

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia - FCTE
Curso de Engenharia de Software

Sistemas Multiagentes:
***planning* para resolução de um jogo de damas**

Autores:

Ciro Costa de Araújo
Lucas Braun Vieira Xavier
Lucas Gabriel Sousa Camargo Paiva
Raquel Ferreira Andrade

Brasília, DF

2025



RESUMO

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um modelo de Sistemas Multiagentes com foco em planejamento, capaz de resolver um jogo de Damas utilizando o *framework* Jadex. A implementação baseia-se no modelo BDI (*Belief-Desire-Intention*), no qual cada jogador do jogo será representado como um agente autônomo, permitindo que esses agentes joguem entre si de forma estratégica e competitiva. Espera-se obter um modelo capaz de predizer a melhor decisão de jogada a ser tomada a partir de uma posição do tabuleiro com base em uma estratégia especificada anteriormente.

Palavras-chave: Damas. Agentes de Software. Sistemas Multiagentes. Sistema Multiagentes de Planejamento. Planejamento.

ABSTRACT

This work aims to develop a Multi-Agent System model focused on planning, capable of solving a Checkers game using the Jadex framework. The implementation is based on the BDI (Belief-Desire-Intention) model, in which each player in the game is represented as an autonomous agent, allowing these agents to play against each other strategically and competitively. The goal is to create a model capable of predicting the best move to make from a given board position based on a previously specified strategy.

Keywords: Checkers. Software Agents. Multi-Agent Systems. Multi-Agent Planning System. Planning.

SUMÁRIO

RESUMO	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO	4
1.1 Jadex	6
2. METODOLOGIA	6
3. RESULTADOS OBTIDOS	7
3.1. Pesquisa bibliográfica	7
3.2. Estruturas de base para o desenvolvimento	7
3.3. Implementação	8
4. TRABALHOS RELACIONADOS	9
6. AGRADECIMENTOS	10
7. REFERÊNCIAS	11

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas multiagentes (SMA) têm sido amplamente utilizados para modelar e resolver problemas complexos que envolvem interações dinâmicas, como planejamento, negociação e tomada de decisão estratégica. No contexto dos jogos de tabuleiro, como o jogo de damas, a aplicação de SMA permite explorar dinâmicas competitivas por meio da interação entre agentes que simulam jogadores adversários.

No caso específico deste trabalho, cada jogador do jogo de damas é modelado como um agente autônomo que utiliza o paradigma BDI (*Belief-Desire-Intention*), um dos modelos mais difundidos no desenvolvimento de agentes inteligentes. O modelo BDI define o comportamento dos agentes com base em três componentes fundamentais (De Weerd e Clement, 2009):

- *Beliefs* (Crenças): Representam a percepção do agente sobre o estado do ambiente, como a posição das peças, por exemplo.
- *Desires* (Desejos): São os objetivos ou estados desejados que o agente quer alcançar, como capturar peças adversárias, alcançar posições vantajosas ou evitar situações de risco.
- *Intentions* (Intenções): São os planos de ação que o agente decide executar com base em suas crenças e desejos, buscando maximizar seu desempenho.

Além disso, a implementação tem como guia aplicações bem-sucedidas de SMA em jogos, como o trabalho de Fransson (2003) em *AgentChess*, que utiliza agentes para modelar jogadores em cenários estratégicos do jogo Xadrez. O uso do modelo BDI, nesse contexto, permite aos agentes adaptar-se dinamicamente a diferentes configurações do tabuleiro e responder às ações do oponente.

Neste artigo, exploramos os detalhes da implementação do jogo de damas com dois agentes autônomos baseados no modelo BDI, buscando verificar a viabilidade de utilizar SMA para jogar damas. Discutiremos a arquitetura do sistema, os algoritmos utilizados para tomada de decisão, e os desafios relacionados à modelagem estratégica. Por fim, apresentamos uma análise de desempenho dos agentes em diferentes cenários, avaliando sua capacidade de planejar e executar estratégias no jogo de damas.

1.1 Jadex

O Jadex é uma plataforma para o desenvolvimento de aplicações distribuídas que adota a abordagem de Componentes Ativos (*Active Components*). Essa abordagem combina uma arquitetura hierárquica de componentes de serviço (Service Component Architecture - SCA) com a possibilidade de implementar lógica de negócios abstrata baseada em agentes BDI (Belief-Desire-Intention). No modelo do Jadex, a comunicação entre componentes é orientada a serviços, onde cada componente define as dependências com seu ambiente por meio de serviços requeridos e fornecidos. A interação entre componentes é totalmente transparente em relação à rede, permitindo que eles sejam executados em uma ou várias máquinas sem a necessidade de alterar o código (ACTORON, 2018).

2. METODOLOGIA

A abordagem metodológica deste trabalho foi orientada pelas etapas de Investigação, Aplicação e Publicação, inspirando-se em práticas ágeis e fundamentando-se na modalidade de pesquisa científica Pesquisa-Ação. Essa metodologia é caracterizada por seu ciclo iterativo e participativo, envolvendo uma interação constante entre teoria e prática para solucionar problemas reais enquanto gera conhecimento científico.

Na etapa de Investigação, realizamos uma busca sistemática por artigos científicos e materiais de referência relevantes. O objetivo foi identificar estudos relevantes na área e metodologias que pudessem subsidiar a implementação de um sistema multiagente para o jogo de damas, com ênfase no uso do modelo BDI. Essa fase foi essencial para alinhar nosso trabalho às boas práticas e ao estado da arte em sistemas multiagentes e jogos de tabuleiro.

A etapa de Aplicação correspondeu à implementação prática do sistema. Utilizando os conceitos e referências adquiridos na investigação, desenvolvemos o jogo de damas com dois agentes autônomos baseados no modelo BDI, empregando o framework Jadex. A aplicação foi desenvolvida a partir da adaptação de um exemplo de puzzle, disponibilizado na documentação do Jadex Active Components como exemplo de uso da ferramenta (ACTORON, 2018).

Essa etapa seguiu princípios de práticas ágeis, com ciclos de desenvolvimento e validação frequentes para iterar rapidamente e corrigir possíveis falhas. Nos quais, os professores supervisores auxiliaram validando a solução desenvolvida ao longo do processo e os estudantes puderam aplicar práticas ágeis de desenvolvimento como o *Extreme*

Programming (XP), no qual foi possível aproveitar da técnica de *Pair Programming*, para garantir a qualidade do código implementado (WELLS, s.d).

Por fim, a etapa de Publicação consistiu na redação e preparação deste artigo, no qual documentamos os resultados obtidos, os desafios enfrentados e as contribuições do nosso trabalho. Essa etapa não apenas sistematizou os dados coletados durante a aplicação, mas também conectou nossa pesquisa ao contexto científico mais amplo, contribuindo para o avanço do conhecimento na área de sistemas multiagentes e sua aplicação em jogos estratégicos.

3. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do trabalho demonstram a viabilidade de aplicar o modelo BDI no desenvolvimento de um sistema multiagentes para um jogo de damas. Com isso, foram implementados dois agentes autônomos, representando os jogadores, utilizando o framework Jadex como base para a implementação.

3.1. Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica realizada no início do trabalho nos proporcionou acesso a 11 artigos relevantes, com ênfase em planejamento em sistemas multiagentes. A partir dessa revisão, encontramos fontes de grande importância, que trouxeram *insights* cruciais sobre como integrar estratégias de planejamento e o modelo BDI em cenários de jogos.

Os artigos encontrados durante a pesquisa bibliográfica foram fundamentais para refinar o foco do nosso trabalho e aprimorar a compreensão das abordagens de planejamento em sistemas multiagentes. Eles forneceram uma base teórica robusta sobre as diferentes estratégias de tomada de decisão, além de destacar a aplicabilidade do modelo BDI em contextos dinâmicos, como o de jogos.

3.2. Estruturas de base para o desenvolvimento

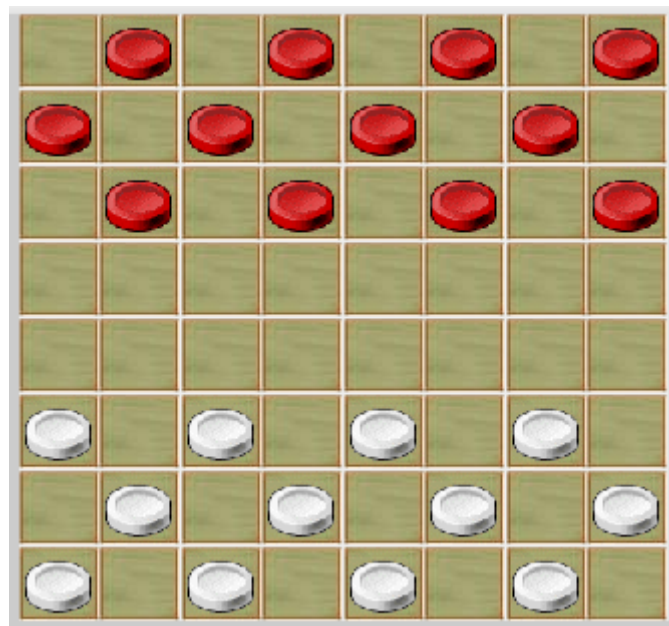
Inicialmente, foram analisadas múltiplas ferramentas que dão suporte ao desenvolvimento de sistemas multi agentes, como o Mesa, JADE e o Jadex. Após tal etapa, o *framework* Jadex foi o escolhido, pois esse permite aos usuários realizar implementações de *Planning* usando o BDI.

Além disso, tal ferramenta possui exemplos prontos de aplicação práticas de sua utilização, um desses, mais especificamente o exemplo de *Puzzle*, foi utilizado como ponto de

partida para a implementação do jogo de damas, visto que o mesmo já possui interface gráfica compatível às necessidades do trabalho propósito, contribuindo assim, para o desenvolvimento do *front-end* da aplicação e servindo como fonte de conhecimento sobre multiagentes de planning em resolução de jogos usando o BDI no Jadex.

3.3. Implementação

Figura 1 - Tabuleiro do jogo



Fonte: Elaboração própria, 2025

A etapa inicial da implementação consistiu em adaptar o exemplo “Puzzle” do Jadex para o contexto do jogo de damas. Essa adaptação permitiu a criação do tabuleiro e a definição da posição inicial das peças, como mostra a Figura 1. Além disso, foi necessário desenvolver a lógica para identificar as jogadas possíveis, garantindo que seguissem as regras do jogo, e implementar a condição que determina o fim da partida.

Em relação ao modelo BDI, as crenças dos agentes representam o estado do tabuleiro, incluindo a posição das peças, a cor de cada uma e os movimentos possíveis. O desejo é a condição de vitória, definida como alcançar um estado em que apenas peças de uma única cor permaneçam no tabuleiro. As intenções, por sua vez, correspondem aos planos para atingir esse objetivo, consistindo na captura das peças da cor adversária.

Implementamos diferentes estratégias para guiar a tomada de decisão dos agentes. Cada estratégia define um critério específico para a escolha das jogadas, influenciando o

comportamento dos agentes durante a partida. A seguir, detalhamos as estratégias implementadas:

- STRATEGY_NONE: Os movimentos são escolhidos na ordem em que aparecem, sem qualquer preferência.
- STRATEGY_PREFER_CAPTURES: Prioriza capturas de peças adversárias.
- STRATEGY_PREFER_QUEENS: Dá preferência a jogadas que envolvem damas em vez de peças normais.
- STRATEGY_PREFER_NO_QUEENS: Favorece movimentos que não envolvem damas, utilizando peças normais sempre que possível.
- STRATEGY_PREFER_QUEENS_THAN_PREFER_CAPTURES: Prioriza jogadas com damas e, caso não haja opções, busca capturar peças adversárias.
- STRATEGY_PREFER_NO_QUEENS_THAN_PREFER_CAPTURES: Prefere movimentos sem damas e, na ausência de opções, foca em capturas.

Com a implementação completa da lógica de jogadas e a integração do modelo BDI, foi possível estabelecer a dinâmica de jogo entre os dois agentes. Dessa forma, conseguimos realizar partidas de damas entre os dois agentes, onde cada um competia de acordo com suas intenções estratégicas, demonstrando a viabilidade de utilizar sistemas multiagentes no contexto de jogos de tabuleiro.

4. TRABALHOS RELACIONADOS

A aplicação de sistemas multiagentes para resolver problemas complexos e criar interações dinâmicas em jogos tem sido bastante utilizada, devido à sua capacidade de modelar cenários dinâmicos e interativos. O trabalho em questão é fundamentado em pesquisas e exemplos práticos, para o desenvolvimento de agentes autônomos em um jogo de damas, com a utilização do modelo BDI.

O estudo de Fransson (2003), apresentado no artigo *AgentChess: Multiagent Systems for Chess Games*, trata da aplicação de sistemas multiagentes em jogos de estratégia, com foco no xadrez, em que os agentes foram programados para interagirem e tomarem decisões com base em algoritmos de planejamento estratégico. Apesar do xadrez ser mais complexo em razão da quantidade de movimentos possíveis, o jogo de damas também possui desafios, como a necessidade de pensar estrategicamente em um espaço de ações mais limitado. O que

diferencia este trabalho é a utilização do modelo BDI, que representa as crenças, desejos e intenções, auxiliando na tomada de decisões de maneira modular e fácil de adaptar.

Outro artigo relevante para nossa pesquisa é o *SCORE: designing and implementing BDI Agents with the use of interactive computer games as simulation environments*, que mostra como agentes BDI podem ser aplicados em jogos interativos para simular comportamentos adaptativos. O estudo usa jogos iterativos como ferramentas de simulação para explorar a interação de agentes com o ambiente. Já o nosso trabalho está voltado para o cenário estratégico e competitivo, destacando o planejamento estratégico e a tomada de decisão em tempo real.

Ademais, utilizamos como referência o exemplo do puzzle disponibilizado pela documentação do Jadex Active Components (Actoron, 2018). O exemplo demonstra como os agentes podem ser organizados e estruturados, e como o modelo BDI pode ser aplicado para criar comportamentos lógicos. Enquanto o exemplo do puzzle se concentra em resolver problemas estáticos, este projeto explora um ambiente mais dinâmico, no qual dois agentes adversários interagem e competem constantemente em um jogo de damas. Os agentes além de planejarem suas ações, precisam ajustar suas estratégias conforme o jogo avança e o comportamento do oponente muda, o que exige uma abordagem mais específica para modelar estratégias.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, buscamos investigar a viabilidade da aplicação de sistemas multiagentes para o desenvolvimento de um jogo de damas, utilizando o modelo BDI para orientar as decisões dos agentes. Para responder a essa questão, nosso objetivo foi implementar dois agentes que jogassem damas, respeitando as regras do jogo e tomando decisões estratégicas baseadas nas suas crenças, desejos e intenções. Com relação a esse objetivo, conseguimos implementar o sistema e realizar partidas entre dois agentes que demonstraram capacidade de tomar decisões estratégicas, seguindo as regras do jogo.

As principais lições aprendidas durante o processo incluem a importância de uma boa estruturação das crenças e intenções dos agentes para garantir a eficácia da tomada de decisão. A implementação também ressaltou como o planejamento em sistemas multiagentes, com foco em objetivos específicos, pode gerar comportamentos interessantes e dinâmicos, mesmo em um ambiente simples como o jogo de damas.

Entretanto, o projeto possui algumas limitações, como a complexidade das estratégias utilizadas pelos agentes. As estratégias implementadas nessa pesquisa inicial são simples, baseando-se principalmente na captura das peças adversárias. Seria interessante explorar como os agentes se comportariam com estratégias mais complexas, como táticas de longo prazo ou defesa avançada. Isso poderia proporcionar uma dinâmica mais rica, permitindo uma análise mais aprofundada.

6. AGRADECIMENTOS

Ante o exposto, gostaríamos de deixar um agradecimento especial aos docentes da Universidade de Brasília, Professora Doutora Milene Serrano e Professor Doutor Maurício Serrano, os quais ministram a disciplina de Tópicos Especiais em Engenharia de Software com foco no paradigma de programação multiagentes, e nos orientaram durante a elaboração desse trabalho.

7. REFERÊNCIAS

DE WEERDT, Mathijs ; CLEMENT, Brad. **Introduction to planning in multiagent systems**. Multiagent and Grid Systems, v. 5, n. 4, p. 345–355, 2009.

FRANSSON, Henric. **AgentChess : An Agent Chess Approach**. DIVA. Disponível em: <<https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A832891&dswid=21>>. Acesso em: 25 nov. 2024.

ACTORON. **GitHub - actoron/jadex: Jadex Active Components**. Disponível em: <<https://github.com/actoron/jadex>>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SEWALD CUNHA, Leonardo ; MARTINS GIRAFFA, Lucia Maria. **SCORE: designing and implementing BDI Agents with the use of interactive computer games as simulation environments**. CASYS. International Journal of Computing Anticipatory Systems, n. 14, p. 243–258, 2024. Disponível em: <<https://popups.uliege.be/3041-539x/index.php?id=2669>>. Acesso em: 25 jan. 2025.

WELLS, Don. **Pair Programming**. Extremeprogramming.org. Disponível em: <<http://www.extremeprogramming.org/rules/pair.html>>. Acesso em: 27 jan. 2025.