

Building Blocks’ Architecture for Social Decisions based in Multi Agent Systems

André Corrêa¹, Gabriel Mariano¹, Mariana Rio¹, Maurício Serrano¹, Milene Serrano¹

¹Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia - FCTE - Universidade de Brasília
- 72.444-240 Brasília, DF - Brazil

andre.correa.silva203@gmail.com, mariano.gabriel.work@gmail.com,
marianapires00@gmail.com, serrano@unb.br, mileneserrano@unb.br

Abstract. *This paper proposes the development of building blocks under the perspective of the Multi Agent Systems paradigm in the domain of Social Decisions. These blocks consist in applications of defined and contained scope that enable the reuse of those structures in order to supply bases for the development of more complex systems with less necessary effort by the developers. In addition to showing each building block, it is explained the current development stage of it and how it is being carried out the results analysis stage, to guarantee that the effort in this work is valid.*

Resumo. *Este artigo propõe o desenvolvimento de building blocks sob a perspectiva do paradigma de sistemas multiagentes no domínio de sistemas de tomada de decisão sociais. Esses blocos consistem em aplicações de escopo definido e contido que possibilitem a reutilização dessas estruturas em prol do fornecimento de uma base para o desenvolvimento de sistemas mais complexos com menor esforço dos desenvolvedores. Além de exibir cada building block, é explicitado o andamento do desenvolvimento deles e como está sendo realizada a etapa de análise de resultados, visando garantir a validade dos trabalhos realizados.*

1. Introdução

A palavra decisão vem do latim “decido”, que significa “destacar, recortar, apartar”. Segundo Fischmann e Zilber (2000), em um sistema de tomada de decisão, o objetivo é chegar a uma conclusão, seja um julgamento, uma ideia ou uma solução.

A tomada de decisão em grupo é uma forma de empoderar as pessoas, conforme apontado por Tavares (2019). Lee e Seo (2016) ressaltam que essa prática está profundamente ligada à nossa natureza humana, mudando e se adaptando com a evolução das nossas capacidades, interesses e necessidades ao longo do tempo.

Contudo, a complexidade intrínseca aos sistemas sociais apresenta desafios consideráveis para a tomada de decisão. Fenômenos complexos, como o processo de escolha em uma votação dentro de uma sociedade, tornam-se difíceis de se compreender exclusivamente pelo raciocínio verbal ou métodos analíticos tradicionais [Tavares 2019].

Para lidar com essa complexidade, uma estratégia eficaz é decompor os sistemas em unidades gerenciáveis e reutilizáveis chamados *building blocks* (ou blocos de construção). Esses elementos modulares facilitam o design, a análise e a modificação de sistemas complexos, permitindo a reutilização de software e o desenvolvimento de soluções complexas com menor esforço. Assim como atividades de maior grau de

complexidade podem ser divididas em atividades mais elementares, representando os componentes fundamentais que são criados e recombinaados para atingir resultados de maior nível [Berger 2024].

Com base na abordagem modular, os Sistemas Multiagentes (SMA) destacam-se como uma solução poderosa para projetar e compreender sistemas complexos. Os SMA são caracterizados por múltiplos agentes autônomos e interativos [Dorri, Kanhere, Jurdak 2018], cada um atuando como um *building block* com funções especializadas, contribuindo para um objetivo compartilhado ou um comportamento coletivo.

Diante da aplicação de princípios provenientes das bases teóricas de Sistemas Multiagentes e *building blocks*, pode-se propor o desenvolvimento de blocos de escopo e objetivos pré-definidos que possam ser adaptados e incorporados a futuras soluções com potencial maior complexidade, favorecendo assim o desenvolvimento contínuo e cooperativo de soluções orientadas ao paradigma de multiagentes.

Esse artigo explora como a integração entre os conceitos de Sistemas Multiagentes (SMA) e *building blocks* oferece uma abordagem inovadora para modelar e solucionar problemas complexos, com foco em simular a tomada de decisão dentro de uma sociedade e contexto específicos como votação e delegação de atividades.

Dado o exposto, este artigo tem como objetivo apresentar o Paradigma de Sistemas Multiagentes e demonstrar como o conceito de *building blocks* sustenta as estruturas propostas, organizando-se da seguinte forma: na Seção 2, exploramos o Paradigma de Sistemas Multiagentes; em seguida, na Seção 3, abordamos o conceito de *building blocks* e mostramos aqueles que estão em desenvolvimento; logo depois, na Seção 4, descrevemos os métodos de avaliação de resultados, que são fundamentais para o entendimento da relevância, corretude e validade das propostas implementadas; e, por último, na Seção 5, concluímos com um breve resumo dos principais pontos tratados e apontamos caminhos para trabalhos futuros.

2. Paradigma de Sistemas Multiagentes

O Paradigma de Sistemas Multiagentes baseia-se na abstração de diferentes domínios e problemas sob a perspectiva da atuação de agentes de software. Segundo Dorri, Kanhere e Jurdak (2018), um agente pode ser entendido enquanto uma entidade que, ao ser inserida em um ambiente, é capaz de tomar decisões de acordo com os estímulos externos que recebe, de modo a executar ações e buscar atingir seus objetivos.

O paradigma de SMA propicia o desenvolvimento de soluções flexíveis, escaláveis e de natureza distribuível, de modo a alocar os agentes que as compõem em uma estrutura de atuação paralelizada e com escopo definido [Dorri, Kanhere e Jurdak 2018]. Estas características se adequam ao domínio dos sistemas propostos neste artigo, favorecendo a implementação de sistemas adaptáveis e reutilizáveis.

Um dos fatores essenciais ao paradigma é a comunicação entre os agentes, visando realizar uma troca de informações, conhecimentos e ordens pertinentes ao contexto de atuação dos mesmos [Dorri, Kanhere e Jurdak 2018]. Todavia, há uma série de diferenciações entre a construção dos agentes que podem tornar a comunicação errônea ou até mesmo inviável.

Diante de tal, visando evitar inconsistências no processo de troca de informações entre os agentes, há a proposição de protocolos de comunicação entre os agentes. Dentre estes, se destaca o Protocolo *FIPA* (do inglês, *Foundation of Intelligent Physical Agents*) [FIPA 2002], o qual propõe uma série de especificações para a comunicação entre agentes, visando evitar quaisquer inconsistências que possam existir ao longo desta.

No contexto deste artigo, propõe-se a aplicação do paradigma de Sistemas Multiagentes na abstração de Sistemas de Tomada de Decisão em um âmbito social, de tal modo que há um trabalho em direção à representação de diferentes atores e processos pertencentes ao mesmo enquanto agentes de software que interagem entre si.

No que concerne à comunicação entre os agentes nos artefatos de software a serem desenvolvidos, é proposto o uso do Protocolo FIPA com uma série de adaptações que o adequam ao contexto de aplicação.

3. Conceito de Building Blocks

Os *building blocks*, ou blocos de construção, são definidos como componentes modulares, autocontidos e reutilizáveis, cujo principal objetivo é servir como uma unidade fundamental para a construção de sistemas mais amplos e complexos [Berger 2024]. Cada bloco representa uma estrutura de escopo delimitado que pode fazer parte de uma arquitetura maior, funcionando de maneira independente, mas podendo ser facilmente integrado a outros módulos. Essa característica modular permite que os *building blocks* sejam utilizados em diferentes contextos, possibilitando a reutilização de software e o desenvolvimento de uma solução complexa com menor esforço.

No contexto dos Sistemas Multiagentes (SMA), os *building blocks* desempenham um papel fundamental ao prover blocos que auxiliam no desenvolvimento de soluções mais complexas. Os *building blocks* diminuem o esforço necessário por parte dos desenvolvedores, uma vez que as soluções de software podem ser obtidas via *building blocks* prontos ou bem adiantados [Berger 2024].

O Desenvolvimento Baseado em Componentes pode ser entendido como o uso de unidades granulares individualizadas que compõem um sistema [Martin 2017]. Segundo Kaur e Mann (2010), esses componentes normalmente são integrados a arquiteturas definidas ao longo do processo de desenvolvimento de software. Neste contexto, os *building blocks* são ideais para facilitar a criação e a evolução de Sistemas Multiagentes complexos.

Esses *building blocks* desenvolvidos sob a ótica do Paradigma de Sistemas Multiagentes podem ser de grande relevância para a representação de domínios com diversos atores que interajam entre si. Dessa forma, estes são utilizados no desenho estratégico da solução, bem como na implementação dessa solução que se orienta por cenários de decisão social. Nesses cenários, os *building blocks* podem ser projetados para representar especialidades, papéis sociais ou mesmo grupos de pessoas com comportamentos similares e decisões presentes em sociedades reais, contribuindo assim para a fidelidade e a flexibilidade da solução baseada em agentes.

Ao desenvolver *building blocks* voltados a cenários de decisão social, o objetivo é permitir que tais blocos sirvam de base para a construção de sistemas simulados mais realistas e adaptáveis, favorecendo a replicação ou especialização.

4. Building Blocks Selecionados

Conforme explicado, foram elencados uma série de *building blocks* considerando os critérios de capacidade de abstração, entrega de valor e relevância social. Esses, com a intenção de possibilitar melhor entendimento e avaliação de resultados obtidos, foram agrupados em dois grupos, sendo eles:

- **Estruturas de decisão hierárquicas:** Sistemas que visam uma decisão por meio de uma hierarquia como a distribuição de atividades para subordinados e a requisição de análises de especialistas;
- **Estruturas de votação:** Sistemas que visam a definição de uma escolha baseada no interesse dos participantes como a eleição de um representante, uma licitação pública e até mesmo uma simples decisão de par ou ímpar.

Após a elicitação, houve a priorização de dois *building blocks* em cada grupo supracitado. Abaixo, são descritas e apresentadas (Figura 1) as relações entre tais estruturas:

- **Bloco de Delegação:** Um agente delega tarefas a subordinados e coleta os resultados;
- **Bloco de Delegação com Especialistas:** Decisões hierárquicas com base nas habilidades dos agentes e proficiência mínima necessária para resolução das tarefas;
- **Bloco de Estrutura de Votação Simples:** Descreve uma forma elementar de escolha de um representante, se baseando na interação entre agentes votantes e um mediador;
- **Bloco de Eleição:** Descreve um processo da democracia, esse que visa a escolha de um representante dentre os candidatos possíveis, sendo escolhido aquele que receber a maior quantidade de votos.

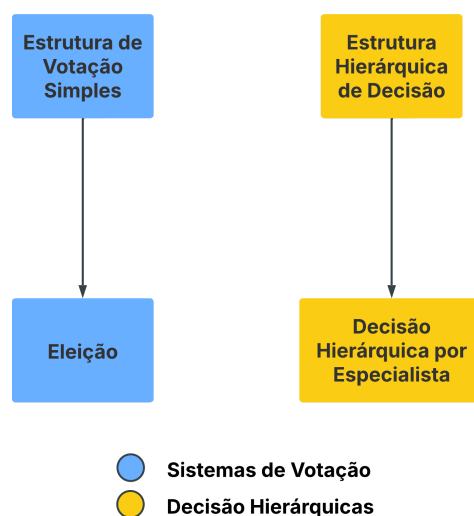


Figura 1. Estrutura dos *Building Blocks* selecionados

Para possibilitar o desenvolvimento desses blocos, foram realizadas provas de conceito (PoCs) que possibilitam o desenvolvimento e avaliação de cada estrutura de forma isolada, ou seja, o desenvolvimento de novos blocos não depende da conclusão de todos os anteriores.

O atual estado do trabalho contém as três primeiras PoCs já desenvolvidas e adicionadas em organização específica do GitHub¹, faltando apenas a etapa de coleta e análise de resultados delas. Para além dessas, o desenvolvimento da última já está em andamento e com sua finalização haverá a etapa de análise de resultados conforme descrito nas seções seguintes.

5. Avaliação e Métricas

A avaliação da eficácia dos *building blocks* em um contexto de uma simulação social baseada em Sistema Multiagentes pode ser feita a partir da aplicação de métricas que combinem análises quantitativas e qualitativas. Dessa forma, a avaliação busca medir tanto aspectos técnicos da implementação quanto o comportamento dos agentes e a utilidade prática dos blocos em diferentes contextos.

5.1. Quantitativas

A avaliação quantitativa contínua de métricas obtidas a partir das soluções implementadas permite a obtenção de uma visão do produto nos aspectos da qualidade de software. Para tal, usa-se o *SonarQube* na coleta de métricas de código fonte estático, as quais envolvem a duplicação de código, complexidade ciclomática, manutenibilidade, confiabilidade e a existência de hotspots de segurança. A coleta de tais métricas é aliada a um desenvolvimento orientado às mesmas, propiciando a realização de um processo contínuo de melhoria do software produzido.

De acordo com o supracitado, o desenvolvimento integral de três das provas de conceito apresentadas anteriormente seguiu uma lógica de acompanhamento contínuo das métricas coletadas a cada modificação incluída no repositório de código. Como resultado, foram obtidos *building blocks* com poucas issues de manutenibilidade e hotspots de segurança restantes, baixa duplicação de código e nenhuma issue de segurança e confiabilidade detectadas.

O bloco de delegação com especialização, por exemplo, apresenta no momento apenas dez *issues* de manutenibilidade e um percentual de apenas 2,7% de duplicação de código em cerca de 1.100 linhas avaliadas pela plataforma. Destaca-se a avaliação positiva obtida na mesma, onde as métricas de segurança, confiabilidade e manutenibilidade mensuradas pela plataforma receberam classificação nível “A”, indicando que não há uma quantidade (ou criticidade) significativa de *issues* nos blocos desenvolvidos.

5.2. Qualitativa

No contexto do presente trabalho, é proposta a realização de uma avaliação qualitativa dos blocos desenvolvidos. Deste modo, visa-se avaliar tópicos como a aderência do sistema à estrutura de decisão social proposta, a relevância da mesma, conceitos

¹ <<https://github.com/SMA-building-blocks>>. Acessado pela última vez em Agosto de 2025.

relacionados à adaptabilidade do bloco para diferentes contextos e até mesmo a abstração realizada para o domínio do bloco. Para tal, busca-se aplicar questionários para um público alvo com conhecimento prévio em quaisquer dos tópicos de interesse deste trabalho, como Sistemas Multiagentes, Sistemas de Tomada de Decisão ou Arquitetura de Software.

Busca-se, no contexto da aplicação dos questionários, que estes sejam aplicados de maneira presencial ou remota, através de formulários virtuais preenchidos pelo entrevistado. Como citado anteriormente, dá-se a preferência para entrevistados que possuam alguma experiência nos tópicos correlatos ao trabalho, seja por meio da participação em grupos de estudo ou trabalho, projetos ou disciplinas. Há também a pretensão para a coleta de perguntas que visem a obtenção de informações quanto às atuações prévias do entrevistado nas áreas de interesse em prol de uma eventual categorização dos resultados coletados.

Com base no proposto, será possível obter informações que inferem na adesão dos blocos desenvolvidos nos tópicos de interesse deste trabalho, como a adaptabilidade, reutilização dos mesmos, confiabilidade, relevância, adequação ao uso das mesmas em diferentes contextos, especialmente os relacionados com estruturas de decisão social.

6. Conclusão

Este artigo explorou a integração dos conceitos de Sistemas Multiagentes (SMA) e *building blocks* como uma abordagem inovadora para modelar e solucionar problemas complexos relacionados à tomada de decisão em contextos sociais, especificamente em cenários de votação e delegação de atividades. A complexidade inerente aos sistemas sociais, onde fenômenos como escolha em votação são difíceis de serem compreendidos por métodos tradicionais, foi o ponto de partida para a proposição dessa arquitetura modular baseada em agentes.

Demonstramos que os *building blocks* servem como unidades gerenciáveis e reutilizáveis, facilitando o design e a modificação de sistemas complexos, ao mesmo tempo em que promovem a reutilização de software e a redução do esforço de desenvolvimento. No contexto dos SMA, esses *building blocks* ganham vida como agentes autônomos e interativos, cada um com funções especializadas, que colaboram para atingir objetivos compartilhados ou comportamentos coletivos. A arquitetura de SMA, ao fornecer a estrutura para regras de interação, comunicação e coordenação, permite que esses blocos funcionem de forma coesa, representando instituições, comunidades ou grupos, e favorecendo a simulação de dinâmicas sociais complexas, como negociação e tomada de decisão individual ou coletiva.

A pesquisa apresentou o desenvolvimento de *building blocks* específicos para estruturas de decisão hierárquicas (Delegação e Delegação com Especialistas) e estruturas de votação, evidenciando sua relevância para a representação de domínios com múltiplos agentes sociais. As provas de conceito (PoCs) realizadas, disponíveis no repositório GitHub², validam a viabilidade e a modularidade dessas estruturas. A avaliação dos *building blocks* foi proposta através de métricas quantitativas, utilizando o *SonarQube* para garantir a qualidade do código em termos de manutenibilidade, confiabilidade e

² <<https://github.com/SMA-building-blocks>>. Acessado pela última vez em Agosto de 2025.

segurança, e métricas qualitativas, por meio de questionários, para aferir a aderência do sistema as estruturas de decisão social, sua adaptabilidade e relevância. Os resultados provisórios do *SonarQube* para os blocos desenvolvidos já indicam alta qualidade dentre os aspectos analisados, em especial a baixa duplicação de código e os níveis de complexidade nos códigos desenvolvidos.

Em suma, a abordagem proposta oferece um caminho promissor para a criação de simulações sociais realistas e adaptáveis, fidelidade a interação social é aprimorada pela natureza modular e autônoma dos agentes. O trabalho contribui para o campo dos Sistemas Multiagentes ao fornecer uma metodologia para a construção de componentes reutilizáveis que podem ser aplicados em diversos cenários de decisão social, abrindo portas para futuras pesquisas na modelagem, análise e criação de sistemas complexos.

Referências

- Fischmann, A. A.; Zilber, M. A. (2000) “Utilização de indicadores de desempenho para a tomada de decisões estratégicas: um sistema de controle”. RAM. Revista de Administração Mackenzie, Editora Mackenzie; Universidade Presbiteriana Mackenzie, v. 1, n. 1, p. 10–25. ISSN 1678-6971. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-69712000/administracao.v1n1p10-25>>.
- Tavares, F. V. (2019) “Tomada de decisão em grupo: Uma revisão sistemática”. Congresso Latino Americano de Varejo e Consumo (CLAV). Disponível em: <<https://conferencias.fgv.br/clav/article/view/835>>.
- Martin, R. C. (2017) “Clean Architecture: A Craftsman’s Guide to Software Structure and Design”. 1st. ed. USA: Prentice Hall Press. ISBN 0134494164.
- Kaur, A.; Mann, K. S. (2010) “Component based software engineering”. International Journal of Computer Applications, Foundation of Computer Science (FCS), NY, USA, New York, USA, v. 2, n. 1, p. 105–108. ISSN 0975-8887. Disponível em: <<https://ijcaonline.org/archives/volume2/number1/605-855/>>.
- Lee, D.; Seo, H. (2016) “Neural basis of strategic decision making. Trends in Neurosciences”, v. 39, n. 1, p. 40–48. ISSN 0166-2236.
- Dorri, A; Kanhere, S. S; Jurdak, R. (2018) “Multi-agent systems: A survey”, IEEE Access, v. 6, p. 28573–28593. ISSN 2169-3536.
- FIPA. (2002) “Welcome to the Foundation for Intelligent Physical Agents”. Disponível em: <<http://www.fipa.org/index.html>>.
- Berger, U., Bell, A., Barton, C. M., Chappin, E., Dreßler, G., Filatova, T., Fronville, T., Lee, A., van Loon, E., Lorscheid, I., Meyer, M., Müller, B., Piou, C., Radchuk, V., Roxburgh, N., Schüler, L., Troost, C., Wijermans, N., Williams, T. G., ... Grimm, V. (2024). Towards reusable building blocks for agent-based modelling and theory development. Environmental Modelling & Software, 175, 106003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106003>>.