

**UNIVERSIDADE SANTA ÚRSULA
INSTITUTO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E DA
COMUNICAÇÃO
ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**Utilizando a Teoria dos Jogos para Encontrar Estratégias
Vitoriosas para Empresas**

Sidnei Medeiros Barrientos Junior

**Rio de Janeiro
Outubro 2006**

Utilizando a Teoria dos Jogos para Encontrar Estratégias Vitoriosas para
Empresas

Sidnei Medeiros Barrientos Junior

Trabalho apresentado à disciplina,
Iniciação Científica , professora
Míriam Quebaud, como requisito
parcial para avaliação

Rio de Janeiro

Outubro 2006

SUMÁRIO

Introdução e Delimitação do Tema.....	5
Problematização.....	5
Justificativa.....	5
Objetivos.....	6
Referencial Teórico.....	6
TEORIA DOS JOGOS.....	6
O que é um jogo?.....	6
Ilustração Normal dos Jogos.....	6
Ilustração Extensiva dos Jogos.....	7
Tipos de Jogos.....	7
Equilíbrio de Nash.....	8
CLASSIFICAÇÃO DOS JOGOS.....	9
Jogos Estáticos.....	9
Jogos Dinâmicos.....	10
Jogos Fracos e Fortes.....	10
Jogos Determinados e Indeterminados.....	10
Jogos de Soma-Zero e Soma Positiva.....	10
Jogos Cooperativos e Não Cooperativos.....	10
Jogos Simétricos e Assimétricos.....	11
Jogos de Decisão Simultânea e Sequencial.....	11
Jogos de Informação Completa e Incompleta.....	11
Jogos de Informação Perfeita e Imperfeita.....	12
EXEMPLOS DE JOGOS.....	12
MAD: Mutual Assured Destruction.....	12
Chicken.....	13
FORMAS PARA ENCONTRAR UM EQUILÍBRIO.....	13
Minimax e Maximin.....	13
Eliminação de Estratégias.....	14
CASO REAL.....	14
Varig Vs. Gol.....	14
Metodologia.....	16

ETAPAS.....	16
Escolha de Cenário.....	16
Coleta de dados da empresa.....	16
Coleta de dados dos concorrentes.....	16
Estudo do cenário de mercado.....	16
Levantamento de estratégias dos jogadores.....	17
Desenvolvimento de aplicação.....	17
Simulação.....	17
Chronograma de Execução.....	17
Bibliografia.....	19

Introdução e Delimitação do Tema

Este trabalho tem como finalidade, propor um projeto de pesquisa para criação de uma metodologia útil para empresas, utilizando-se de uma técnica que facilite o levantamento e escolha de estratégias da própria empresa e de atores externos usando a Teoria dos Jogos. Este método definirá para a empresa a melhor estratégia possível para enfrentar uma disputa entre jogadores perfeitos, que fazem sempre as melhores escolhas.

Problematização

Para realizar a simulação, ambas as empresas devem estar em situação de concorrência ativa no mercado, disputando por espaço no mercado para que haja razão de existir uma partida, caso contrário, a empresa concorrente não se sentirá ameaçada e por isso não haverá razão de disputa.

Um caso inválido é de haver acordo entre duas empresas de preços, ou divisão de mercados. Ambos os casos fazem de uma simulação de estratégias algo desnecessário, criando um estado de cooperação.

Justificativa

Assistindo ao cenário competitivo empresarial, faz-se notar que é muito difícil prever atitudes do mercado consumidor e financeiro, e os movimentos dos concorrentes. A teoria dos jogos é uma ferramenta poderosa e se mostra necessária na tomada de decisão se uma empresa quiser precisão nas suas ações.

Com a criação de um sistema computacional através de lógica simples, para um cenário levantado, podemos simular várias formas diferentes de resposta para uma certa disputa.

Objetivos

- Definir o melhor meio de levantar e prever as possíveis estratégias entre empresas.

- Padronizar uma aplicação capaz de simular diferentes estratégias para vários jogadores diferentes, de acordo com seus cenários de jogo, prevendo as jogadas do(s) oponentes, através do computador.

Referencial Teórico

TEORIA DOS JOGOS

Teoria dos Jogos é um ramo da matemática aplicada, que ganhou importância com a publicação de *The Theory of Games and Economic Behavior* de John von Neumann e Oskar Morgenstern, em 1944. Usada inicialmente para estudos dos comportamentos econômicos, a Teoria dos jogos hoje é usada em diversas áreas da ciência como Filosofia, Biologia, Política e na Computação.

Em complemento ao interesse acadêmico, a teoria dos jogos vem recebendo atenção da cultura popular. Um pesquisador da Teoria dos Jogos e ganhador do Prêmio Nobel, John Nash foi sujeito em 1998 de biografia por Sylvia Nasar e um filme em 2001 *Uma Mente Brilhante*. A teoria dos Jogos também foi tema em 1983 do filme *Jogos de Guerra*.

A teoria dos Jogos pode ser usada desde a pequenos jogos de entretenimento, até atividades cotidianas da vida social. Na Biologia, os cientistas a usam para compreender e prever o surgimento e desfecho de certas espécies; Na computação, é usada na inteligência artificial e impulsionou importantes leis da lógica.

O que é um Jogo?

Um jogo é composto de jogadores com grupos de estratégias, e uma definição de pagamento para cada combinação de estratégia. Cabe a Teoria dos Jogos analisar essas estratégias e definir um ponto de equilíbrio como solução para o jogo.

Um Jogo pode ser representado comumente de duas formas: a forma extensiva e a normal, como nos exemplos a seguir:

Ilustração Normal dos Jogos:

		Player 2	
	estratégias	esquerda	direita
Player 1	alto	4,9	5,3
	meio	8,0	5,1
	baixo	0,1	0,8

Figura 1:Jogo Exemplo

		Player 2	
	estratégias	esquerda	direita
Player 1	alto	1,1	1,1
	baixo	1,1	1,1

Figura 2: Não Jogo(Não existe jogo)

		Player 2		
	Estratégias	Pedra	Papel	Tesoura
Player 1	Pedra	0,0	0,1	1,0
	Papel	1,0	0,0	0,1
	Tesoura	0,1	1,0	0,0

Figura 3: Pedra Papel e Tesoura

Ilustração Extensiva dos Jogos:

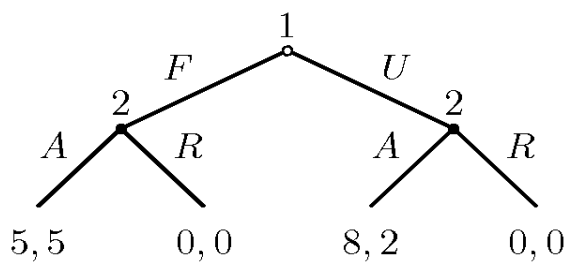


Figura 4: Exemplo de jogo em forma extensiva

Tipos de Jogos

- Jogos de Estratégia e de Azar

- Jogos Fracos e Fortes
- Jogos Determinados e Indeterminados
- Jogos de Soma-Zero e de Soma Positiva
- Jogos Cooperativos e Não Cooperativos
- Jogos Estáticos e Dinâmicos
- Jogos Simétricos e Assimétricos
- Jogos de Decisão Simultânea e Sequencial
- Jogos de informação Completa e Incompleta; informação Perfeita e Imperfeita

Equilíbrio de Nash

Podemos observar o Equilíbrio de Nash no mais famoso dos jogos, o Dilema dos Prisioneiros. A Polícia prende duas pessoas, Pedro e João, por suspeitar que eles cometeram um crime pesado, mas tem apenas provas de que eles cometeram um crime leve. A polícia por enquanto pode apenas condená-los pelo crime leve. Mantendo os prisioneiros em celas isoladas, a polícia negocia com cada um apresentando as seguintes opções:

1. Se um dos prisioneiros confessar o crime pesado, esse pega 1 ano de prisão e o outro pega 4 anos de prisão;
2. Se nenhum dos dois prisioneiros confessar, os dois pegam 2 anos de condenação cada um;
3. Se os dois confessarem, ambos pegam 3 anos de prisão.

A partir dos dados expostos, vamos montar um quadro que contém a forma normal do jogo:

		João	
		Confessa	Não Confessa
Pedro	Estratégias		
	Confessa	3,3	1,4
	Não Confessa	4,1	2,2

Figura 5: Dilema dos Prisioneiros

Ambos Pedro e João só se negarão a confessar se tiverem certeza que o outro não confessará. Isso é impossível pois os dois não tem contato entre si, nesse caso cada jogador vai formular sua estratégia baseado no fato de que o oponente fará a melhor jogada possível. Para os dois jogadores a opção de confessar é a estratégia dominante, pois para os dois, receber 1 ano de prisão aproveitando-se da boa vontade do outro, ou receber 3 anos se o outro também confessar é sempre melhor do que não confessar e receber 4 anos de condenação no caso do outro confessar. Aqui observamos que há um equilíbrio nesta situação.

Esse jogo é tão famoso que cada um dos quadrantes possui um nome específico: o primeiro, onde ambos confessam é chamado de “Rivalidade Universal”, onde os dois cooperam com a polícia e não entre si. O segundo e terceiro, no caso de pay-off 1 para Pedro e João, faz do Jogador um *Free-rider*, pois ele se aproveita das boas intenções do oponente. Quanto ao pay-off de 4, caracteriza o jogador como um Sucker(Otário), pois quem caiu na tentação de confessar o crime foi o oponente. Finalmente o Quarto quadrante onde ambos não confessam se chama “Cooperação Universal”.

O conceito de equilíbrio de Nash expõe uma das principais características do ser humano: Cada um deseja o melhor para si próprio, mas sabe que deve considerar o que outro indivíduo pensa para favorecer a si mesmo. Isso lembra o raciocínio de Adam Smith que mostra que alguém nos fornece comida, roupas ou entretenimento, pensando em si próprio. Mas sabe que só usufruiremos de seus serviços se esse nos dar satisfação e bem-estar. Assim sabemos que esse alguém faz o melhor possível para nós e voltamos a utilizar ou comprar dele, ou indicamos a terceiros que comprem com ele.

Como se vê, este conceito é um dos mais importantes da moderna teoria dos jogos.

CLASSIFICAÇÃO DOS JOGOS

Jogos Estáticos

Os jogos podem ser categorizados pelo número de interações encontradas. Os jogos estáticos possuem uma interação, ou seja, há apenas uma ocasião onde os jogadores defrontam-se. Exemplos de jogos estáticos: Dilema dos prisioneiros, Par-ou-Ímpar.

Jogos Dinâmicos

Nesse tipo de jogo, os oponentes se encontram mais de uma vez, há mais de uma interação. Exemplos de jogos dinâmicos são o Xadrez, Dama, Pôquer, ou jogos estáticos com estratégias mistas, onde só é possível encontrar equilíbrio na repetição de um jogo estático, equilíbrio esse chamado de Equilíbrio de subjogo. Um outro exemplo de jogo estático com estratégias mistas é a implementação do algoritmo *Tit-For-Tat* que procura soluções para várias interações no jogo do Dilema dos prisioneiros.

Jogos Fracos e Fortes

Jogos Fortes se caracterizam por não permitir que o agente escolha participar ou não, ela é compulsória, como interagir com vizinhos, os engajar-se nas Forças armadas. Quanto as Fracas, essas permitem a escolha. Exemplos de fracas são a loteria ou o pôquer onde se pode desistir de certa mão durante o jogo.

Jogos Determinados e Indeterminados

Jogos como Damas, Xadrez e Jogo da Velha são determinados porque possuem sempre uma melhor maneira de jogar, entre jogadores oniscientes o resultado do jogo será sempre empate. O pôquer pelo contrário não tem essa característica pois mesmo com um jogador onisciente, ele não tem como prever as jogadas seguintes.

Jogos de Soma-Zero e Soma Positiva

Jogos de soma-zero fazem com que o ganhador de um jogo, ganhe exatamente o que o adversário perdeu.

O oposto seria um jogo onde todos ganham havendo uma troca justa, ou onde todos os jogadores perdem. Neste caso chamamos jogo de soma positiva(ou negativa).

Jogos Cooperativos e Não Cooperativos

No estilo de jogo Cooperativo os jogadores procuram reservar boas recompensas para todos os jogadores envolvidos na interação. Nos Não Cooperativos, a procura é para baixar essa recompensa.

Jogos Simétricos e Assimétricos

Jogos simétricos se distinguem por terem seus payoffs independentes dos jogadores. Os payoffs de um jogo simétrico depende somente das estratégias escolhidas. Se um jogador for trocado e os payoffs forem os mesmos, então esse jogo é simétrico. Exemplos: Chicken, Dilema dos Prisioneiros e Stag Hunt.

Jogos de Decisão Simultânea e Sequencial

Par-ou-ímpar e Pedra Papel e Tesoura, são exemplos de jogos de decisão simultânea, ou seja, ambos jogadores executam suas decisões ao mesmo tempo. Um Jogador não tem conhecimento das ações anteriores do seu oponente, para que se assuma o aspecto de simultaneidade. Todo jogo estático é de decisão simultânea.

Xadrez e Dama são exemplos de jogos sequenciais. Os jogadores podem somente fazer suas jogadas após a ação do primeiro, um depois do outro.

Jogos de Informação Completa e Incompleta

Quando um jogador tiver todas as informações de pay-offs e estratégias disponíveis pelo seu oponente, e quem é seu oponente, dizemos que esse jogo é de informação completa.

Exemplo de informação completa são o Dilema dos prisioneiros e o Par ou Ímpar.

Um exemplo de jogo de informação incompleta é um leilão de ofertas secretas, onde não sabemos exatamente quais as ofertas que os adversários farão, por não os conhecermos bem, e o que eles ganharão. A formulação desse tipo de situação deveu-se a John Harsanyi, outro ganhador em 1994 do prêmio Nobel de Economia. Usando as leis da probabilidade e o teorema de Bayes, Harsanyi sugere que se pode converter esse jogo para um jogo estático de informação completa, onde usando a probabilidade de um jogador ser de um tipo, visualizamos todas as estratégias possíveis para cada perfil provável de adversário, possibilitando-nos assim prever suas estratégias, e tratá-las como se fossem conhecidas.

Jogos de Informação Perfeita e Imperfeita

Jogos de informação perfeita dispõem para os jogador todas as jogadas previamente escolhidas pelo adversário. Não confundir com jogos de informação completa.

Xadrez e damas são exemplos de jogos de informação completa perfeita.

EXEMPLOS DE JOGOS

Mutually Assured Destruction (MAD)

O MAD, ou Destruição Mútua Certa é uma doutrina militar onde o uso de uma arma de destruição em massa por uma nação entre duas possuidoras desse equipamento causaria a destruição mútua das nações. A solução desse jogo, que se caracteriza como um jogo dinâmico de informação completa, é encontrada pelo equilíbrio de Nash, onde ambos os lados procuram se afastar da pior estratégia, que é atacar. Essa estratégia foi usada inicialmente durante a Guerra Fria entre Estados Unidos e União Soviética por 40 anos, e evitou uma catástrofe global. Na figura 6 se pode observar como é alcançado o equilíbrio nesse exemplo de jogo sequencial.

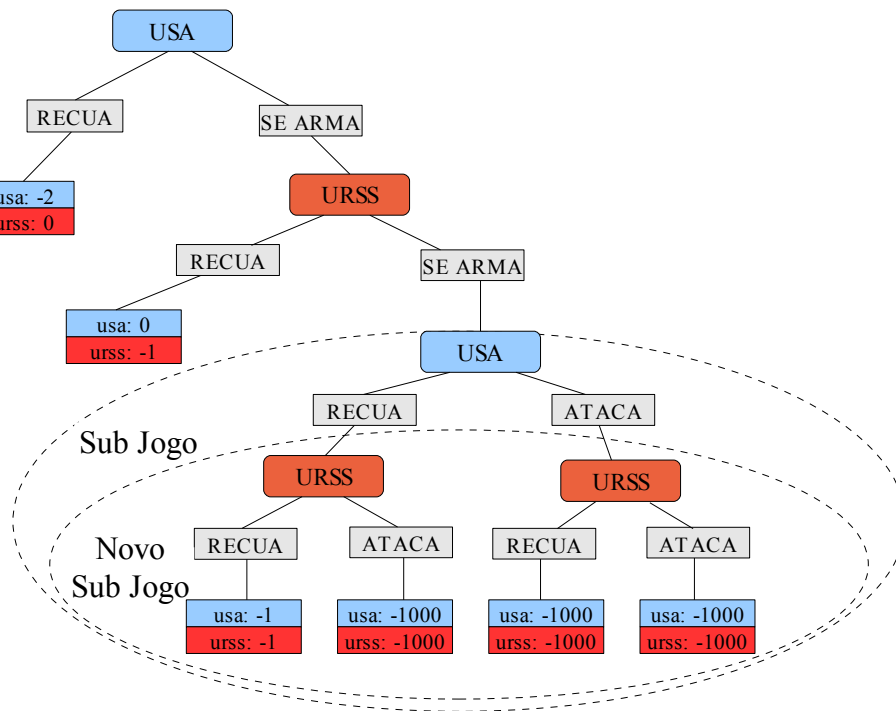


Figura 6 - MAD

Chicken

Dois valentões com alguma coisa para provar, dirigem cada um um carro na direção contra o oponente. O primeiro a desistir e desviar o carro, perde, e é considerado o Covarde. Se nenhum dos dois desviar ambos sofrem fatalmente.

Este jogo é muito semelhante ao Dilema dos prisioneiros, porém o inverso, onde a cooperação mútua é muito instável. Por isso o equilíbrio aqui ocorre se um dos motoristas desviar, pois os dois a continuar e se chocarem é o pior resultado que pode ocorrer, causando mau estar para a sociedade.

FORMAS PARA ENCONTRAR UM EQUILÍBRIO

Foi apresentado já anteriormente a definição de equilíbrio de Nash como introdução do tema, esse é um dos meios para se encontrar a solução de um jogo. Mas existem casos especiais onde há mais de um equilíbrio de Nash, daí recorremos a técnicas como o Minimax e Maximin, e a eliminação de estratégias como veremos a seguir.

Minimax e Maximin

Ambos esse métodos são simétricos e consistem em buscar níveis de segurança para os

jogadores, seja por minimizar o prejuízo ou custos, e se precaver da ação mais predatória do oponente, no caso do Minimax, ou maximizar os ganhos no Maximin.

Eliminação de Estratégias

Sendo conhecidos os pay-offs, os jogadores têm todas as razões para eliminar estratégias cujos pay-offs são sistematicamente menores do que em outras. A esse método damos o nome de eliminação de estratégias dominadas.

CASO REAL

Varig vs. Gol

A solução deste jogo pode também ser encontrada através do modelo de Cournot, e o de Stackelberg no jogo do Monopólio, mas esses temas não serão abordados aqui.

Recordemos da disputa de mercado entre Varig e Gol. A Varig já se encontrava com uma clientela consolidada e oferecia o melhor serviço de passageiros. A Gol começou oferecendo serviço a uma demanda de passageiros que não era o foco da Varig, e devagar ameaçava o mercado da Varig com seus preços bem mais baixos, por ser uma empresa bem menor, mas oferecendo um serviço menos caprichado. Observemos o diagrama na forma extensiva baseando-se nas estratégias de resposta para a ameaça da Gol:

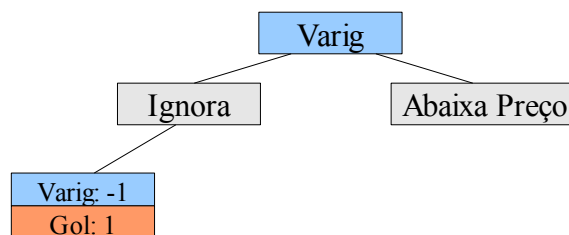


Figura 7 : Primeira escolha

Nesse primeiro estágio fica claro que não é de interesse da Varig, perder espaço para a Gol. Os pay-offs escolhidos nesse exemplo não seguem fielmente o mundo real, mas vale lembrar que antes dessa disputa a Varig já estava em crise e por pequena que seja a perda de espaço no mercado, isso poderia atingir mais as finanças da empresa.

Pela primeira estratégia não parecer vantajosa, vamos abrir na figura 8, o resultado da

opção de abaixar preços e competir diretamente com o novo concorrente:

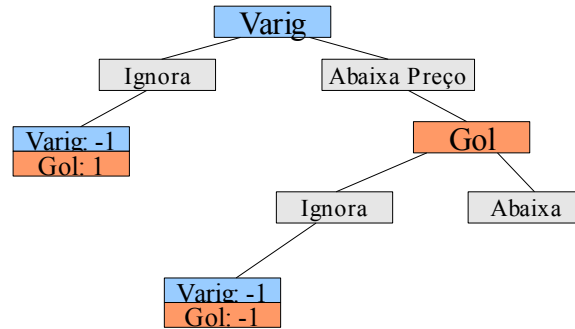


Figura 8 : Resposta do adversário

Aqui fechamos a primeira rodada do nosso jogo de exemplo, onde a Gol, por ser uma empresa com custo operacional muito menor do que a Varig provavelmente preferirá baixar ainda mais o preço. No caso da Gol ignorar o reajuste da Varig e esquecer a competição, as duas empresas perderiam, pois as duas abaixaram o preço, e automaticamente perderam lucro, sem ganhar maior espaço no mercado.

Nós já sabemos que a Gol continuará a baixar preços, por ter vantagem de tamanho, e saber que a Varig não aguentará mais baixar em certo ponto, o que nos leva a figura 9, que representa a segunda e terceira rodadas de estratégias, até que a Varig fica sem opção senão aceitar o menor preço da Gol:

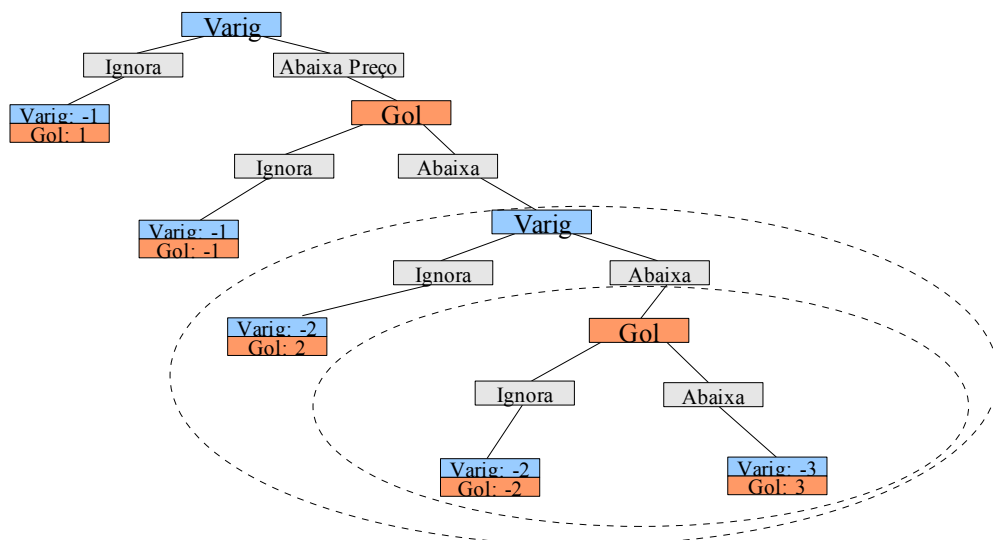


Figura 9 : Fim do Jogo

A disputa da Varig por um mercado grande com a Gol pelo preço, lhe custou caro pois próximo do fim ela já começou a operar com prejuízo, enquanto a Gol adquiria vantagem pela piora do serviço da ex-líder. Somente observando todos os resultados é que descobrimos que a melhor alternativa da Varig era não fazer ajuste de preço, mas sim ajuste de produção, para ajustar o foco a demanda dos clientes que ainda seriam fiéis a Varig por oferecer o melhor serviço de voo.

Metodologia

ETAPAS

Escolha de Cenário:

O estágio inicial do processo de pesquisa é escolher um cenário para a simulação estratégica. Nessa fase uma empresa será escolhida, bem como sua(s) concorrente(s), e a necessidade ou jogada que será efetuada no mercado.

Coleta de dados da empresa:

Para que a simulação seja computada, inicia-se juntando informações sobre a empresa protagonista; O tamanho do seu mercado, nível de fidelidade dos clientes, custo operacional, quantidade de filiais, etc. todos os aspectos da empresa que vão interferir de alguma forma na simulação.

Coleta de dados dos concorrentes:

A mesma coleta de dados ocorre com os concorrentes, para que sejam comparados os dados, e possa se medir a vantagem competitiva entre as empresas. Num cenário real, esta etapa é complicada pois funcionários da empresa não têm contato direto com essas informações, tendo que recorrer até a espionagem.

Estudo do cenário de mercado:

Nessa etapa, o mercado disputado será medido, repartindo entre as concorrentes o público-alvo de seus produtos.

Levantamento de estratégias dos jogadores:

A empresa protagonista decidiu, ou foi obrigada, a agir. As atitudes que levaram a esta ação são exibidos, e depois, levantam-se as possíveis respostas das empresas. Esta etapa é a última do processo de levantamento dos dados, daqui em diante, a Teoria dos Jogos será usada extensivamente. O objetivo dessa etapa é também criar uma metodologia para o levantamento desses dados. Um método já usado por companhias de consultoria é o *War Room*, que divide uma equipe de analistas em duas ou mais equipes: uma para criar estratégias para a empresa protagonista, e as outras para formular as respostas das concorrentes.

Desenvolvimento de aplicação:

Todos os dados colhidos serão organizados e postos como parâmetros para o computador, a partir daí poderemos desenvolver de acordo com a Teoria dos Jogos o aplicativo que executará a simulação das jogadas entre as empresas e seus respectivos *pay-offs*. Os dados pré definidos dessa aplicação, são as respectivas respostas possíveis para cada movimento da empresa protagonista. Todo o processo pode ser exibido numa planilha eletrônica, por isso a aplicação poderá ser criada com ferramentas como o VBA no Excel, ou usando o Development Kit do Suíte OpenOffice.

Simulação:

Com os dados adquiridos, e a aplicação pronta, os parâmetros das ações dos jogadores serão lançados para o computador que irá gerar o resultado (*Pay-off*) de cada *player*. Dentre as estratégias inseridas, será escolhida como melhor a que satisfaz o Equilíbrio de Nash. Caso o cenário possua mais de um oponente, uma simulação deverá ser feita para cada concorrente, alterando os parâmetros da aplicação para cada concorrente.

Chronograma de Execução

Escolha de Cenário----- 3 dias

Coleta de dados da empresa----- 1 Mês

Coleta de dados dos concorrentes-----	2 Meses
Estudo do cenário de mercado-----	1 semana
Levantamento de estratégias dos jogadores-----	2 dias
Desenvolvimento de aplicação-----	2 Meses
Simulação-----	1 Semana

Bibliografia

WIKIPEDIA. John Von Neumann. <http://pt.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann> Acesso em: 20 set. 2006.

WIKIPEDIA. John Forbes Nash. <http://pt.wikipedia.org/wiki/John_Forbes_Nash> Acesso em 20 set. 2006.

WIKIPEDIA. Teoria dos Jogos. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Teoria_dos_Jogos> Acesso em 20 set. 2006.

WIKIPEDIA. Game Theory. <http://en.wikipedia.org/wiki/Game_theory> Acesso em 8 out. 2006.

WIKIPEDIA. Dr. Strangelove or: How I Learned to Stop Worrying and Love the Bomb. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Dr._Strangelove_or:_How_I_Learned_to_Stop_Worrying_and_Love_the_Bomb> Acesso em 17 out. 2006.

CIDADE INTERNET. Jogos de Guerra. <<http://adorocinema.cidadeinternet.com.br/filmes/jogos-de-guerra/jogos-de-guerra.htm>> Acesso em 20 set. 2006.

BÊRNI, Duilio de Ávila. Teoria dos Jogos: Jogos de Estratégia, estratégia decisória, teoria da decisão. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso Ed., 2004

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA PUC-RIO. Teoria dos Jogos. <http://www.mat.puc-rio.br/~iniciant/3_jogos/index_jogos.htm> Acesso em 8 out. 2006.

DUFFY, john. Complete Information Games. Department of economics, University of Pittsburg. <http://www.pitt.edu/~jduffy/econ1200/LectNotesWk8_files/v3_document.htm> Acesso em 8 out. 2006.

TEMPLE UNIVERSITY. Monopoly: Mixed Strategy and Driving Out Your Rivals - Microsoft versus Netscape. <http://courses.temple.edu/economics/Econ_92/Game_Lectures/7th-MixedApps/monopoly.htm> Acesso em 16 out. 2006.

SMITH, Adam. Riqueza das Nações. Hemus Ed., 2002.

GILSON, douglas. Guerra no mundo dos negócios, Formulando estratégias vencedoras utilizando a Teoria dos Jogos. Rio de Janeiro, Clube de Engenharia, 27 de ago. 2006. Palestra.