

# Inteligência Artificial Aplicada à Análise de Guerra Eletrônica no Campo das Comunicações

Emanuel Alexandre Moreira Pessanha - Cap  
Centro Integrado de Guerra Eletrônica – CIGE – Brasília, DF.

**Resumo** — Este trabalho apresenta a proposta de aplicação da Inteligência Artificial na Análise de Guerra Eletrônica. Pretende-se estimular o mapeamento do raciocínio do analista por intermédio do preenchimento do formulário constante neste artigo, de forma a viabilizar a produção de um software, com ferramentas de Inteligência Artificial, voltado para a Análise de Guerra Eletrônica.

**Palavras-chaves** — Inteligência Artificial, Sistema Especialista, Lógica Fuzzy, Heurísticas, Regras de Produção, Guerra Eletrônica e Análise.

## I. INTRODUÇÃO

A utilização cada vez maior de diversos sensores de vigilância nos conflitos bélicos atuais está provocando um aumento significativo do volume de dados a ser analisado, fazendo com que a capacidade de processamento da informação seja um multiplicador do poder de combate de uma força armada [1]. A Fig. 1 ilustra o desdobramento de uma rede de sensores em um campo de batalha moderno.

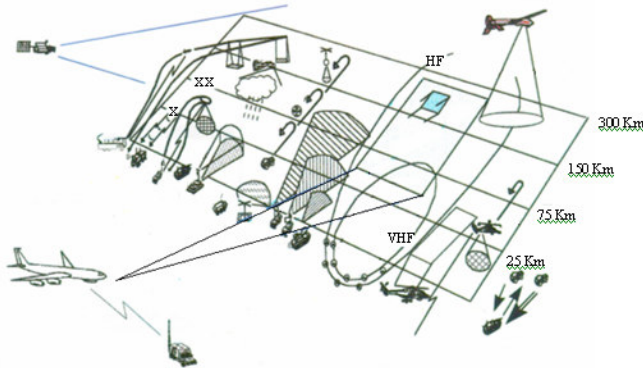


Fig. 1. Redes de sensores, [2].

Os dados brutos dos sensores são processados e analisados de forma a fornecerem informações corretas, apresentadas em um formato adequado e com oportunidade, possibilitando a apreciação ou estimativa da situação. As informações geralmente são disponibilizadas em forma de imagens, gráficos ou diagramas com o intuito de agilizar a compreensão da situação retratada [1].

O volume de dados a ser analisado e a segurança inserida nos sinais de comunicações dificultam consideravelmente a

missão do analista de Guerra Eletrônica (GE), constituindo um verdadeiro desafio, pois as informações devem ser analisadas sem que a oportunidade seja comprometida.

O fato da análise de Guerra Eletrônica (Anl GE) estar inserida no processamento de informações do ciclo de comando e controle ( $C_2$ ) de uma força armada, ilustrado na Fig. 2, torna relevante todo o esforço que busque a eficiência na exploração dos dados gerados pelos sensores de GE.

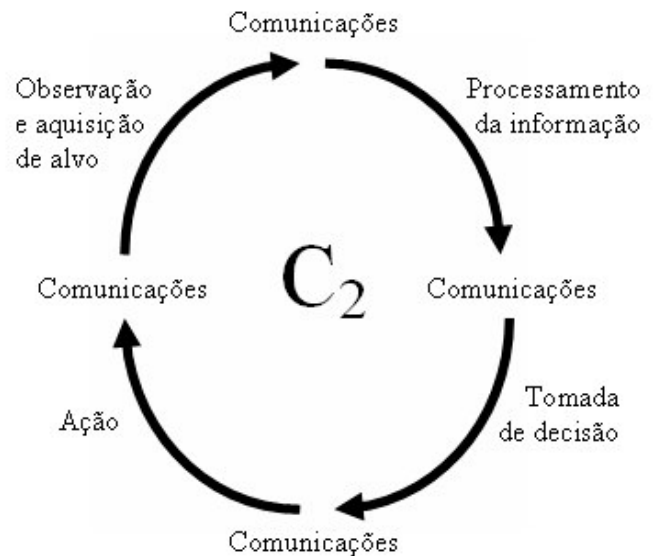


Fig. 2. Ciclo  $C_2$ , [1].

A eficiência na exploração dos dados gerados pelos sensores de GE pode ser aumentada com a utilização de ferramentas de Inteligência Artificial (IA). Com estas ferramentas, é possível pesquisar um grande volume de informações [3], criando condições para que a exploração do domínio em questão seja realizada de modo satisfatório.

A aplicação da Inteligência Artificial nas atividades de  $C_2$  durante as operações táticas não é novidade. O Tenente Coronel Michael Bowman, do Exército dos Estados Unidos da América, juntamente com George Tecuci e Mihai Boicu, em um artigo, propõem a aplicação de agentes da Inteligência Artificial no Posto de Comando (PC), [4].

O presente artigo apresenta a proposta de aplicação da Inteligência Artificial na Anl GE no campo das comunicações. Inicialmente, o texto evidencia como a Emanuel Alexandre Moreira Pessanha – Capitão de Comunicações do Exército Brasileiro, correiodopessanha@hotmail.com, Tel +61 – 3415 - 3703

estrutura de comunicações de uma tropa denuncia a organização da mesma. Após isso, aborda aspectos da Anl GE na missão de obter a composição da tropa adversária, por intermédio dos sensores de GE. A proposta do artigo finaliza o texto, ressaltando a necessidade do mapeamento de heurísticas de GE e do tratamento adequado aos dados, mais especificamente os relacionados às heurísticas que envolvam distâncias.

## II. DESENVOLVIMENTO

### A. A estrutura de comunicações e a organização das tropas no terreno

A estrutura de comunicações utilizada no campo de batalha denuncia a organização das tropas no terreno. O sistema de comunicações estabelece as ligações necessárias ao C<sub>2</sub>, que são determinadas em função da força que eles apóiam [1].

As necessidades de mobilidade, capacidade e alcance das ligações de um determinado escalão praticamente definem o sistema de comunicações a ser utilizado.

A Fig. 3 apresenta uma série de fatores que influenciam na escolha de um sistema de comunicações para atender um determinado escalão.

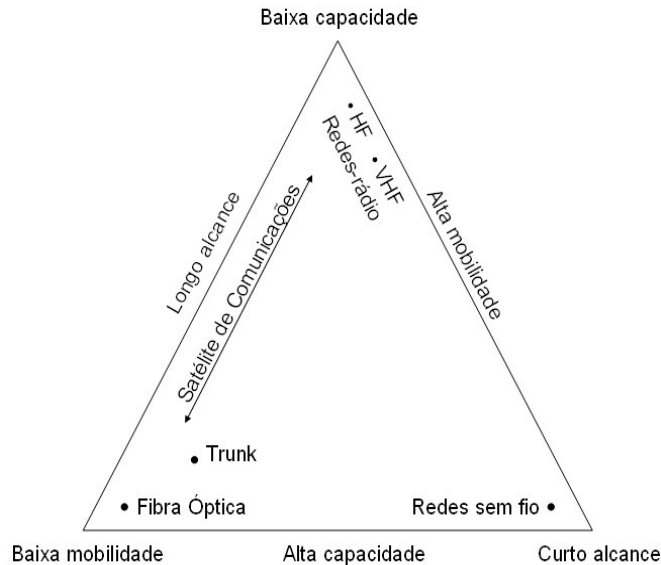


Fig. 3. Diagrama do sistema tático de comunicações, [1].

A TABELA I descreve o alcance necessário que os equipamentos de comunicações devem proporcionar para atender as ligações de cada escalão.

TABELA I ALCANCE NECESSÁRIO PARA AS LIGAÇÕES DE CADA ESCALÃO, [1].

Formações	Desdobramento convencional	Desdobramento disperso
Grupo de Combate	200 m	200 m
Pelotão	500 m	500 m
Companhia	1 Km	1 Km
Batalhão	4 Km	Acima de 600 Km
Brigada	12 Km	Acima de 1000 Km
Divisão	25 Km	—
Corpo de Exército	50 Km	—

A principal forma de comunicação dos escalões mais baixos é a face a face. As ligações destes escalões são realizadas em curtas distâncias. Com o aumento do nível do escalão, as ligações passam a necessitar de meios de comunicações que proporcionem alcances maiores, conforme apresentado na Fig. 4.

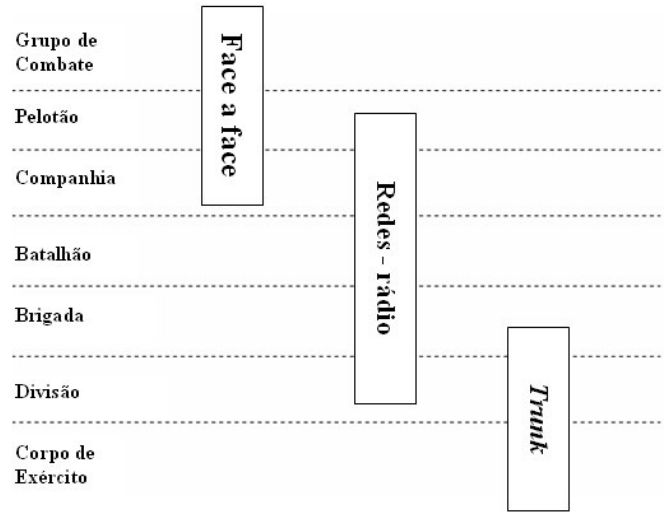


Fig. 4. Estrutura de comunicações típica de um exército, [1].

Além de alcances maiores, os escalões de níveis mais altos requerem comunicações com taxas de transmissão de dados elevadas. Conforme ilustrado Fig. 4, estes escalões utilizam o sistema de comunicações troncalizado, *trunk*, para prover comunicações à longa distância com alta capacidade de transmissão.

### B. O processamento dos dados obtidos pelos sensores de GE

O processamento dos dados obtidos pelos sensores de GE é realizado pela Anl GE, uma ação de *Electronic Support* (ES) voltada para gerar informações sobre uma força inimiga disposta no terreno. Esta ação provê um significado aos dados obtidos pelos diversos meios de ES, permitindo inferir sobre os planos e intenções do oponente [5].

A Anl GE no campo das comunicações estuda as características dos subsistemas táticos de comunicações para extrair informações das características do sinal, do tráfego padrão das transmissões, do teor das informações (se decodificadas ou em claro) e da localização dos transmissores [5].

Informações destas fontes são analisadas para prover uma visão global do dispositivo e da estrutura de comando das forças adversárias. As conclusões são usualmente emitidas sobre atividade, intenções futuras, localização de PC, tipos de unidades, e limites. Em alguns casos, é possível inferir a intenção do comandante, mesmo sem saber o teor das transmissões [5].

### C. Aplicação da Inteligência Artificial na Anl GE

A aplicação da Inteligência Artificial na Anl GE agiliza o processamento de dados e aumenta o grau de qualidade e confiabilidade das informações geradas, além de aprimorar os processos inerentes ao trabalho de análise.

### 1) Heurísticas de GE

Na Inteligência Artificial, as heurísticas são utilizadas para solucionar problemas complexos que envolvam a pesquisa em um conjunto muito grande dados. Desta forma, quando aplicado à GE, um software de Inteligência Artificial necessita de heurísticas desta atividade, ou seja, heurísticas de GE.

A heurística de GE, constante deste trabalho, concentra-se nas medidas de espaço. Estas medidas derivam do terreno e fazem parte da arte de manobrar tropas e definir táticas [6].

Os exércitos são desdobrados no terreno de forma que os escalões de comando mais altos sejam localizados a uma distância maior da linha de partida/linha de contato (LP/LC), como retrata a Fig. 5.

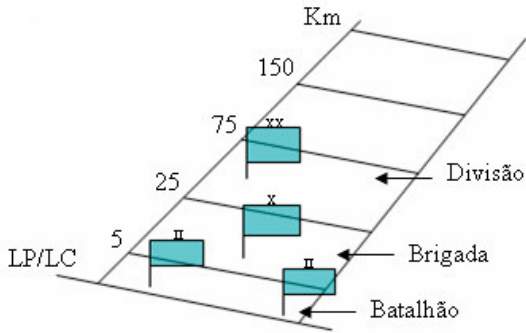


Fig. 5. Caracterização da tropa pela distância da mesma à LP/LC, [2].

Em geral, segue-se a heurística de que quanto maior a distância de um PC para a LP/LC, maior é o seu escalão [1], exceção feita aos PC de Batalhões Logísticos e das tropas de apoio ao combate. Esta heurística, assim como as demais, podem ser implementadas em *softwares* de Inteligência Artificial, como os geradores de sistema especialista.

### 2) Mapeamento de heurísticas de GE

A elaboração de um sistema especialista voltado para a Anl GE necessita de heurísticas de GE perfeitamente mapeadas. Com este intuito, foi elaborado o formulário de mapeamento de heurísticas, apresentado na TABELA II.

TABELA II FORMULÁRIO DE MAPEAMENTO DE HEURÍSTICAS DE GE

Regra - Nr	
Se	
Então	GP-
	GP-
	GP-
	GP-
Caso contrário	GP-
Dados da operação	
Demais observações	

Neste formulário, as regras de produção utilizam a estrutura If... Then... Else, descrita na Fig. 6. Estas regras podem ser ponderadas de acordo com o Grau de Pertinência (GP), também chamado de Grau de Confiança, que varia de 0 a 100% e reflete o quanto uma resposta pertence ao conjunto verdade.

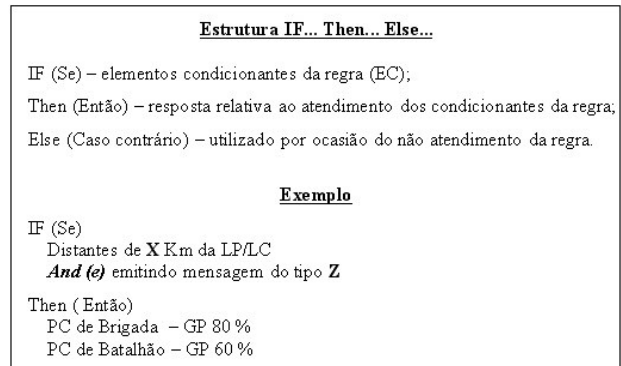


Fig. 6. Estrutura IF... Then... Else....

O mapeamento constante das heurísticas de GE é necessário para possibilitar a documentação do raciocínio do analista e posteriormente a sua implementação em um software de Inteligência Artificial. Desta forma, pretende-se que os analistas de GE passem a preencher o referido formulário durante as operações, sejam elas realizadas no nível tático ou no estratégico.

Após as operações, os formulários devem ser remetidos a um Centro de Análise, responsável por validar e inserir as heurísticas em software específico. Espera-se com isso formar um banco de heurísticas constantemente validadas, atualizadas e implementadas em condições mais favoráveis à transmissão dos conhecimentos necessários a futuros analistas.

### 3) Tratamento adequado aos dados obtidos pelas ações de ES

O tratamento adequado aos dados obtidos pelas ações de ES permite trabalhar a incerteza e a imprecisão do conhecimento inserido nas heurísticas de GE. No estudo referenciado na Fig. 7, a distância, por exemplo, é tratada com a aplicação da Lógica Fuzzy, uma área da Inteligência Artificial.

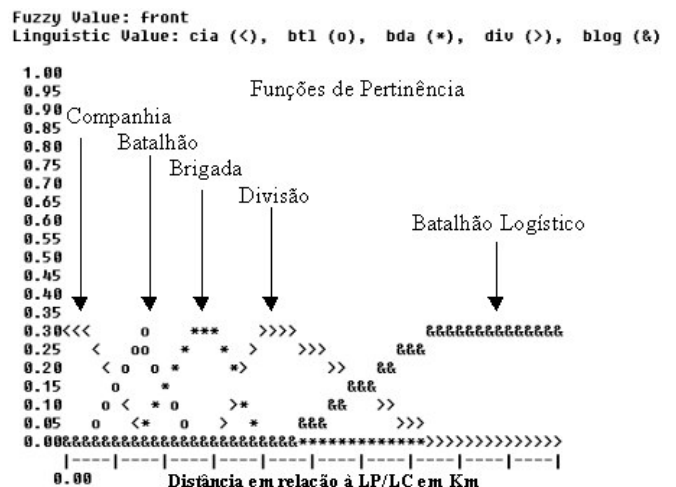


Fig. 7. Grau de pertinência dos PC (Cia, Btl, Bda, Div e BLog) x Distância (Km), [7].

Todas as funções representadas no gráfico são trapezoidais e representam as distâncias prováveis dos PC em relação a Linha de Partida/ Linha de Contato (LP/LC), limite entre as tropas adversárias. O formato triangular conferido a algumas é um caso particular da função trapezoidal, quando o ponto esquerdo de pertinência máxima coincide com o ponto direito de pertinência máxima da mesma função.

Este entendimento é importante, pois permite retratar de uma forma mais precisa o grau de pertinência das funções em relação à distância da LP/LC. O cálculo do grau de pertinência da função Batalhão é obtido da seguinte forma [7]:

$$\mu_{Batalhão}(dist) \begin{cases} 0,30 \times \left( \frac{dist - pep\ min}{pep\ max - pep\ min} \right) & \text{se } dist \in [pep\ min, pep\ max] \\ 0,30 & \text{se } dist \in [pep\ max, pdp\ max] \\ 0,30 \times \left( \frac{pdp\ min - dist}{pdp\ min - pdp\ max} \right) & \text{se } dist \in (pdp\ max, pdp\ min] \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (1)$$

Onde: - *pep min* é o ponto esquerdo de pertinência mínima da função Batalhão;  
 - *pep max* é o ponto esquerdo de pertinência máxima da função Batalhão;  
 - *pdp max* é o ponto direito de pertinência máxima da função Batalhão;  
 - *pdp min* é o ponto direito de pertinência mínima da função Batalhão;  
 - *dist* é a distância do Batalhão à LP/LC; e

$\mu_{Batalhão}(dist)$  é o grau de pertinência da distância (*dist*) à função Batalhão.

Deste modo, um sistema especialista é capaz de selecionar os PC que apresentam graus de pertinência maiores ou iguais a 0.15, para uma determinada distância da LP/LC. Este grau é dado pela pertinência da distância em relação ao domínio de cada uma das funções, apresentadas na Fig. 7.

A Fig.8 mostra o grau de pertinência de cada PC para a distância de X Km da LP/LC. Neste caso, um sistema especialista pode selecionar os PC de Brigada e de Batalhão como prováveis PC, pois possuem graus de pertinência maiores ou iguais a 0.15.

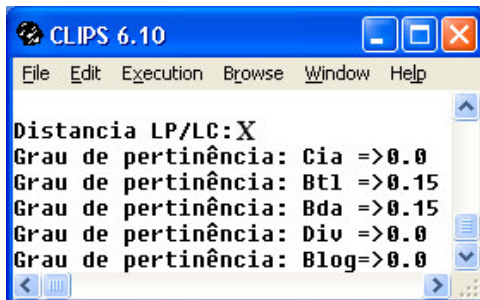


Fig. 8. Grau de pertinência de um PC a X Km, [7].

No entanto, estas distâncias não são fixas, pois cada tropa possui um padrão de ocupação do terreno, de modo diferenciado para cada tipo de operação. A Fig. 9 descreve uma nova situação referente à disposição das tropas.

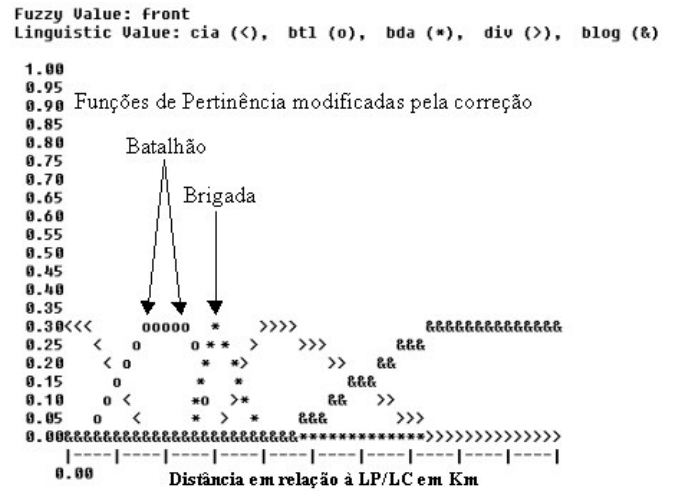


Fig. 9. Ajuste das funções de pertinência Batalhão e Brigada, [7].

Uma estrutura flexível é capaz de aprender, ou seja, adaptar-se a uma situação apresentada. É possível fazer com que o gráfico se desloque de modo dinâmico, procurando identificar a situação real do desdobramento das tropas oponentes no terreno.

### III. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a aplicação da Inteligência Artificial na Anl GE. Inicialmente, procurou-se evidenciar a importância da Anl GE no ciclo de C<sub>2</sub> e descrever como uma estrutura de comunicações denuncia a organização de uma tropa no terreno. Após isso, foram descritas algumas características da Anl GE, na missão de obter a composição da tropa adversária, por intermédio do processamento dos dados obtidos pelos meios de ES. Por fim, o presente artigo apresentou a proposta de aplicação da Inteligência Artificial na Anl GE, ressaltando a necessidade de mapeamento das heurísticas de GE e do tratamento adequado aos dados, por ocasião do processamento dos mesmos.

Trabalhos futuros podem abordar a aplicação de outras áreas da Inteligência Artificial na Anl GE. Para isso, torna-se necessária a preparação de recursos humanos em estabelecimentos de ensino que atuem na fronteira do conhecimento.

Estudos sobre a utilização da Inteligência Artificial em outras áreas do campo bélico também podem ser elaborados. A aplicação de conhecimentos neste esforço permite eliminar o “achismo” do processo de tomada de decisão, substituindo-o por estudos fundamentados que não evitam erros, mas aumentam o número de acertos.

### REFERÊNCIAS

**Referências**  
 [1] RYAN, M. J.; FRATER, Michael R. **Tactical Communications for Digitized Battlefield**. 1. ed. Boston: Artech House, 2002. 372 p. ISBN 1-58053-323-x.  
 [2] FAVA, Marcio Ricardo Souza; MARQUES, Flávio César de Siqueira. Guerra Eletrônica no Exército Alemão. In: PALESTRA APRESENTADA AOS OFICIAIS DO CENTRO INTEGRADO DE GUERRA ELETRÔNICA, 2002, Brasília. **Anais eletrônicos...**Brasília: CIGE, 2006. 1 CD –ROM.  
 [3] LUCENA, Carlos J. P. **Inteligência Artificial e Engenharia de Software**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1987. 305 p. ISBN 85-7110-013-6.

- [4] BOWMAN, Michael; TECUCI, Gheorghe; BOICU, Mihai. **Os Agentes da Inteligência Artificial no Posto de Comando**. Disponível em:< <http://usacac.leavenworth.army.mil/CAC/milreview/portuguese/1stQtr02/bowman.pdf>>. Acesso em: 21 junho 2007.
- [5] FRATER, Michael R.; RYAN, Michael. **Electronic Warfare for the Digitized Battlefield**. 1. ed. Boston: Artech House, 2001. 262 p. ISBN 1-58053-271-3.
- [6] TZU, Sun. **A Arte da Guerra: Por uma Estratégia Perfeita**. Tradução de Heloisa Sarzana Pugliesi; Márcio Pugliesi. São Paulo: Madras, 2005. 123 p. ISBN 85-7374-640-8.
- [7] PESSANHA, Emanuel Alexandre Moreira. **Regras de Produção na Análise de Guerra Eletrônica de Comunicações**. 2006. 98 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2001. Monografia apresentada no Instituto Tecnológico de Aeronáutica, como pré-requisito para a obtenção do título de Especialista, em Análise do Ambiente Eletromagnético.