

# ARQUITETURA DE UM MODELO DE CONFRONTO BASEADO EM AGENTES AUTÔNOMOS E DADOS GEOGRÁFICOS

Claudio Antonio da Silva  
Pontifícia Universidade Católica – PUC-Rio  
Rua Marquês de São Vicente, 225  
CEP 22453-900 - Rio de Janeiro – RJ  
[cads@tegraf.puc-rio.br](mailto:cads@tegraf.puc-rio.br)

Roberto de Beauclair Seixas  
Instituto de Matemática Pura e Aplicada – IMPA  
Estrada Dona Castorina, 110  
CEP 22460-320 - Rio de Janeiro – RJ  
[tron@impa.br](mailto:tron@impa.br)

Resumo: As simulações de confronto têm desempenhado um papel relevante no moderno treinamento militar. Os agentes autônomos são uma alternativa para a construção de modelos para este tipo simulação. A utilização de dados georeferenciados dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é necessária para calcular com precisão a mobilidade e acuidade visual dos agentes durante a simulação de confrontos. Entretanto, a arquitetura do simulador deve estar adequada para acomodar os agentes e os dados de SIGs. Desta forma, este artigo apresenta uma proposta de arquitetura para sistemas baseados em agentes.

Palavras-chave: Modelagem, Confronto, Agentes Autônomos, SIG.

## 1. Introdução

A mobilização real de efetivos para treinamento tático costuma ser demorada, desgastante para os militares e com alto custo. Com isso, uma série de soluções baseadas em ambientes virtuais têm sido adotadas para que algumas etapas do treinamento possam ser exaustivamente realizadas em simulações por computador antes que os efetivos sejam levados a campo. As simulações de confronto têm desempenhado um papel relevante no moderno treinamento militar, principalmente para os oficiais que precisam aprender a tomar decisões sob diversas circunstâncias, e ainda trabalhar com novas tecnologias. Em geral, as simulações são usadas para avaliar a evolução das ações, o impacto de novas estratégias e o planejamento de contingências (análises do tipo *what-if*) (Ioerger et al 2000).

Os agentes autônomos podem ser utilizados para simular a ação de soldados em ambientes virtuais. Segundo Maes (1995), agentes são **sistemas computacionais inseridos em ambientes complexos e/ou dinâmicos, que têm a capacidade de perceber e agir de modo autônomo para atingir objetivos ou executar tarefas para os quais tenham sido modelados**. Devido ao fato dos agentes agirem de modo autônomo, ou seja, sem intervenção de um operador externo, sua utilização promove a redução da previsibilidade da simulação e, com isso, exige que os oficiais exercitem a tomada de decisões em um domínio maior de situações.

Utilizando dados geográficos para reproduzir o terreno do confronto, pode-se incorporar informações importantes ao modelo e, com isso, conseguir maior precisão nos cálculos da simulação, tais como o da mobilidade dos agentes e o da acuidade visual.

O objetivo deste trabalho é apresentar a arquitetura de um modelo de confronto baseada em agentes autônomos e dados geográficos.

## **2. Agentes Autônomos**

O conceito de agentes autônomos é relativamente recente e surgiu das pesquisas na área de Inteligência Artificial. O uso de agentes não se limita à simulação de modelos. Com isso, existem diversas definições para esse conceito. Segundo Maes (1995), agentes são **sistemas computacionais inseridos em ambientes complexos e/ou dinâmicos, que têm a capacidade de perceber e agir de modo autônomo para atingir objetivos ou executar tarefas para os quais tenham sido modelados**. Desta definição, pode-se extrair as principais características dos agentes, a saber:

- Autonomia
- Capacidade de perceber o ambiente
- Capacidade para executar tarefas de acordo com seus objetivos

A autonomia dos agentes, ou seja, o poder de atuar sem intervenção/operação externa, é possível porque eles incorporam uma lógica (objetivos e planos) que os possibilita tomar suas próprias decisões. De um modo geral, a percepção do ambiente é realizado a partir de uma visão sintética. Isso pode ser feito através de uma construção geométrica que permita aos agentes determinarem quais objetos (ou mesmo outros agentes) estão situados nas redondezas de sua localização. Esta característica é importante porque as decisões dos agentes são tomadas em decorrência de seus objetivos e do que é percebido no ambiente. Os agentes executam tarefas por intermédio de comportamentos (ações que os agentes podem adotar).

Pode-se entender os agentes como entidades individuais que possuem os mecanismos (autonomia, percepção e comportamentos) adequados para atuarem por conta própria em um ambiente de simulação. Desta forma, é possível simular soldados em um confronto a partir de um número igual de agentes devidamente programados com objetivos e comportamentos compatíveis com os dos soldados.

### **2.1. Modelo de Soldado**

O primeiro passo para a criação do modelo para os soldados deve ser a definição dos objetivos dos agentes na simulação. Isso depende da finalidade da simulação. Para fins de simplificação, considerou-se um cenário típico de confrontos militares, onde posições estratégicas de um terreno são disputadas entre soldados de grupos oponentes. Um grupo de soldados, dito de defesa, deve impedir o avanço de outro grupo, dito de ataque, na direção de tais posições. A partir daqui passaremos a utilizar o termo agentes para denominar os soldados.

Nesse cenário, o confronto dos grupos oponentes é possível e, portanto, os agentes devem ser capazes de determinar os comportamentos que devem ser adotados. Devido sua capacidade de percepção, os agentes podem detectar a presença uns dos outros. A ação a ser adotada depende da tática que se deseja adotar. Por exemplo, utilizando-se apenas dois comportamentos (ações), um para os agentes da defesa e outro para os do ataque, pode-se definir um modelo bastante simples para simular confrontos. O comportamento dos agentes da defesa poderia ser estar sempre entre o inimigo que foi detectado e a posição estratégica que está sendo defendida enquanto que o comportamento do ataque poderia ser sempre tentar contornar o inimigo para atingir a posição estratégica.

O mecanismo dos agentes para percepção do ambiente pode ser implementado considerando um círculo em torno de suas localizações de modo que para determinar se há inimigos (agentes do grupo oponente) visíveis basta verificar se algum dos inimigos está no interior deste círculo.

Quanto aos comportamentos, pode-se implementá-los utilizando comportamentos de manobra (*Steering Behaviors*). Em Reynolds (1999) são propostos vários comportamentos de manobra primitivos que podem ser utilizados isoladamente ou em associação com outros para formar comportamentos mais complexos.

Para tornar o modelo mais coerente pode-se considerar que os agentes possuem um valor numérico indicando seu poder de combate (um espécie de estimativa de sua “força”). Além disso, para calcular os danos sofridos por agentes oponentes em atrito, o poder de combate (valor numérico) dos agentes poderia ser reduzido (subtraído), de um determinado valor pré-fixado, sempre que um inimigo estivesse com um afastamento menor ou igual a determinado valor pré-definido.

Desta forma, constata-se que a utilização de agentes autônomos permite considerar diversos fatores relativos ao confronto militar em um modelo para simulação.

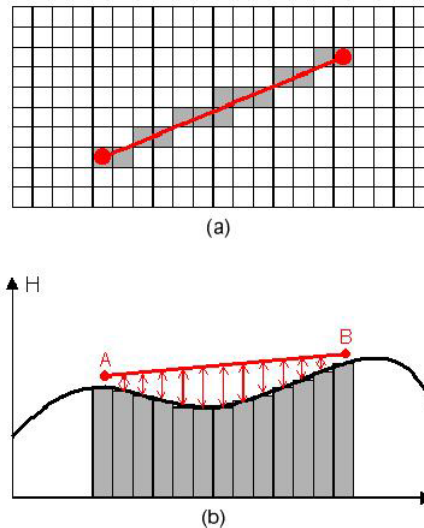
### 3. *Ambiente de Simulação*

O ambiente de simulação é o espaço para movimentação e interação dos agentes. Além disso, o ambiente de simulação deve reproduzir o terreno onde ocorre o confronto. As características do terreno (tais como: topografia, vegetação, hidrografia etc.) influenciam diretamente na mobilidade e acuidade visual dos soldados.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) produzem e gerenciam representações precisas de terrenos a partir de dados georeferenciados armazenados na forma vetorial ou matricial (*grid*). Assim, propõe-se a utilização de dados de SIGs nos cálculos da mobilidade e da acuidade visual dos agentes.

O cálculo da mobilidade pode ser feito através de um mapa temático onde as classes temáticas determinam as velocidades máximas que os agentes podem adotar em cada porção do terreno. Para a composição deste mapa temático é necessário utilizar uma série de informações que interferem no movimento dos agentes, tais como: topografia, vegetação, vias etc. Alguns autores denominam esta informação temática de mapa de trafegabilidade.

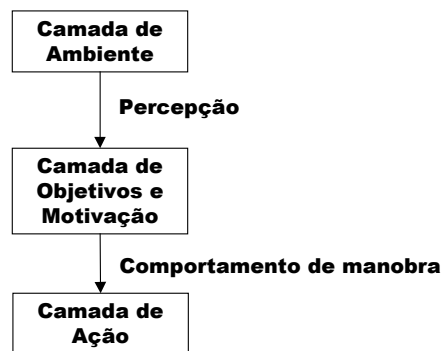
O cálculo da acuidade visual está relacionado com a detecção de inimigos e objetos no terreno, ou seja, uma ampliação da própria capacidade de percepção dos agentes. Para isso, faz-se necessário considerar a topografia do terreno, porque podem haver elevações ou depressões obstruindo a linha de visão (linha imaginária traçada de um agente até uma posição que esteja sendo observada) dos agentes. Uma forma simplificada de calcular a acuidade visual é utilizar um modelo digital de elevação (DEM) para verificar se há alguma região do terreno que obstrua a linha de visão dos agentes. Na Figura 1a pode-se ver a linha de visão (vermelho) de um agente sobre um DEM. Na Figura 1b pode-se ver o DEM em uma vista lateral (realçando as alturas) e a linha de visão. Na Figura 1 pode-se constatar que o terreno não obstrui trecho algum da linha de visão, ou seja, o agente pode ver a posição em questão.



**Figura 1. Cálculo de Acuidade Visual.**

#### 4. *Arquitetura Baseada em Agentes*

A partir da definição dos agentes e do ambiente de simulação, propõe-se uma arquitetura para a construção de sistemas baseados em agentes. Esta arquitetura é formada por três camadas ou etapas que definem a seqüência de execução da simulação. As camadas foram denominadas Camada de ambiente, Camada de Objetivos e Motivação e Camada de Ação, conforme mostra a Figura 2.



**Figura 2. Camadas da Arquitetura.**

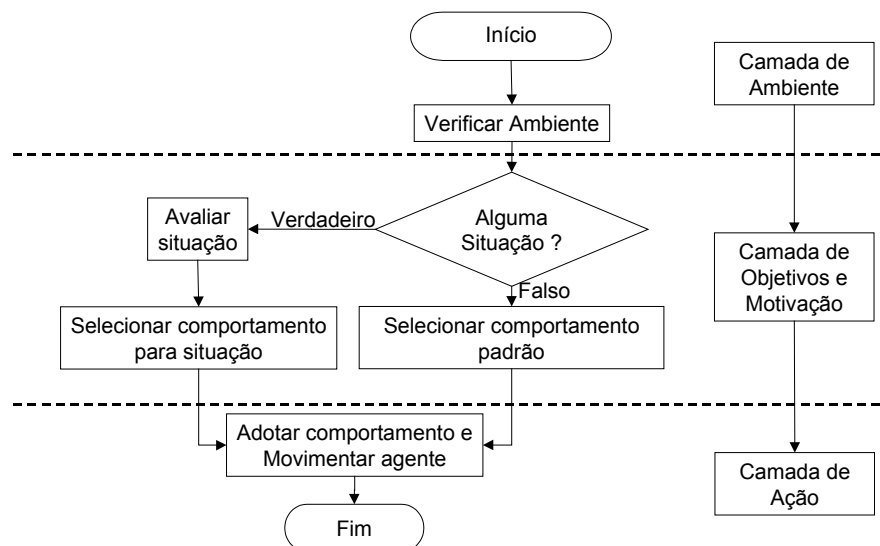
A Camada de Ambiente representa o ambiente de simulação propriamente dito englobando todos os agentes e as informações do terreno (DEM e carta de trafegabilidade). Os agentes podem estar estruturados segundo uma lista encadeada ou vetor. Para armazenar as informações do terreno, deve-se alocar duas matrizes, uma para o DEM e outra para a carta de trafegabilidade. Assim, no início de cada ciclo de simulação, cada agente da lista fará o seu cálculo de acuidade visual (conforme explicado anteriormente), ou seja, perceberá o ambiente para determinar quais objetos e agentes estão visíveis.

A Camada de Objetivos e Motivação implementa a “inteligência” dos agentes. A finalidade desta camada é analisar o que foi percebido na Camada de Ambiente e, baseado também nos objetivos dos agentes, selecionar o comportamento mais apropriado para o momento. Em geral, isso é feito através de uma série testes condicionais (ninho de *ifs*), tal como mostra o algoritmo a seguir.

SE (  $\exists$  INIMIGO ATACANDO E NÃO  $\exists$  INIMIGO VISÍVEL ) ENTÃO  
 ADOPTAR COMPORTAMENTO RETROCEDER  
 SENÃO SE (  $\exists$  INIMIGO VISÍVEL E  $\exists$  ELEMENTO VISÍVEL ) ENTÃO  
 ADOPTAR COMPORTAMENTO ATACAR  
 SENÃO SE (  $\exists$  INIMIGO VISÍVEL E NÃO  $\exists$  ELEMENTO VISÍVEL ) ENTÃO  
 ADOPTAR COMPORTAMENTO CONGELAR  
 SENÃO SE (  $\exists$  ALERTA INIMIGO ) ENTÃO  
 ADOPTAR COMPORTAMENTO PERSEGUIR

A Camada de Ação é responsável pela execução do comportamento selecionado na Camada de Objetivos e Motivação. Como se está focando nos comportamentos de manobra, a Camada de Ação irá calcular a mobilidade dos agentes, ou seja, determinar a nova posição dos agentes, obedecendo as velocidades dos agentes e a carta de trafegabilidade.

A Figura 3 mostra a arquitetura proposta em uma representação mais próxima de como foi implementada. No fluxograma da Figura 3, o termo *situação* refere-se a qualquer evento percebido no ambiente que mereça ser tratado por um comportamento adequado.

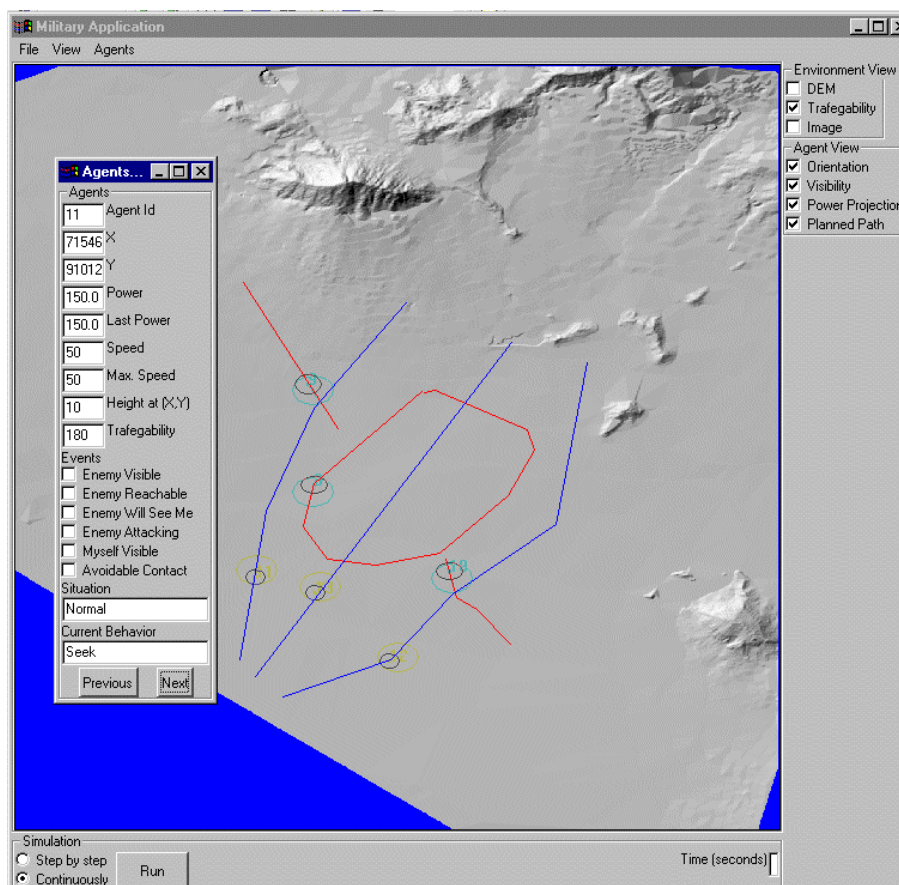


**Figura 3. Fluxo de Execução**

## 5. Protótipo

A arquitetura descrita foi utilizada para implementar um protótipo, para a simulação de um modelo de confronto considerando várias situações de maior complexidade. Foram agregadas diversas características dos soldados aos agentes autônomos de modo que pudessem atuar de modo coerente com um planejamento tático simplificado.

O protótipo permite definir um ambiente de simulação a partir da especificação dos arquivos que armazenam o DEM e o mapa de trafegabilidade. Utilizou-se o formato binários para *GRIDs* do ArcView porque é um formato que pode ser facilmente decodificado e possui muita documentação disponível. Além disso, os agentes podem ser adicionados interativamente no ambiente de simulação e ter seus parâmetros (tipo do grupo, poder de combate, etc.) ajustados de maneira simples. A Figura 4 ilustra a interface do protótipo com alguns agentes posicionados.



**Figura 4. Interface do Protótipo.**

## 6. Conclusões

A utilização de agentes autônomos permite capturar várias características dos soldados de um modo natural (porque também são capazes de perceber o ambiente, adotar comportamentos e possuem objetivos) e constitui uma alternativa para a criação de modelos para a simulação de confronto.

O uso de dados de SIGs em um ambiente de simulação pode ser feito de forma simples porque existem formatos de fácil decodificação e requerem estruturas simples para que possam ser manipulados pelo sistema.

A arquitetura proposta permite acomodar os agentes e os dados de SIGs de um modo simples. Além disso, a abordagem por três camadas permite que as etapas do fluxo de execução dos agentes (percepção, seleção/decisão de comportamentos e adoção de comportamentos) fiquem evidentes, o que facilita a implementação.

## 7. Referências

- *Artificial Intelligence and Games Lecture Notes*, Disponível em: <<http://www.computing.dcu.ie/~tonyv/gamesAI/>>, Acesso em: 17 Jul 2003.
- Dunnigan, J. F., 1997, *The Complete Wargames Handbook*, Disponível em: <<http://www.hyw.com/Books/WargamesHandbook/Contents.htm>>, Acesso em: 17 Jul 2003.
- Ingham, J., 1997, *What is an Agent ?*. Technical Report #6/99, Centre for Software Maintenance, University of Durhan, Durhan, London.
- Ioerger, T. R.; Volz, R. A.; Yen, J.; 2000, “Modeling Cooperative, Reactive Behaviors on the Battlefield with Intelligent Agents”. In: *Proceedings of the ninth Conference on Computer Generated Forces (9<sup>th</sup> CGF)*, pp. 13-23, Orlando, Maio.
- Itami, B., Gimblett, R., Raulings, R., et al., 1999, “RBSim: Using GIS-Agent simulations of recreation behavior to evaluate management scenarios”, In: *Proceedings of AURISA 99 Conference*, Canberra, November.
- Maes, P., 1995, “Artificial Life Meets Entertainment: Lifelike Autonomous Agents”, *Communications of ACM*, v. 38, n. 11 (Nov), pp. 108-114.
- Reynolds, C., 1999, “Steering Behaviors for Autonomous Characters”, In: *Proceedings of Game Developers Conference 1999*, pp. 763-782, San Francisco.
- Reynolds, C., 1988, “Not Bumping Into Things”, In: *Proceeding of SIGGRAPH 88*, pp. G1-G13, Georgia, Atlanta, August.
- Reynolds, C., 1987, “Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model”, In: *Proceedings of SIGGRAPH’87*, pp. 25-34, Anaheim, California, July.
- Rosa, R., Brito, J.L.S., 1996, *Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica*, Uberlândia.
- Seixas, R.B., Mediano, M.R., Gattass, M., 1999, “Efficient Line-of-sight Algorithms for Real Terrain Data”, In: *III Simpósio de Pesquisa Operacional e IV Simpósio de Logística da Marinha – SPOLM 1999*, Rio de Janeiro, Dezembro.
- Silva, C. A., Seixas, R. B., Farias, O. L. M., 2003, *Modelagem Comportamental para Agentes Autônomos em Ambientes Reais*. Tese de M.Sc., Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Woodaman, R.F.A., 2000, *Agent-Based Simulation of Military Other Than War Small Unit Combat*. Tese de M.Sc., Naval PostGraduate School, Monterey, California, USA.
- Worboys, M.F., 1995, *GIS: A Computing Perspective*, 1 ed., London, Taylor & Francis.