

Uso de Sistemas Dinâmicos como mecânica em Jogos Digitais que possuem viagem no tempo

André Kishimoto

Orientador: Prof.^a Dr.^a Pollyana Notargiacomo Mustaro

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE)

Resumo—Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um jogo digital a fim de estudar abordagens matemáticas no processo de *game design*, em particular o uso de sistemas dinâmicos como mecânica de jogo para a definição e análise de comportamentos de agentes e objetos e suas interações por meio da evolução temporal. Propõe-se o uso de ontologia para representar o conhecimento do mundo virtual e a inclusão de viagem no tempo para permitir que o jogador modifique parâmetros iniciais do sistema modelado, redefinindo o comportamento do sistema com o passar do tempo, com o objetivo de solucionar os desafios e problemas apresentados no âmbito do jogo.

Keywords—jogos digitais, ontologias, sistemas dinâmicos, caos, viagem no tempo.

I. INTRODUÇÃO

Em seu trabalho seminal sobre jogo como elemento de cultura (“Homo Ludens”¹), [1] inicia o texto indicando que o jogo é mais antigo que a cultura (animais já brincavam antes do homem) e discursa que todo jogo tem algum significado. Quanto ao campo de estudo sobre jogos, [2] comenta que provavelmente tenha prosperado no final do século 19 (baseado em torno de estudos folclóricos) e em meados de 1970, com publicações analisando a história, uso, estrutura e função de jogos. Entretanto, o estudo de jogos digitais se encontra em um estágio inicial, devido à sua própria história e tempo de existência.

Em 1961, o primeiro jogo digital, intitulado *Spacewar*, foi desenvolvido por Steve Russell em um computador PDP-1, numa época em que computadores eram raros e disponíveis apenas em universidades [3]. Porém, com o rápido avanço tecnológico, os jogos digitais atuais estão disponíveis em diversas mídias e plataformas, podendo ser encontrados em computadores pessoais, em aparelhos especializados em jogos (“*consoles*”) e até mesmo em telefones celulares [4].

Visando melhorar a experiência do jogador, faz-se necessário o estudo e aplicação de processos para projetar um jogo (também conhecido por *game design*). Ao projetar um jogo, uma das tarefas que o desenvolvedor precisa realizar é a definição da mecânica do jogo, isto é, quais são as possíveis interações e relações presentes no jogo. Alguns elementos inclusos na mecânica de um jogo, definidos por [5], são: o espaço em que ocorre o jogo, os objetos e seus atributos e estados, as ações que os jogadores podem realizar e as regras que definem os elementos anteriores.

Outra maneira de interpretar o projeto de um jogo é descrito por [6], em que o jogo é uma representação fantasiosa onde o mundo virtual representado nele não é necessariamente um modelo exato do mundo real.

Quanto à modelagem de um sistema real ou fictício, é possível usar os conceitos de sistemas dinâmicos para tal tarefa. Em sistemas dinâmicos, usa-se equações de diferença (ou diferenciais) de primeira ordem para modelar um sistema, assim como analisa-se o comportamento do sistema por meio da sua evolução temporal [7].

Tendo em vista o exposto acima, o objetivo do presente trabalho é o desenvolvimento de um jogo digital a fim de estudar abordagens matemáticas no processo de *game design*, por meio da aplicação de conceitos de sistemas dinâmicos como mecânica de um jogo digital. Para isso, optou-se por incluir a perspectiva de viagem no tempo no âmbito do jogo. Esta, além de ser inspirada em filmes e jogos que apresentam este componente, vem da possibilidade de modificar alguns parâmetros iniciais do sistema modelado, alterando dessa forma a evolução e interação do sistema com o passar do tempo.

O trabalho está dividido da seguinte forma: a seção 2 (“Justificativa”) indica o motivo de realizar o estudo e quais contribuições o mesmo trará para a comunidade acadêmica e para os desenvolvedores de jogos digitais. A seção 3 (“Referencial teórico”) discursa sobre as quatro principais áreas de estudo do presente trabalho, apresentando a fundamentação teórica e os conceitos essenciais para o desenvolvimento do trabalho. Por fim, a seção 4 (“Metodologia”) detalha a sequência de etapas proposta para que o trabalho possa ser realizado.

II. JUSTIFICATIVA

Em sistemas dinâmicos, considera-se que a modelagem de sistemas define um sistema do mundo real por meio de equações matemáticas, sendo possível analisar o comportamento do sistema modelado a partir da sua evolução temporal. Assim, conclui-se que um sistema pode ficar em equilíbrio, ter movimentos periódicos ou comportamento caótico [7], [8].

Um exemplo de modelagem e análise de sistemas envolve o controle de raiva (doença) na Europa através da imunização de raposas², no qual estudos conseguiram representar o comportamento estacionário de famílias de raposas e migração de

¹Originalmente publicado em 1938.

²Principal animal transmissor da doença na Europa, segundo [9].

raposas jovens, simulando a propagação da doença no tempo e espaço [9].

Com isso em mente, o trabalho visará a adoção de conceitos de sistemas dinâmicos como ferramenta auxiliar no processo de *game design*; em particular, na definição da mecânica, dos comportamentos de agentes e objetos e das regras em jogos digitais.

Esse estudo contribuirá para a compreensão de sistemas dinâmicos e modelagem de sistemas como alternativa ao processo tradicional de *game design*, em que é comum envolver a criação manual (isto é, sem uso de modelos matemáticos) de comportamentos por parte do *game designer*.

III. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Definição de “jogo”

Sob o ponto de vista do entretenimento, é possível definir mídias usando duas classificações: entretenimento passivo e entretenimento ativo. No entretenimento passivo o consumidor simplesmente recebe o conteúdo de uma mídia, sem a necessidade de participar ou interagir com o produto. Exemplos incluem televisão, livros e teatros. Ao contrário desses exemplos, jogos são classificados como entretenimento ativo, onde o consumidor (jogador) participa ativamente e interage com o produto [10].

Rollings e Adams [10] definem jogo como entretenimento interativo (ativo), onde há um universo virtual regido por regras que indicam o que os jogadores podem ou não fazer dentro do jogo. Além disso, geralmente os jogadores incorporam algum tipo de papel dentro de um jogo. Com essa definição, os autores citam dois outros tipos de entretenimento que, embora interativos, não são considerados como jogos: brinquedos e quebra-cabeças.

Brinquedos entretem as pessoas mas não possuem regras; já quebra-cabeças possuem uma regra definitiva (“encontrar a solução correta”) mas não estão definidos dentro de um universo virtual e as pessoas não incorporam papéis.

Em sua comparação entre jogos e brinquedos, [6] comenta que os jogos oferecem uma certa liberdade aos jogadores para manipular partes do jogo mas as regras continuam fixas, enquanto os brinquedos não são rígidos (no sentido de possuir regras) e a pessoa usando o brinquedo pode usá-lo e manipulá-lo conforme seu interesse.

Para definir o que é um jogo, [6] parte do princípio que há quatro elementos fundamentais em qualquer jogo: representação, interação, conflito e segurança. Assim, define que um jogo é uma representação fantasiosa (isto é, não modela com exatidão o mundo real, podendo representar um subconjunto da realidade) que possui regras explícitas onde as ações realizadas pelo jogador influenciam o que acontece nessa representação de mundo (resultante do elemento interação).

O conflito surge da interação do jogador com o jogo - o jogador busca atingir um objetivo e o jogo apresenta barreiras que devem ser superadas pelo jogador para atingir o objetivo. Porém, conflito implica em perigo ou em causar dano.

O elemento de segurança em um jogo vem da possibilidade de experimentar a realidade do mundo representado pelo jogo

sem que ocorra danos físicos e/ou reais ao jogador. Dois exemplos de segurança citados por [6] são o caso de um jogador criar um império financeiro e perde-lo em uma hora sem arriscar a sua conta bancária e o caso de um jogador participar de uma guerra sem derramar sangue. No entanto, o autor cita “aposta” como uma exceção à segurança dos jogos, uma vez que realmente existe o risco financeiro para o jogador, como em um jogo de pôquer.

Antes de apresentar sua definição de jogo, [5, p. 26] discute que um jogo é diferente de um brinquedo por ser mais complexo e envolver um tipo diferente de brincadeira.

Em seguida, [5, p. 34] analisa as definições de jogo propostas por Elliot Avedon e Brian Sutton-Smith, Greg Costikyan, Tracy Fullerton, Chris Swain e Steven Hoffman e realiza uma abordagem diferente, partindo do pressuposto que jogos envolvem resolução de problemas, definindo:

“Um jogo é uma atividade de solução de problemas, encarada de forma lúdica”.

[11] também realizam análises sobre definições de jogo propostas por outros autores e com base nessas análises, definem:

*“Um jogo é um sistema no qual jogadores envolvem-se em um conflito artificial, definido por regras, que resulta em um resultado quantificável”.*³

Outra definição de jogo é de [12, p. 3], que diz que *“um jogo é uma atividade que requer pelo menos um jogador, possui regras e uma condição de vitória”*.⁴ Em seguida, define que um *“videogame”* nada mais é que um jogo que ocorre dentro de uma tela.

Com a apresentação de definições sobre o que é um jogo e quais são seus elementos fundamentais, o próximo tópico aborda o uso de ontologias como ferramenta auxiliar para o desenvolvimento e/ou análise de jogos.

B. Ontologias

Na área de desenvolvimento de jogos digitais, a ontologia é aplicada para diferentes finalidades. Segundo [13] e através da pesquisa realizada neste trabalho, constatou-se a aplicação de ontologia em jogos para:

- Análise, estudo e classificação de jogos;
- Geração de histórias coerentes baseado em modelo ontológico;
- Criação de *framework* para desenvolvimento de jogos;
- Escolha de estratégias (IA) baseada em ontologia;
- Posicionamento de NPCs⁵ no mundo virtual;
- Representação de conhecimento, desacoplando programação e alocação de recursos.

³Texto original: “A game is a system in which players engage in an artificial conflict, defined by rules, that results in a quantifiable outcome.”

⁴Texto original: “A game is an activity that requires at least one player, has rules and has a victory condition.”

⁵*Non-Playable Characters* ou *Non-Player Characters*, personagens não controlados pelo jogador.

O interesse sobre ontologia no desenvolvimento de jogos deste trabalho é na aplicação de ontologia como recurso usado pela implementação do jogo, isto é, as características dos elementos do jogo e as regras que definem seus comportamentos são considerados recursos (conteúdo) criados e definidos pela ontologia, os quais alimenta as propriedades dos objetos criados pelo código do jogo.

Machado, Amaral e Clua [14] aplicam a ontologia para posicionar NPC's em um ambiente e definir o comportamento de cada NPC. Dessa forma, os autores conseguem separar o trabalho de um desenvolvedor em programação e *level design* (projeto de nível). A programação consiste em definir procedimentos relacionados à leitura de arquivos (gráficos, áudio, etc.), uso de dispositivos e componentes do jogo (detecção de colisão, módulos de inteligência artificial, etc.) e o *level design* consiste em definir quais NPC's são inseridos em um ambiente, seus habitat (posições) e comportamento.

Do mesmo modo que ontologias podem auxiliar o desenvolvimento de um jogo de diferentes maneiras, é possível aplicar conceitos de sistemas dinâmicos para configurar comportamentos de agentes e objetos, estabelecer relacionamentos e influências entre os mesmos, construir regras para definir a evolução temporal de um jogo, entre outras possibilidades. A fim de compreender este contexto, o tópico a seguir apresenta fundamentos de sistemas dinâmicos.

C. Sistemas Dinâmicos

De acordo com [15, p. 41], um sistema é “*um conjunto de objetos agrupados por alguma interação ou interdependência, de modo que existam relações de causa e efeito nos fenômenos que ocorrem com os elementos desse conjunto*” e é considerado dinâmico “*quando algumas grandezas que caracterizam seus objetos constituintes variam no tempo*”.

Flake [8] diz que um sistema dinâmico pode ser definido como qualquer coisa que tenha movimento e há dois aspectos que precisam ser considerados: quais variáveis mudam conforme o tempo e quais regras determinam como um sistema dinâmico muda com o tempo. Nesse sentido, o movimento de um sistema dinâmico depende de como o estado do sistema muda conforme o tempo e das regras que definem como o sistema evolui de um estado para outro.

Quanto à evolução temporal, um sistema pode ser de tempo contínuo ou discreto. Quando um sistema de ordem n é de tempo contínuo ($t \in \mathbb{R}$), a evolução temporal é descrita por n equações diferenciais de primeira ordem (indicada em (1) usando notação vetorial) e quando o sistema de ordem n é de tempo discreto ($t \in \mathbb{Z}$), a evolução temporal é descrita por n equações de diferença de primeira ordem (indicada em (2) usando notação vetorial) [7], [15].

$$\frac{d\vec{x}(t)}{dt} = \vec{f}(\vec{x}(t)) \quad (1)$$

$$\vec{x}(t+1) = \vec{f}(\vec{x}(t)) \quad (2)$$

Segundo [8], sistemas dinâmicos apresentam movimentos que podem ser classificados como ponto fixo, movimento periódico e movimento quase periódico.

Um movimento do tipo ponto fixo indica que a solução de um sistema de tempo discreto converge para um único ponto com o passar do tempo.

Um movimento do tipo periódico envolve uma solução que se repete ao longo do tempo. De acordo com [7], uma solução periódica de período T é $\vec{x}(t) = \vec{x}(t+T)$.

Um movimento do tipo quase periódico define uma solução $\vec{x}(t)$ de (1) ou (2) que não se repete com o passar do tempo, também conhecida como comportamento caótico. Um sistema caótico é extremamente sensível às condições iniciais, pois qualquer perturbação, por menor que seja, altera o resultado futuro do sistema⁶.

Sabendo-se que sistemas caóticos são sensíveis às condições iniciais e que mudanças em tais condições alteram o comportamento de um sistema, autores de livros e filmes de ficção científica, como “A Máquina do Tempo”⁷ de H. G. Wells e “De Volta para o Futuro”⁸ de Robert Zemeckis, exploram esse fenômeno em conjunto com o conceito de viagem no tempo para fins de entretenimento, assunto que será abordado no próximo tópico.

D. Viagem no Tempo

Conforme indicado por [16], a possibilidade de ocorrer uma viagem no tempo, seja para o passado ou para o futuro, é um conceito presente há tempos na ficção científica, sendo que a obra de H.G. Wells, intitulada “A Máquina do Tempo” e publicada em forma serializada a partir de janeiro de 1895, é considerada uma obra clássica por tornar a parte científica do termo “ficção científica” relevante - ao contrário de escritores da sua época que trabalhavam a viagem no tempo com base em dispositivos não-científicos como dormir e acordar no futuro ou viajar ao passado após um golpe na cabeça, Wells adotou uma visão simplista do tempo como a quarta dimensão.

Ainda que seja um conceito mais comum em ficção científica, a possibilidade e impossibilidade de viagem do tempo tem sido estudada e analisada por físicos, como Richard Gott, Frank Tipler, Kip Thorne e Stephen Hawking [16]. Segundo [16], [17] e [18], os principais estudos teóricos que possibilitam a viagem do tempo envolvem:

- Cordas cósmicas (Gott): estruturas hipotéticas (sobras do *big bang*) em que, ao aproximar duas cordas a ponto de colisão em uma velocidade próxima à da luz e viajar em alta velocidade entre essas cordas cósmicas, seria possível viajar no tempo [17];
- Cilindros giratórios (Tipler): na possibilidade de se construir um cilindro giratório de matéria densa, de tamanho infinito e com velocidade de rotação de pelo menos a metade da velocidade da luz, seria possível gerar um caminho fechado temporal⁹ que conectaria eventos desconexos no espaço-tempo, permitindo a viagem ao passado (até a data em que o cilindro

⁶Tal comportamento também é conhecido por “efeito borboleta”, termo que tem como origem o trabalho de Edward N. Lorenz sobre como o bater de asas de uma borboleta pode alterar o clima global [7], [8].

⁷Título original: “*The Time Machine*”

⁸Título original: “*Back To The Future*”

⁹*Closed timelike path*

foi criado) e de volta ao tempo original (“voltar ao futuro”) [16];

- Buracos de minhoca (Thorne): atalhos (ou buracos) existentes na dimensão espaço-tempo que conectam dois pontos no tempo. Ao entrar no buraco de minhoca, o indivíduo viajaria ao passado ou retornaria ao ponto de início e encontraria a si mesmo antes de entrar no buraco de minhoca [18].

Contrariando estes estudos, Stephen Hawking propôs a “Conjectura de proteção cronológica”¹⁰, a qual diz que as leis de física impossibilitam a viagem no tempo, mantendo a história salva para os historiadores. Em 1993, Hawking comentou que a melhor evidência que a viagem no tempo é impossível é o fato que não existem turistas do futuro¹¹ [16], [18]. Porém, de acordo com [18], físicos não conseguiram encontrar uma lei que previne a viagem no tempo, sendo que o fenômeno é consistente nas leis atuais da física. Por não encontrar uma lei que impede a viagem no tempo, Hawking mudou de opinião e comenta que viagem no tempo é possível mas não é prática, além de ser possível viajar somente para o futuro.

Os elementos apresentados anteriormente no referencial teórico subsidiaram a elaboração da metodologia para a presente pesquisa, descrita no próximo tópico.

IV. METODOLOGIA

O desenvolvimento do presente trabalho será realizado em oito etapas:

A primeira etapa formaliza o jogo a ser desenvolvido na pesquisa, indicando quais problemas devem ser solucionados com o jogo, conforme a definição de [5]. Esta primeira etapa também estabelece o contexto do jogo, isto é, dada a natureza de jogos digitais, deve-se criar uma narrativa mínima, caracterizar o mundo virtual (ambiente, local, época, leis físicas desse mundo, agentes, entre outros), especificar a mecânica e regras básicas que regem o jogo, além de definir a interação humano-computador [10], [11].

A segunda etapa envolve a construção de equações de diferença de primeira ordem e uso de equações existentes (como o mapa logístico) que serão usadas para definir os comportamentos dos agentes do mundo virtual [7].

A terceira etapa define as relações existentes entre os agentes e elementos do mundo virtual por meio de ontologia, que representará conhecimento do jogo como regras de comportamento e interação entre agentes, baseado no uso indicado por [14].

A quarta etapa consiste em documentar e desenvolver uma *game engine*¹² básica como suporte para as tarefas que envolvem programação e desenvolvimento.

A quinta etapa visa o desenvolvimento iterativo da *game engine* a fim de prototipar o jogo, adicionando a possibilidade de simular a passagem de tempo no mundo virtual e as interações entre os agentes de acordo com as regras e comportamentos previamente estabelecidos. Nesta etapa também inclui-se testes unitários e correção de *bugs* [20].

A sexta etapa dá continuidade no desenvolvimento iterativo, adicionando a possibilidade de viagem no tempo e redefinição de comportamento de um ou mais agentes, enquanto a sétima etapa visa o balanceamento do jogo.

A oitava e última etapa avalia o funcionamento final do jogo e a partir dessa avaliação gera-se conclusões e faz-se o mapeamento de possíveis trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- [1] J. Huizinga, *Homo Ludens - O Jogo Como Elemento da Cultura*, 5th ed. São Paulo: Perspectiva, 2008.
- [2] J. Juul, *Half-Real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds*, 1st ed. Cambridge: The MIT Press, 2005.
- [3] S. L. Kent, *The Ultimate History of Video Games: From Pong to Pokemon - The Story Behind the Craze That Touched Our Lives and Changed the World*, 1st ed. New York: Three Rivers Press, 2001.
- [4] J. Gregory, *Game Engine Architecture*, 1st ed. Boca Raton: AK Peters, 2009.
- [5] J. Schell, *A Arte de Game Design: o livro original*, 1st ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- [6] C. Crawford, *The Art of Computer Game Design: Reflections of a Master Game Designer*, 1st ed. Indianapolis: Osborne/McGraw-Hill, 1984.
- [7] L. H. A. Monteiro, *Sistemas Dinâmicos Complexos*, 1st ed. São Paulo: Livraria da Física, 2010.
- [8] G. W. Flake, *The Computational Beauty of Nature: Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems, and Adaptation*, 1st ed. Cambridge: The MIT Press, 2000.
- [9] S. F. Railsback and V. Grimm, *Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction*, 1st ed. Princeton: Princeton University Press, 2011.
- [10] A. Rollings and E. Adams, *Andrew Rollings and Ernest Adams on Game Design*, 1st ed. Indianapolis: New Riders, 2003.
- [11] K. Salen and E. Zimmerman, *Rules of Play - Game Design Fundamentals*, 1st ed. Cambridge: The MIT Press, 2004.
- [12] S. Rogers, *Level Up!: The Guide to Great Video Game Design*, 1st ed. Hoboken: Wiley, 2010.
- [13] M. Roman, I. Sandu, and S. C. Buraga, “Owl-based modeling of rpg games,” *Studia Universitatis Babeş-Bolyai*, vol. LVI, no. 3, 2011.
- [14] A. F. Machado, F. N. do Amaral, and E. W. Clua, “A trivial study case of the application of ontologies in electronic games,” *Actas Videojogos 2009: Conferência de Ciências e Artes dos Videojogos*, 2009.
- [15] L. H. A. Monteiro, *Sistemas Dinâmicos*, 3rd ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.
- [16] P. J. Nahin, *Time Travel: A Writer's Guide to the Real Science of Plausible Time Travel*, 1st ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2011.
- [17] B. Clegg, *How to Build a Time Machine: The Real Science of Time Travel*, 1st ed. New York: St Martin's Press, 2011.
- [18] M. Kaku, *Physics of the Impossible: A Scientific Exploration Into the World of Phasers, Force Fields, Teleportation, and Time Travel*, 1st ed. New York: Anchor Books, 2009.
- [19] E. Wrenn, “The party that didn't go off with a big bang: Stephen hawking held a party for time-travellers - but no-one turned up...” 2013, acessado em: 25/04/2013. [Online]. Available: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2168178/Stephen-Hawking-held-party-time-travellers-turned.html>
- [20] C. P. Schultz, R. Bryant, and T. Langdell, *Game Testing All in One*, 1st ed. Boston: Course Technology PTR, 2005.

¹⁰Chronology-protection conjecture

¹¹Segundo [19], Hawking realizou um experimento em 28/06/2009, obtendo uma evidência que a viagem no tempo não é possível: organizou uma festa para viajantes no tempo, enviando os convites somente após o final da festa; ninguém apareceu na festa.

¹² [4] define *game engine* como uma arquitetura orientada a dados, um software que é extensível e pode ser usado como base para diferentes jogos sem a necessidade de implementação de modificações estruturais.

Dados

Nome Completo do Pesquisador (M):
André Kishimoto

E-mail:
andrekishimoto@gmail.com

Link do CV Lattes:
<http://lattes.cnpq.br/7395582872076146>

Título da Pesquisa em Andamento:
Uso de Sistemas Dinâmicos como mecânica em Jogos Digitais que possuem viagem no tempo

Orientador:
Pollyana Notargiacomo Mustaro

E-mail:
pollyana.mustaro@mackenzie.br

Link do CV Lattes:
<http://lattes.cnpq.br/5131975026612008>

Universidade:
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Programa de Pós-graduação:
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Link Web do PPG:
http://www.mackenzie.br/engenharia_eletrica0.html