

Consciência Coletiva Artificial: Análise das interações entre inteligências artificiais

Matheus Nobre Gomes ¹
João Carlos Lopes Fernandes ²

Resumo:

Os algoritmos e a inteligência artificial estão cada vez mais presentes nas soluções de problemas e evolução da sociedade. Frequentemente surgem novos conceitos, estudos e ferramentas que preveem tempos em que máquinas serão capazes de evoluir além de sua programação e auxiliar em tarefas que hoje apenas podem ser realizadas por humanos. Este é um estudo que se apropria de conceitos muito bem estabelecidos da área de inteligência artificial, os modelando sob a óptica dos fundamentos da teoria sociológica, para assim propor um sistema multiagente capaz de evoluir sem que para isso seja necessário definir um objetivo, ao ser inserido num sistema externo desconhecido.

Palavras-chave: Sistema multiagente. Consciência coletiva. Raciocínio Incerto. Inteligência Artificial. Agentes sociais.

Abstract:

Algorithms and artificial intelligence are increasingly present in the solution of problems and evolution of society. New concepts, studies and tools often emerge that predict times when machines will be able to evolve beyond their programming and auxiliary tasks that today can only be performed by humans. This is a study that appropriates very well-defined concepts in the field of artificial intelligence, modeling them from the perspective of the foundations of sociological theory, to propose a multi-agent system capable of evolving without the need to define a goal. inserted into an unknown external system.

Keywords: Multi-agent system. Collective conscience. Uncertain Reasoning. Artificial intelligence. Social agents.

Introdução

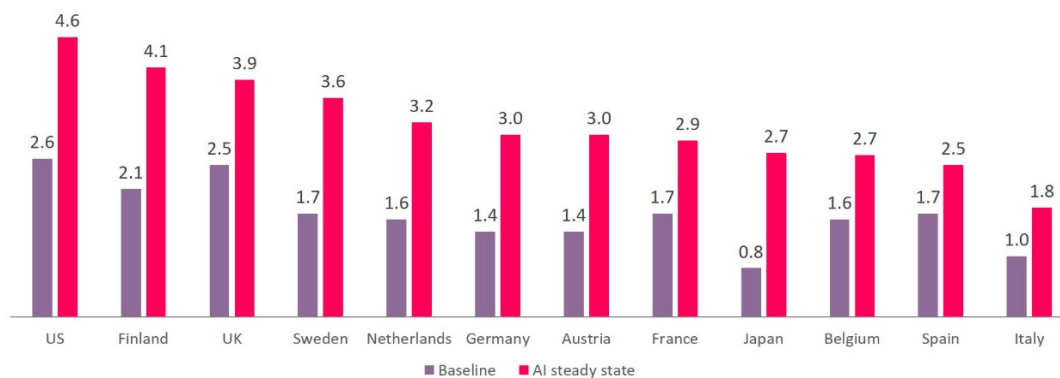
A inteligência artificial está cada vez mais presente no cotidiano das pessoas. Sua presença é tão imersa que muitas vezes não se percebe a interação com um algoritmo programado. A inteligência artificial pode ser definida como um sistema capaz de interpretar corretamente dados externos, aprender a partir deles e utilizar essa aprendizagem para atingir objetivos e tarefas específicas através de adaptação flexível (KAPLAN e HAENLEIN, 2018), e desde sua origem pós segunda grande guerra, acompanha a evolução da capacidade computacional e traz diversas melhorias na vida das pessoas. A inteligência artificial pode mudar toda a natureza e a relação homem x máquina, dobrando

¹ Acadêmico do curso de Engenharia da Computação, Centro Universitário ENIAC. E-mail: matt-gomes@live.com

² Professor Doutor dos cursos de Engenharia, Centro Universitário ENIAC, Fatec Antonio Russo, UNIP E-mail: joao.carlos@eniac.edu.br

a taxa de crescimento em 12 economias desenvolvidas até 2035 (ACCENTURE, 2016) como demonstrado na figura 1:

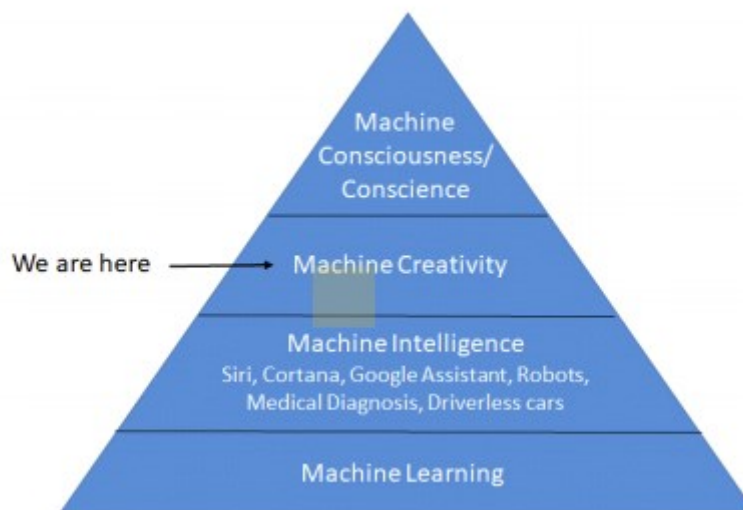
Figura 1 - taxas de crescimento anual até 2035 do valor agregado bruto (uma grande aproximação do PIB), comparando o crescimento da linha de base até 2035 com um cenário de inteligência artificial em que o IA foi absorvido pela economia



Fonte: ACCENTURE, 2016

Um agente artificial pode ser classificado em quatro níveis, onde atualmente nos encontramos no terceiro nível (MEISSNER, 2018) como mostra a figura 2:

Figura 2 - Estágio de evolução das máquinas.



Fonte: MEISSNER, 2018

Com o uso de algoritmos de classificação e regressão, o primeiro estágio foi alcançado, fornecendo ferramentas que são capazes de realizar previsões com base em experiências anteriores. Com o uso de ferramentas de *machine learning*, empresas de e-commerce e redes sociais, utilizam as próprias interações de seus clientes para definir quais serão os produtos ou as informações que serão mostradas. Devido ao avanço da capacidade computacional foi dominado o segundo nível, onde uma

máquina é capaz de trabalhar sobre grandes bases de dados e realizar análises multivariáveis em tempo real para tomar uma ou mais ações. Isso viabilizou o desenvolvimento e uso de assistentes virtuais, comercializadas por grandes empresas de tecnologia, e que são capazes de realizar os mais diversos tipos de buscas, além de controlar outros equipamentos a partir de um comando de voz. O terceiro estágio trata-se de construir um aprendizado profundo criativo de redes neurais para aplicá-las em outras ciências (MEISSNER, 2018).

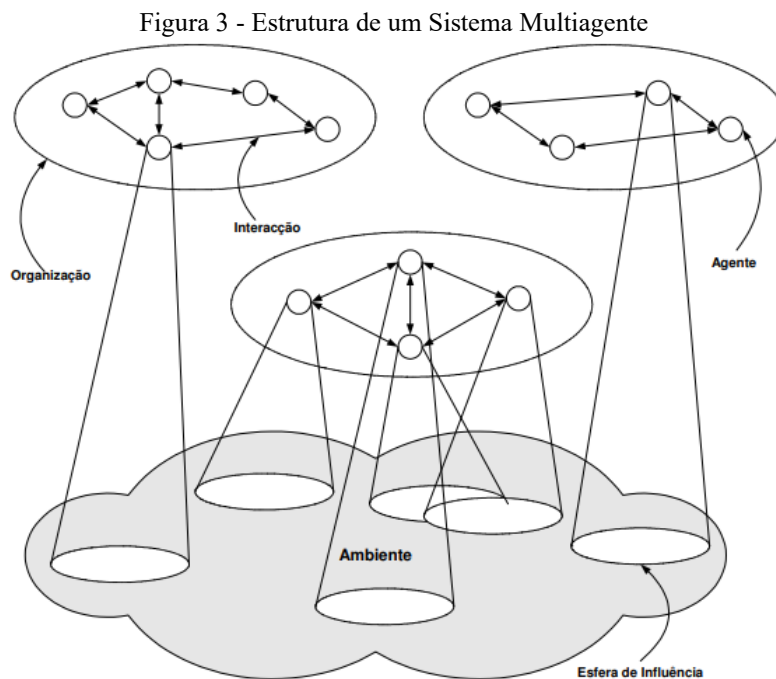
O ser humano tem se inspirado muitas vezes em nosso planeta, na natureza e nos próprios seres vivos para desenvolver e solucionar os mais diversos tipos de problemas enfrentados durante a evolução da sociedade. Um dos casos que pode ser citado sobre a biomimética foi a criação do trem bala, que em seus primeiros protótipos, ao alcançar altas velocidades, emitia muito ruído devido ao forte deslocamento do ar no espaço aberto para o comprimido, criando uma poluição sonora enorme nos lugares próximos que passava. Contudo, a solução veio observando uma simples ave. O martim-pescador, devido ao formato do seu bico, é capaz de passar entre dois fluidos diferentes (do ar para água) de maneira não-bruta, deslocando o mínimo de fluido e reduzindo os ruídos (MONGABAY, 2020). No caso da inteligência artificial, a inspiração veio especialmente do funcionamento e da evolução dos próprios seres vivos. Desde a criação do primeiro modelo matemático de um neurônio (MCCULLOCH e PITTS, 1943), passando por diversas pesquisas na área de biologia evolutiva e pelos estudos de agentes simples em interação com um ambiente baseando-se em suas regras (BREVE, 2020).

Atualmente existem os mais variados tipos de algoritmos com lógicas e aplicações diferentes, de aprendizagem supervisionada (classificação e regressão), não-supervisionada (*Clustering*) e por reforço. Entretanto, mesmo com todo o avanço computacional e dos algoritmos nos últimos anos, ainda está se iniciando na utilização de agentes inteligentes capazes de se desenvolver criativamente e criar alguma forma de planejamento e raciocínio sem treinamento ou objetivo.

Para exemplificar essa limitação pode ser utilizado um jogo da velha, cujo sua função é ser o ambiente onde algoritmos interagem direta ou indiretamente. Este ambiente possui dois agentes: um algoritmo estatístico (AE) e um sistema multiagente (SMA) e a interação com o ambiente se dá pela função em comum “jogar”.

O algoritmo estatístico decide em qual posição jogar através de cálculos de estatística e probabilidade com base nas regras e objetivos do ambiente, ou seja, ele é capaz de calcular qual é a posição onde ele tem mais chance de ganhar e de não perder, além de jogar para se proteger quando necessário.

Um SMA é um sistema computacional em que mais de um agente interage ou trabalha em equipe visando desempenhar determinadas tarefas ou atingir um conjunto de objetivos. A sua implementação está focalizada na construção de padrões, princípios e modelos que permitam a criação de sociedades de agentes semiautônomos, capazes de interagir convenientemente de forma a atingirem os seus objetivos (LESSER, 1999) (Figura 3).



Fonte: LESSER, 2019

Treinando os agentes do SMA utilizando algoritmos de *machine learning* de aprendizagem supervisionada, ele é capaz de aprender e antecipar as jogadas do AE, se tornando mais eficiente em relação ao mesmo. Entretanto, desta maneira os agentes não são capazes de planejar, desenvolver um novo padrão de comportamento ou buscar um outro resultado pois sua programação fornece apenas os meios para atingir os objetivos pré-estabelecidos. Portanto, nesta pesquisa foi desenvolvido um modelo de SMA sem estabelecer um padrão de comportamento ou objetivo, em vez disso, aplica biomimética para se desenvolver de forma reativa ao ambiente e se baseia nos conceitos sociológicos Fato Social e Consciência Coletiva para evoluir.

Segundo Durkheim, “Um Fato Social é toda maneira de agir fixa ou não, suscetível de exercer sobre o indivíduo uma coerção exterior; ou, ainda, que é geral na extensão de uma sociedade dada, apresentando uma existência própria, independente das manifestações individuais que possa ter” (DURKHEIM, 2002). Suas características são: (1) Cada Fato Social exerce e cumpre uma função na sociedade; (2) A sociedade é formada por instituições que exercem uma função em relação ao todo e

(3) Para se entender o Fato Social é preciso considerar a causa eficiente (as razões dele existir) (DURKHEIM, 2002).

Segundo Durkheim, “O conjunto das crenças e dos sentimentos comuns à média dos membros de uma mesma sociedade forma um sistema determinado que tem vida própria; podemos chamá-lo de consciência coletiva ou comum. Sem dúvida, ela não tem por substrato um órgão único; ela é, por definição, difusa em toda a extensão da sociedade, mas tem, ainda assim, características específicas que fazem dela uma realidade distinta. De fato, ela é independente das condições particulares em que os indivíduos se encontram: eles passam, ela permanece. (...) Ela é, pois, bem diferente das consciências particulares, enquanto só seja realizada nos indivíduos. Ela é o tipo psíquico da sociedade, tipo que tem suas propriedades, suas condições de existência, seu modo de desenvolvimento, do mesmo que os tipos individuais, muito embora de outra maneira” (DURKHEIM, 2010).

Entender a evolução e o comportamento de agentes artificiais nessas condições ajuda na análise e desenvolvimento de novos modelos de algoritmos capazes de atingir o último nível e se desenvolver apenas pela exposição a um sistema e que aprende a aprender; solucionando problemas e aprimorando processos que hoje precisam de intervenção humana.

Objetivos

Propor um sistema multiagente capaz de evoluir através de conceitos sociológicos e da exposição a um sistema externo, desconhecido e não-controlado sem a necessidade de um treinamento, padrão ou objetivo previamente estabelecido.

Metodologia

Esta pesquisa trata-se de um estudo experimental, fundamentado em artigos, livros e estudos nas áreas de ciência de dados, inteligência artificial e sociologia. A pesquisa utiliza as linguagens de programação multiparadigma Python e JavaScript para desenvolvimento pois possuem diversas bibliotecas e frameworks úteis. As tecnologias utilizadas são classificadas em três tipos:

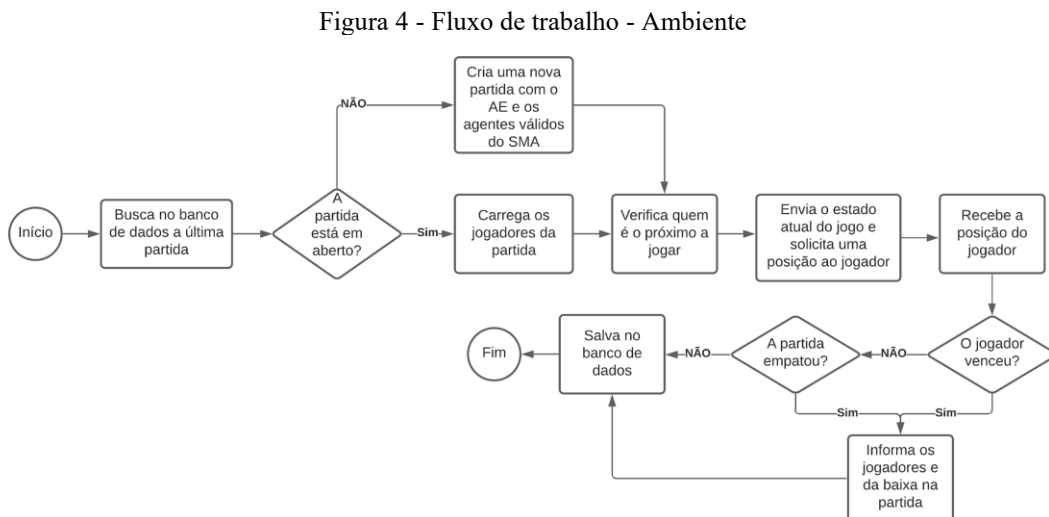
1. **Armazenamento:** Uso de banco de dados não-relacional MongoDB devido a sua facilidade e flexibilidade
2. **Análise de dados:** Uso da ferramenta de análise de dados Power BI devido sua facilidade na manipulação de dados, integração com outras fontes e suporte a scripts e componentes personalizados.

3. **Frameworks e outras ferramentas:** Uso do superset Javascript, TypeScript; NodeJS para uso de Javascript no lado servidor; Frameworks web ExpressJS e Mongoose para integração com o banco de dados e outras bibliotecas disponíveis para as linguagens de programação.

A pesquisa não utiliza nenhuma informação externa.

Desenvolvimento

Inicialmente, foi desenvolvido o ambiente no qual o modelo de SMA é exposto e interage com outros algoritmos. Trata-se de um jogo da velha com o mesmo funcionamento, objetivo e regras comuns. O uso de um jogo da velha como ambiente fornece o meio ideal para o propósito da pesquisa, pois possui apenas uma ação simples (escolher uma posição), contudo o resultado dessa ação varia de acordo com a combinação e a sequência das ações. Dessa forma, a interação do modelo de SMA com o ambiente é simples, compartilhado com outros sistemas / algoritmos e permite que sua evolução não siga uma forma linear, com uma alta quantidade de possibilidades. A Figura 4 apresenta o comportamento do ambiente:

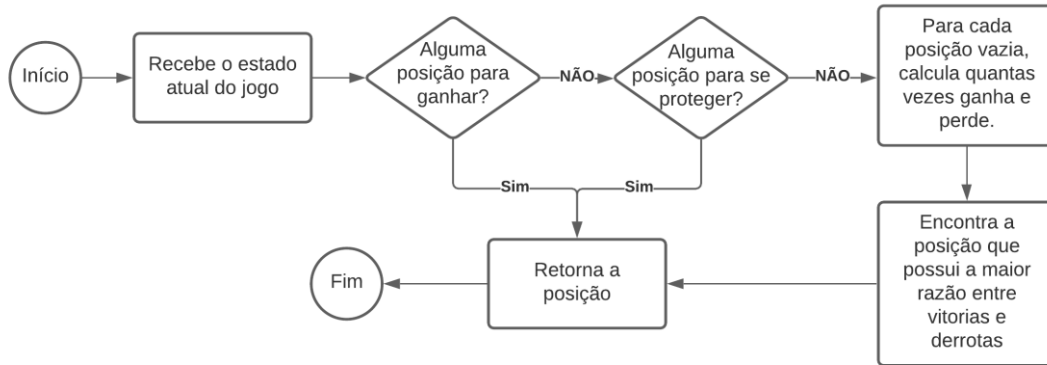


Fonte: Autores (2021)

O segundo passo foi o desenvolvimento do algoritmo estatístico (AE), que compartilha e interage no mesmo ambiente que o modelo de SMA. Ele é responsável por complementar a pesquisa ao simular a interação de outros algoritmos e sistemas no mesmo ambiente em que o modelo de SMA atua. Trata-se de um algoritmo capaz de ler o estado atual do jogo, e através de cálculos de estatística e probabilidade, encontrar a melhor posição para ganhar ou não perder. O AE faz uso das regras e

informações do ambiente, junto às ferramentas matemáticas, para a sua tomada de decisão. Ele possui uma grande vantagem, porém suas ações são previsíveis, possuem um padrão definido e exclusivo para esse ambiente. A Figura 5 apresenta a atuação do AE:

Figura 5 - Fluxo de trabalho - Algoritmo Estatístico.

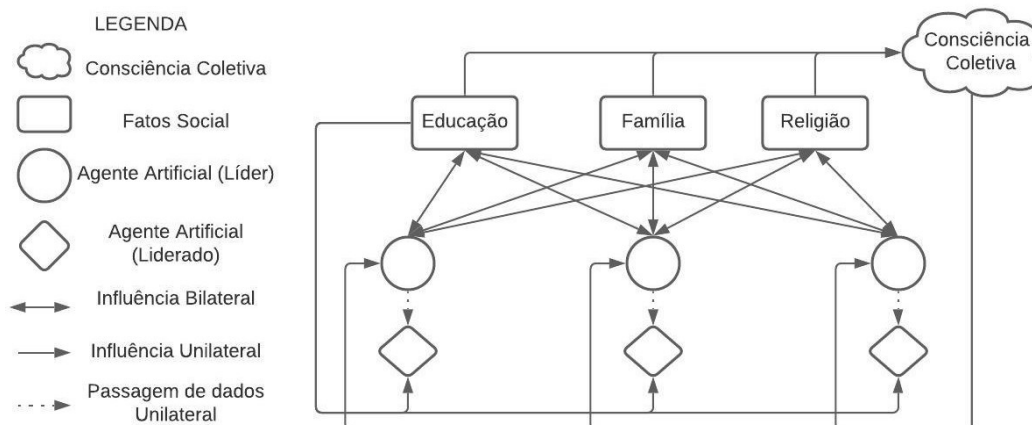


Fonte: Autores (2021)

Com a base da pesquisa concluída, por fim foi desenvolvido o modelo de SMA seguindo o propósito da pesquisa. Como foi apresentado na Figura 3, os agentes em um SMA comum são semiautônomos, possuem ações distintas, são administrados dentro de organizações, são construídos dentro de um modelo específico para o ambiente e utilizam apenas as interações dos agentes e o trabalho em equipe na organização para atingir o objetivo estabelecido. Nessa estrutura comum, o foco está nas interações e no trabalho em equipe dos agentes, não havendo interações entre as organizações.

Ao aplicar os conceitos sociológicos Fato Social, Consciência Coletiva e demais itens propostos na pesquisa, a estrutura do SMA foi alterada, tal como seu comportamento (Figura 6):

Figura 6 - Modelo de SMA (sistema multiagente) utilizando conceitos sociológicos



Fonte: Autor (2021)

No novo modelo de SMA, as organizações se tornam Fatos Sociais e as interações se tornam influências e sanções. Os agentes se tornam autônomos, possuem ações iguais e são construídos sem um modelo específico de ambiente, utilizando apenas as ações bases do ambiente para evoluir sem a determinação de um objetivo. Nessa estrutura, o foco está na influência e evolução dos Fatos Sociais.

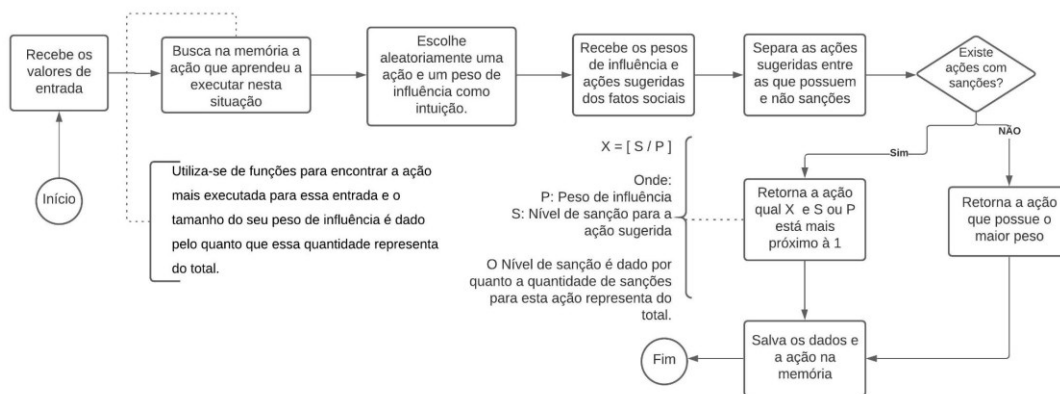
O Fato Social é responsável por coagir os agentes a agirem conforme a sua moral, beneficiando os adeptos e impondo sanções àqueles que não a seguem. A cada ação realizada pelos agentes, os Fatos Sociais as usam para moldar a sua própria moral. Essa mesma moral é utilizada para influenciar nas próximas ações e impor / retirar sanções aos agentes. Há três Fatos Sociais, sendo que cada um possui características próprias:

1. **Educação:** Sua função é ensinar todos os agentes sobre o funcionamento do ambiente. Este possui uma posição de destaque por estar presente em todas as ações de todos os agentes. A sua moral é formada através da observação e armazenamento das ações executadas no ambiente por outros usuários. O tamanho do peso de influência de sua coerção é dado utilizando-se de funções para encontrar a ação mais escolhida para o parâmetro recebido e quanto que essa quantidade representa do total.
2. **Religião:** Sua função é estabelecer os princípios de certo e errado. A sua moral é formada armazenando as ações quando dois ou mais agentes a escolhem. O tamanho do peso de influência de sua coerção é dado utilizando-se de funções para encontrar a ação mais escolhida por dois ou mais agentes para o parâmetro recebido e quanto essa quantidade representa do total.
3. **Família:** Sua função é estabelecer o padrão de comportamento entre líder e liderado. A sua moral é formada armazenando todas as ações dos líderes. O tamanho do peso de influência de sua coerção é dado utilizando-se de funções para encontrar a ação mais escolhida pelos líderes para o parâmetro recebido e quanto essa quantidade representa do total.

A Consciência Coletiva possui comportamento e responsabilidade similar a um Fato Social. Sua moral é formada armazenando as escolhas de cada Fato Social e sua função é criar o conjunto de crenças, ou seja, limitar as opções de ações dos agentes. A sanção da Consciência Coletiva é independente e maior do que a dos demais Fatos Sociais. O tamanho do peso de influência de sua coerção é dado pela razão entre a quantidade do conjunto de crenças mais recorrente e o total de dados.

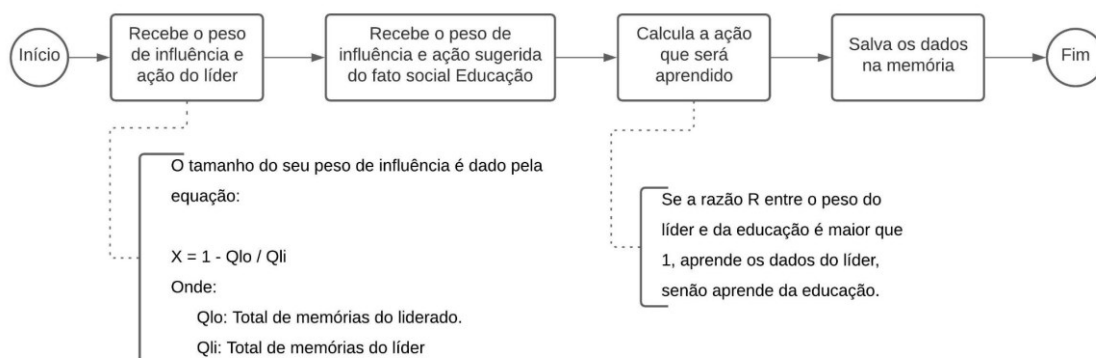
Os agentes artificiais são organizados em duplas compostas por líder e liderado. O líder é responsável por tomar as decisões que interagem com o ambiente, sendo influenciado por suas memórias, sua intuição, as sanções sofridas e pelos Fatos Sociais (Figura 7), enquanto seu liderado aprende sendo influenciado por ele e o Fato Social Educação (Figura 8).

Figura 7 - Tomada de decisão - Líder



Fonte: Autores (2021)

Figura 8 - Processo de aprendizagem - Liderado



Fonte: Autores (2021)

Conforme apresentado na Figura 7, quando o ambiente solicita uma decisão, é realizada uma ponderação entre o peso das influências e o nível de sanções sofridas para encontrar a melhor decisão. Trata-se de um cálculo matemático, no intuito de simular um raciocínio, utilizando representação de vontade, lembrança, medo e desejo de aceitação e que, entre outras coisas, garante uma não linearidade e não aleatoriedade nas ações dos agentes, mantendo assim uma evolução constante do modelo de SMA.

A cada ação tomada pelo líder, conforme Figura 8, o liderado pondera qual aprender entre o líder e o Fato Social Educação. A relação líder x liderado trata-se de uma influência temporária, pois a influência do líder sobre seu liderado diminui conforme as suas experiências aumentam (quantidade de ações vivenciadas).

Resultados preliminares

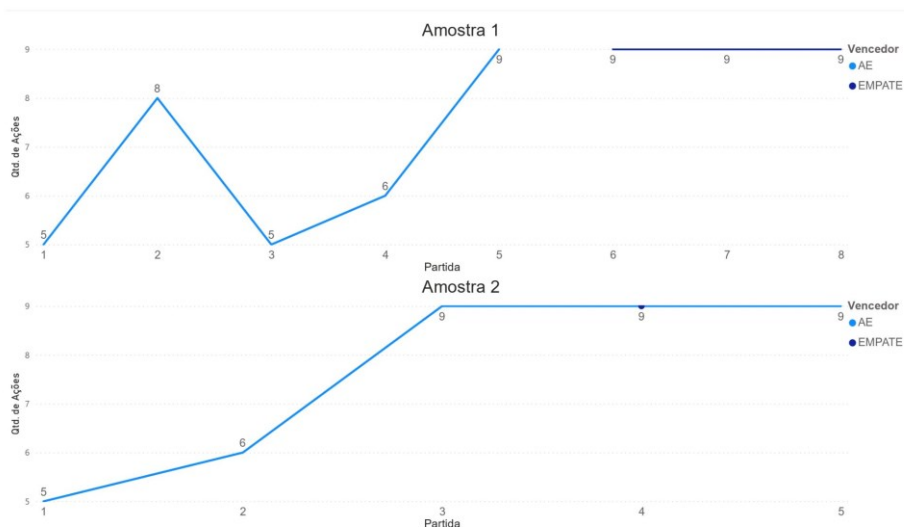
O modelo de SMA foi capaz de ser configurado e se integrar ao jogo da velha de maneira simples e sem a necessidade de nenhum tratamento prévio de dados e informações detalhadas sobre seu funcionamento. As teorias sociológicas foram incorporadas ao modelo com sucesso e forneceram os meios para que os objetivos da pesquisa fossem atingidos. O sistema externo desenvolvido atendeu às necessidades iniciais da pesquisa e forneceu informações fundamentais para análise do comportamento e evolução do modelo.

Os agentes artificiais não possuem um objetivo estabelecido e suas ações são guiadas em parte por sua memória e “intuição”, mas principalmente pelos Fatos Sociais, que foram configurados de forma a possuir suas principais características segundo as teorias sociológicas. As formações, influências e sanções dos Fatos Sociais mostram se uma forma assertiva de coagir os agentes para formação de uma consciência coletiva artificial.

No que se refere ao comportamento e evolução dos agentes artificiais e do modelo de SMA no sistema externo da pesquisa, percebe-se uma rápida aprendizagem do padrão de ação do AE por dois motivos: (1) Atuação eficaz do Fato Social Educação em cumprir a sua função, se reafirmando como principal Fato Social do SMA; (2) O AE possuir um padrão de ação dada uma mesma entrada, fazendo o peso de influência do Fato Social permanecer em 100%.

Ao se analisar a sequência de resultado do sistema externo, apesar das vitórias do AE no início, rapidamente o SMA replica o padrão de ações, empatando ou prolongando as demais partidas (Figura 9).

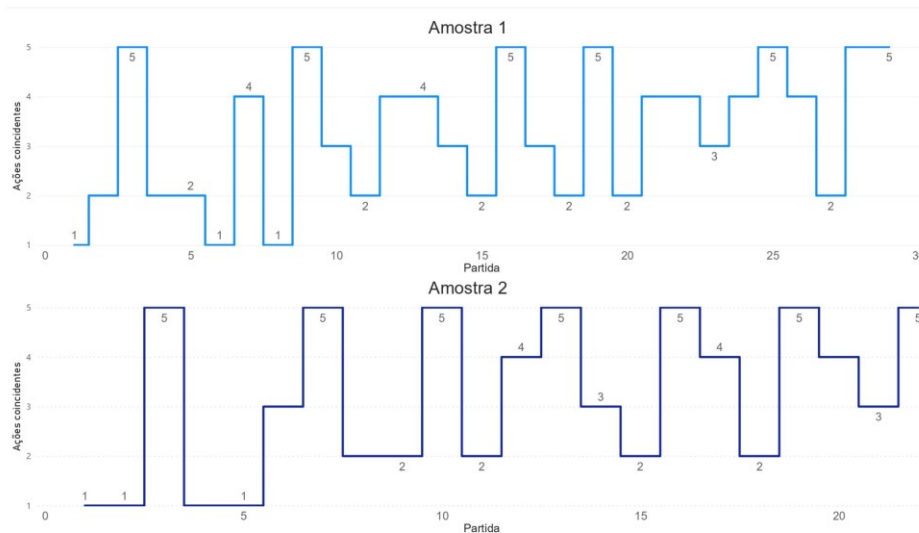
Figura 9 - Sequência de resultados



Fonte: Autor (2021)

Foi notado um princípio de formação de ação comum conforme as interações com o sistema externo prosseguiram (Figura 10). Esse estreitamento de ações ocorreram pelas influências e sanções sofridas pelos agentes, comprovando sua tendência à formação de uma consciência coletiva artificial.

Figura 10 - Sequência de escolhas dos agentes.



Fonte: Autor (2021)

Entretanto, o sistema externo escolhido para esta pesquisa impede que o SMA prossiga com a evolução e formação de uma consciência coletiva. Essa limitação ocorre devido à regra de que não é possível escolher uma ação já tomada por outro participante em uma partida. Conforme demonstrado na figura 10, as coerções e sanções sofridas pelos agentes são eficientes. A coerção é tão forte em alguns momentos que a possibilidade do agente agir conforme sua intuição é extremamente baixa. Em algum momento nos testes executados, o ambiente solicita uma ação ao SMA e os agentes se encontram nesta situação, agindo conforme a influência dos Fatos Sociais e escolhendo uma ação que já havia sido tomada pelo AE. O sistema externo recebe esta ação mas a recusa e refaz a solicitação ao SMA, criando-se um loop infinito.

Considerações finais

Independentemente de não ter sido possível alcançar a consciência coletiva neste ambiente, a primeira versão do modelo produziu resultados e foi possível comprovar que o desenvolvimento se encontra dentro dos critérios desejados da pesquisa, além de ser estruturado de forma a se expandir e integrar facilmente em outros sistemas.

Para tal, foi desenvolvido um pacote para linguagem de programação Python chamado de Ovomaltino e publicado no PyPi, repositório de softwares da comunidade, para que outros usuários

possam integrar o mesmo a seus projetos e utilizar as ferramentas disponíveis. Uma organização foi criada na plataforma de hospedagem de código fonte GitHub e foi disponibilizado o código fonte do pacote Ovomaltino, API integrada com MongoDB para utilização com o mesmo e do sistema externo³ utilizado nesta pesquisa.

Dando sequência na pesquisa, o pacote será expandido para novas aplicações sem perder o foco e as características essenciais desta pesquisa e será analisado seu comportamento e resultado do seu uso em sistemas externos variáveis e com mais participantes.

Referências

ACCENTURE. Artificial Intelligence Poised to Double Annual Economic Growth Rate in 12 Developed Economies and Boost Labor Productivity by up to 40 Percent by 2035, According to New Research by Accenture. New York: 2016. Disponível em: https://newsroom.accenture.com/news/artificial-intelligence-poised-to-double-annual-economic-growth-rate-in-12-developed-economies-and-boost-labor-productivity-by-up-to-40-percent-by-2035-according-to-new-research-by-accenture.htm?_ga=2.23271730.985774920.1605658130-255060546.1605658130. Acesso em: 24 nov 2020.

BREVE, Fabricio. **Computação Inspirada pela Natureza.** Disponível em: <https://www.fabriciobreve.com/material/cin/CIN-01-Introducao.pdf>. Acesso em: 24 nov 2020.

DURKHEIM, Émile. **As regras do método sociológico.** 17. ed. Tradução de Maria Isaura Pereira de Queiroz. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002. p. 11.

_____. **A divisão do trabalho social.** WMF Martins Fontes, São Paulo, 2010.

KAPLAN, Andreas, HAENLEIN, Michael. **Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence.** Business Horizons, 2019. v. 62. p. 15-25

LESSER, Victor. **Cooperative Multi-Agent Systems: A Personal View of the State of the Art,** IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 11, Nº 1, janeiro/fevereiro de 1999.

MCCULLOSH, Warren, PITTS, Walter. **A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity,** 1943.

MEISSNER, Gunter. **Artificial Intelligence – Consciousness and Conscience,** University of Hawaii's System, 2018.

MONGABAY. **Biomimética: tecnologia inspirada na natureza avança no Brasil.** 2020. Disponível em: <https://brasil.mongabay.com/2020/03/biomimetica-tecnologia-inspirada-na-natureza-avanca-no-brasil/>. Acesso em: 24 nov 2020.