

TEORIA DOS JOGOS UMA INTERFACE GRÁFICA EM JAVA

Rosane Caldeira¹

Sérgio Azevedo de Oliveira²

RESUMO

Na resolução de problemas de engenharia elétrica existem diversas metodologias que podem ser aplicadas, normalmente estas metodologias envolvem conceitos, às vezes, inéditos em termos de aplicação. A teoria dos jogos vem sendo aplicada com êxito em situações de conflito que, sob determinadas restrições, visam alcançar os objetivos desejados. Este artigo apresenta um estudo detalhado do conceito de teoria dos jogos e seu desenvolvimento, e procura também discutir como a teoria dos jogos está sendo incorporada e como a mesma influencia os estudos para a resolução de problemas de engenharia em geral. Os conceitos relacionados com a teoria dos jogos serão apresentados sob a forma de exemplos, no contexto dos jogos não-cooperativos e cooperativos, com os módulos do Jogo Dilema do Prisioneiro (JDP) e do Jogo Coalizacional entre Empresas (JCE), respectivamente, assim como o recurso de Tutorial disponível como "hiperlink" na interface gráfica. Estes módulos foram desenvolvidos usando a linguagem de programação JAVA, na forma de "Java applets", com o auxílio do ambiente de desenvolvimento Eclipse (IDE), sob o sistema operacional Linux, que juntos obtiveram excelente desempenho. O processo de desenvolvimento de software baseado nos padrões de engenharia de software foi utilizado para criar a interface da aplicação reunindo uma série de técnicas e atividades dando suporte a definição de processos de desenvolvimento, levantamento e especificação de requisitos, projetos e testes.

PALAVRAS-CHAVE

Teoria dos jogos, Jogos não-cooperativos, Jogos cooperativos, Java, Interface Gráfica

1 Introdução

Este artigo apresenta uma ideia geral a respeito do estudo de teoria dos jogos, bem como sua aplicação ao problema do dilema do prisioneiro no contexto dos jogos não-cooperativos e ao conceito de solução Core no contexto dos jogos cooperativos. Teoria dos jogos é a análise matemática de qualquer situação que envolva um conflito de interesses com o intuito de indicar as melhores opções que, sob determinadas restrições, conduzirão aos objetivos

AUTORES

1 Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – AEMS.

2 Universidade Estadual Paulista – FEIS - UNESP.

desejados, Neumann (1972). Para caracterizar um jogo é necessário descrever cinco elementos básicos, que são: os jogadores, o conjunto de regras do jogo, a estratégia do jogo, o resultado do jogo e a função de utilidade dos jogadores, Bortolossi (2007). Dependendo da forma como os jogadores se comportam os jogos subdividem-se em não-cooperativos e cooperativos. Em jogos não-cooperativos, cada jogador defende seus próprios interesses, montando estratégias para alcançar o maior benefício, enquanto que nos jogos cooperativos, o conjunto de ações possíveis está associado a grupos de jogadores (ou coalizões). Um jogo pode ser representado de três formas:

- a forma extensiva: é especificada por uma estrutura chamada árvore do jogo, como um grafo direto com número finito de nós N , co-nectados através de arcos que definem as ações dos jogadores. Cada vértice representa um ponto de decisão do jogador. Os pagamentos são exibidos na parte inferior da árvore.

- a forma normal: uma matriz mostra os jogadores, estratégias e pagamentos. Os pagamentos são registrados no seu interior. O primeiro número é o pagamento recebido pelo jogador da linha e o segundo é o pagamento para o jogador da coluna.

- a forma coalizional: caracteriza-se por permitir a comunicação entre os jogadores, bem como a coalizão (acordo). Dentro de uma coalizão, os indivíduos atuam como uma única entidade coordenada. A maneira de descrever como os jogadores se dividem é através de uma estrutura de coalizão.

Cada uma dessas formas de representação possui um conjunto de informações distintas sobre o jogo: as duas primeiras formas de representação são utilizadas para descrever jogos não-cooperativos, e a terceira para descrição de jogos cooperativos Shubik (1964); Burger (1963).

Um dos alicerces de um país para a sustentação de seu desenvolvimento é a educação. Nas últimas décadas, pesquisadores vem tentando o refinamento de conceitos, técnicas e o desenvolvimento de novas ferramentas para auxiliar o aprimoramento do processo educacional em diversos níveis Hwang (1999).

Diversos pesquisadores vem buscando o desenvolvimento de ferramentas de auxílio ao ensino que possam ser executadas em ambientes distribuídos, que sejam reutilizáveis e proporcionem um elevado nível de interação. Ou seja, uma ferramenta que permita um ensino efetivo on-line através da WWW.

Neste sentido, uma das principais plataformas utilizadas, por suas vantagens intrínsecas, é a Java Wie (1998).

O processo de desenvolvimento de software baseado nos padrões de engenharia de software é utilizado para criar aplicações reunindo um série de técnicas e atividades que procuram dar suporte a definição de processos de desenvolvimento, levantamento e especificação de requisitos, projetos e testes Deitel(2005).

Um sistema (do mundo real e de software) é, de modo geral, excessivamente complexo, portanto é necessário decompô-lo em pedaços que podem ser representados como modelos que descrevem e abstraem aspectos essenciais do sistema Rumbaugh (1998).

Para desenvolver uma aplicação é necessário ter descrições de alto nível e descrições detalhadas da solução lógica e de como ela atende os requisitos e as restrições do sistema (Rumbaugh, 1998).

Os conceitos relacionados com a teoria dos jogos serão apresentados, sob a forma de Java Applets, em uma interface gráfica com links para os módulos JDP (Jogo do Dilema do Prisioneiro) e JCE (Jogo Coalizacional entre Empresas) para um sistema de auxílio ao ensino baseado na WWW objetivando maiores facilidades para o aprendizado dos principais conceitos do presente estudo na engenharia.

O programa computacional simula tanto a execução do Jogo do “Dilema do Prisioneiro”, bastante disseminado na teoria dos jogos não-cooperativos, quanto o Jogo “Coalizacional entre Empresas” no intuito de exemplificar o conceito de solução Core, presente na teoria dos jogos cooperativos.

2 O problema do dilema do prisioneiro

O dilema do prisioneiro é um exemplo clássico sobre teoria dos jogos não-cooperativos que será mostrado sob a forma normal de re-presentation.

2.1 Exposição do Problema

Dois suspeitos acusados de uma violação da lei são mantidos em celas separadas. A cada um é dito que se ele confessar e o outro não, ele será libertado, enquanto que o outro irá para a prisão. Se ambos confessarem, ambos irão para a prisão. Se nenhum confessar, a polícia pode sentenciá-los por acusações menos graves, Tucker (1980).

2.2 Formulação do Problema

Um jogo estratégico consiste de um conjunto finito de jogadores, onde para cada jogador existe um conjunto não vazio e uma relação de preferência sobre o conjunto.

Definição:

$$G = \{ J, (A_i), (\succeq_i) \} \quad (1)$$

onde,

- J é um conjunto finito de jogadores;
- para cada jogador $i \in J$ um conjunto não-vazio A_i de ações disponíveis para cada jogador i;
- para cada jogador $i \in J$ existe uma relação de preferência (\succeq_i) sobre o conjunto $A = \prod_{i \in J} A_i$

- define uma função utilidade

$$u_i: A \rightarrow \mathbb{N}$$

- que associa o ganho do jogador a cada perfil de estratégias.

2.3 Exemplo Prático

Na situação em que dois ladrões, Al e Bob, são capturados e acusados de um mesmo cri-me. Presos em celas separadas e sem poderem se comunicar entre si, o delegado de plantão faz a seguinte proposta: cada um pode escolher entre confessar ou negar o crime. Se nenhum deles confessar, ambos serão submetidos a uma pena de 2 anos. Se os dois confessarem, então ambos terão pena de 4 anos. Mas se um confessar e o outro negar, então o que confessou será libertado e o outro será condenado a 5 anos de prisão, Bortolossi (2007).

2.4 Definição do Problema

$$J = \{Al, Bob\}$$

$A_{AI} = \{\text{confessar, negar}\}$

$A_{Bob} = \{\text{confessar, negar}\}$

$A = \{(\text{confessar, confessar}), (\text{confessar, negar}), (\text{negar, confessar}), (\text{negar, negar})\}$

Função de Utilidade de AI

$$u_{AI} = A \rightarrow \mathbb{R}$$

$u_{AI}(\text{confessar, confessar}) = 4;$

$u_{AI}(\text{negar, confessar}) = 5;$

$u_{AI}(\text{confessar, negar}) = 0;$

$u_{AI}(\text{negar, negar}) = 2;$

Função de Utilidade de Bob

$$u_{Bob} = A \rightarrow \mathbb{R}$$

$u_{Bob}(\text{confessar, confessar}) = 4;$

$u_{Bob}(\text{confessar, negar}) = 0;$

$u_{Bob}(\text{negar, confessar}) = 5;$

$u_{Bob}(\text{negar, negar}) = 2;$

Na Tabela 1 é mostrado o problema do dilema do prisioneiro na forma de representação nor-mal.

Tabela 1. Representação Normal do Dilema do Prisioneiro.

		Bob	
		confessar	negar
AI	confessar	(4, 4)	(0, 5)
	negar	(5, 0)	(2, 2)

3 O Conceito de Solução Core

O conceito de solução Core será mostra-do na forma de representação

coalizacional de modo a atender as restrições de racionalidade individual, coletiva e coalizacional, Gillies (1953). Para isso, analisa-se um exemplo de cooperação entre empresas.

3.1 Exposição do Problema

Três empresas estão em negociação para juntas implementarem um projeto que trará benefícios comuns aos três participantes. As empresas tem interesse em aumentar seus benefícios através de acordos então são formadas as chamadas coalizões (acordos). Para um jogo de n jogadores, uma coalizão é um subconjunto do conjunto de jogadores N , denominado S .

3.2 Formulação do Problema

Define-se como racionalidade coalizacional à existência de racionalidade para todas as coalizões formadas no jogo, como definido em:

$$\sum x_i \geq v(S); \forall i \in S; S \subset N \quad (2)$$

Cada coalizão possui um valor numérico associado a ela por uma função característica, que obedece a determinados axiomas:

1. $v(\emptyset) = 0$, indica que um conjunto sem jogadores em coalizão (vazia) não gera valor algum;
2. existência de superaditividade, ou seja, dados dois conjuntos disjuntos ($S \cap T = \emptyset$), então, $v(S \cup T) \geq v(S) + v(T)$;

3.3 Exemplo Prático

A partir das coordenadas de um triângulo equilátero e levando-se em consideração os critérios de conjunto vazio e superaditividade identificados no conceito de solução Core é que três empresas estão em negociação para juntas implementarem um projeto que trará benefícios comuns aos três participantes, Ferguson (2005). As possibilidades de cooperação são da seguinte forma:

$$\begin{array}{llll}
 v(\{1\}) = 1 & v(\{1,2\}) = 4 & & \\
 v(\{2\}) = 0 & v(\{2\}) = 0 & v(\{1,3\}) = 3 & v(\{1,2,3\}) = 8 \\
 v(\{3\}) = 1 & v(\{2,3\}) = 5 & &
 \end{array}$$

As três empresas possuirão 8 possíveis resultados ($2^3 = 8$) ao se unirem. Tem-se a indicação de que uma coalizão sem jogadores (conjunto vazio) não gera ganho $v(\emptyset) = 0$. A descrição está informando que os jogadores não são capazes de implementar o projeto sozinhos com $v(\{1\}) = 1$, $v(\{2\}) = 0$ e $v(\{3\}) = 1$. As explicações para tal podem ser várias: falta de recursos, alto risco de implementação do projeto, baixo retorno do investimento, alto custo de implementação e etc... A associação do jogador 2 com o jogador 1 ou com o jogador 3 pode gerar melhores benefícios. O fato da associação do jogador 1 e 3 gerar o menor valor indica que o jogador 2 é fundamental para que o projeto possa ser realizado. Na forma de representação coalizacional descreve-se quais acordos detém o maior número de imputações factíveis como solução.

Neumann e Morgenstern (1944) foram os primeiros a criar um modelo matemático para a solução de situações de jogos com coalizões. A solução oferecida por Neumann e Morgenstern (1944) apóia-se na premissa de que não é uma imputação que traz equilíbrio ao jogo, mas sim um conjunto delas. Esse conjunto de imputações, chamadas soluções, possui propriedades que trazem estabilidade para o jogo. Essas imputações são também denominadas de conjunto estável, Luce e Raiffa (1957).



Figura 1. Tela principal da interface gráfica.

4 Solução Computacional

A solução computacional é uma interface gráfica construída para rodar na Web, através de um navegador objetivando maiores facilidades para o aprendizado dos principais conceitos relacionados à teoria dos jogos que tem sido aplicado em diversas áreas do conhecimento. A interface gráfica possui uma tela principal (Figura 1) na qual o usuário poderá simular a execução tanto do jogo dilema do prisioneiro (JDP) como do jogo coalizacional entre empresas (JCE) e consultar o “link” para o tutorial com os principais conceitos sobre a teoria dos jogos.

4.1 Desenvolvimento e Organização das Java Applets

O programa computacional é executado quando os arquivos java applets Jdp.class e Jce.class são carregados no navegador da WWW e visualizados como documento HTML. O navegador executa o arquivo Engtj.html e dispara o carregador de classe para carregar as informações utilizadas nos applets JDP e JCE.

4.1.1 Java Applet (JDP) Desenvolvida

O link para “Jogo Não-Cooperativo – Dilema do Prisioneiro” conduz o usuário a interface gráfica JDP, na qual ele poderá simular a execução do jogo dilema do prisioneiro, conforme é mostrado na Figura 2.

No lado superior esquerdo da tela está o jogador AI, que pode escolher entre duas estratégias que são: confessar ou não-confessar o crime. E do lado superior direito estão as mesmas estratégias para o jogador Bob. As estratégias de cada um dos jogadores encontram-se na caixa de combinação divididas entre as seguintes opções de modalidade estratégica, que são:

- randômica: aleatoriamente faz movimentos randômicos alternando entre ‘CONFESSAR’ ou ‘NÃO-CONFESSAR’ com $\frac{1}{2}$ de probabilidade;
- confessar: sempre joga ‘CONFESSAR’ o crime;
- não-confessar: sempre joga ‘NÃO-CONFESSAR’ o crime;
- grim: inicia ‘CONFESSANDO’, mas depois da primeira que ‘NÃO-CONFESSA’ então muda para sempre ‘NÃO-CONFESSAR’.

Todas às vezes que o jogo é iniciado a modalidade estratégica “ran-ômica” é a que apare-ce como padrão (default). A caixa de combina-ção das opções de modalidade estratégica encontra-se vinculada a uma caixa de texto que descreve a função de cada opção. O número de interrogatórios para am-bos os jogadores prisioneiros varia de 1 a 10. E o histórico de processamento do jogo encontra-se na área de texto na parte central da tela, onde serão exibi-dos: o número totalde rodadas do jogo, a lista de rodadas, a modalidade estratégica de cada jogador, a lista das penas mediante o tipo de estratégia adotada, o so-matório das penas, a média das penas, o total das penas em anos, meses e dias. Por último, já no rodapé da tela estão os botões de “Jogar” e de “Reiniciar” o jogo.



Figura 2. Tela do jogo dilema do prisioneiro (JDP).

Antes de executar o jogo, é preciso configurá-lo com a estratégia de-sejada e também com o número de rodadas (interrogatórios) pelos quais os pri-sioneiros irão passar.

Após a configuração dos parâmetros do jogo, então é hora de jogar. Ao selecionar o botão “Jogar” o jogo do dilema do prisioneiro será processado e então serão exibidos os seguintes resultados: o cálculo de soma das penas, a média das penas e as penas em anos, meses e dias de cada prisioneiro. O usuá-rio poderá reiniciar o jogo até dez vezes no máximo selecionando o botão “Rei-

niciar". Após cumprido o total de tentativas, os botões "Jogar" e "Reiniciar" serão desabilitados e o jogo será encerrado, Figura 3.



Figura 3. Tela de processamento do JDP.

Contudo, o usuário poderá ler na caixa de diálogo "Explicação do Jogo" (Figura 4) a respeito da moral do jogo bastando apenas inferir sobre os conceitos apresentados na simulação e retornar a página principal ou sair do navegador.

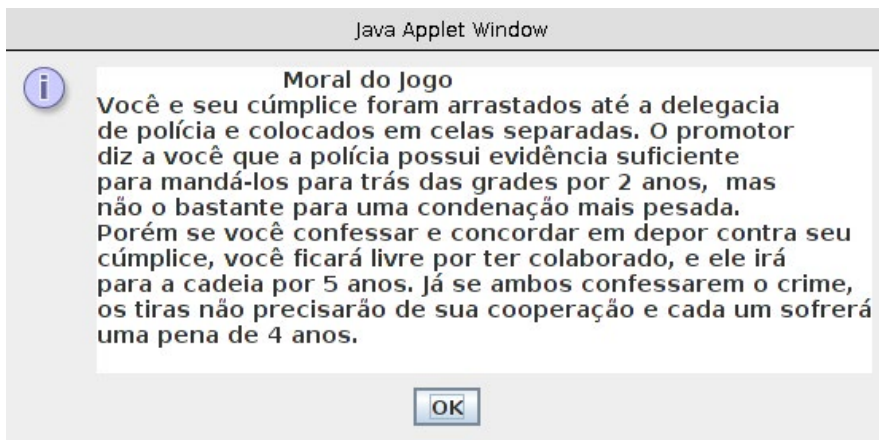


Figura 4. Tela de explicação do JDP.

4.1.2 Java Applet (JCE) Desenvolvida

No link “Jogo Cooperativo – Conceito de solução Core”, o usuário poderá simular a execução do jogo coalizacional entre empresas através da interface gráfica JCE, Figura 5.

Na barra de menu “JOGO”, há três itens de menu que são: Descrição, Gerar Configurações Iniciais e Sobre. O item de menu “Descrição...” é para informar ao usuário a finalidade geral do jogo. No item de menu “Gerar Configurações Iniciais” são geradas as configurações da função benefício do jogo. E o item de menu “So-bre...” contém informações sobre o(s) autor(es) do jogo e seus colaboradores.

A área de atuação de cada jogador no triângulo equilátero é definida clicando-se nos botões das seguintes empresas fictícias:

Global Provider <<< Jogador 1 >>>, Sig-nal Internet <<< Jogador 2 >>> e brazilian in-ternet <<< Jogador 3 >>>, respectivamente, onde a borda de cada botão é colorida de acordo com a reta de cada jogador no jogo. Assim, o Jogador 1 representa a base do triângulo na cor verde, o Jogador 2 representa o lado direito do triângulo na cor azul e o Jogador 3 representa o lado esquerdo do triângulo na cor vermelha, conforme mostrado na Figura 5.

Logo abaixo na interface, no lado esquerdo estão as opções de coalizão (acordos) entre as empresas participantes do jogo. Cada jogador da coalizão formada envia sua posição para o triângulo que futuramente terá sua posição validada. A primeira caixa de texto exibida à esquerda da tela e enfatizada na cor amarelo refere-se a coalizão entres os jogadores 1 e 2 e é não-editável pois representa a coordenada constante do jogador na sua respectiva reta de atuação. A segunda caixa refere-se a caixa de combinação onde serão escolhidos os possíveis valores a serem escolhidos que posicionam o jogador na reta. E a terceira caixa de texto é calculada e representa o restante que falta para a coalizão formada atingir o valor da grande coalizão. Feitas as escolhas de posição então é hora de jogar. Quando o usuário clicar no botão “Registrar Imputações”, o programa será pro-cessado e as imputações computadas e arma-zenadas em memória para futura validação. A cada registro de imputações pode-se clicar no reiniciar até no máximo dez vezes. O botão de comando “Jogar” pode ser clicado a qualquer momento e gerado o resultado das imputações estáveis e instáveis do jogo.

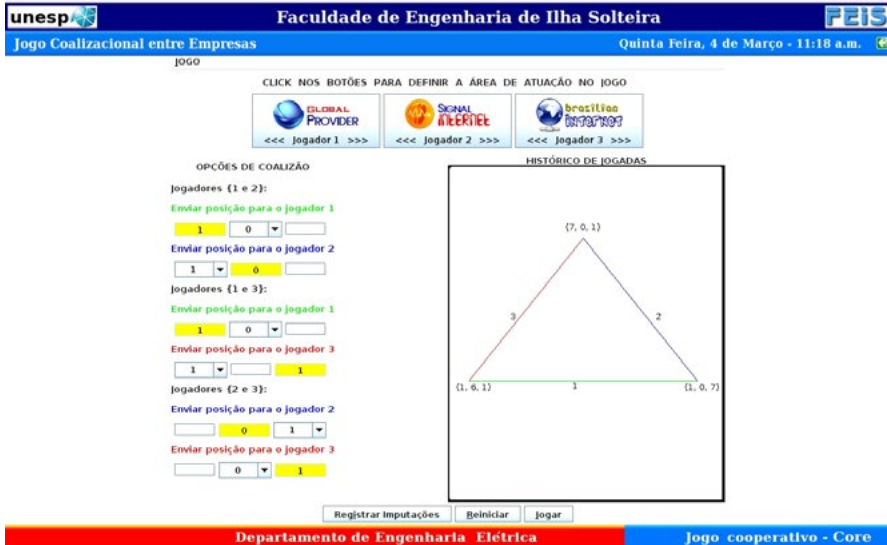


Figura 5: Tela do Jogo Coalizacional entre Empresas (JCE).

O usuário poderá reiniciar o jogo até dez vezes no máximo selecionando o botão “Reiniciar”, e depois de cumprido o total de tentativas os botões de comando do jogo serão desabilitados e o usuário não poderá mais interagir com o programa, Figura 10. Contudo, o usuário poderá ler na caixa de diálogo “Explicação do Jogo” (Figura 10) a respeito da moral do jogo bastando apenas inferir sobre os conceitos apresentados na simulação e retornar a página principal ou sair do navegador, conforme é mostrado na Figura 6.

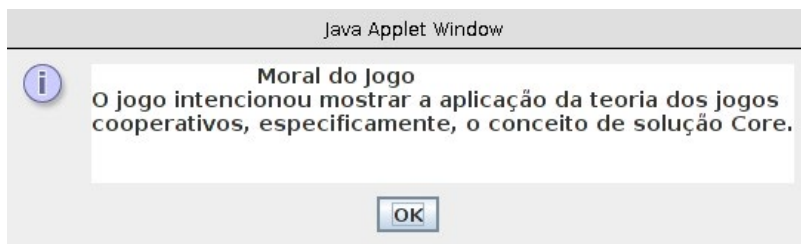


Figura 6 . Tela de Moral do JCE.

Após a configuração dos parâmetros do jogo, registro das opções de coalizão e registro das imputações então é hora de jogar. Ao selecionar o botão “Jogar”, o jogo será processado e então serão exibidos os seguintes resultados: o registro das imputações estáveis, ou seja, que atingiram a melhor região, a

do Core e o registro das imputações instáveis que correspondem a pior região escolhida, Figura 7.

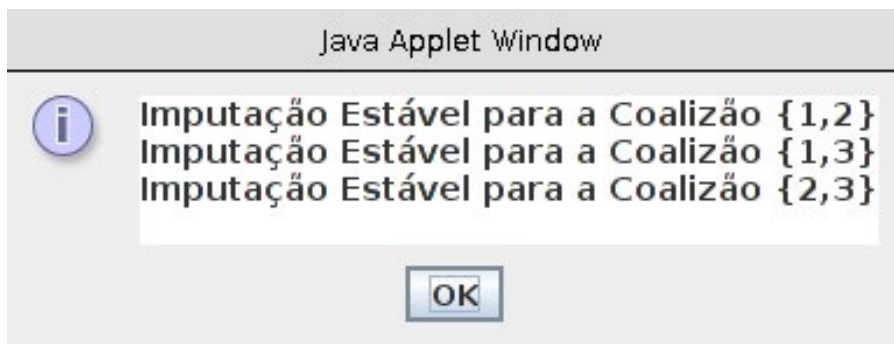


Figura 7. Tela das Imputações Estáveis e Instáveis do JCE.

Assim, o usuário pode inferir sobre os conceitos da metodologia proposta apresentados pela simulação e ao pressionar o botão OK aparecerá a tela da Figura 8 finalizando o jogo.



Figura 8. Tela de finalização do JCE.

4 Considerações Finais

A pesquisa sobre teoria dos jogos, descrevendo as aplicações e os conceitos relacionados a jogos não-cooperativos e cooperativos foi uma etapa inicial do presente estudo. A partir dos trabalhos de John von Neumann e Oskar Morgenstern, a teoria dos jogos vem sendo aperfeiçoada de forma a abranger situações mais próximas da realidade e apresentando soluções matemáticas para as mesmas.

Outra etapa, foi a escolha e análise do de-sempenho da linguagem de programação JAVA apropriada para incorporar recursos necessá-rios no desenvolvimento da interface gráfica proposta com objetivos educacionais.

Na sequencia do trabalho, a interface gráfi-ca de auxílio ao usuário na compreensão e utili-zação de alguns dos conceitos teóricos abordados foi feita via exemplos, dentro dos jogos não-cooperativos e cooperativos, respectivamente, com o desenvolvimento dos módulos: Jogo do Dilema do Prisioneiro e Jogo Coalizacional entre Empresas, na forma de Java applets para um sistema de auxílio ao ensino de engenharia elétrica baseado na Web, objetivando maiores facilidades para os estudantes aumentarem e melhorarem seu ritmo de aprendizado.

A interface gráfica proposta apresenta di-versos recursos computacionais que permitem ao usuário final interagir com os conceitos da teoria dos jogos, de uma maneira amigável (via jogos), em que os conceitos teóricos são gradativamente incorporados ao conhecimento do mesmo através da possibilidade do usuário executar diversas instâncias em cada jogo. Um recurso adicional incorporado à interface gráfica foi o recurso de Tutorial, onde se descreve os conceitos relacionados à teoria na forma de "hiperlinks", além de link para as referências correlacionadas a metodologia proposta.

Agradecimentos

Os autores agradecem às Faculdades Integra-das de Três Lagoas AEMS e à comissão orga-nizadora do ECAEMS pelo suporte concedido para a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

Bortolossi, H. J. (2007). Uma Introdução à Teoria Econômica dos Jogos. IMPA, Rio de Janeiro - RJ.

Burger, E. (1963). Introduction to Theory of Games. Prentice Hall, New Jersey.

Deitel, H. M; Deitel, J. P (2005). JAVA: Como Programar. Pearson Education Inc, São Paulo – SP.

Ferguson, T. S. (2005). Game Theory. Mathematics Department, UCLA, Los Angeles – California.

Gillies, D. B. (1953). Some theorems on n-person games. Princeton University, Princeton.

Hwang, G. (1999). A Tutorial Strategy Supporting System for Distance Learning on Computer Networks. IEEE Transactions on Education, Vol.42, No. 4; CD-Rom Folder.

Luce, R. D; Raiffa, H. (1957). Games and Decisions: introduction and critical survey. John Wiley & Sons, New York.

Neumann, J. V; Morgenstern, O (1972). Theory of Games and Economic Behaviour, Harvard University Press, Cambridge.

Rumbaugh, B. J. (1998). Visual Modeling with Rational Rose and UML. Addison Wesley Longman, New York – NY.

Shubik, M. (1964). Game Theory and Related Approaches to Social Behavior. John Wiley & Sons, inc, New York.

Tucker, A. W. (1980). On jargon: the prisoner's dilemma, UMAP Journal.

Wie, C. R. (1998). Educational JAVA Applets in Solid-State material. IEEE Transactions on Education, Vol.41, No. 4; pp. 354.