

A Entropia de Shannon como Métrica de Consciência Situacional em Organizações de Agentes

André L.P. Uruguay¹, Celso M. Hirata²

¹ Subdivisão de Sistemas de Auxílio à Decisão – Instituto de Estudos Avançados
Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial
Rod. dos Tamoios, km 5,5 Torráo de Ouro – 12.228-001 São José dos Campos, SP

² Divisão de Ciência da Computação – Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Centro Técnico Aeroespacial
Pça. Marechal Eduardo Gomes, 50 Vila das Acácias – 12.228-900 São José dos Campos, SP

auruguay@ieav.cta.br, hirata@ita.br

Abstract. *Two metrics of situational awareness based on Shannon entropy applied to organizations of situated agents with partial observability are presented. The first measures the information gain obtained by the sensors of the organization, and perceived by a decision maker agent. The second, called information superiority, is defined as the difference between information gains provided by two competing organizations. A BDI agent-based simulation study about a military conflict scenario is presented, involving command and control systems of two opposing air forces. The results show that there is a moderate correlation between information superiority and combat results. The correlation increases if the global value of the information superiority, cumulated during all the simulation period, is considered.*

Resumo. *São apresentadas duas métricas de consciência situacional baseadas na entropia de Shannon aplicadas a organizações de agentes situados com observabilidade parcial. A primeira mede o ganho de informação obtido através dos sensores da organização e percebido por um agente decisor. A segunda, denominada superioridade da informação, é definida como sendo a diferença entre ganhos de informação fornecidos por duas organizações competidoras. É apresentado um estudo de simulação baseada em agentes BDI sobre um cenário de conflito militar, envolvendo sistemas de comando e controle de duas forças aéreas oponentes. Os resultados mostram que há uma moderada correlação entre a superioridade da informação e o resultado dos combates. Esta correlação aumenta se for considerado o valor global da superioridade de informação, acumulado durante todo o período de simulação.*

1. Introdução

Em vários domínios de aplicação um conjunto de entidades se organiza para operar de maneira distribuída, num ambiente dinâmico, incerto e parcialmente observável, visando um objetivo comum. Tais organizações podem ser consideradas como unidades processadoras de informação [Galbraith, 1974], onde sensores obtêm percepções do ambiente, transmitem informações a entidades tomadoras de decisão que, por sua vez, são comunicadas a entidades capazes de atuar sobre o ambiente.

O presente artigo visa apresentar a idéia de que o desempenho da organização na busca do objetivo global seja de alguma forma relacionado com o valor da informação

percebida pelos tomadores de decisão. Esse valor pode ser determinado usando o conceito de entropia como métrica do grau de incerteza sobre eventos aleatórios e, portanto, de ausência da informação.

Inicialmente é definido o conceito de entropia, surgido com a criação da Teoria da Informação [Shannon, 1948]. Em seguida são apresentados dois exemplos de aplicação do conceito no domínio militar. Duas métricas baseadas em entropia são apresentadas. A primeira mede o ganho de informação da organização, expresso pela quantidade de informação fornecida pelos sensores da organização, e calculado pela redução da entropia da crença de um agente decisor sobre a posição dos demais agentes. A segunda métrica, denominada superioridade da informação, mede a diferença entre os ganhos de informação dados por duas organizações em competição. Para exemplificar a aplicação das métricas, é apresentado um estudo de simulação envolvendo dois sistemas de comando e controle numa situação de conflito aéreo.

2. O Conceito de Entropia

No século XX, o surgimento da telefonia e a expansão do uso do telégrafo colocaram desafios sobre os possíveis limites para as taxas de transmissão de informação veiculadas por canais ruidosos. Acreditava-se à época que a probabilidade de erro na recepção de uma mensagem só poderia ser reduzida pela redução da taxa de transmissão, ou seja, uma mensagem livre de erros só poderia ocorrer se a transmissão cessasse.

Claude Shannon (1948) discordou e mostrou que se um canal tivesse capacidade não-nula (calculada englobando o ruído) então probabilidades de erro arbitrariamente baixas poderiam ser atingidas uma vez que a taxa de transmissão se mantivesse abaixo da capacidade do canal. Além disso, Shannon afirmou que processos aleatórios como a fala ou a música tinham uma complexidade irreduzível abaixo da qual nenhuma compressão de sinal seria possível.

É essa referência a processos aleatórios que faz com que a teoria de Shannon seja atraente para a Estatística na tentativa de mensurar incerteza e seu complemento, ou seja, *aquilo que se sabe*, partindo da aceitação de uma distribuição de probabilidade como representação completa e suficiente da incerteza presente em eventos mutuamente exclusivos e coletivamente exaustivos.

Considere-se um conjunto de n eventos possíveis de uma variável aleatória $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ cujas probabilidades de ocorrência são, respectivamente, p_1, p_2, \dots, p_n . Tais probabilidades são conhecidas mas isso é tudo o que se sabe sobre qual evento irá ocorrer. Seja $H(p_1, p_2, \dots, p_n)$ uma medida de quanta “escolha” está envolvida na seleção do evento ou de quanta incerteza está presente. Shannon provou que, para H ser contínua, monotonicamente crescente em n e com valor máximo para eventos equiprováveis, tal grandeza, denominada *Entropia*, deve ser da forma:

$$H = -K \sum_{i=1}^n p_i \log p_i, p_i > 0, \quad (1)$$

cuja unidade, se usada a base 2 no logaritmo e $K = 1$, é o *bit*.

Além disso, assim definida a entropia tem valores limitados. O limite inferior é atingido quando há máxima certeza sobre qual evento irá ocorrer, representado por $p_j = 1$ para o evento certo e $p_i = 0, i \neq j$, para os demais eventos. Por definição toma-se que $0 \log 0 = 0$ e, portanto,

$$H(X) = -1 \log 1 - (n - 1) 0 \log 0 = 0. \quad (2)$$

O limite superior ocorre na situação de máxima incerteza, que é quando os eventos são equiprováveis, ou seja, para n eventos possíveis, $p_i = 1/n$ e

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n} \right) \log \left(\frac{1}{n} \right) = \log n. \quad (3)$$

Portanto, $H(X) \in [0, \log n]$.

3. Entropia e Informação no Domínio Militar

A essência de comando e controle é o tratamento da informação visando a uma decisão. A qualidade da decisão advém da informação provida por sistemas de sensores, pessoas e outros equipamentos. Logo, o desempenho de um sistema de C^2 está relacionado ao ganho de informação proporcionado por esses sistemas, sendo relevante encontrar uma maneira de medir tal ganho ao longo do tempo. Barr e Sherrill (1997) consideraram este ganho como sendo a diferença entre a incerteza *a priori* e a incerteza posterior ao evento.

Considerando a entropia uma medida adequada de incerteza, se um evento I afeta o estado de uma variável aleatória T , o ganho de informação δ decorrente de I é

$$\delta(T|I) = H(T) - H(T|I) \quad (4)$$

Tomando a fórmula de Shannon para a entropia tem-se

$$\delta(T|I) = \sum P[T|I] \log P[T|I] - \sum P[T] \log P[T] \quad (5)$$

É possível calcular a entropia de meios de detecção, capazes de colher percepções sobre uma determinada área e as entidades que estão nela, a partir da discretização do espaço geográfico [Barr and Sherrill, 1996].

Seja um alvo T localizado numa célula C_i , dentre um conjunto de células C_1, C_2, \dots, C_n , e um sensor com probabilidade de detecção $p_D = P[I(j)|T(j)]$. Seja $p_j = P[T(j)]$ a probabilidade a priori da posição de T na célula C_j e $I(j)$ o evento de detecção de T nessa mesma célula. Supondo nula a probabilidade de falso alarme $p_{FA} = P[I(j)|\neg T(j)]$, tem-se

$$P[T(j)|\neg I(j)] = \frac{(1 - p_D)p_j}{1 - p_D p_j} \quad (6)$$

e

$$P[T(i)|\neg I(j)] = \frac{p_i}{1 - p_D p_j}, i \neq j, \quad (7)$$

onde $\neg I(j)$ representa o evento de não-deteção do alvo na célula C_j .

Caso a probabilidade de detecção p_D varie em função do sensor e da célula considerados, seja esta probabilidade $D_{s,c}$. Então, se nenhum sensor detetar o alvo num passo de tempo, a atualização da distribuição de probabilidade sobre a posição do alvo se dá por

$$p_{t+1} = \frac{p_t \otimes d_{t+1}}{|p_t \otimes d_{t+1}|}, \quad (8)$$

onde $d_{t+1} = \prod_s (1 - D_{s,c})$, \otimes representa a multiplicação componente-a-componente entre vetores, e $|\cdot|$ representa o somatório de todos os elementos de um vetor. Após essa atualização, o cálculo da entropia em função do tempo é dado por

$$H(T, t) = - \sum_C p_t \log p_t. \quad (9)$$

Há que se considerar, principalmente no domínio de emprego do Poder Aéreo, a situação de detecção de alvos móveis. Nesse caso, logo após um sensor detetar um alvo a informação de posição obtida começa a se degradar. Diversos modelos existem para descrever tal degradação [Shupenus and Barr, 1998]: quadrado de distribuição uniforme, circular uniforme e cone exponencial.

No caso da distribuição circular uniforme a probabilidade de localização do alvo é uniformemente distribuída ao longo de um círculo (ou de um polígono, composto de células, que mais se aproxime de um círculo) de raio D_p , sendo D_p a distância potencial que o alvo pode percorrer para cada instante de tempo após a última detecção.

Um trabalho semelhante foi apresentado por Beene (1998), que, além de discretizar o espaço em células, insere na fórmula de Shannon um fator referente à resolução do sensor utilizado, ou seja, uma área dentro da qual um sensor não consegue mais refinar a posição de um alvo detetado. A fórmula alterada por Beene é

$$H(X) = - \sum_i p_i \ln\left(\frac{p_i}{A}\right), \quad (10)$$

sendo A a área de resolução do sensor em questão.

A comodidade do método de Beene é poder analisar a dinâmica da consciência situacional a respeito de uma dada entidade aplicando sensores com diferentes capacidades. Além disso, em acréscimo ao método para calcular a entropia sobre a localização das entidades de interesse, Beene criou um modelo de difusão da crença sobre essa localização.

4. Uma Métrica de Ganho de Informação

Com base nos trabalhos de Shupenus e Beene, é possível elaborar um processo para quantificar a incerteza vista por um tomador de decisão que precisa da informação sobre a localização de certas entidades distribuídas num espaço geográfico de interesse, inicialmente discretizado em células [Uruguay, 2006].

Para o presente estudo foi empregada uma discretização baseada num reticulado hexagonal bidimensional. Há somente 3 polígonos regulares capazes de recobrir um plano: triângulos, quadrados e hexágonos. Hexágonos são a forma mais compacta, fornecem a maior resolução angular e discretizam o plano com o menor erro médio [Sahr et al., 2003]. Consequentemente a propagação de qualquer propriedade ao longo de células hexagonais terá a menor *anisotropia*, ou seja, terá a maior uniformidade em todas as direções.

Sobreposto a esse reticulado há um sistema de comando e controle, constituído, dentre outros elementos, de sensores posicionados espacialmente e com alcances definidos. Geralmente tais sensores não possuem cobertura total sobre o espaço de interesse, ou seja, o decisor possui apenas observabilidade parcial.

Uma vez que a informação sobre a localização de uma dada entidade não seja atualizada, supõe-se que a crença do decisor sobre sua localização irá se degradar. Essa degradação ocorre pela difusão da crença sobre a posição da entidade ao longo de um conjunto de células. Este conjunto cresce numa taxa proporcional à capacidade de deslocamento da entidade, ou seja, sua velocidade.

Para explicar o processo de difusão é mais adequado empregar o Princípio da Máxima Entropia. Reza tal princípio que, para um determinado evento aleatório de distribuição de probabilidade desconhecida, deve-se adotar a distribuição que maximize

a entropia de tal evento, com a condição de que essa distribuição satisfaça as hipóteses conhecidas sobre o evento. Do contrário, a distribuição gerada conterá um viés (“bias”) indesejável. Um exemplo simples de difusão pode ser observado na fig.1.

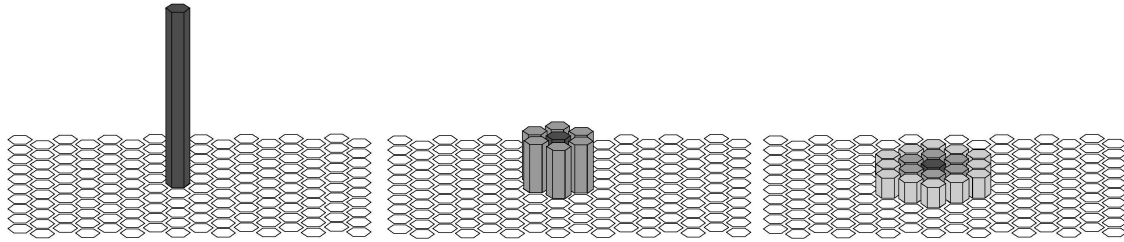


Figura 1: Exemplo de difusão de crença sobre a localização de uma entidade na ausência de sensores na vizinhança

Supondo que o que se sabe sobre a posição da entidade é a crença certa de que a mesma se encontra numa determinada célula. Tal crença é representada pela única barra, à esquerda na fig.1, representando a probabilidade unitária sobre tal célula. Supondo que a posição inicial seja o centro da célula, à medida em que a entidade se desloca, sua distância ao centro da célula aumenta. Ao ter uma distância percorrida estimada que torne possível o evento de estar em outra célula, um passo de difusão deve ocorrer.

A crença certa inicial (e conseqüente probabilidade unitária) deve ser agora compartilhada entre todas as células onde a presença da entidade é possível. Se não houvesse nenhuma informação, e nenhuma célula na vizinhança fosse coberta por um sensor, a distribuição seria tal que todas as células do espaço seriam ocupadas pela entidade com igual probabilidade, maximizando, portanto, a entropia.

Mas há uma única hipótese restritora, que é a velocidade da entidade, ou sua estimativa máxima de deslocamento. Assim, o conjunto de células onde a presença da entidade é possível é menor que o espaço total de células. Na teoria de busca e detecção costuma-se chamar esse conjunto de *datum*. Com o passar do tempo, se a entidade não for reobservada, novas difusões de crença ocorrerão, aumentando o tamanho do datum.

Usando as diferentes distribuições de probabilidade referentes a cada um desses momentos, e aplicando a entropia de Shannon como medida de incerteza, pode-se quantificar, portanto, a degradação da informação sobre a localização da entidade.

Agora, considere-se a presença de um sensor nas proximidades de uma entidade. O sensor pode possuir um alcance efetivo, que faz com que todas as células dentro desse raio sejam cobertas com uma probabilidade de detecção não-nula. Tais células são apresentadas na fig.2, à esquerda, em formato hachurado.

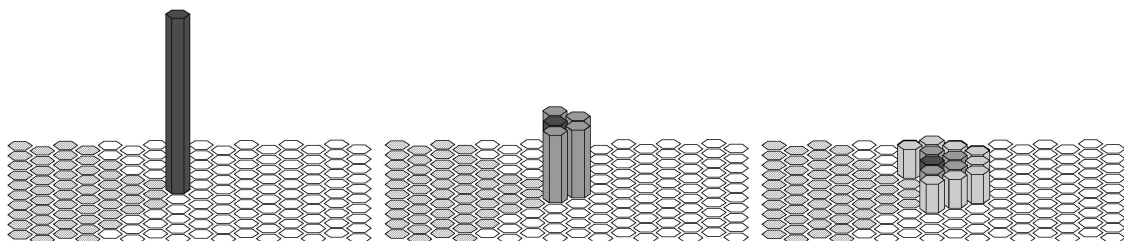


Figura 2: Exemplo de difusão de crença sobre a localização de uma entidade, com a vizinhança parcialmente coberta por sensores (área hachurada)

O processo de difusão ocorre de maneira similar, com a ressalva de que, no presente caso, há uma hipótese adicional: se o sensor for perfeito, a probabilidade *a posteriori*

ori da entidade estar numa célula coberta pelo sensor, dado que não foi detectada, é nula. Não há, portanto, sentido em se difundir a crença por essas células, como mostrado nas demais imagens da figura.

5. Superioridade da Informação

Como já mostrado, a entropia permite o cálculo do ganho de informação sobre um evento, a partir do conhecimento da ocorrência de outro. Assim, é possível também determinar, dentre duas organizações de agentes, qual delas obteve, num determinado instante, maior ganho de informação em relação à outra, ou seja sua *superioridade de informação*.

Tome-se o valor máximo da entropia H_{MAX} para a situação correspondente à ausência total de sensores, ou seja, ganho nulo de informação. Considerando $O1$ e $O2$ duas organizações, seus ganhos de informação $\delta(O1)$ e $\delta(O2)$, providos por seus sensores e sistemas de comunicação, são dados pela eq.5:

$$\delta(O1) = H_{MAX} - H(O1), \delta(O2) = H_{MAX} - H(O2) \quad (11)$$

É possível definir a *superioridade da informação* S de uma organização em relação a outra, entendida como a diferença entre os respectivos ganhos de informação. Assim, tomando $O1$ em relação a $O2$,

$$S(O1, O2) = \delta(O1) - \delta(O2) \Rightarrow S(O1, O2) = H(O2) - H(O1) \quad (12)$$

6. Exemplo de Uso

Um conflito aéreo militar foi escolhido como domínio de aplicação, devido à ausência típica de informações completas por parte de um comandante militar e ao caráter aleatório presente num número razoável de eventos. Como sistema a ser simulado foram escolhidas duas forças aéreas, simbolizadas pelas cores azul (AZ) e vermelha (VE), em situação de conflito. Tais forças são compostas de aeronaves, sensores, estações de comunicações e centros de comando, distribuídos geograficamente de maneira idêntica.

Todas as entidades têm seus comportamentos restritos aos respectivos papéis organizacionais. Além disso, aeronaves e sensores têm restrições quanto à capacidade de movimento e sensoreamento. Aeronaves podem ser empregadas para atacar alvos terrestres ou aéreos, e o resultado de cada combate se dá através de um modelo onde tanto atacantes como defensores podem ser destruídos.

Cada força armada busca vencer o conflito executando missões de ataque a alvos terrestres localizados no território do oponente bem como missões de interceptação de aeronaves inimigas ingressando no espaço aéreo sobrejacente ao seu território. Como cada entidade está inserida num modelo organizacional explícito, sua destruição gera efeitos sobre as demais entidades pertencentes à mesma organização. Por exemplo, a destruição de uma estação de comunicações causa o cessar de todas as informações por ali trafegadas, causando uma diminuição na quantidade global de informação contida no sistema que efetivamente chega aos tomadores de decisão.

A fim de verificar efeitos da estrutura sobre o desempenho da organização num ambiente de incerteza, foram modeladas duas estruturas diferentes. A fig.3 apresenta as especificações das duas estruturas segundo o modelo $MOISE^+$ [Hübner, 2003].

A primeira estrutura considerada é tal que todas as decisões envolvendo uma determinada função organizacional são tomadas por um comando central. Há dois comandos:

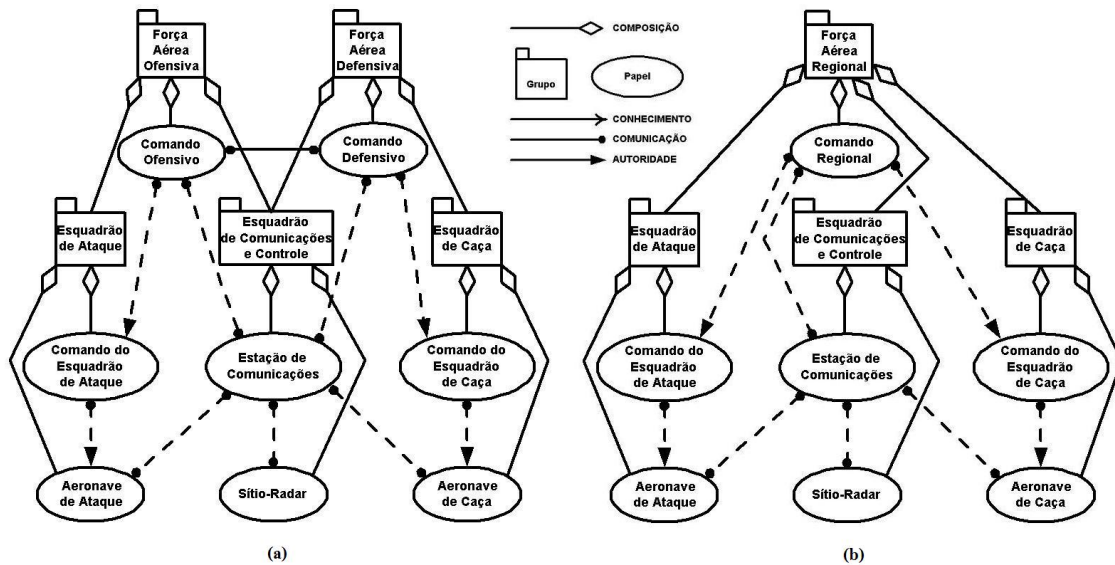


Figura 3: Especificações estruturais das organizações modeladas:(a) Centralizada (b) Regional

um, ofensivo, que coordena as missões de ataque aos alvos terrestres; e outro, de caráter defensivo, responsável pela defesa do espaço aéreo.

A outra estrutura considerada para estudo envolve uma divisão regional da organização, baseada no espaço ocupado por cada entidade no teatro de operações. No lugar dos comandos ofensivo e defensivo existem dois comandos, com atribuições idênticas mas cada um com independência total de decisão em relação ao outro.

Para agilizar o projeto do simulador baseado em agentes BDI, a técnica IDEF0 [EUA, 1998] foi empregada para a análise funcional, numa versão modificada [Uruguay and Hirata, 2006] do modelo MOISE^+ . A fig.4 mostra as principais funções, em linguagem IDEF0, com ambas as organizações possuindo a mesma especificação.

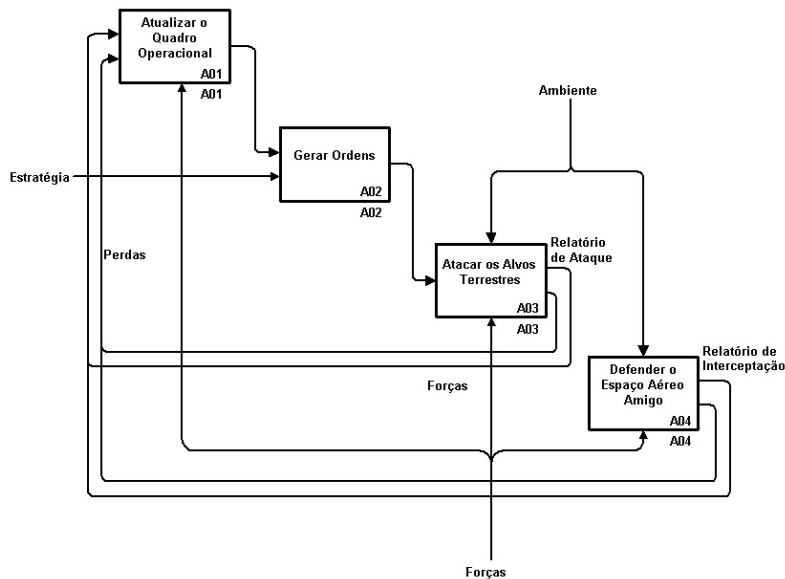


Figura 4: Especificação funcional das organizações modeladas

A fim de observar a dinâmica dos valores de entropia calculada durante a simulação, os seguintes parâmetros foram variados: estrutura organizacional, alcance dos radares, probabilidade de destruição (P_{KILL}) para os alvos terrestres, e estratégia

de seleção de alvos.

A consciência sobre a situação aérea se refere à entropia sobre a posição das aeronaves de ambas as forças, conforme as crenças de seus comandantes. Essas crenças são atualizadas a partir dos sensores (radares) e através da estrutura organizacional. Neste caso, a entropia permanece nula.

Contudo, caso a crença de um comandante sobre a posição de uma dada aeronave não seja atualizada, um processo de difusão de crença é iniciado, e o valor da entropia sobre essa aeronave aumenta. A entropia de cada força (azul ou vermelha) é registrada como o somatório das entropias de todas as aeronaves, amigas ou inimigas, conforme percebido pelo comandante da força.

Foi tomado como hipótese que a infra-estrutura sistêmica de comunicações reflete perfeitamente os requisitos de intercâmbio de informações estabelecido pela estrutura organizacional. Não foram estabelecidos procedimentos de colaboração entre os demais agentes para lidar com a falta de informação em caso de perda de elos intermediários do sistema.

Para cada conjunto de parâmetros foram executadas 10 corridas de simulação. Cada corrida constou de 6 horas de simulação, sendo o valor da entropia percebida por cada força registrado a cada 5 minutos, perfazendo um total de 72 amostras de entropia por cada força e por cada corrida. Além disso, todos os alvos destruídos, aéreos e terrestres, foram registrados.

7. Resultados e Análise

A fig.5 apresenta um exemplo da dinâmica da entropia, onde se pode ver que a força vermelha manteve valores menores de entropia, o que corresponde a maior ganho de informação. No presente caso essa diferença resultou num número maior de alvos azuis destruídos e a vitória da força vermelha.

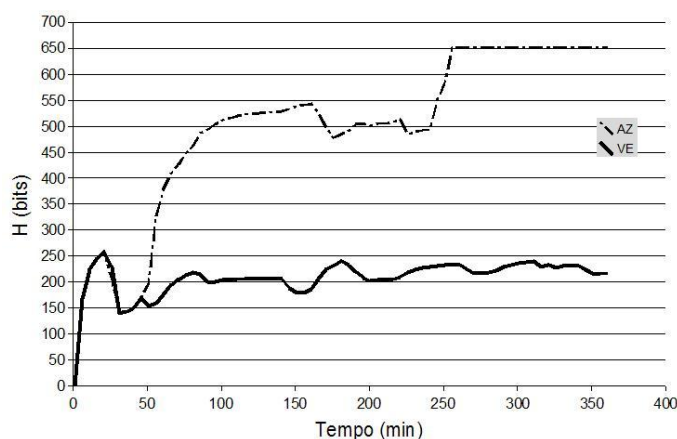


Figura 5: Exemplo da dinâmica da entropia das duas forças, em função do tempo

Para determinar qual a correlação entre esses eventos, a fig.6 apresenta o somatório dos valores de superioridade da informação, calculados durante todo o período da simulação, e a diferença entre os alvos vermelhos e azuis destruídos, para diferentes valores de alcance dos radares da força azul.

Pode-se observar que os pontos referentes ao menor alcance concentram-se no quadrante correspondente a valores negativos de superioridade da informação e valores negativos na diferença de alvos destruídos, apontando para o fato de que um aumento na diferença de entropia entre uma força e outra geralmente leva a primeira à derrota.

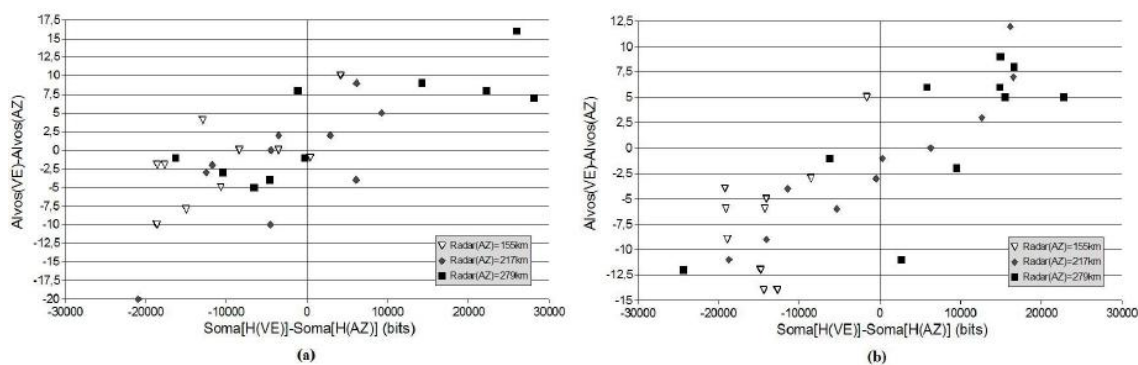


Figura 6: Relação entre a superioridade da informação e a diferença de alvos destruídos

Tabela 1: Coeficiente de correlação entre a diferença de alvos destruídos pelas forças azul e vermelha e superioridade da informação de azul sobre vermelho, para as estruturas organizacionais consideradas.

	$Desempenho = f(S_{Final})$	$Desempenho = f(S_{Global})$
Cenário Simétrico	0,5	0,55
Cenário Assimétrico	0,65	0,7

Em relação às estruturas organizacionais modeladas, a fig.7 mostra que há pouca diferença observada nos valores de superioridade da informação, com leve tendência de vantagem para o caso centralizado. A figura engloba os pontos referentes a todos os diferentes valores de alcance dos radares da força azul.

A tab.1 apresenta os índices de correlação encontrados, sendo o desempenho definido como a diferença entre os alvos destruídos pelas forças azul e vermelha.

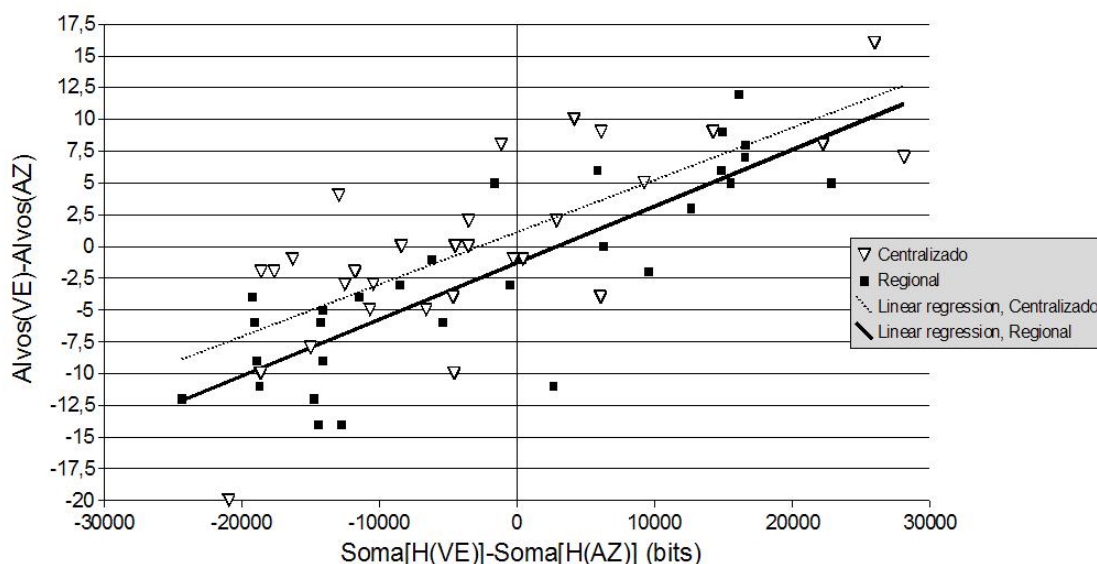


Figura 7: Superioridade global da informação para as estruturas organizacionais consideradas.

8. Conclusões

O presente trabalho visa apresentar a possibilidade de empregar o conceito de entropia, como definido por Claude Shannon, para construir métricas de consciência situacional em

organizações de agentes. Um modelo de representação da organização é empregado, que inclui formas de especificação estrutural e funcional.

Uma situação de conflito militar entre duas forças aéreas de iguais capacidades (aviões, radares e sistemas de armas semelhantes) é usada como exemplo, dado que o domínio do emprego de forças militares reúne diversas entidades distribuídas geograficamente, atuando em conjunto para um propósito global, usualmente com observabilidade parcial e capacidade de comunicação limitada.

Duas métricas são apresentadas, com base no conceito de entropia de Shannon: uma para determinar o grau de informação fornecido por um sistema de comando e controle, e outra para medir em que nível um sistema de comando e controle provê consciência situacional de maneira superior a outro. Os resultados apontam que há uma moderada correlação entre a superioridade de informação e o desempenho, definido segundo o critério da diferença de alvos destruídos.

Uma vantagem é que a métrica apresentada de ganho de informação é dinâmica, ou seja, seus valores podem ser tomados à medida em que o sistema muda de estado. O mesmo pode ocorrer com a superioridade de informação, se houver meios de estimar o ganho de informação obtido por uma força oponente. Outra vantagem é que a estrutura de comunicação das organizações é considerada. Assim, diferentes arquiteturas organizacionais podem ser comparadas quanto ao ganho de informação proporcionado pelas mesmas.

Referências

- Barr, D. R. and Sherrill, E. T. (1996). Measuring Information Gain in Tactical Operations. Technical report, US Military Academy, West Point.
- EUA (1998). *IEEE STD 1320.1-1998 - Standard for Functional Modeling Language - Syntax and Semantics for IDEF0*. Institute of Electrical and Electronic Engineers, New Jersey.
- Galbraith, J. R. (1974). Organization Design: An Information Processing View. *Interfaces*, 4(3):28–36.
- Hübner, J. F. (2003). *Um Modelo de Reorganização de Sistemas Multiagentes*. PhD thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Sahr, K., White, D., and Kimerling, A. (2003). Geodesic Discrete Global Grid Systems. *Cartography and Geographic Information Science*, 30(2):121–134.
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27:379–423, 623–656.
- Shupenus, J. L. and Barr, D. R. (1998). Information Gain and Loss. Technical report, US Military Academy, West Point.
- Uruguay, A. L. P. (2006). Uso da entropia como métrica de consciência situacional em estruturas de comando e controle. Master's thesis, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- Uruguay, A. L. P. and Hirata, C. M. (2006). Using IDEF0 to Enhance Functional Analysis in MOISE⁺ Organizational Modeling. In Sichman, J., Coelho, H., and Rezende, S., editors, *Proceedings of the 10th Ibero-American AI Conference (IBERAMIA-SBIA 2006)*, LNAI 4140, pages 78–87, Berlin. Springer-Verlag.