

---

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

---

## DISTRIBUIDA:

---

## CONHECENDO

---

## PARA APLICAR

---

CELSON GONÇALVES CAMILO JUNIOR  
REINALDO GONÇALVES NOGUEIRA  
CÁSSIO DENER NORONHA VINHAL

Resumo: *inteligência artificial é uma área que chama atenção pela ousadia de implementar inteligência em seres não biológicos. No entanto, ao longo da história, criaram-se mitos causados por exageros a respeito de suas funcionalidades e aplicações, que, por consequência, geraram desconfianças. Com o intuito de levantar informações sobre a ciência Inteligência Artificial e sua disciplina Inteligência Artificial Distribuída, este artigo foi concebido. Algumas características, como o histórico, a disciplina Inteligência Artificial Distribuída e sua divisão, a infra-estrutura que envolve aplicações nesta área e, por final, o “estado da arte”, serão apresentadas.*

Palavras-chave: *inteligência artificial, inteligência artificial distribuída, sistemas multiagentes*

**D**urante centenas de anos, os pesquisadores das mais diversas áreas buscam entendimento de como pensamos e agimos. Tendo como base o pensar e o agir, estudos são feitos na tentativa de esclarecer algumas questões sobre a inteligência. Afinal, o que é inteligência? Como dizer ou determinar que uma entidade é inteligente? Como mensurar esta Inteligência? Existem quantos tipos de Inteligência?

São perguntas como estas e tantas outras que motivam os pesquisadores a continuar nesta busca incansável pelo saber de como

saber. O grupo de pesquisadores aumentou com o surgimento de uma nova ciência chamada Inteligência Artificial (IA), que une os conhecimentos existentes, define alguns conceitos novos e, principalmente, procura construir entidades (agentes) inteligentes.

## HISTÓRICO

Quando se fala em histórico da Inteligência Artificial, uma das mais lembradas referências é Russell e Norvig (1995), pela objetividade. Seguem-se pontos importantes desta referência.

É uma ciência nova que teve sua gestação durante os anos de 1943 até 1955. O primeiro trabalho reconhecido foi o de Warren McCulloch e Water Pitts que tinham como parâmetro o cérebro humano. No entanto, somente no verão de 1956 surge a denominação Inteligência Artificial, após um *workshop* entre grandes nomes, como John McCarthy, Arthur Samuel (IBM), Ray Solomonoff e Oliver Selfridge (MIT).

De 1952 a 1969, houve um maior entusiasmo em torno da área, que até então não era uma ciência, trazendo uma boa expansão e interesse de pessoas que conheciam as aplicações demonstradas na época. O entusiasmo foi tão grande que muitos exageraram, iniciando projetos ambiciosos, como foi o caso de Newell e Simon com o General Problem Solver (GPS), que procurava imitar o protocolo de resolução de problemas dos humanos. Tanta euforia causou, no período seguinte, de 1966 até 1973, doses de realidade que diminuirão bastante o entusiasmo e as grandes ambições. Problemas como a mal sucedida tradução do russo para o inglês, que não foi solucionada devido à ambigüidades e falta de conhecimento do contexto aplicado ao texto a ser traduzido, trouxeram para os pesquisadores uma boa amostra das dificuldades que existiam e as que viriam a existir.

Surgem então projetos mais reais que já não visualizavam a resolução de todos os problemas, mas, sim, de problemas específicos, diminuindo assim a complexidade. Foi nessa época também, de 1969 a 1979, que surgiram, para solucionar alguns problemas, os sistemas baseados em conhecimento. Um bom exemplo, e o primeiro, foi o Dendral, um programa desenvolvido em Stanford para resolver o problema de inferência da estrutura

molecular, tendo como base informações providas da massa do *spectrometer*.

Em 1980, a IA começa a ser utilizada na indústria, promovendo cortes de despesas e otimização de tarefas. Foi, sem dúvida, uma entrada triunfal com o R1, o primeiro *expert system* de sucesso que iniciou suas atividades na Digital Equipment Corporation, proporcionando uma economia de 40 milhões de dólares por ano. Sem dúvida, a indústria é um dos maiores consumidores desta tecnologia.

Após um período de abandono, na década de 70, a rede neural, um campo da Inteligência Artificial, teve retorno pelas mãos de alguns cientistas, como John Hopfield, em 1982, David Rumelhart, Geoff Hinton e, principalmente, por quatro grupos diferentes que, nos anos 80, reinventaram o algoritmo de aprendizagem *back-propagation*, produzido em 1969 por Bryson e Ho.

Em 1987, a IA torna-se uma ciência; um processo que veio se desenvolvendo, fazendo da área um campo de pesquisa com metodologias e conteúdos próprios. Definitivamente, foi um processo conturbado, quando a ciência buscava a sua identidade; às vezes cometendo excessos na tentativa de separá-la da computação, todavia chegando ao equilíbrio satisfatório de complemento entre as ciências existentes.

Após rigorosos experimentos empíricos, em que os resultados foram analisados estatisticamente pela sua importância, eis que as hipóteses são provadas e se tem uma base sólida de teorias que dão suporte a várias aplicações.

A partir de 1995, surge, impulsionado pelo progresso da resolução de subproblemas da I.A., um movimento com interesse nos agentes inteligentes. Um dos mais importantes ambientes para os agentes inteligentes é a Internet. E, aproveitando este “caldo de cultura”, a I.A. é elemento fundamental nas mais diversas ferramentas disponíveis na Internet. É o caso dos motores de busca e sistemas de recomendações, além de outros (RUSSELL; NORVIG, 1995).

## INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DISTRIBUÍDA

Em meados de 1970, a Inteligência Artificial Distribuída (IAD) evoluiu e diversificou rapidamente, tornando-se um cam-

po de pesquisa já estabelecido e muito promissor, que concentra idéias de muitas disciplinas, como

- Inteligência Artificial;
- Ciências da Computação;
- Sociologia;
- Economia;
- Ciência da Organização e Gerência;
- Filosofia.

Segundo Weiss (1999), a Inteligência Artificial Distribuída é estudo, construção e aplicação de sistemas multiagentes, ou seja, sistemas com graus de interação em que os agentes perseguem um conjunto de objetos ou fazem um conjunto de tarefas.

Para Demazeau e Müller (1990), a IAD é solução colaborativa de problemas globais por um grupo distribuído de entidades. Assim sendo, estas entidades, que podem estar geograficamente dispersas, devem compartilhar as informações a fim de atingir um objetivo global.

A IAD é dividida em duas grandes áreas: Resolução Distribuída de Problemas (RDP) e Sistemas Multiagentes. Ambas com algumas semelhanças, porém com um grande diferencial no foco dos agentes nas aplicações (SICHMAN, 1992).

### Sistema Multiagente

Ao contrário da RDP, os Sistemas Multiagentes têm um foco na estruturação do agente e não na estruturação do problema, o que permite uma flexibilidade para os agentes que são capazes de resolver mais de um problema. Isto é uma característica de “*buttonup*” (ascendente) no desenvolvimento do sistema, pois o projetista se preocupa em desenvolver arquiteturas de agentes que interajam de forma autônoma e social.

É notável que, em relação à RDP, haja um aumento significativo da complexidade no desenvolvimento de sistemas multiagentes que necessitam disponibilizar suporte às modificações ambientais. Para isso, precisam ter agentes autônomos que detenham mecanismos de comunicação bem organizados para que haja a interação.

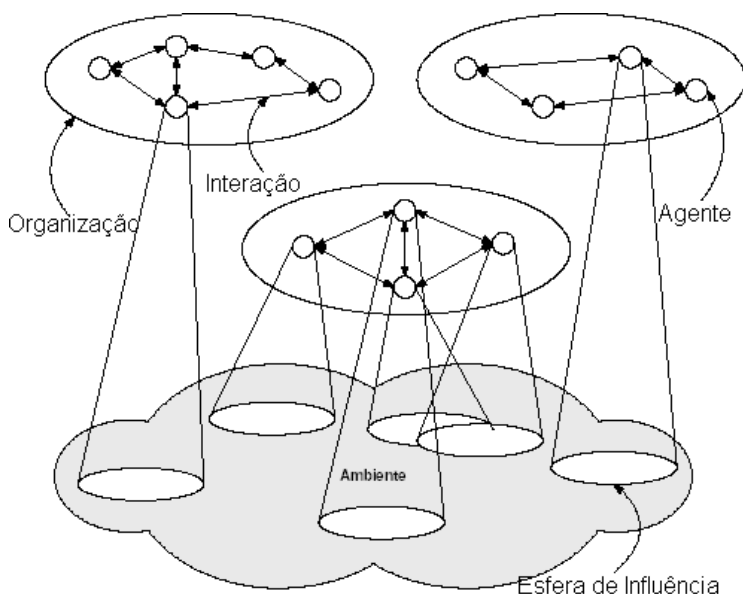


Figura 1: Estrutura de um Sistema Multiagente  
 Fonte: Reis (2004).

## RDP

Nesta grande área, os agentes são direcionados para resolver um problema em particular, dentro de uma concepção fechada do domínio a que se refere o problema. Ou seja, os agentes são projetados apenas para resolver um tipo específico de problema e, mesmo que haja similaridade com outros problemas, não podem ser utilizados para resolver estes outros. O projetista define o número de agentes, que não varia, e dá a cada agente uma visão específica e incompleta do problema. Desta forma, para a resolução de um problema, os agentes devem cooperar entre si, compartilhando conhecimento sobre o problema e o processo de obter uma solução.

A abordagem utilizada pela Resolução Distribuída de Problemas é a *top-down*, ou seja, o projetista primeiramente realiza uma análise do problema a ser resolvido e, então, identifica os agentes necessários para atuarem conforme o esquema estruturado para a solução desse problema. Desta forma, a tarefa de resolução será decomposta entre os vários agentes, que buscam

melhorar o processamento do sistema através da execução paralela. Grande parte do raciocínio sobre a solução é inserida no sistema pelo projetista, o que normalmente leva ao desenvolvimento de controles geralmente hierárquicos e centralizados.

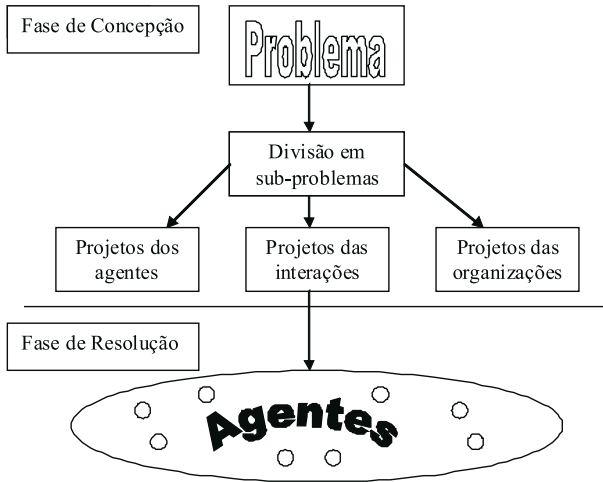


Figura 2: Estrutura da Resolução Distribuída de Problema

## Infra-estrutura

A IA e seus agentes inteligentes formam uma ciência relativamente nova, porém cada vez mais importante na área da computação.

Para uma ciência tão promissora, é necessária uma excelente infra-estrutura, para que as aplicações desta ciência sejam prova da sua importância. Nesta infra-estrutura, um item muito importante é o ambiente de desenvolvimento.

Inúmeras linguagens são usadas para implementar os agentes. Porém, uma que vem se destacando pela sua qualidade, e largamente utilizada, é a do Java.

O objetivo deste trabalho é também mostrar um pouco da ciência e sua ótima relação com o Java.

## Aplicações

As aplicações são as mais diversas, pois existem inúmeras situações em que os agentes podem ser a solução. Entre as apli-

cações, podem-se destacar as de ensino a distância, processamento distribuído, negociação (*e-commerce*, distribuição de tarefas), maximização de produtividade e as que envolvem tarefas burocráticas.

Em muitas das aplicações, agentes são utilizados e seus usuários nem sequer percebem sua existência. Já em outras, a interação entre agente computacional e agente humano é fundamental, dando ao usuário uma sensação de interação com um elemento inteligente.

Além do enorme interesse da área acadêmica neste assunto, existe um interesse comercial que, através das empresas, investe em projetos. Alguns destes projetos envolvem grandes empresas como IBM (Aglets SDK), Mitsubishi's (Concordia) e a General Magic and Telescript.

### Linguagem e ambientes para o desenvolvimento de agentes

São inúmeras as linguagens de programação utilizadas para implementar aplicações de IA e/ou IAD. No entanto, uma vem se destacando, o Java<sup>1</sup>.

A tendência deve-se ao fato de Java ter diversos mecanismos nativos que simplificam a programação de funcionalidades, como, por exemplo, mobilidade, ser multiplataforma e multi "*thread*", além da robustez, segurança e baixa complexidade.

Três itens são características importantes na construção de aplicações de IA: Autonomia, Inteligência e Mobilidade. No caso específico da IAD, acrescenta-se na lista a Comunicação. Segue uma identificação das características mencionadas em aplicações Java.

**Autonomia:** o principal item que define esta característica é a capacidade da aplicação ser um processo ou uma *thread* separada. No Java as aplicações são processos separados e a aplicação pode executar um agente por *thread*.

**Inteligência:** embora Lisp e Prolog sejam linguagens consagradas para implementar estas características, muitos projetos estão usando C, C++ e Java. Existem alguns projetos também que dão a integração entre o Prolog e o Java. Entre estes existe o JIP (Java Internet Prolog<sup>2</sup>, que é um interpretador Prolog feito em Java, permitindo chamar predicados Prolog dentro de aplicações Java.

Mobilidade: graças à portabilidade da linguagem Java, através de seu *byte code*, é possível enviar os códigos pela rede e executá-los em outra máquina, independente de *hardware* e até mesmo do sistema operacional. Além de enviar o código para ser executado em outra máquina virtual, é possível salvar o estado do processo em execução, permitindo, assim, que o processo execute no seu destino a partir do ponto em que parou na origem.

Comunicação: esta é uma característica fundamental na I.A.D., que viabiliza a troca de informação e, em alguns casos, permite o controle dos agentes. O Java disponibiliza ferramentas poderosas como o *sockets* e a invocação remota de métodos (RMI) que viabilizam a comunicação.

## Estado da Arte da IA e IAD

Como está a IA? Qual o nível de evolução? O que ela é capaz de fazer?

Para responder a estas perguntas, nada melhor do que as provas concretas da evolução da IA e suas aplicações. Na prática, é possível perceber o quanto evoluiu e quanto tem que evoluir a IA e a IAD.

Apesar de a I.A. atuar em muitos campos e subcampos, seguem algumas aplicações citadas em Russell e Norvig (1995).

A Nasa colocou para operar, a 100 milhões de milhas da Terra, um programa chamado *Remote Agent*, capaz de fazer planejamento autônomo e agendamento, ou seja, o programa é capaz de automatizar o planejamento do programa que controla as operações da nave espacial. O programa gera planos e monitora a nave para se certificar de que eles foram executados.

Outra aplicação, já conhecida, é o *Deep Blue* da IBM, que foi o primeiro programa de computador a ganhar uma partida de xadrez de um campeão mundial de xadrez (Garry Kasparov). Após uma das partidas, Kasparov disse: “Eu senti um novo tipo de Inteligência”.

Alvinn é uma aplicação de IA, classificada como sistema de visão computacional, capaz de guiar um carro. A aplicação foi executada nas estradas do EUA e teve resultados considerados surpreendentes.

De um total de 2.850 milhas, o *software* foi capaz de controlar 98% do tempo, ficando apenas 2% para controle humano. Câmeras



transmitiam imagens das rodovias e o *software* determinava a direção, baseado em experiência de treinamentos anteriores.

HipNav é o sistema utilizado em microcirurgia, que usa a técnica de visão computacional para criar um modelo tridimensional de partes anatômicas internas, além de usar controles robóticos para guiar as incisões nos pacientes (RUSSELL; NORVIG, 1995).

## CONCLUSÃO

A IA e suas disciplinas, entre elas a Inteligência Artificial Distribuída, têm um papel importantíssimo no desenvolvimento de uma nova geração de sistemas que propõem maior autonomia e, por conseqüência, menor esforço humano. Pesquisas crescem a cada dia, pois esta é uma área vasta e fascinante para o meio acadêmico e corporativo.

Pela grandeza dos conceitos e a eficácia dos pesquisadores, a I.A. e a I.A.D. traçam um futuro de muitas descobertas, o que gera uma expectativa realista de maior sucesso.

## Notas

<sup>1</sup> Cf. site <<http://java.sun.com/>>.

<sup>2</sup> Cf. site <<http://www.ugosweb.com/jiprolog/index.asp>>.

## Referências

RUSSEL, S.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: a modern approach*. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

WEISS, G. *Multiagent System: a modern approach to distributed artificial intelligence*. [S.l.]: MIT Press, 1999.

DEMAZEAU, Y.; MÜLLER, J-P. *Decentralized artificial intelligence*. North-Holland: Elsevier Science Publishers, 1990. p. 3-13. Trabalho apresentado no European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World, Cambridge, 1989.

SICHMAN, J. S.; DEMAZEAU, Y.; BOISSIER, O. How can knowledge-based systems be called agents? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 9, Rio de Janeiro, 1992.

REIS, L. Coordenação em sistemas multi-agente: aplicações na gestão universitária e futebol robótico. Portugal: Universidade do Porto, 2003.

*Abstract: Artificial Intelligence is an area that receive attentions due the daring to implement intelligence in non-organic beings. However, throughout history was created myths, caused by exaggerations about their features and applications, which consequently generated distrust. Therefore, this article was conceived to study about the Artificial Intelligence science and Distributed Artificial Intelligence discipline. Some features like: History, the discipline Distributed Artificial Intelligence and its division, the infrastructure that involves applications in this area and the “state of the art” will be presented.*

*Key-words: Artificial Intelligence, Distributed Artificial Intelligence, Multiagents Systems*

CELSO GONÇALVES CAMILO JUNIOR  
REINALDO GONÇALVES NOGUEIRA

Mestrandos em Engenharia Elétrica e de Computação na Universidade Federal de Goiás. Especialistas em Redes de Computadores pela Universidade Católica de Goiás (UCG). Bacharéis em Ciências da Computação pela UCG.  
*E-mail: celsocamilo@gmail.com*