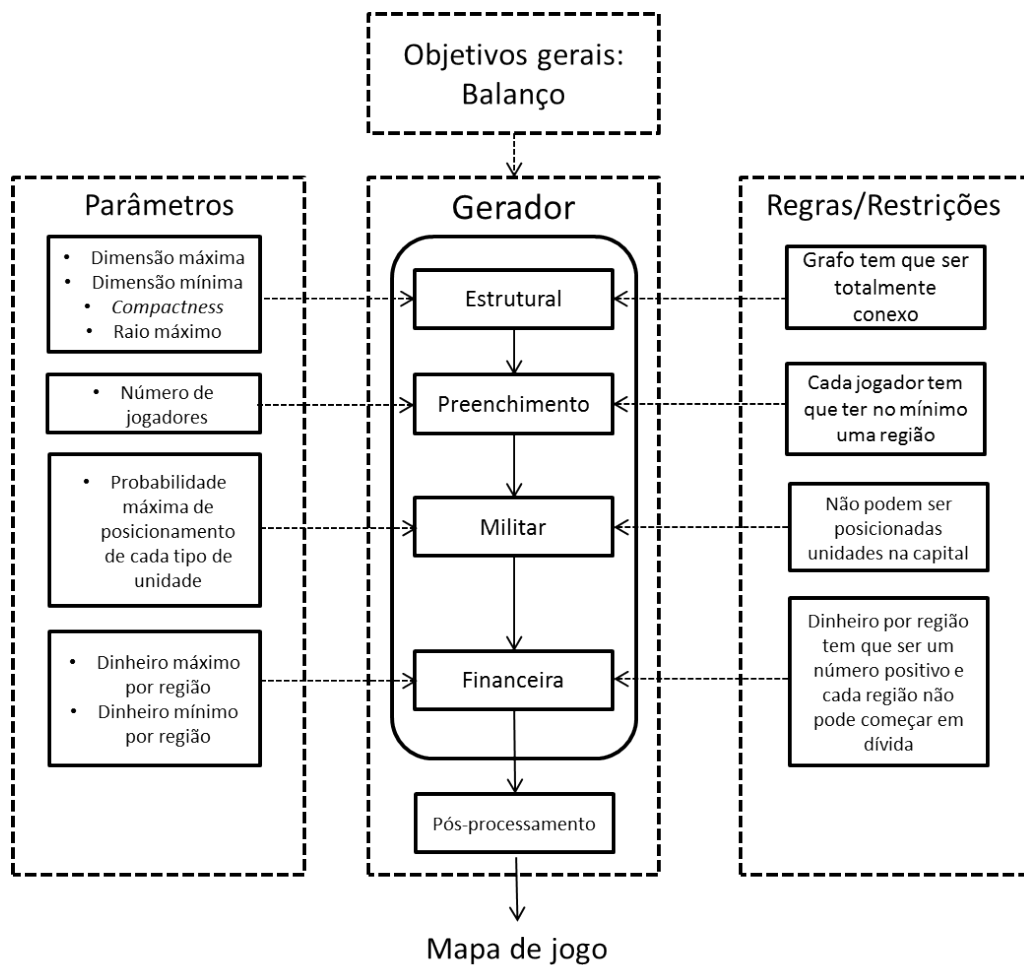


Figura 4.13: Fluxo de geração do sistema desenvolvido para a criação de mapas para o jogo *Strategy Wars*.

- **Dimensão do terreno:** número de hexágonos;
- **Número de regiões:** quantidade de regiões que o jogador tem;
- **Distância entre regiões:** distância mínima entre regiões do jogador;
- **Risco hexagonal:** quantidade de hexágonos em contacto com regiões inimigas.

A análise militar extrai as seguintes características para cada jogador:

- **Tamanho do exército:** tamanho de exército ofensivo, como calculado na modelação do jogador;
- **Estilo do exército:** estilo do exército, como calculado na modelação do jogador.

A análise económica extrai as seguintes características para cada jogador:

Implementação

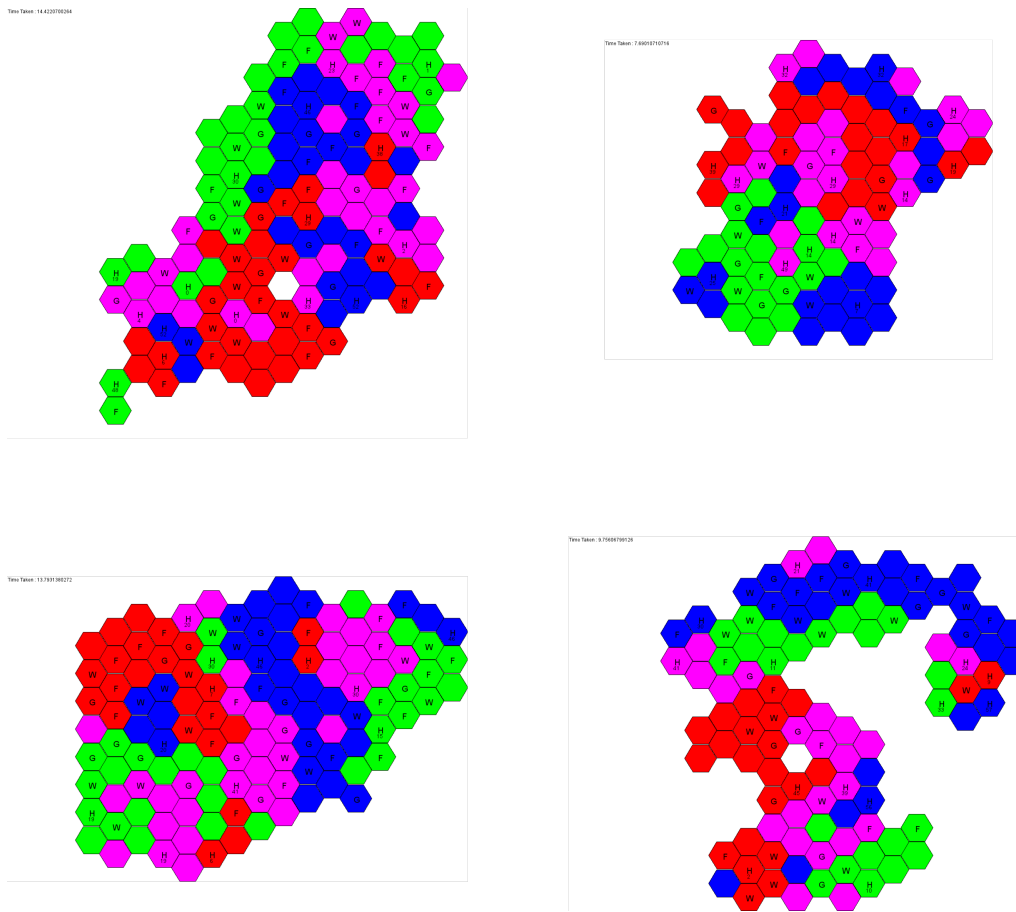


Figura 4.14: Alguns exemplos de visualização de mapas criados depois de toda a geração.

- **Liberdade:** liberdade económica, calculada através do valor médio normalizado do dinheiro que o jogador tem nas suas regiões em relação ao que poderia ter definido pelo dinheiro máximo por região;
- **Força da dívida:** relação entre a manutenção e o dinheiro que o jogador tem para todas as suas regiões.

Depois destas análises é feita uma análise combinada que tem em conta mais do que uma camada (para cada jogador) que extrai as seguintes características:

- **Pressão inicial:** A pressão inicial pretende determinar a pressão sentida pelos jogadores no início do jogo e é calculada através da seguinte fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\sum_{a=1}^z \frac{JHC_{ia} + IHC_{ia} * PE_a}{JH_i^a + IH_a}}{z} \quad (4.8)$$

onde n é o número de regiões do jogador, z o número de regiões em contacto com a região atual i , JHC_{ia} a quantidade de hexágonos da região i em contacto com a região inimiga a ,

Implementação

JH_i a quantidade de hexágonos em risco da região i , $IHC_{i,a}$ a quantidade de hexágonos da região inimiga a em contacto com a região i , IH_a a quantidade de hexágonos em risco da região inimiga a , PE_a o poder efetivo da região inimiga a e PE_i o poder efetivo da região i .

- Pressão futura: A pressão futura serve como um avaliador da dificuldade prevista tendo em conta o poder das regiões inimigas e as suas distâncias. O seu valor pode ser obtido através da seguinte fórmula:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \frac{\sum_{a=1}^z \frac{PE_a}{D_{i,a} PE_i}}{z}}{n} \quad (4.9)$$

onde PE_a é o poder efetivo da região inimiga a , $D_{i,a}$ a distância entre a região i e a região a e PE_i o poder efetivo da região i .

No final da análise os resultados são guardados na diretoria de análise como um ficheiro de texto nomeado com o identificador do mapa a que diz respeito.

O sistema está preparado para gerar um número definido (passado como parâmetro) de mapas que serão adicionados à *pool* de mapas existente e é capaz de "evoluir" a *pool* através da remoção dos 20% piores mapas com recurso à média das pontuações dadas que são guardadas na diretoria das pontuações. São então gerados novos mapas para o seu lugar.

4.7 Avaliação

Sempre que um jogador requisitar um novo mapa, pedido que pode ser complementado com o tamanho desejado, pequeno, médio ou grande, o sistema verifica a capacidade do jogador segundo o método descrito na secção 3.5. Se ainda não houver informação suficiente, é escolhido um nível aleatório de entre os 20% mais fáceis. A avaliação da dificuldade de um mapa é calculada através da média entre a pressão inicial e a pressão futura apresentadas anteriormente e é calculada para cada jogador. Desta forma, cada mapa é considerado em x perspetivas, uma para cada *avatar* passível de ser encarnado pelo jogador humano.

Depois de ser completada a filtragem do conteúdo segundo a dimensão desejada e os limites de dificuldade adequados é então calculado, para cada mapa válido e para cada jogador válido nesse mapa, a pontuação representativa da qualidade do conteúdo segundo o objetivo delineado. Neste caso a avaliação tem como objetivo premiar a necessidade de adaptação do jogador, fazendo com que este seja colocado em situações onde o tipo de jogo usado até então se revele uma má opção e seja preferível a adoção de estilos de jogo diferentes para completar o nível com sucesso.

Como só foram especificadas duas *play-personas* representadas por dois extremos de um espectro comportamental, a matriz de avaliação é pequena devido à dimensão reduzida das possibilidades paradigmáticas permitidas pelo jogo em si, conforme foi explicado anteriormente. Um jogador pode ser caracterizado pela probabilidade de seguir um estereótipo completamente agressivo ou um completamente defensivo e o cálculo da pontuação de um mapa segundo o ponto de vista de um jogador é feito através do método apresentado na Secção 3.5.

Implementação

Na avaliação de um mapa para um jogador agressivo foram tidas em conta as seguintes características:

- **Centralidade:** Esta característica é avaliada positivamente. Valores altos de centralidade indicam um posicionamento inicial sob muita pressão visto estar numa posição desejável por todos os jogadores para obterem a vitória, o que obriga o jogador a ter mais cuidado nas ações e a jogar pelo seguro;
- **Risco hexagonal:** Esta característica é avaliada positivamente. Valores altos de risco hexagonal colocam o jogador numa posição mais arriscada onde uma má proteção do território pode levar a uma derrota rápida;
- **Liberdade financeira:** Esta característica é avaliada negativamente. Um jogador com menos recursos financeiros é obrigado a gerir melhor os recursos disponíveis e não pode ser tão agressivo porque não pode ter tantas unidades ofensivas;
- **Estilo do exército:** Esta característica é avaliada negativamente. Um jogador agressivo terá que adotar um estilo mais defensivo se o seu exército inicial assim o exigir.

Na avaliação de um mapa para um jogador defensivo são tidas em conta as seguintes características:

- **Áreas de controlo:** Esta característica é avaliada negativamente. Quanto menos áreas cruciais do mapa o jogador controlar, mais esforços ofensivos este terá que fazer para se apoderar de posições territorialmente úteis;
- **Distância entre regiões:** Esta característica é avaliada positivamente. Quanto mais afastadas estiverem as regiões do jogador mais agressivo este terá que ser para unir os seus territórios e se aproximar da vitória;
- **Força da dívida:** Esta característica é avaliada positivamente devido à pressão que cria no jogador na necessidade de expansão de forma a ter mais lucro territorial para cobrir as despesas;
- **Dimensão do terreno:** Esta característica é avaliada negativamente. Se o jogador tiver pouco território inicial não lhe bastará uma atitude defensiva para atingir a vitória, sendo necessário a adoção de comportamentos ofensivos para se poder expandir.

Os pesos dados a cada uma das características foi especificado como um valor globalmente equitativo, devido à sua natureza normalizada. Mesmo assim é necessário evidenciar a diferente importância das características na determinação da qualidade do conteúdo adaptado ao modelo de jogador criado, algo que não foi suficientemente explorado nesta fase sendo um bom caminho a seguir nas futuras abordagens ao tema.

O conteúdo com a pontuação mais alta é então enviado para o jogador e o processo repete-se.

4.8 Conclusão

Neste capítulo foi descrito o processo de implementação, aplicado ao jogo *Strategy Wars* das três principais fases da metodologia proposta: modelação; geração e avaliação. Neste capítulo foi descrito o processo de desconstrução, identificação e análise dos componentes e dinâmicas existentes no jogo *Strategy Wars*. Esta análise levou à identificação de um conjunto de paradigmas que abrangiam todas as áreas de interação presentes. A partir dos paradigmas foram retirados um conjunto de estilos de jogo que abrangiam vários aspetos da jogabilidade. Estes estilos foram especificados em detalhe, através da apresentação da fórmula de cálculo e da identificação das variáveis de jogo que são necessárias controlar. Através de uma análise histórica de dados de jogo, foram determinadas duas *Play-Personas*. Depois da fase de modelação, foi descrito o processo de geração de tabuleiros para o jogo. Esta especificação caracterizou as camadas existentes no processo, os objetivos gerais e as restrições e parâmetros para cada uma das camadas. Para cada tabuleiro gerado, foram descritas as características extraídas. Por fim foi descrito o processo de avaliação, através da relação entre as *Play-personas* e as características extraídas dos tabuleiros gerados. No próximo capítulo serão apresentados os testes realizados e os seus resultados.

Implementação

Capítulo 5

Resultados e testes

Neste capítulo são apresentados alguns resultados e testes associados, referentes ao trabalho desenvolvido durante o projeto de dissertação. Devido à natureza multifacetada da metodologia e, conseqüentemente, da sua aplicação e implementação, este capítulo foi dividido em várias partes, representando as várias componentes da solução proposta, através da avaliação das dimensões de qualidade a nível da usabilidade, utilidade, aplicabilidade e eficiência sempre que possível e aplicável. O fluxo de leitura segue o apresentado até agora, começando pelo modelador e depois explorando as fases de geração, análise e avaliação finalizando com o comportamento global do sistema.

5.1 Modelação

O modelador proposto revelou-se como uma solução leve e sobrejacente ao motor de jogo, facilitando a sua aplicação a outros jogos dos mesmos género ou de géneros distintos desde que as ações tomadas pudessem ser deduzidas através de uma comparação de estados de jogo. O conjunto de estilos de jogo a serem avaliados revelou-se abrangente a todos os domínios paradigmáticos existentes no jogo utilizado. Apesar da definição de um estilo de jogo ser um assunto subjetivo aberto a diferentes interpretações, é possível extrair um conjunto de características matemáticas que avaliem a utilidade de um valor de modelação do estilo do jogador. Um bom estilo de jogo deve servir como um indicador *unbiased* de um determinado comportamento do jogador, independentemente da sua precisão ou objetivo concreto. Desta forma, o valor de um estilo de jogo deve ser o mais independente possível de outros estilos de jogo presentes e fatores externos. Uma dependência demasiado grande de outro estilo evidencia uma possível redundância de informação, que terá que ser resolvida com a fusão dos estilos paralelos. A elevada dependência de um estilo de jogo em relação a um fator do estado de jogo também pode ser indicativa de uma utilidade reduzida desse valor na determinação do comportamento do jogador. Se um estilo for altamente

Resultados e testes

dependente de uma variável de jogo, como o dinheiro total do jogador ou a sua percentagem territorial, então é porque não é um valor suficientemente pessoal, logo não é um bom indicativo do comportamento do jogador, mas sim uma consequência natural da evolução do jogo. Para além disso, um bom estilo de jogo não deve revelar uma evolução previsível durante o ciclo de um jogo. Se um certo estilo revelar um comportamento evolucionar padronizado para todos os jogadores, então, mais uma vez, o seu valor é altamente dependente do estado de jogo, perdendo-se assim a verdadeira utilidade da personalidade do valor. Resumindo, a qualidade de um estilo de jogo é comprometida por três fatores relacionados com a sua evolução durante um ciclo de jogo:

- *a* - Independência de outros estilos de jogo existentes;
- *b* - Independência de fatores externos;
- *c* - Inexistência de padrões evolucionais.

Para verificar o primeiro ponto foi determinada a relação entre os 7 estilos de jogo especificados no mesmo conjunto de sessões de jogo usado na Secção 4.4. A relação entre dois estilos de jogo foi calculada através do coeficiente de correlação de *Pearson*, que mede a dependência linear entre duas variáveis *x* e *y*. Para cada jogo existente, foi calculada o valor r^2 entre todos os pares de estilos existentes. Este valor está compreendido entre 0.0 e 1.0, onde o valor máximo indica uma relação estreitamente linear entre as duas variáveis e 0.0 indica a impossibilidade na determinação dessa mesma relação. Foram obtidos os seguintes resultados (média dos resultados locais de cada jogo):

Estilos(r^2)	<i>E</i>	<i>DEO</i>	<i>TDE</i>	<i>RF</i>	<i>TE</i>	<i>PT</i>	<i>TA</i>
<i>E</i>	–	0.12	0.22	0.35	0.09	0.34	0.11
<i>DEO</i>	0.12	–	0.08	0.41	0.10	0.37	0.04
<i>TDE</i>	0.22	0.08	–	0.14	0.15	0.09	0.17
<i>RF</i>	0.35	0.41	0.14	–	0.10	0.29	0.17
<i>TE</i>	0.09	0.10	0.15	0.10	–	0.36	0.13
<i>PT</i>	0.34	0.37	0.09	0.39	0.36	–	0.07
<i>TA</i>	0.11	0.04	0.17	0.17	0.13	0.07	–

Como se pode verificar pelos valores na matriz, não existe nenhuma relação demasiado alta entre os estilos. Os valores mais altos como o obtido na relação *DEO* < – > *RF* são justificáveis devido à natureza bidimensional de ambos. Um grande risco financeiro indica que o jogador gaste muito dinheiro para conseguir ter um exército grande.

Para o ponto *b* foi utilizada a mesma abordagem, mas desta vez através da relação entre estilos e alguns fatores de jogo que dizem respeito ao jogador (Dinheiro, Percentagem territorial, Poder total):

Resultados e testes

<i>Iaro</i>	<i>DA</i>	<i>PTJ</i>	<i>P</i>
<i>E</i>	0.14	0.25	0.17
<i>DEO</i>	0.09	0.15	0.13
<i>TDE</i>	0.11	0.12	0.24
<i>RF</i>	0.21	0.13	0.16
<i>TE</i>	0.09	0.10	0.15
<i>PT</i>	0.24	0.17	0.09
<i>TA</i>	0.11	0.04	0.17

Como se pode ver pela matriz anterior, os valores de correlação são bastantes baixos o que indica uma baixa dependência entre os estilos e fatores de sessão de jogo.

O último ponto (c) não foi verificado formalmente. Foi construído um sistema de análise gráfica da evolução dos valores dos estilos durante os vários jogos mas tirar conclusões globais a partir unicamente de um conjunto extremamente vasto de gráficos provou ser altamente ineficaz. Uma outra solução seria aplicar a correlação de *Pearson* a múltiplas variáveis, mas havia alguns problemas associados como as diferentes dimensões das amostras devido ao diferente número de turnos entre jogos.

5.2 Geração

Na componente de geração de níveis de jogo foram avaliadas as seguintes características:

- Validade da geração;
- Alcance expressivo da geração;
- Performance.

O primeiro ponto é garantido através das restrições impostas no sistema de geração e foi comprovado através da geração e teste no motor de jogo de mais de 100 níveis de jogo. O alcance expressivo da geração [SW10] não foi matematicamente testado mas a análise dos níveis gerados permite avaliar a abrangência das possibilidades dos níveis gerados, apesar de estarem direcionados para o balanceamento entre os territórios dos jogadores. A nível de performance os resultados foram satisfatórios, a geração demora cerca de 1.5 segundos a gerar mapas com o tamanho mínimo (20 hexágonos) e 4.4 segundos a gerar mapas com a dimensão máxima (130 hexágonos). Apesar destes tempos serem demasiado grandes para uma geração em tempo real, a SBPCG usada no servidor evita este problema.

5.3 Avaliação

Como o objetivo final do trabalho desenvolvido era gerar conteúdo com mais qualidade para o jogador, e como o fator principal num jogo de estratégia é a dificuldade do nível, foi delineado o seguinte fluxo (Figura 5.1) para testar a qualidade de avaliação:

1. Cada jogador começa por jogar uma bateria inicial de níveis escolhidos aleatoriamente. Esta bateria deve ser suficientemente grande para garantir que existem dados suficientes de forma à modelação ser credível;
2. Depois de ter acabado os níveis e a sua personalidade estar definida, é definida uma janela de dificuldade base aceitável tendo em conta os níveis anteriores;
3. São então providenciados aos jogadores um conjunto de níveis mais adequados (segundo o objetivo delineado na Secção 4.7, ou seja, contrariando a personalidade) para jogadores totalmente agressivos e outro para jogadores totalmente defensivos;
4. Os jogadores jogam os níveis de forma alternada entre os dois conjuntos;
5. No fim é calculada a dificuldade percebida que os jogadores sentiram, como explicado na Secção 3.5, e é comparada a dificuldade entre ambos os conjuntos de níveis tendo em conta a personalidade manifestada pelo jogador.

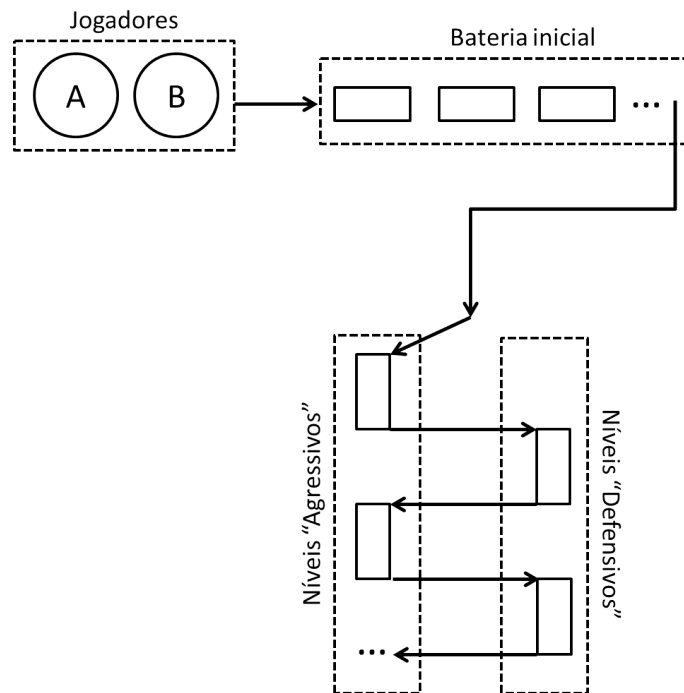


Figura 5.1: Fluxo dos testes da componente de avaliação do sistema especificado e implementado.

Devido a problemas temporais só foram possíveis testar 2 jogadores. Depois de jogarem o conjunto inicial de níveis as suas personalidades convergeram para os seguintes valores:

Jogador	Agressivo	Defensivo
A	0.8	0.2
B	0.4	0.6

Tabela 5.1: Valores das *play-personas* dos jogadores presentes nos testes depois de jogarem a bateria de níveis inicial.

Depois de passada a bateria de níveis finais, foi comprovado que os jogadores sentiram mais dificuldade nos níveis que tinham obtido melhor pontuação para a *Play-Persona* mais próxima da personalidade manifestada por eles, o que revela a utilidade do sistema na capacidade de, com base no modelo da personalidade do jogador, ser capaz de avaliar tabuleiros de jogo de acordo com a sua conformidade com um conjunto de objetivos definidos e com a personalidade dos jogadores.

5.4 Conclusão

Foram feitos um conjunto de testes às várias componentes desenvolvidas, de forma a validar e avaliá-las. Os resultados apresentados, apesar de reduzidos, demonstram a utilidade e eficiência da aplicação da metodologia a um caso em concreto. Mesmo assim, é importante referir a importância de mais testes para futura consolidação da qualidade do sistema.

No próximo capítulo será feita uma conclusão geral do trabalho desenvolvido e serão delineados os caminhos futuros passíveis de serem tomados de forma a melhorar o comportamento da metodologia e a alargar as suas possibilidades de utilização.

Resultados e testes

Capítulo 6

Conclusões e trabalho futuro

Este documento, desenvolvido no âmbito de uma Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática e Computação, na área de Jogos, consistiu na especificação e implementação de uma metodologia de geração procedimental de conteúdo baseado na experiência do jogador, com o objetivo de desenvolver um sistema capaz de providenciar aos jogadores conteúdo que progressivamente melhor e mais interessante, que fosse capaz de aumentar o seu interesse no jogo e de o fazer jogar por mais tempo.

Numa primeira fase deste documento foi realizado o levantamento do estado da arte a vários níveis. Como o tema inicial se baseava unicamente em "Geração procedimental de conteúdo para jogos digitais", o trabalho levado a cabo nesta fase teve como objetivo inicial a descoberta de lacunas na área da geração procedimental que servissem como potencial caminho exploratório. Apesar das referências da potencial utilidade do uso da personalidade do jogador num contexto procedimental ter sido explorado por alguns autores, todos os trabalhos estavam ou direcionados para uma modelação baseada em sinais físicos que simplesmente indicava o estado de espírito de jogador, ou para uma modelação simplista baseada em probabilidades. Para além disso, a maioria das abordagens avaliava a qualidade de conteúdo com base numa modelação "média" dos jogadores do jogo e não se focavam numa totalmente personalizada ao jogador em questão. Estas lacunas encontradas levaram a que a exploração se direcionasse para a geração procedimental de conteúdo baseada na experiência do jogador. Dessa forma foram exploradas técnicas de modelação de personalidade do jogador e foi estudado a percepção que os jogadores têm da experiência do jogo e como esta pode ser alterada para aumentar a sua qualidade.

6.1 Satisfação dos Objetivos

Nesta fase da conclusão da dissertação, será correto afirmar que todos os objetivos propostos inicialmente foram cumpridos, com resultados satisfatórios. O primeiro objetivo consistia na investigação do estado da arte ao nível da geração procedimental de conteúdo, e de que forma

esta podia ser evoluída. Este estudo foi extremamente importante visto que focou a direção do trabalho e levou à descoberta de múltiplos conceitos propostos por vários autores, como *Play-Persons* [Can09], EDPCG [YT11] e SBPCG [TYSB10], que se revelaram como os pilares do trabalho desenvolvido.

O segundo e terceiro objetivos consistiam na especificação de uma metodologia que fosse capaz de abranger todo o processo de modelação, geração e avaliação de conteúdo para jogos. Esta metodologia permitia, através da desacoplação entre o motor de jogo e a geração de conteúdo como passível de ser aplicada a qualquer contexto, desde que houvesse comunicação possível entre essas duas componentes. Para além disso, esta metodologia revelou-se suficientemente genérica para a sua aplicação a diferentes géneros, onde a componente da geração seria a que necessitaria de mais alterações devido ao seu grau de dependência do jogo em questão. A implementação da metodologia ao jogo *Strategy Wars* revelou resultados satisfatórios através dos testes realizados nas várias componentes.

6.2 Trabalho futuro

A metodologia concebida apresenta um potencial enorme no que diz respeito ao aumento da qualidade da geração procedimental de conteúdo, através da modelação da personalidade do jogador, mas ainda existem problemas. A modelação da personalidade do jogador ainda pode ser evoluída para se focar não só como o jogador interage com o jogo, mas também como interage com os outros jogadores, o que leva à necessidade do uso de um jogo multi-jogador. Para além disso, a modelação tem que ser revista de forma a explorar os *biases* que ainda existem e a forma como podem ser resolvidos. Sabendo a forma como as características do conteúdo podem afetar a personalidade manifestada pelo jogador, como foi assumido na avaliação do conteúdo, é necessário saber até que ponto estas características afetam e de que forma isto acontece. Uma outra fonte de *biases* consiste na interação com outros jogadores, sendo então necessário explorar de que forma as personalidades de um jogador afeta as manifestações dos demais jogadores. A validação da modelação utilizada foi muita básica, sendo necessário novas formas de validação e avaliação da qualidade de modelações de personalidade de jogadores.

A nível da geração, a abordagem seguida é principalmente direcionada para espaços de jogo, sendo necessária mais exploração para outros domínios. Para além disso, a nível da implementação, a geração dos níveis podia ser um pouco mais rápida.

A avaliação de conteúdo revela ser a área com mais potencial devido às múltiplas possibilidades de evolução, principalmente na forma como os objetivos da avaliação poderiam ser utilizados para diferentes situações. Nos casos em que o conteúdo gerado fosse experienciado por múltiplos jogadores, como em jogos *online*, a avaliação podia ter em conta as personalidades de todos os jogadores presentes, podendo ser usada para múltiplos objetivos. Imaginemos um jogo de estratégia, como o usado na implementação da metodologia. Quando vários jogadores se conectassem ao modo multi-jogador, o servidor encarregar-se-ia de procurar uma combinação entre mapas e

Conclusões e trabalho futuro

adversários que maximizasse alguns fatores, como por exemplo, recompensar mapas que sucistassem o confronto entre jogadores específicos ou entre "tipos" de jogadores (colocar dois jogadores agressivos perto um do outro ou colocar dois jogadores "inimigos- que já tiveram muitos confrontos entre si - perto um do outro). Outra das evoluções possíveis seria na possibilidade dos objetivos da avaliação serem dinâmicos. Sabendo a capacidade do jogador, seria possível direcionar a avaliação para recompensar mapas que "seguissem" ou "contrariassem" a personalidade consoante o seu desempenho. Quanto mais fraco fosse o jogador, melhor classificação seria dada a mapas que valorizassem o seu estilo de jogo e à medida que este fosse ficando melhor, a avaliação tenderia para uma valorização da dificuldade, através do método usado neste trabalho na fase de avaliação. Outra das potencialidades recaíra na utilização desta metodologia em outras áreas dos jogos, como *Serious Games*. A possibilidade de gerar conteúdo automaticamente com base na personalidade do jogador revela-se como um excelente potenciador da qualidade deste tipo de jogos. Se a avaliação do conteúdo fosse direcionada para recompensar a aprendizagem, então o trabalho desenvolvido poderia ser facilmente aplicado a um contexto "sério", onde a aprendizagem é um dos fatores mais importantes. A forma como o conteúdo a ser apresentado ao jogador iria ser escolhido sem o jogador saber, com base numa modelação também impercetível, todo o processo seria não intrusivo, algo que é extremamente importante num *Serious Game*: a mensagem deve ser passada de uma forma sublime. Tendo em vista o potencial nesta área, foi submetido um artigo para uma conferência de *Serious Games*, onde se explica de que forma é que o trabalho foi desenvolvido, como é que pode ser aplicado ao contexto em questão, e quais são as vantagens.

Em suma, existem muitas potencialidades de melhoramento e evolução da metodologia, mas a principal contribuição futura passaria pela aplicação da metodologia a um jogo mais complexo, com mais escolhas, e com mais áreas de interação. Isto levaria a um maior número de paradigmas, estilos, *Play-Personas* e a uma maior complexidade do conteúdo a ser gerado, o que resultaria num potencial utilitário muito maior por parte da fase da avaliação.

Espera-se que o trabalho realizado sirva de base para muitos estudos futuros e que a área da geração procedimental de conteúdo ganhe uma maior importância nos meios comerciais, de forma a que o seu potencial seja experienciado por um número significativamente maior de jogadores.

Conclusões e trabalho futuro

Referências

- [AB09] Mojang AB. Minecraft, 2009.
- [ADP06] R. Aylett, J. Dias e A. Paiva. An affectively-driven planner for synthetic characters. In *Proceedings of ICAPS*, volume 2006, 2006.
- [AKK08] S. Asteriadis, K. Karpouzis e S. Kollias. A neuro-fuzzy approach to user attention recognition. *Artificial Neural Networks-ICANN 2008*, pages 927–936, 2008.
- [AO02] D. Adams e Others. Automatic generation of dungeons for computer games. 2002.
- [Ash06] Calvin Ashmore. *Key and Lock Puzzles in Procedural Gameplay*. PhD thesis, 2006.
- [Bet06] Bethesda Softworks. The Elder Scrolls IV: Oblivion, 2006.
- [Bli96] Blizzard Entertainment. Diablo, 1996.
- [Bod04] M.A. Boden. *The creative mind: Myths and mechanisms*. Psychology Press, 2004.
- [Bro08] C. Browne. *Automatic generation and evaluation of recombination games*. PhD thesis, 2008.
- [Can09] Alessandro Canossa. *Play-Persona: Modeling Player Behaviour in Computer Games*. PhD thesis, 2009.
- [Cha] Tom Chatfield. Videogames now outperform Hollywood movies.
- [CM06] Kate Compton e Michael L B DBLP:conf/aiide/ComptonM06 Mateas. Procedural Level Design for Platform Games, 2006.
- [Col09] Karen Collins. An Introduction to Procedural Music in Video Games. *Contemporary Music Review*, 28:5–15 ST – An Introduction to Procedural Music in, October 2009.
- [CRC07] Alan Cooper, R. Reimann e D. Cronin. *About face 3: the essentials of interaction design*. Wiley-India, 2007.
- [Csi91] M. Csikszentmihalyi. *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper Perennial, 1991.
- [CSJ⁺10] Sherol Chen, Adam M Smith, Arnav Jhala, Noah Wardrip-Fruin e Michael C1 1822326 Mateas. RoleModel: towards a formal model of dramatic roles for story generation, 2010.
- [CY06] Y.G. Cheong e R.M. Young. A computational model of narrative generation for suspense. In *AAAI 2006 Computational Aesthetic Workshop*, 2006.

REFERÊNCIAS

- [DC09] Anders Drachen e Alessandro C1 1621878 Canossa. Towards gameplay analysis via gameplay metrics, 2009.
- [DCY09] Anders Drachen, Alessandro Canossa e Georgios N C1 1719305 Yannakakis. Player modeling using self-organization in tomb raider: underworld, 2009.
- [DJSY10] D. Dimovska, P. Jarnfelt, S. Selvig e G.N. Yannakakis. Towards procedural level generation for rehabilitation. In *Proceedings of the 2010 Workshop on Procedural Content Generation in Games*, page 7. ACM, 2010.
- [DNYP10a] A. Drachen, L.E. Nacke, G. Yannakakis e A.L. Pedersen. Correlation between heart rate, electrodermal activity and player experience in First-Person Shooter games. In *Proceedings of the 5th ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games*, pages 49–54. ACM, 2010.
- [DNYP10b] A. Drachen, L.E. Nacke, G. Yannakakis e A.L. Pedersen. Correlation between heart rate, electrodermal activity and player experience in First-Person Shooter games. In *Proceedings of the 5th ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games*, pages 49–54. ACM, 2010.
- [DP10a] Jon Doran e Ian L B Doran2010Terrain Parberry. Controlled Procedural Terrain Generation Using Software Agents. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 2:111–119 ST – Controlled Procedural Terrain Genera, 2010.
- [DP10b] Jonathon Doran e Ian Parberry. Emergent Economies for Role Playing Games. 2010.
- [DP11] Jonathon Doran e Ian C1 2000920 Parberry. A prototype quest generator based on a structural analysis of quests from four MMORPGs, 2011.
- [Epy86] Epyx. Rogue, 1986.
- [FBG⁺00] Michael Freed, Travis Bear, Herrick Goldman, Geoffrey Hyatt, Paul Reber e Joshua Tauber. Towards more human-like computer opponents. In *Working Notes of the AAAI Spring Symposium on Artificial Intelligence and Interactive Entertainment*, number 1, pages 22–26, 2000.
- [Gam11] Mode 7 Games. Frozen Synapse, 2011.
- [Gla86] D.R. Glancy. *Toward the design of a computer-based interactive fantasy system*. PhD thesis, 1986.
- [HGC09] C Hultquist, J Gain e D Cairns. An Adjectival Interface for Procedural Content Generation. *Intelligent Computer Graphics 2009*, 240:143–165 ST – An Adjectival Interface for Procedur, 2009.
- [HGS09] E J Hastings, R K Guha e K O Stanley. Automatic Content Generation in the <emphasi^s emphasistype="italic">Galactic Arms Race</emphasi^s> Video Game. *Computational Intelligence and AI in Games, IEEE Transactions on*, 1:245–263 ST – Automatic Content Generation in the, 2009.
- [HLZ04] Robin Hunicke, Marc LeBlanc e Robert Zubek. MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI-04 Workshop on Challenges in Game AI*, pages 1–5 ST – MDA: A formal approach to game design an, San Jose, CA, 2004.

REFERÊNCIAS

- [HM07] V. Hom e J. Marks. Automatic design of balanced board games. In *Proc. 3rd Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference*, pages 25–30, 2007.
- [ITY03] H. Iida, N. Takeshita e J. Yoshimura. A metric for entertainment of boardgames: its implication for evolution of chess variants. In *IWEC2002 Proceedings*, pages 65–72. Kluwer, 2003.
- [JYT10] Lawrence Johnson, Georgios N Yannakakis e Julian C1 1814266 Togelius. Cellular automata for real-time generation of infinite cave levels, 2010.
- [KA06] J. Kim e E. André. Emotion recognition using physiological and speech signal in short-term observation. *Perception and Interactive Technologies*, pages 53–64, 2006.
- [KCC10] L. Kessous, G. Castellano e G. Caridakis. Multimodal emotion recognition in speech-based interaction using facial expression, body gesture and acoustic analysis. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 3(1):33–48, 2010.
- [Ken95] Perlin Ken. Real Time Responsive Animation with Personality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 1:5–15 ST – Real Time Responsive Animation with Per, 1995.
- [Kos05] Raph Koster. *A theory of fun for game design*. Paraglyph Press, 2005.
- [KPY09] T. Kannetis, A. Potamianos e G.N. Yannakakis. Fantasy, curiosity and challenge as adaptation indicators in multimodal dialogue systems for preschoolers. In *Proceedings of the 2nd Workshop on Child, Computer and Interaction*, page 1. ACM, 2009.
- [LC11] Y S Lee e S B Cho. Context-Aware Petri Net for Dynamic Procedural Content Generation in Role-Playing Game. *Ieee Computational Intelligence Magazine*, 6:16–25 ST – Context-Aware Petri Net for Dynamic Pr, 2011.
- [Mag02] Brian L B Magerko_2002 Magerko. A Proposal for an Interactive Drama Architecture. *Artificial Intelligence*, 1001:76–81 ST – A Proposal for an Interactive Drama Ar, 2002.
- [Mal81] T Malone. What makes computer games fun? *ACM SIGSOC Bulletin*, 162, 1981.
- [Mas43] A.H. Maslow. A theory of human motivation. *Psychological review*, 50(4):370, 1943.
- [MI04] R.L. Mandryk e K.M. Inkpen. Physiological indicators for the evaluation of co-located collaborative play. In *Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work*, pages 102–111. ACM, 2004.
- [Mic90] MicroProse. *Civilization*, 1990.
- [MIC06a] R.L. Mandryk, K.M. Inkpen e T.W. Calvert. Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. *Behaviour & Information Technology*, 25(2):141–158, 2006.

REFERÊNCIAS

- [MIC06b] R.L. Mandryk, K.M. Inkpen e T.W. Calvert. Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. *Behaviour & Information Technology*, 25(2):141–158, 2006.
- [MM10] Peter A Mawhorter e Michael L B DBLP:conf/cig/MawhorterM10 Mateas. Procedural level generation using occupancy-regulated extension, 2010.
- [Nij09] A. Nijholt. BCI for Games: A State of the Art Survey. *Entertainment Computing-ICEC 2008*, pages 225–228, 2009.
- [Nin90] Nintendo. Super Mario Bros 3, 1990.
- [PLWC10] D Pizzi, J Lugin, A Whittaker e M Cavazza. Automatic Generation of Game Level Solutions as Storyboards. *Computational Intelligence and AI in Games, IEEE Transactions on*, 2:149–161 ST – Automatic Generation of Game Level S, 2010.
- [PS03] T. Partala e V. Surakka. Pupil size variation as an indication of affective processing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(1):185–198, 2003.
- [RSL05] P. Rani, N. Sarkar e C. Liu. Maintaining optimal challenge in computer games through real-time physiological feedback. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human Computer Interaction*, pages 184–192, 2005.
- [SCW08] Gillian Smith, Mee Cha e Jim Whitehead. A framework for analysis of 2D platformer levels, 2008.
- [SMG09] Christina R Strong, Michael Mateas e Dave C1 1536549 Grossman. Generative conversation tool for game writers, 2009.
- [Sof08] Valve Software. Left 4 dead, 2008.
- [Sta07] K.O. Stanley. Compositional pattern producing networks: A novel abstraction of development. *Genetic Programming and Evolvable Machines*, 8(2):131–162, 2007.
- [STdKB11] R M Smelik, T Tutenel, K J de Kraker e R Bidarra. A declarative approach to procedural modeling of virtual worlds. *Computers & Graphics*, 35:352–363 ST – A declarative approach to procedural, 2011.
- [Sun05] Petra Sundström. Exploring the affective loop. 2005.
- [SW05] Penelope Sweetser e Peta C1 1077253 Wyeth. GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Comput. Entertain.*, 3:3–3 ST – GameFlow: a model for evaluating player, 2005.
- [SW10] Gillian Smith e Jim Whitehead. Analyzing the expressive range of a level generator, 2010.
- [SWM10] Gillian Smith, Jim Whitehead e Michael L B DBLP:conf/aiide/SmithWM10 Mateas. Tanagra: An Intelligent Level Design Assistant for 2D Platformers, 2010.
- [SWM⁺11] G Smith, J Whitehead, M Mateas, M Treanor, J March e Cha Mee. Launchpad: A Rhythm-Based Level Generator for 2-D Platformers. *Computational Intelligence and AI in Games, IEEE Transactions on*, 3:1–16 ST – Launchpad: A Rhythm-Based Level Generat, 2011.

REFERÊNCIAS

- [TBSW07] David Thue, Vadim Bulitko, Marcia Spetch e Eric Wasylishen. Interactive Storytelling: A Player Modelling Approach. In Jonathan Schaeffer e Michael Mateas, editors, *Third Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment International Conference (AIIDE 2007)*, Stanford University, California, USA, June 2007.
- [TDL07] Julian Togelius, Renzo De Nardi e S.M. Lucas. Towards automatic personalised content creation for racing games. In *Computational Intelligence and Games, 2007. CIG 2007. IEEE Symposium on*, pages 252–259. IEEE, 2007.
- [TGBM10] S. Tognetti, M. Garbarino, A. Bonarini e M. Matteucci. Modeling enjoyment preference from physiological responses in a car racing game. In *Computational Intelligence and Games (CIG), 2010 IEEE Symposium on*, pages 321–328. IEEE, 2010.
- [TN08] Travis. Castillo e J. Novak. *Game development essentials: game level design*. Delmar, 2008.
- [TPY10] Julian Togelius, Mike Preuss e Georgios N C1 1814259 Yannakakis. Towards multiobjective procedural map generation, 2010.
- [TS08] J. Togelius e J. Schmidhuber. An experiment in automatic game design. In *Computational Intelligence and Games, 2008. CIG'08. IEEE Symposium On*, pages 111–118. IEEE, 2008.
- [TvOBN03] N.A. Taatgen, M. van Oploo, Jos Braaksma e J. Niemantsverdriet. How to construct a believable opponent using cognitive modeling in the game of set. In *Proceedings of the fifth international conference on cognitive modeling*, pages 201–206. Citeseer, 2003.
- [TYSB10] J Togelius, G N Yannakakis, K O Stanley e C Browne. Search-Based Procedural Content Generation. *Applications of Evolutionary Computation, Pt I, Proceedings*, 6024:141–150 ST – Search-Based Procedural Content Gene, 2010.
- [Yan05] G.N. Yannakakis. AI in computer games: generating interesting interactive opponents by the use of evolutionary computation. 2005.
- [Yan09] G.N. Yannakakis. Preference learning for affective modeling. In *Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, 2009. ACII 2009. 3rd International Conference on*, pages 1–6. IEEE, 2009.
- [YH] G.N. Yannakakis e John Hallam. A Generic Approach for Obtaining Higher Entertainment in Predator/Prey Games. *mip.sdu.dk*, pages 1–14.
- [YH04a] G N Yannakakis e J Hallam. Evolving opponents for interesting interactive computer games. *Strategy*, 8:499–508, 2004.
- [YH04b] G.N. Yannakakis e J. Hallam. Interactive opponents generate interesting games. In *Proceedings of the International Conference on Computer Games: Artificial Intelligence, Design and Education*, pages 240–247. Citeseer, 2004.
- [YH05] G.N. Yannakakis e John Hallam. A scheme for creating digital entertainment with substance. In *Proceedings of the Workshop on Reasoning, Representation, and Learning in Computer Games, 19th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, pages 119–124. Citeseer, 2005.

REFERÊNCIAS

- [YH07] Georgios N Yannakakis e John C 1392653 Hallam. TOWARDS OPTIMIZING ENTERTAINMENT IN COMPUTER GAMES. *Appl. Artif. Intell.*, 21:933–971 ST – TOWARDS OPTIMIZING ENTERTAINMENT IN, 2007.
- [YMJ10] Georgios Yannakakis, Héctor Martínez e Arnav Jhala. Towards affective camera control in games. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 20(4):313–340, October 2010.
- [YT11] Georgios N Yannakakis e Julian L B 10.1109/T-AFFC.2011.6 Togelius. Experience-Driven Procedural Content Generation. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 2:147–161 ST – Experience–Driven Procedural Content, 2011.
- [Yu08] Derek Yu. Spelunky!, 2008.
- [ZFVM08] J. P. Zagal, C. Fernandez-Vara e M. Mateas. Rounds, Levels, and Waves: The Early Evolution of Gameplay Segmentation. *Games and Culture*, 3(2):175–198, February 2008.
- [ZMFV⁺05] Jose Zagal, Michael Mateas, Clara Fernández-Vara, Brian Hochhalter e Nolan Lichti. Towards an ontological language for game analysis, 2005.