

A Matriz de Jogos Estratégicos (MJE) como uma nova ferramenta para gestão estratégica via teoria dos jogos

Eliezer Arantes da Costa, elicosta@uol.com.br

Celso Pascoli Bottura, bottura@dmcsi.fee.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) - Laboratório de Controle e Sistemas Inteligentes (LCSI)

Campinas, SP, Brasil

**Recebido: Janeiro, 2006 / Aceito: Abril, 2006*

RESUMO

Novas utilizações de alguns conceitos da teoria dos jogos para formulação de estratégias cooperativas e competitivas em gestão empresarial são aqui elaboradas e apresentadas, tendo como base a Matriz de Jogos Estratégicos (MJE). Aplicam-se os conceitos e resultados da MJE na análise e formulação de estratégias empresariais, como instrumento de apoio à gestão estratégica em complexas estruturas empresariais—hierárquicas ou não – tanto competitivas como cooperativas. É proposta uma nova tipologia para jogos estratégicos empresariais, derivada da análise e interpretação da MJE: Quatro jogos estratégicos clássicos da teoria dos jogos – Nash, Minimax, e Pareto, como jogos não-hierárquicos, e Stackelberg, como jogo hierárquico – são interpretados e aplicados a situações de conflito de interesses competitivas e cooperativas; dois novos jogos estratégicos hierárquicos, aplicáveis a situações de casos-limite, também derivados da análise da MJE – Dominante-Marginal e Paternalista-Solidário–, são também descritos e aplicados. Uma nova metodologia para análise e formulação de estratégias competitivas e cooperativas para gestão estratégica em complexas estruturas hierárquicas, construída com base na MJE, é apresentada e aplicada a jogos hierárquicos em três níveis. Os conceitos de jogo-de-cena estratégico e de dinâmica de posicionamento estratégico são também introduzidos e ilustrados.

Palavras-Chave: Gestão Estratégica. Teoria dos Jogos. Matriz de Jogos Estratégicos. Sistemas hierárquicos. Estratégias competitivas e cooperativas.

1. INTRODUÇÃO

Nos processos de planejamento e de gestão estratégica, a formulação de estratégias empresariais constitui, desde há muito, um dos principais desafios para executivos, especialistas, acadêmicos e consultores de empresa (ANSOFF, 1984; MINTZBERG, AHLSTRAND & LAMPEL, 1998; ZACCARELLI, 2000; CAVALCANTI, 2001; COSTA, 2002), pois a diversidade de situações tem mostrado que uma estratégia que se mostra bem sucedida para um caso pode não servir para outro porque, entre outras razões, as situações são muito diversas entre si e, conseqüentemente, pedem estratégias diferenciadas. Alguns autores chegam a dizer que não há um 'padrão' ou mesmo 'padrões' de estratégias, pela

não-repetitividade das situações de enfrentamento competitivo e, conseqüentemente, das prescrições e recomendações dos especialistas e consultores sobre quais os melhores caminhos ou decisões a tomar em cada caso.

Muitos esforços têm sido feitos para criar categorias suficientemente amplas e gerais para classificação e categorização das estratégias. Slack, em Administração da produção (SLACK, 1996), propôs, para indústrias, uma classificação de estratégias em três níveis hierárquicos: estratégias corporativas –que tratam das grandes decisões da corporação, como crescimento, diversificação, alianças e expansão–, estratégias competitivas ou de negócios –que devem estabelecer as formas de competir em cada unidade de negócio e em cada um de seus mercados– e estratégias funcionais –que cuidam das formas de se obter e manter os recursos estratégicos necessários à implantação das demais estratégias, tais como recursos humanos, finanças, matéria prima e tecnologia.

Embora estas três classes de estratégias sejam essenciais ao sucesso de qualquer negócio, são as estratégias competitivas as que costumam absorver o grande esforço nas formulações estratégicas das organizações, razão pela qual fazemos, neste trabalho, uma aplicação de alguns resultados da teoria dos jogos a ambientes empresariais cooperativos e competitivos, como suporte à formulação de estratégias competitivas. ⁽ⁱ⁾

As referências bibliográficas sobre aplicações de conceitos e resultados da teoria dos jogos para formulação e modelagem das decisões estratégicas em situações de conflitos de interesses são freqüentes em vários autores. Embora o conceito de conflito de interesses possa ser aplicado a quase todas as atividades humanas –coletivas ou pessoais– tais como políticas, militares, geopolíticas, sociais, diplomáticas, familiares, nos concentramos sobre aplicações no mundo dos negócios, como em VON NEUMANN & MORGENTHAU (1947), SCHELLING (1960), INTRILIGATOR (1971), PORTER (1980), HÄMÄLÄINEN (1981), PORTER (1991), BRANDENBURGER & NALEBUFF (1995), LAMPEL (1998), GHEMAWAT (1999). Uma referência teórica para as estratégias de jogos está em BAŞAR & OLSDER (1999).

Em *Strategy Safari*, MINTZBERG *et al* (1998) fazem um levantamento geral do panorama histórico das grandes linhas de pensamento e ação na área estratégica nas últimas quatro décadas, identificando dez escolas que, segundo eles, dominaram o pensamento e as formulações estratégicas, sendo três de caráter prescritivo –Escola de Projeto, de Planejamento e de Posicionamento–, seis de caráter descritivo –Escola de Empreendimento, Cognitiva, de Aprendizagem, de Poder, Cultural e Ambiental–, e uma de caráter integrativo –Escola de Configuração–. Destas dez escolas, apenas a Escola de Posicionamento mereceu deles uma referência a possíveis aplicações da teoria dos jogos para modelagem de algumas situações competitivas entre empresas, particularmente sob condições de manobras táticas ou estratégicas e de movimentações competitivas.

Neste trabalho abordaremos este tema sob o ponto de vista da teoria dos jogos, utilizando o conceito de Matriz de Jogos Estratégicos (MJE), procurando responder à questão “Que jogo devo eu jogar?”, em vez da pergunta clássica “Como eu vou competir?”

2. AS BASES CONCEITUAIS DA MATRIZ DE JOGOS ESTRATÉGICOS (MJE)

2.1. O USO DA TEORIA DOS JOGOS PARA A FORMULAÇÃO DE ESTRATÉGIAS

Algumas tentativas de aplicação da teoria dos jogos em ambientes de negócios foram reportadas por autores tais como Porter, Dixit, Lampel, Smit e Ankun, Ghemawat e Zaccarelli, que são resumidas a seguir:

Tanto Porter como Dixit descrevem, a seu modo, os movimentos competitivos das empresas, como lances de um jogo competitivo num tabuleiro, e fazem considerações sobre as possíveis reações dos concorrentes ao tomarem conhecimento de movimentações de seus adversários (PORTER, 1980; DIXIT & NALEBUFF, 1991a, 1991b). Em trabalho posterior, Porter menciona a aplicação das teorias clássicas de estratégias de equilíbrio da teoria dos jogos para interpretar situações de confronto estratégico e as escolhas das movimentações de cada competidor (PORTER, 1991). Lampel faz uma análise do uso da

teoria dos jogos para formulação de estratégias competitivas, e menciona jogos do tipo perde-perde, perde-ganha e ganha-ganha (LAMPEL, 1998) e as estratégias aplicáveis em cada caso. Smit e Ankun descrevem a aplicação da teoria dos jogos para tomada de decisões em estratégias de investimentos sob condições competitivas (SMIT & ANKUN, 1993).

Ghemawat cita várias situações de competição entre empresas para as quais a teoria dos jogos pode ser muito útil para análise e decisão entre as várias estratégias competitivas disponíveis (GHEMAWAT, 1999). No entanto, ele alerta que, muitas vezes, os tomadores de decisão não andam pelos 'caminhos da racionalidade', pois freqüentemente empresários fazem suas escolhas estratégicas baseadas muito mais em motivos psicológicos, políticos ou diplomáticos, como, por exemplo, a necessidade de se justificar por decisões passadas, ou uma percepção seletiva da realidade, ou hostilidade gratuita, ou, simplesmente, 'palpites intuitivos', e cita alguns casos conhecidos da literatura para ilustrar este fenômeno.

Zaccarelli também explora conceitos da teoria dos jogos para o entendimento das estratégias competitivas, principalmente no que se refere a possíveis reações dos concorrentes aos lances escolhidos (ZACCARELLI, 2000). Faz ele uma conveniente distinção entre 'decisões lógicas' e 'decisões estratégicas' ⁽ⁱⁱ⁾; estas últimas são as tratadas neste trabalho. Alguns resultados da teoria de jogos dinâmicos estocásticos não-cooperativos (BAŞAR & OLSDER, 1999) abrem novas possibilidades e têm sido aproveitados como plataforma conceitual para modelagem de estratégias competitivas (COSTA FILHO, 1992; BOTTURA & COSTA, 2004a, 2004b; COSTA & BOTTURA, 2004, 2005a, 2005b, 2005c).

2.2. JOGOS CLÁSSICOS DA TEORIA DOS JOGOS PARA CONSTRUÇÃO DA MJE

A literatura descreve situações cooperativas e competitivas clássicas da teoria dos jogos e indica formas de obter estratégias de equilíbrio nesses tipos de jogos (COSTA FILHO, 1992, BAŞAR & OLSDER, 1999). Entre elas, escolhemos as seguintes, para servirem de paradigmas para este trabalho, discutidas na Seção 3:

- (a) Jogos de soma-zero, onde se aplica a estratégia de equilíbrio Minimax, na busca de uma de ponto-de-sela;
- (b) Jogos de soma variável, não-cooperativos, onde se aplica a estratégia de equilíbrio de Nash;
- (c) Jogos de soma variável, cooperativos, onde se aplica a estratégia de equilíbrio de Pareto;
- (d) Jogos hierárquicos, onde o jogador mais forte faz seu lance estratégico e o anuncia aos demais jogadores, para os quais se aplica a estratégia de equilíbrio de Stackelberg – Líder, para o jogador mais forte, e a de Stackelberg – Seguidor, para o jogador mais fraco.

2.3. AS DIMENSÕES RELEVANTES DE DIFERENCIAÇÃO ESTRATÉGICA

Várias dimensões relevantes poderiam ser utilizadas para um mapeamento conceitual dos diversos posicionamentos estratégicos que um jogador pode assumir em situações de conflitos de interesses. Para o mundo dos negócios poderíamos escolher, por exemplo, o porte relativo da empresa, as suas forças competitivas, a situação e as perspectivas de crescimento e de expansão do mercado, o estágio no ciclo de vida da empresa, o estágio no ciclo de vida do mercado, ou o grau de vulnerabilidade e de turbulência dos negócios.

No mundo dos negócios, um jogador ⁽ⁱⁱⁱ⁾ pode ser visto como um tomador de decisão que, individualmente ou em equipe, considerando os riscos e oportunidades envolvidas, toma suas decisões e as implementa, mesmo sabendo que suas decisões implicam em riscos pelo fato de que os resultados de sua ação podem influenciar e ser influenciados,

positiva ou negativamente, por decisões autônomas e imprevisíveis de outros tomadores de decisão, que têm outros interesses em jogo ^(iv).

Analisando-se as diferentes situações de conflito de interesses observadas entre jogadores no mundo dos negócios, escolhemos duas fortes condicionantes conceituais que vão caracterizar e diferenciar as estratégias clássicas.

São elas, a forma ou a atitude do jogador, em confronto com seus concorrentes; e, a relação-de-forças –real ou percebida– entre o jogador em questão e o seu oponente contra o qual ele entende haver um conflito de interesses. Para um mapeamento conceitual do posicionamento estratégico de um jogador em uma particular situação de conflito de interesses, escolhemos tais condicionantes para representar as duas dimensões da Matriz de Jogos Estratégicos, descritas a seguir.

2.4. A DIMENSÃO DO CONFRONTO CONCORRENCIAL NOS JOGOS ESTRATÉGICOS

Uma questão básica que envolve situações de conflitos de interesses entre jogadores é a maneira pela qual um jogador específico encara seu oponente. Por uma questão de simplicidade do modelo, adotamos, para este tipo de atitude e de comportamento, apenas três posturas típicas alternativas, mutuamente exclusivas, que sintetizamos em três distintas assertivas, implícitas em qualquer confronto:

- (1) “Se for possível, quero destruir o meu concorrente; se não for possível, quero enfraquecê-lo ao máximo, de forma que ele não me ofereça qualquer ameaça no futuro”.
- (2) “Meu concorrente existe e está aí, mas há oportunidades para todos; embora eu reconheça que haverá sempre conflito de interesses entre nós, vou agir de forma a conquistar e manter meu espaço vital para sobreviver e crescer”.
- (3) “Eu preciso sobreviver, mas meu concorrente também precisa; assim, deve ser possível encontrar alguma maneira coordenada de agir, de forma a que se possa achar uma solução conciliatória que seja a melhor para o todo”.

Psicólogos, administradores, psicanalistas, sociólogos, cientistas políticos e filósofos continuam investigando as verdadeiras motivações pelas quais os jogadores tomam suas decisões, optando, consciente ou inconscientemente, por (1), ou por (2), ou por (3), acima. Para efeito desta análise, entretanto, basta reconhecer que estas três alternativas existem de fato, e que elas condicionam profundamente a análise da situação de posicionamento estratégico e das ações a tomar em cada situação de conflito.

Os pressupostos concorrenciais acima caracterizados são aqui designados por pressuposto rival, pressuposto individualista e pressuposto associativo, respectivamente, e estão apresentados na Tabela 1, que ilustra situações típicas em que eles são aplicáveis, resultados desejados pelos jogadores, pressupostos éticos, e frases-lema típicas de cada um deles.

Neste trabalho, não se questiona se esta escolha é uma questão subjetiva, ou se é uma matéria objetiva que pode ser explicável por uma motivação basicamente econômica, de sobrevivência da empresa. Para efeito deste modelo, observamos que eles estão sempre presentes nas situações de conflitos de interesses, sem associar qualquer juízo de valor sobre a escolha feita.

Tabela 1: Pressupostos para postura dos jogadores

Pressupostos para postura dos jogadores	Rival	Individualista	Associativo
Situações típicas	Concorrência predatória	Concorrência leal	Alianças, consórcios e parcerias
Resultados desejados	Eliminar ou reduzir os concorrentes	Vencer e sobreviver	O melhor possível para o todo
Pressupostos éticos	“Vale tudo para sobreviver”	“Vencer, sim, mas com dignidade”	“Estamos todos no mesmo barco”
Frases-lema típicas	“Todos são contra mim!”	“Cada qual pra si, e que vença o melhor”	“Um por todos e todos por um”

2.5. A DIMENSÃO DE RELAÇÃO-DE-FORÇA ENTRE JOGADORES

Em uma segunda dimensão, procura-se representar a postura típica que um jogador específico assume em relação aos seus principais oponentes. Por uma questão de simplicidade, três posições típicas são aqui tratadas, caracterizadas pelas seguintes assertivas:

- (1) “Sou o mais forte e tenho condições de impor os meus interesses aos meus oponentes”.
- (2) “Estou no páreo, sou como ele; tenho força equivalente aos meus oponentes diretos”.
- (3) “Sou muito fraco; não consigo fazer os meus oponentes agirem de acordo com os meus interesses. Preciso esperar para saber qual as decisões deles para então tomar a minha”.

Os pressupostos de relação-de-forças entre os jogadores são aqui designados por hegemônico, equilibrado e fraco, respectivamente, e apresentados na Tabela 2, que ilustra situações típicas em que esses pressupostos são aplicáveis, resultados desejados pelo jogador, pressupostos éticos e frases-lema típicas para cada um deles.

Para efeito dessas análises, não entramos na questão objetiva da real relação-de-forças entre o jogador e seu oponente direto. Basta reconhecer que estes três pressupostos alternativos estão sempre presentes nas situações de conflitos de interesses, sem associar qualquer conotação que envolva juízo de valor sobre a posição assumida pelo jogador naquele confronto específico.

2.6. A MATRIZ DE JOGOS ESTRATÉGICOS (MJE)

Utilizando-se dos conceitos apresentados em 2.3, 2.4 e 2.5, constrói-se uma matriz três por três, combinando-se, no eixo horizontal, a dimensão dos pressupostos alternativos para postura dos jogadores, e, no eixo vertical, e as três alternativas dos pressupostos de relação-de-forças entre os jogadores, como mostrado nas Figuras 1 e 2.

Tabela 1: Pressupostos de Relações-de-Força entre os jogadores

Pressupostos de Relação-de-forças	Fraco	Equilibrado	Hegemônico
Situações típicas	Iniciante ou terminal	Livre mercado	Monopólio, controle ou regulamentação
Resultados desejados	Sobreviver	Vencer	Manter a posição de soberania
Pressupostos éticos	“Vale tudo para sobreviver”	“Vencer, sim, mas de acordo com as regras”	“Eu é que faço as regras e ganho com elas”
Frases - lema típicas	“Eu sou muito pequeno!”	“Eu sou um deles”	“Eu sou o mais forte”

As nove células da MJE são chamadas de Dominante, Líder, Paternalista, Retaliatório, Competitivo, Cooperativo, Marginal, Seguidor e Solidário, como descrito a seguir.

3. UMA NOVA TIPOLOGIA PARA OS JOGOS ESTRATÉGICOS A PARTIR DA MPE

Apresentamos neste tópico as estratégias de equilíbrio clássicas da teoria dos jogos, referidas em 2.2 e descritas a seguir, aplicáveis às nove posições estratégicas mostradas na Figura 2.

A aplicação de uma ou outra estratégia de equilíbrio em cada caso vai depender, dentre outros, da estrutura do jogo, do número de participantes, da atitude associativa, individualista ou rival, dos participantes, da estrutura de informação disponível aos jogadores e da existência ou não de algum jogador ‘privilegiado’ em condições de impor a sua estratégia aos demais jogadores.

Introduzimos, inicialmente, os conceitos de ponto de equilíbrio e de estratégia de equilíbrio, utilizando-se a terminologia empregada em BAŞAR & OLSDER, (1999)^(v). Define-se um ponto de equilíbrio de um jogo a um conjunto de decisões λ_k^i, u_k^i tais que, para elas, cada jogador julga ter encontrado o valor ótimo possível para sua função objetivo, respeitando as limitações do jogo e seus pressupostos concorrenciais e das relações-de-força assumidas pelos jogadores.

Chamam-se estratégias de equilíbrio de um jogo às regras $\bar{\beta}_k^i (...), \bar{\gamma}_k^i (...)$ que levam ao ponto de equilíbrio do jogo. Neste sentido, uma estratégia de equilíbrio é uma ‘solução’ para o problema do jogo. Ela conduz a decisões que devem ser tomadas pelos jogadores, levando em conta as respectivas funções objetivo que expressam os interesses conflitantes dos jogadores envolvidos.

A seguir, apresentamos as estruturas de equilíbrio clássicas da teoria dos jogos para as cinco células centrais da matriz de posicionamento estratégico, ilustradas na Figura 2.

Pressupostos de Relação-de-Forças	Hegemônico	Dominante	Líder	Paternalista
	Equilibrado	Retaliatório	Competitivo	Cooperativo
	Fraco	Marginal	Seguidor	Solidário
		Rival	Individualista	Associativo
		Postura dos Jogadores		

Figura 1 – A Matriz de Jogos Estratégicos

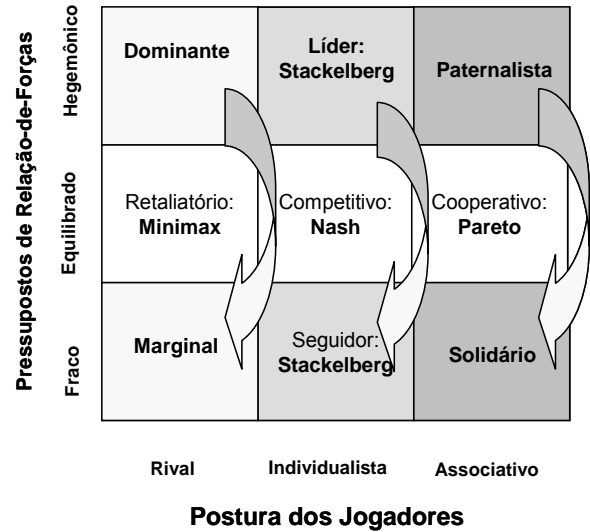


Figura 2 – Os seis jogos estratégicos mapeados na MJE

3.1. JOGO ESTRATÉGICO COMPETITIVO – EQUILÍBRIO DE NASH

O primeiro dos jogos estratégicos aqui descritos, é o chamado “competitivo”, que se aplica, por exemplo, a situações ditas de ‘concorrência perfeita’ ou de ‘livre mercado’, com muitos fornecedores, sem que nenhum deles tenha condições de dominar os demais concorrentes, representado na célula central da MJE.

Nos jogos não-cooperativos de soma variável, onde o jogador decide assumir um posicionamento estratégico competitivo, ele busca a otimização de sua função objetivo ignorando o que os demais jogadores estejam fazendo ou pretendam fazer. Se esta solução existir, ela será caracterizada pela situação onde nenhum dos jogadores consegue melhorar seus resultados particulares alterando unilateralmente a sua decisão. Tal conjunto de decisões é chamado de ponto de equilíbrio de Nash.

Matematicamente, um ponto de equilíbrio de Nash, se existir, para um jogo não-cooperativo (K=1) de soma variável e com N jogadores, obedece às seguintes condições:

Define-se um ponto $\bar{u}^* = (\bar{u}^1, \dots, \bar{u}^i, \dots, \bar{u}^N) \in U$ como um ponto de equilíbrio de Nash se, para todo $\bar{u}^i \in \bar{U}^i, i \in N$, valem, para a função objetivo, simultaneamente, as N desigualdades seguintes:

$$\begin{aligned}
 J_1(\bar{u}^1, \dots, \bar{u}^i, \dots, \bar{u}^N) &\leq J_1(\bar{u}^1, \dots, \bar{u}^i, \dots, \bar{u}^N), \dots, \\
 J_i(\bar{u}^1, \dots, \bar{u}^i, \dots, \bar{u}^N) &\leq J_i(\bar{u}^1, \dots, \bar{u}^i, \dots, \bar{u}^N), \dots, \\
 J_N(\bar{u}^1, \dots, \bar{u}^i, \dots, \bar{u}^N) &\leq J_N(\bar{u}^1, \dots, \bar{u}^i, \dots, \bar{u}^N) \quad (vi).
 \end{aligned}$$

3.2. JOGO ESTRATÉGICO COOPERATIVO – EQUILÍBRIO DE PARETO

Nos jogos de soma variável, a cooperação entre jogadores poderá levar a resultados – para ambos os jogadores – melhores do que os que eles obteriam se tentassem otimizar sua função objetivo desconhecendo, ou ignorando, *a priori*, a decisão do outro, como na estratégia de Nash, já descrita. Aliás, os jogos de soma variável constituem a grande

maioria das situações do mundo empresarial, diplomático, militar ou político, conforme representado na célula central direita da MJE.

Daí o surgimento de muitas oportunidades para parcerias, alianças, coalizões, cartéis e blocos. Quando os jogadores decidem compartilhar informações sobre as respectivas condições e interesses, alternativas de ação e suas funções objetivo, é possível que encontrem um ponto de equilíbrio chamado ‘ótimo de Pareto’, que é ‘o melhor’ para ambos os jogadores. Este ponto, se existir, se caracteriza pelo fato de que nenhum dos jogadores pode melhorar seu resultado sem, com esta ação, prejudicar o resultado dos outros. São os chamados “jogos ganha-ganha”^(vii).

O ambiente dos jogos cooperativos implica, porém, que haja um acordo tácito ou explícito entre os jogadores de forma a que não exacerbem seus interesses individuais em prejuízo do outro –ou dos outros–. Este tipo de jogo, para ser efetivo, exige boa fé e lealdade entre os participantes.

Seja um jogo cooperativo (K=1) de soma variável com N jogadores.

O ponto $\bar{u} = (\bar{u}^1, \dots, \bar{u}^i, \dots, \bar{u}^N) \in U$ é definido como um ótimo de Pareto se não existir nenhum outro ponto $u = (u^1, \dots, u^i, \dots, u^N) \in U$ tal que $J_i(u^i) \leq J_i(\bar{u}^i), \forall i \in N$.

Esta condição exige que $J_i(u^i) \leq J_i(\bar{u}^i), \forall i \in N$, somente se $J_i(u^i) = J_i(\bar{u}^i), \forall i \in N$, com desigualdade estrita para pelo menos um $i \in N$.

3.3. JOGO ESTRATÉGICO RETALIATÓRIO – EQUILÍBRIO DE PONTO-DE-SELA

Este jogo estratégico se aplica aos jogos do tipo perde-ganha, ou perde-perde, onde os jogadores assumem, explícita ou implicitamente, que o ganho para um implica em perda para os demais, que é o que caracteriza o posicionamento retaliatório, conforme representado na célula central esquerda da MJE.

Para formalizar essa posição concorrencial, é utilizado o conceito de jogo de soma zero: Define-se um jogo de soma zero como um jogo para o qual:

$$\sum_{i \in N} (z_i) = \sum_{i \in N} (J_i(x_1, \dots, x_{K+1}, u_1^1, \dots, u_{k1}^i, \dots, u_K^N)) \equiv 0.$$

Chama-se ponto-de-sela num jogo de soma zero, se ele existir, a uma solução para a qual cada um dos jogadores atua na direção que entende ser a mais favorável para otimizar sua função objetivo, ignorando o que o outro pretende fazer. O ponto-de-sela tem a característica peculiar de que qualquer desvio em torno dele, por qualquer dos jogadores, faz com que o seu resultado piore em relação a sua função objetivo.

Aplicando este conceito para um jogo com apenas dois jogadores (N=2), temos:

Sejam \bar{u}^1 e \bar{u}^2 as decisões referentes às coordenadas do ponto-de-sela. Então

(\bar{u}^1, \bar{u}^2) será um ponto-de-sela se satisfizer às seguintes desigualdades:

$$J_1(\bar{u}^1, u^2) \leq J_1(\bar{u}^1, \bar{u}^2) \leq J_1(u^1, \bar{u}^2) \text{ para todo } u^1 \in U^1 \text{ e } u^2 \in U^2.$$

Generalizando, para N jogadores, uma decisão estratégica $\bar{u}^i \in U^i$ de um jogador P_i é definida como uma solução de equilíbrio de ponto-de-sela se, para todo conjunto admissível $\{u^1, \dots, u^i, \dots, u^N\} \in U$, vale a relação:

$$\max_{u^1, \dots, u^{i-1}, u^{i+1}, \dots, u^N} J_i(u^1, \dots, u^{i-1}, \bar{u}^i, u^{i+1}, \dots, u^N) \leq \max_{u^1, \dots, u^N} J_i(u^1, \dots, u^N).$$

Uma das estratégias que leva a um ponto-de-sela é a chamada Minimax. Observe que o cálculo do ponto-de-sela para o jogador P_i , depende exclusivamente da função objetivo de P_i ; isto acontece porque, nesta estratégia, o jogador P_i não deve levar em conta as funções objetivo dos demais jogadores, pois não pode confiar nem contar com a 'racionalidade' deles ^(viii).

Esta estratégia se aplica também a situações reais na qual um jogador P_i pode imaginar que outro jogador possa ter comportamentos não-rationais ou aleatórios, ou até retaliatórios, isto é, que algum adversário pode fazer jogadas para 'prejudicar' os objetivos de P_i , mesmo que, com isto, esteja prejudicando até os seus próprios interesses! A estratégia, neste caso, deve implicar numa ação 'defensiva': Como o jogador P_i não confia na boa fé nem na racionalidade de seus adversários, esta estratégia procura simplesmente minimizar os seus resultados desfavoráveis, limitando suas perdas.

3.4. JOGO ESTRATÉGICO TIPO LÍDER-SEGUIDOR – EQUILÍBRIO DE STACKELBERG

Tomemos um jogo hierárquico simplificado entre um jogador M, chamado líder, e um jogador P, chamado seguidor, com decisões estratégicas λ e u , e funções objetivo $R(\lambda, u)$ e $J(\lambda, u)$, referentes aos jogadores M e P, respectivamente.

Suponhamos, também, que, pela estrutura e pelas regras do jogo, o jogador M seleciona primeiramente a sua decisão estratégica λ e, em seguida, o jogador P seleciona a sua decisão estratégica u , conhecendo, de antemão, a decisão de M, conforme representado na célula central superior e na célula central inferior da MJE.

Define-se ponto de equilíbrio de Stackelberg, se ele existir, ao par $(\bar{\lambda}, \bar{u}) \in (L, U)$ para o qual:

Existe uma relação de transformação $T: L \rightarrow U$ tal que, para qualquer $\lambda \in L$ fixado, $J(\lambda, T\lambda) \leq J(\lambda, u)$ para todo $u \in U$, e existe um $\bar{\lambda} \in L$ tal que $R(\bar{\lambda}, T\bar{\lambda}) \leq R(\lambda, T\lambda)$ para todo $\lambda \in L$, onde $\bar{u} = T\bar{\lambda}$.

Note-se que, para se obter um ponto de equilíbrio de Stackelberg, é necessário que o seguidor seja racional, tomando sempre decisões ótimas dentro de suas condições de contorno. Para esta estrutura de jogo, via algum método de otimização matemática, pode-se determinar uma estratégia de Stackelberg. Este par de estratégias – para líder e para seguidor – se aplica, tipicamente, a situações de conflito de interesses entre um jogador muito forte e outro muito fraco, ambos com pressupostos concorrenciais individualistas.

4. JOGOS ESTRATÉGICOS HIERÁRQUICOS EM CASOS-LIMITE

Da análise da matriz de posicionamento estratégico como aqui construída, vemos que existem quatro células especiais, nos vértices da MJE, que caracterizam situações-limite de enfrentamento competitivo para as quais podemos propor quatro novas estratégias de equilíbrio, ainda não contempladas na teoria dos jogos, que são apresentadas a seguir:

4.1. JOGO ESTRATÉGICO PATERNALISTA-SOLIDÁRIO

Este jogo hierárquico caracteriza-se pela existência de dois tipos de jogadores, em posições antagônicas na Matriz, um na posição Paternalista, na célula superior direita da MJE, e outro (ou outros) na posição Solidária, na célula inferior direita da MJE:

(a) *JOGADOR NA POSIÇÃO ESTRATÉGICA PATERNALISTA*: A posição estratégica localizada na célula superior direita, ocorre quando um jogador de nível hierárquico superior, por sua decisão autônoma, delinea suas ações e as dos demais jogadores no nível inferior, procurando otimizar o desempenho do sistema como um todo.

Um ponto de equilíbrio para este jogador na posição Paternalista pode ser obtido como segue: Seja $0 \leq \alpha_i \leq 1$ o peso de importância relativa atribuída pelo jogador Paternalista ao $i^{\text{ésimo}}$ jogador P_i tal que $\sum_{i=1}^N \alpha_i = 1$, e seja $Z = \sum_{i=1}^N \alpha_i J_i(\dots)$ uma função-objetivo multicritério a ser minimizada, que leva também em conta as funções-objetivo dos N-1 demais jogadores.

Um ponto de equilíbrio para o jogador na posição Paternalista pode ser achado como a solução de um problema de otimização multicritério onde a nova função-objetivo pode ser, por exemplo, uma combinação linear convexa de todas as funções-objetivo dos jogadores –incluindo aí a do próprio jogador Paternalista–, com pesos α_i adequadamente escolhidos.

(b) *JOGADOR NA POSIÇÃO ESTRATÉGICA SOLIDÁRIA*: Em oposição à posição Paternalista, descrita acima, está a posição Solidária, localizada na célula inferior direita, que representa a situação de jogadores com relação-de-forças mais fraca, mas com uma postura Associativa. Tais jogadores, sem condições de impor seus interesses sobre os demais, e muitos menos sobre o jogador Paternalista, devem seguir as regras estabelecidas pelo jogador na posição Paternalista, procurando tirar dela, se possível, alguma vantagem individual.

Caso isto não lhes seja conveniente, considerando seus objetivos e alternativas, eles podem decidir 'sair do jogo', e atuar por conta própria, (ou até participar de outro jogo!). É assim que se comportam os membros de uma organização cooperativa: Eles precisam decidir se lhes convém permanecer associados ao 'coletivo', imposto pelo jogador no posicionamento Paternalista –no caso a Diretoria da Cooperativa, ou, até um outro cooperado muito mais forte- ou, alternativamente, se eles devem atuar sozinhos, por sua própria conta e risco, (ou até participar de outra cooperativa, se isto lhe for conveniente).

Uma estratégia de equilíbrio para um jogador numa posição Solidária pode ser obtida pela solução de um problema de árvore de decisão com dois ramos, representando as decisões alternativas de 'juntar-se (ou manter-se) solidariamente ao coletivo', ou, alternativamente, abandonar o grupo e 'atuar sozinho'. Esse jogador, na posição Solidária, tem somente uma decisão a tomar, com apenas duas alternativas: 'ficar' ou 'sair'.

4.2. JOGO ESTRATÉGICO TIPO DOMINANTE-MARGINAL

Este jogo hierárquico é também caracterizado pela existência de duas posições estratégicas antagônicas na MPE, uma na célula superior esquerda da MJE, a Dominante, e outro na célula inferior esquerda da MJE, a Marginal, descritas a seguir:

(a) *JOGADOR NA POSIÇÃO ESTRATÉGICA DOMINANTE*: A célula superior esquerda da MJE caracteriza a situação de um jogador com posicionamento Dominante, que assume ter a força, a intenção e condições de dominar os seus competidores. Esta postura pode ser de intimidação, de chantagem, de guerra de preços, ou de outros expedientes similares, com a intenção de, se possível, 'quebrar os menores'.

Um ponto de equilíbrio para a posição Dominante é obtido ignorando-se as funções-objetivo dos demais jogadores e pode ser encontrado mediante a solução de um problema

de otimização monocritério. O jogador nesta posição pode também tratar as possíveis ações dos seus concorrentes menores simplesmente como 'ruído aleatório', com distribuição de probabilidade, suposta conhecida *a priori*.

(b) **JOGADOR NA POSIÇÃO ESTRATÉGICA MARGINAL**: Em oposição à posição Dominante, está a posição Marginal, na célula inferior esquerda, caracterizando a posição de jogadores mais fracos na hierarquia, porém com postura Rival. Eles fazem tudo que entendem ser necessário para sobreviver, tentando, tanto quanto possível, obter alguma vantagem e até, se possível, causar perdas, pequenas ou grandes, ao jogador na posição Dominante. 'Produtores-piratas' ou informais, por exemplo, podem adotar esta estratégia, enquanto são de pequeno porte.

Um ponto de equilíbrio para um jogador na posição Marginal pode ser obtido através da solução de um problema de otimização de sua função-objetivo dentro das restrições impostas pelo jogador na posição Dominante, ou, até, ele pode tentar maximizar (*sic*) a função-objetivo de seu competidor mais forte, tentando infligir-lhe o máximo prejuízo possível, ignorando até sua própria função-objetivo. Esta última postura pode parecer um comportamento 'patológico', incompreensível ou irracional, como os "homens-bomba", por exemplo, mas, esses casos reais existem na prática, e este modelo procura descrever, também, essas situações-limite.

5. OS JOGOS DINÂMICOS E AS ESTRUTURAS HIERÁRQUICAS

Partindo dos conceitos e formulações clássicas da Teoria dos Jogos Dinâmicos, como em BAŞAR & OLSDER (1999), usa-se uma plataforma conceitual formal para o tratamento de problemas de gestão estratégica em estruturas hierarquizadas, com múltiplos decisores ou gestores. Um **Jogo Dinâmico Determinístico Não-cooperativo** (JDDN), com vários participantes e com múltiplos estágios, pode ser representado como um problema de otimização de sistemas com múltiplos jogadores – executivos ou gestores – autônomos e descentralizados, porém inter-relacionados pela estrutura e pelas regras do jogo.

Sob o ponto de vista da teoria de controle de sistemas, um JDDN pode ser associado a um problema particular otimização dinâmica com múltiplos gestores autônomos. Neste tipo de jogo, cada um dos N participantes – os jogadores – recebendo informações que lhe são progressivamente reveladas pela estrutura do jogo, toma uma seqüência de decisões quantitativas ou qualitativas, estágio a estágio, buscando otimizar a sua função objetivo, obedecendo às restrições do jogo.

Para uma apresentação formal deste problema de otimização dinâmica, adotamos uma notação derivada da terminologia da teoria de sistemas:

Um Jogo Dinâmico Determinístico Não-cooperativo, JDDN, pode ser modelado como sendo uma coleção estruturada de elementos conceituais lógico-matemáticos, graficamente representadas na Figura 3, cujos principais elementos são caracterizados a seguir:

- (i) Um conjunto de N *jogadores* –ou gestores– $P_i, i \in \mathbf{N} = \{1, \dots, N\}$, formando o conjunto dos participantes do jogo, dos quais se esperam decisões racionais, inteligentes, e indutivamente coerentes: as decisões devem ser viáveis –isto é, que obedeçam às regras do jogo– e *ótimas* –isto é, que otimizam alguma função objetivo dada;
- (ii) Uma função $f_k: (X \times U_k^1 \times \dots \times U_k^i \times \dots \times U_k^N) \rightarrow X$ definida para cada $k \in K$ tal que $x_{k+1} = f_k(x_k, u_k^1, \dots, u_k^i, \dots, u_k^N)$, $k \in K$, dado um estado inicial do jogo, $x_1 \in X$; esta *equação de transição de estado* para o jogo dinâmico descreve a sua evolução ao longo do tempo, representada pela seqüência $[x_1, \dots, x_k, \dots, x_K, x_{K+1}]$, onde x_1 é o estado inicial, dado, e x_{K+1} é o estado final, ou terminal;

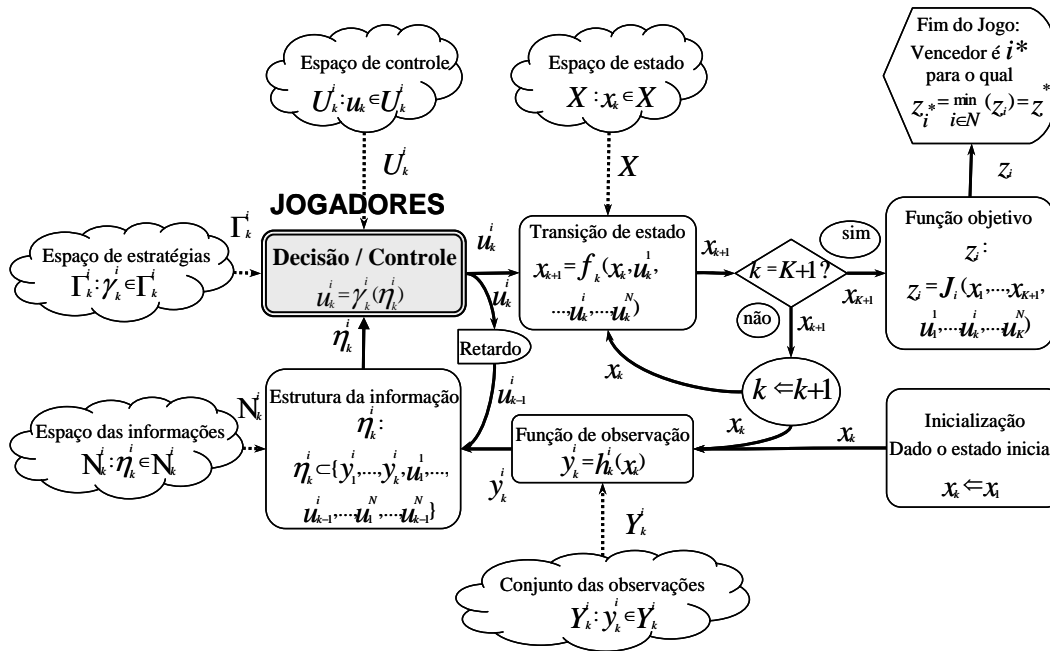


Figura 3 – Representação esquemática de um Jogo Dinâmico Determinístico Não-Cooperativo (JDDN), como um problema de otimização dinâmica com múltiplos decisores / jogadores

- (iii) Uma função $\gamma_k^i(\dots)$ que transforma informações em decisões, tal que a decisão u_k^i pode ser obtida como $u_k^i = \gamma_k^i(\eta_k^i)$, com $k \in K$ e $i \in N$;
- (iv) Uma função objetivo para P_i . Num caso mais simples, ela pode ser mapeada em um escalar $z_i \in \mathbb{R}$, a ser minimizado, tal que, para cada $i \in N$:

$$z_i = J_i(x_1^i, \dots, x_{K+1}^i, u_1^i, \dots, u_{k1}^i, \dots, u_K^i)$$

Para os fins deste trabalho, usamos, como ‘jogo estratégico’, um JDDN para o qual supõe-se que a função objetivo para cada jogador, a ser minimizada, depende exclusivamente do estado final do jogo, x_{K+1} , (BOTTURA & COSTA, 2004a, 2004b). Isto é:

$$z_i = J_i(x_{K+1}^{(i)}); i \in N.$$

Tal problema de otimização dinâmica com múltiplos gestores, com esta particular função objetivo, pode ser tratado também como um problema de controle preditivo, como em BITMEAD, GEVERS & WERTZ (1990).

No mundo dos negócios, o objetivo do jogo é otimizar o resultado final desejado para todos os jogadores, dentro das restrições impostas pela estrutura do jogo: quanto mais ‘perto’ cada jogador for capaz de levar sua empresa de um alvo – ou estado final – pré-especificado, melhor terá sido o seu desempenho.

6. JOGOS ESTRATÉGICOS EM ESTRUTURAS HIERÁRQUICAS

Prosseguindo com o JDDN, vamos particularizar sua estrutura para obter modelos de jogos hierárquicos, que são os mais adequados aos propósitos deste trabalho (CRUZ JR, 1978; COSTA FILHO & BOTTURA, 1990, 1991).

6.1 ESTRUTURA DE UM JOGO HIERÁRQUICO EM DOIS NÍVEIS, JH2

Um caso particular do JDDN, chamado jogo não-cooperativo em dois níveis, pode ser modelado através de um processo de segmentação do JDDN em subsistemas, cada um representando, por exemplo, uma empresa, competindo em seu mercado. Cada subsistema, modelando um jogador, tem suas próprias regras operativas, sua função de transição de estado, suas estratégias e sua função objetivo.

Cada empresa – a $i^{\text{ésima}}$ – representada pelo subsistema SC_i compete no seu mercado, suprindo-se de matéria prima, mão de obra, recursos financeiros, tecnologias e outros suprimentos. Por outro lado, ela também compete pela preferência de seus clientes.

O mercado num sentido amplo, também ‘interfere’ no jogo, atuando sobre preços e quantidades transacionadas pelas N companhias com seus fornecedores e clientes. Uma forma de representar as ações do mercado é introduzir um novo ‘jogador’, o $(N+1)^{\text{ésimo}}$, chamado ‘mercado’, que tem a seu encargo buscar, em cada estágio k , um balanceamento entre demandas agregadas e ofertas agregadas.

O JDDN, reorganizado como descrito acima, é definido como um jogo hierárquico em dois níveis, designado como JH2. A formulação deste conceito pode ser obtida através de uma partição conveniente em um processo de segmentação do JDDN, resultando em dois tipos de subsistemas, descritos a seguir:

- **SUBSISTEMA COMPANHIA: SC_i** - A formulação matemática para o $i^{\text{ésimo}}$ subsistema SC_i para todo $k \in K$ e para todo $i \in N$ pode ser escrita como segue:

(a) $x_{k+1}^i = f_k^i(x_k^i, u_k^i, \lambda_k^i)$, dado o estado inicial x_1^i , é a equação de transição de estado;

(b) $u_k^i = \gamma_k^i(\eta_k^i)$ é a função estratégica de decisão; e

(c) $z_i = J_{K+1}^i(x_{K+1}^i)$ é a função objetivo do jogador.

- **SUBSISTEMA COORDENADOR DE MERCADO, SCM:** Analogamente, o modelo matemático para o Subsistema Coordenador de Mercado, SCM, pode ser escrito como:

(a) $m_{k+1} = g_k(m_k, \lambda_k^1, \dots, \lambda_k^i, \dots, \lambda_k^N, u_k^1, \dots, u_k^i, \dots, u_k^N)$, dado o estado inicial m_1 , é a equação de transição de estado;

(b) $\lambda_k^i = \beta_k^i(\mu_k^i)$ é a função estratégica de decisão; e

(c) $\delta_k = R_k(m_k)$ é a função objetivo para o coordenador de mercado.

Os módulos SC_i comunicam-se com o subsistema coordenador de mercado, SCM, trocando informações, por exemplo, sobre preços e quantidades. A comunicação entre os SC_i , por outro lado, – se existir – vai depender do posicionamento estratégico adotado pelos jogadores e pelo jogo que eles decidam jogar.

6.2. ESTRUTURA DE UM JOGO HIERÁRQUICO EM TRÊS NÍVEIS, JH3, COM UM COORDENADOR

Por analogia ao tratamento dado ao JDDN para criar os JH2, esses últimos podem ser também segmentados, para se criar um jogo hierárquico em três níveis, os JH3, como pode ser visto na Figura 4, obtido através de uma conveniente segmentação dos SC_i . Cada empresa pode ser modelada, por exemplo, como composta de Unidades Gerenciais, as UG_{ij} , representando as principais áreas funcionais, gerenciais ou operacionais da companhia.

Neste sentido, cada UG_{ij} , também como um jogador autônomo, tem sua equação de transição de estado, estratégias e função objetivo. Os UG_{ij} , por sua vez, têm uma coordenação, no nível da direção da empresa, chamada de Subsistema Coordenador da Companhia, SCC_i , que se encarrega de conciliar os conflitos de interesses entre as UG_{ij} que lhe são subordinadas.

6.3. ESTRUTURA DE UM JOGO HIERÁRQUICO EM TRÊS NÍVEIS, JH3 MODIFICADO, COM DOIS COORDENADORES

De forma análoga, o nível superior de JH3 pode ser, por sua vez, segmentado, substituindo-se o único coordenador de mercado, SCM, por dois coordenadores com mesmo nível hierárquico, um para os suprimentos, SCMS, e outro para os produtos, SCMP, como pode ser visto na Figura 5.

7. METODOLOGIA PARA FORMULAÇÃO DE ESTRATÉGIAS EM GESTÃO DE SISTEMAS HIERÁRQUICOS

Seja um complexo sistema hierárquico existente, com múltiplos gestores – jogadores – para o qual se pretende formular estratégias competitivas e cooperativas.

Uma metodologia aqui apresentada, fundamentada nos princípios e conceitos da MJE, (COSTA & BOTTURA, 2004), é descrita e aplicada a seguir. Os passos da metodologia são descritos nos quatro estágios a seguir:

7.1. PRIMEIRO ESTÁGIO – ANÁLISE DO SISTEMA COMO UM JOGO

Neste estágio, procura-se entender e descrever o sistema como um todo, seus propósitos e quais são os agentes decisores – os jogadores – envolvidos, através dos seguintes passos:

- (a) Descrever os principais interesses envolvidos e os objetivos de cada jogador;
- (b) Identificar os principais conflitos de interesses entre jogadores ou grupos de jogadores;
- (c) Identificar eventuais situações de supremacia – ou de subordinação – entre os jogadores, sugerindo possibilidades de estruturas hierárquicas;
- (d) Desenhar uma representação esquemática do sistema como um jogo, indicando as linhas de hierarquia, como nas Figuras 4 e 5.

7.2. SEGUNDO ESTÁGIO – LEVANTAMENTO DOS SUBJOGOS

- (a) Procurar, identificar e designar os eventuais subgrupos de jogadores que têm algum interesse em comum, ou, alternativamente, que têm algum particular conflito de interesses a ser conciliado de alguma forma;
- (b) Procurar, identificar e descrever os subjogos do jogo.

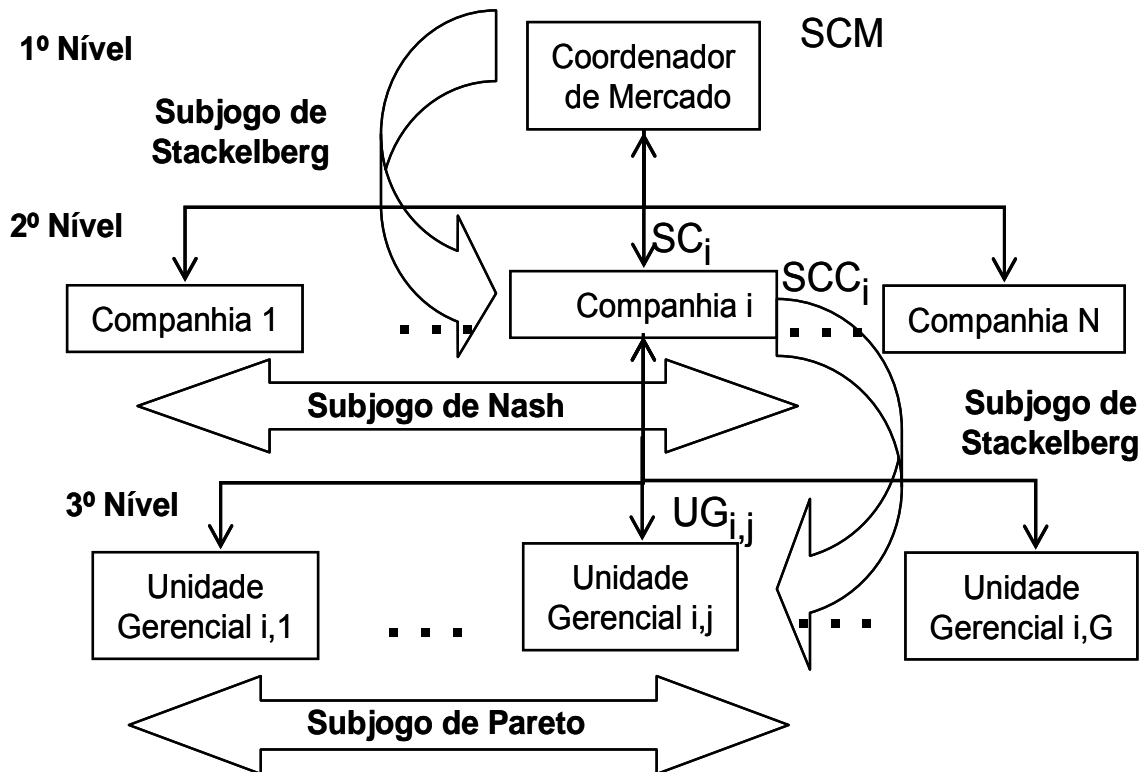


Figura 4 – Aplicação de jogos clássicos da MJE em uma estrutura hierárquica em três níveis com um Coordenador de Mercado

7.3. TERCEIRO ESTÁGIO – AVALIAÇÃO DOS POSICIONAMENTOS ESTRATÉGICOS

Através de cuidadosa interpretação dos dados e outras fontes de informação disponíveis, avaliar o posicionamento estratégico em cada subjogo:

- Classificar as posturas típicas de cada jogador em cada subjogo, como sendo associativa, ou individualista, ou rival;
- Idem, para os pressupostos de relação-de-forças, como sendo hegemônico, ou equilibrado, ou fraco;
- Com os resultados destas avaliações, identificar a qual das células da MJE mais se ajusta o posicionamento estratégico avaliado para cada jogador;

7.4. QUARTO ESTÁGIO – MAPEAMENTO DA ESTRUTURA DO JOGO

A análise final resultante é mapeada para apoiar a formulação das estratégias dos jogadores:

- Mapear, na representação esquemática mencionada no primeiro estágio, o subjogo estratégico mais indicado para cada jogador, em cada subjogo;
- Aplicar, a cada jogador, em cada subjogo, a respectiva estratégia de equilíbrio indicada por (j).

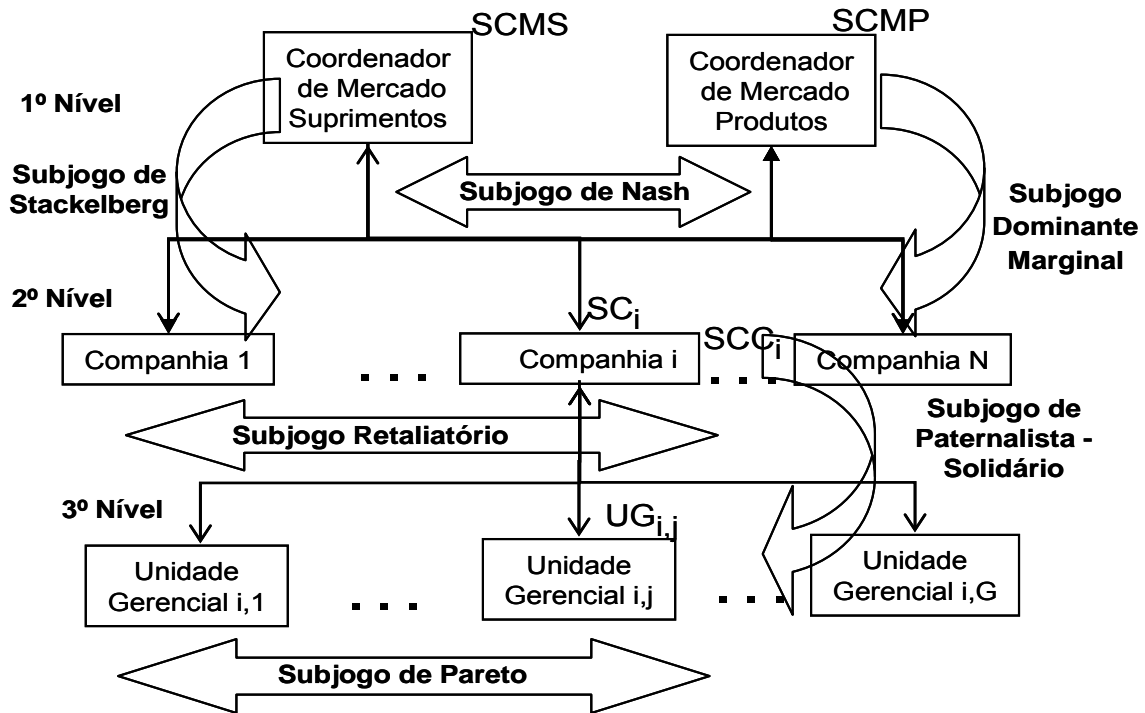


Figura 5 – Aplicação dos seis jogos da MJE em uma estrutura hierárquica em três níveis com dois Coordenadores de Mercado

7.5. UM CASO TÍPICO DE GESTÃO ESTRATÉGICA MULTICRITÉRIO

É importante notar que, nesse tipo de estrutura complexa, um dado jogador pode, dependendo da estrutura do jogo, estar atuando como um decisor estratégico em vários subjogos concomitantemente. Assim, com muita frequência, o mesmo jogador pode estar enfrentando conflitos de interesses internos, entre as várias estratégias de equilíbrio que pretenda adotar em cada subjogo. Caso isto ocorra, ele deve resolver um problema de otimização multicritério, considerando o conjunto das várias estratégias envolvidas em cada um dos subjogos dos quais participa, com os respectivos pesos de importância ou relevância relativos.

8. APLICANDO A METODOLOGIA DESCRITA PARA A FORMULAÇÃO DE ESTRATÉGIAS EM ESTRUTURAS HIERÁRQUICAS

8.1. ESTRUTURAS HIERÁRQUICAS EM TRÊS NÍVEIS COM UM COORDENADOR

Suponhamos um ambiente negocial com múltiplos decisores/jogadores, com uma estrutura hierárquica em três níveis, e com um único coordenador de mercado, como mostrado na Figura 4. Aplicando-se a metodologia apresentada em 7, temos os seguintes resultados:

- **PRIMEIRO ESTÁGIO** – Para este estágio, os resultados já estão apresentados na Figura 4.
- **SEGUNDO ESTÁGIO** – Os quatro subjogos identificados são: $\{SC_1, \dots, SC_i, \dots, SC_N\}$ e $\{UG_{i,1}, \dots, UG_{i,j}, \dots, UG_{i,G}\}$, como dois subjogos – retaliatórios, ou competitivos, ou cooperativos – dependendo do posicionamento estratégico adotado pelos jogadores; e $\{SCM, SC_i\}$ e $\{SCC_i, UG_{ij}\}$ como dois subjogos de coordenação hierárquica – Dominante/Marginal, ou Líder-Seguidor, ou Paternalista-Solidário/Solitário – dependendo do posicionamento estratégico que for adotado pelos jogadores.

- **TERCEIRO ESTÁGIO** – A aplicação de uma ou outra estratégia de equilíbrio em um subjogo específico depende da particular situação de conflito de interesses e das posturas e pressupostos presentes em cada caso. O exemplo aplicativo que se segue serve para ilustrar os conceitos já apresentados:
 - (i) O subjogo competitivo entre as companhias SC_i pode ser tratado como um jogo soma-variável onde os jogadores são supostos não cooperar entre si, sem buscar articular suas estratégias de forma a que os resultados sejam os melhores para todos, o que implica tipicamente numa estratégia de equilíbrio de Nash;
 - (ii) O subjogo competitivo entre as unidades gerenciais UG_{ij} da mesma empresa SC_i pode ser tratado como um jogo de soma-variável onde os jogadores deveriam cooperar entre si, o que implica tipicamente numa estratégia de equilíbrio de Pareto;
 - (iii) O subjogo entre o coordenador de Mercado, SCM, e cada companhia SC_i , pode ser interpretado como um jogo de coordenação hierárquica ao qual se aplicam tipicamente as estratégias de equilíbrio de Stackelberg, considerando-se o Coordenador de Mercado como Líder e as companhias como Seguidoras;
 - (iv) Analogamente, o subjogo entre os coordenadores SCC_i e cada uma das suas UG_{ij} pode também ser interpretado tipicamente como um jogo de coordenação hierárquica de Stackelberg, onde SCC_i faz o papel de Líder e os UG_{ij} de Seguidores.
- **QUARTO ESTÁGIO** – O mapeamento resultante do quarto estágio está indicado na própria Figura 4.

8.2. ENCAMINHAMENTO DA SOLUÇÃO DO JOGO COMO UM PROBLEMA OTIMIZAÇÃO DINÂMICA

Considerando-se uma arquitetura de gestão estratégica, como a de JH3, a melhor estratégia para todos os jogadores envolvidos deveria otimizar, simultaneamente, suas respectivas funções objetivo, de acordo com as estratégias de equilíbrio adotadas e as respectivas condições limitantes impostas pela estrutura do jogo. Para um problema estratégico como este, o objetivo é encontrar uma seqüência de decisões, para cada jogador, que leve o sistema a um estado final desejado – ou o mais perto possível dele.

As maneiras clássicas de resolver este tipo de problema de otimização dinâmica podem ser, por exemplo, o Princípio do Mínimo, de Pontryagin, ou o Cálculo de Variações, ou a Programação Dinâmica, como em BELLMAN (1957), BRYSON & HO (1975), BAŞAR & OLSER (1999), HAIMES & LI (1988), BITMEAD *et al* (1990), COSTA FILHO & BOTTURA (1990), BOTTURA *et al* (1999), dependendo do caso. Outras formas de resolver este tipo de problema podem ser as técnicas de computação evolucionária, como os algoritmos genéticos, como em GOLDBERG (1989), BACK, FOGEL & MICHALEVICZ (1997), BOTTURA & FONSECA NETO (1999), FONSECA NETO (2000).

8.3. ESTRUTURAS HIERÁRQUICAS EM TRÊS NÍVEIS COM DOIS COORDENADORES

Apresentamos aqui, de forma sumarizada, uma outra aplicação ilustrativa da metodologia proposta, em uma estrutura hierárquica em três níveis com dois coordenadores de mercado, o JH3 modificado, como descrito em 6.3. O resultado do mapeamento estrutural e as estratégias de equilíbrio aplicáveis a cada subjogo estão apresentadas na Figura 5. Este exemplo serve também para ilustrar que, numa situação razoavelmente simples, já podem estar presentes todas as nove posições estratégicas referentes aos seis jogos apresentados nos tópicos 3 e 4.

8.4. ESTRUTURAS HETERÁRQUICAS E OUTRAS ESTRUTURAS

A mesma metodologia de análise e de formulação apresentada em 7 e aplicada em 8.1 e 8.2 pode ser também aplicada a uma larga variedade de arquiteturas de sistemas, inclusive em estruturas organizacionais heterárquicas, como tratadas em TALUKDAR *et al* (1992); e, em COSTA FILHO (1992).

9. O CONCEITO DE JOGO DE CENA EM POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO

A Matriz dos Jogos Estratégicos usada neste trabalho também pode ser utilizada para analisar e explicitar um conceito aqui chamado de jogo-de-cena estratégico (HÄMÄLÄINEN, 1981). Este conceito caracteriza os vários posicionamentos estratégicos que podem estar presentes em um determinado instante de tempo, em um complexo confronto estratégico entre dois dados jogadores. Ele parte da constatação de que nem sempre a posição estratégica expressa pelas ações e atitudes da empresa ou percebida pelo seu principal concorrente coincidem com a real posição estratégica que a empresa tem, presume ter, ou finge ter, naquele momento.

Assim, para efeitos ilustrativos, caracterizamos, num confronto hipotético, cinco posicionamentos possíveis. Essas posições típicas, exemplificadas na Figura 5, sob o ponto de vista de um dado jogador, em uma situação competitiva específica, são as seguintes:

- POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO REAL (PER): Nem sempre o posicionamento real é percebido adequadamente pela empresa, pois ela pode ser – ou pode estar – iludida por uma série de motivos, internos ou externos, às vezes por presunção, ou por excesso de humildade, ou por informações enganosas, tanto internas quanto externas, etc.

Note-se que, muitas vezes, o PER só é objetivamente avaliado por observadores externos, sem preferências ou tendências;

- POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO PERCEBIDO (PEP): Posição em que, internamente, a empresa entende estar. Pode ou não coincidir com (PER);
- POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO ASSUMIDO (PEA): Posição que a empresa publicamente expressa para o mercado e para seus concorrentes. Pode ou não coincidir com (PER) ou com (PEP);
- POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO OBSERVADO PELOS DEMAIS JOGADORES (PEO): Posição da empresa em questão tal como observada e interpretada por seus concorrentes. Nem sempre a ‘leitura da posição’ pelos concorrentes coincide com a posição assumida publicamente (PEA), pois eles podem achar que a empresa não está falando a ‘verdade’, ou seja, que ela está simplesmente blefando;
- POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO ECOADO PELOS DEMAIS JOGADORES (PEE): Posição que os concorrentes demonstram terem ‘lido’ das manifestações expressas pela empresa em questão. Pode não coincidir com (PEO), pois os competidores também podem estar blefando... e assim por diante...

Como visto na Figura 6, o mapeamento de várias situações possíveis, através de jogos-de-cena estratégicos utilizando a MJE, pode trazer novas luzes para o entendimento e para o tratamento das reais razões de comportamentos aparentemente estranhos das empresas ou organizações ^(ix), num dado momento.

10. A DINÂMICA DO POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO

A Matriz de Jogos Estratégicos pode também ser utilizada para explicitar o conceito de dinâmica do posicionamento estratégico. Este conceito caracteriza a evolução das várias posições estratégicas presentes em um confronto cooperativo ou competitivo de uma dada empresa, ao longo do tempo. Ela parte da constatação de que o posicionamento estratégico deve ir variando com os anos, em função de fatores internos e/ou externos da empresa.

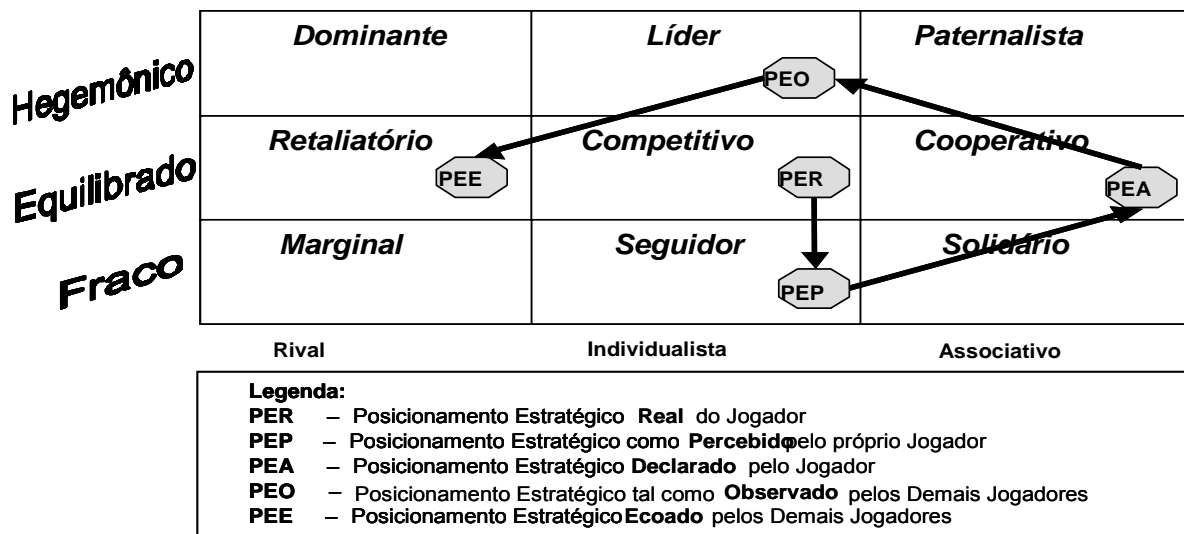


Figura 6 – Exemplo Ilustrativo de um Jogo-de-Cena de Posicionamento Estratégico em um dado instante

Assim, para efeitos ilustrativos, caracterizamos cinco posicionamentos de referência ao longo do tempo. Estas posições, exemplificadas ilustrativamente na Figura 7, para uma dada empresa, caracterizam as diversas fases da sua evolução ao longo do seu ciclo de vida.

Por exemplo, na fase pioneira (FP), a empresa pode ter um comportamento de seguidor, tentando se inspirar e imitar algum grande concorrente no mercado, o líder. Com o passar dos anos já na fase de crescimento rápido (FC) e conquista do mercado, ela pode achar que a melhor posição é a de competir ferozmente para tentar sobreviver e crescer, passando de seguidor para marginal. Anos depois, com um crescimento mais lento, na fase de sedimentação (FS), a empresa pode se sentir forte o suficiente pra adotar uma posição Retaliatória, tentando eliminar ou subjugar seus concorrentes para continuar crescendo!

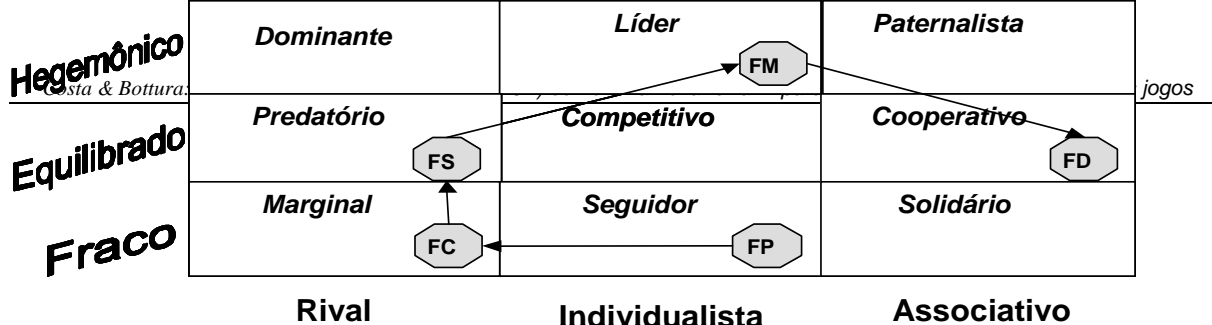
Se ela conseguir crescer o suficiente para dominar o mercado, evoluindo para uma fase de maturidade (FM), poderá, por exemplo, passar para uma posição de líder. Finalmente, na fase terminal ou de declínio (FD), já um pouco mais fraca, a empresa pode tentar uma posição cooperativa, buscando fazer arranjos com seus competidores, para não perder totalmente sua posição ou domínio do mercado. A história das empresas e organizações no mundo dos negócios está repleta de situações de evolução dinâmica do posicionamento estratégico como as aqui ilustradas.

11. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho mostrou que a Matriz de Jogos Estratégicos pode representar uma ponte conceitual entre a teoria dos jogos e as estratégias competitivas do mundo dos negócios, permitindo aplicar a estas os resultados da primeira e, em contrapartida, enriquecer a teoria dos jogos com a caracterização e discussão de algumas complexas situações e casos reais dos ambientes cooperativos e competitivos.

Algumas ‘patologias estratégicas’ também podem ser diagnosticadas, caracterizadas e mapeadas através de disfunções orgânicas nas empresas, provocadas por mau uso do posicionamento estratégico. O uso da MJE pode trazer maior clareza às análises e interpretações de situações reais de risco, prejuízo ou de falta de sucesso empresarial.

Além disso, novos conceitos derivados da utilização da MJE podem ser incorporados aos programas de capacitação gerencial e adicionados ao instrumental analítico da alta e média administração das empresas. Como exemplo desses conceitos, citamos:



Legenda:

FP – Pioneirismo - Fase de organização e lançamento da empresa

FC – Crescimento - Fase de crescimento acelerado

FS - Sedimentação - Fase de crescimento lento

FM - Maturidade - Fase de estagnação

FD - Declínio - Fase de queda e diminuição de atividades

Figura 7 – Exemplo Ilustrativo de Dinâmica do Posicionamento Estratégico ao Longo do Tempo

- MANOBRABILIDADE ESTRATÉGICA**, que serve para caracterizar a capacidade de alguns empresários de sucesso em entender e praticar, de forma eficiente, o jogo-de-cena estratégico mais conveniente para os interesses do longo, médio e curto prazos das suas organizações;
- FLEXIBILIDADE ESTRATÉGICA**, que serve para caracterizar a capacidade empresarial de decidir e implementar, de forma eficiente, mudanças em seu posicionamento estratégico, no momento adequado e dentro da melhor dinâmica estratégica recomendável.
- POLIVALÊNCIA ESTRATÉGICA**, que caracteriza a capacidade empresarial de analisar, especificamente, cada caso particular de conflito de interesses e de escolher e adotar, de maneira eficiente, para cada um deles, o posicionamento estratégico distinto mais adequado a cada caso específico. Ou seja, “escolher o jogo certo a jogar em cada situação de conflito de interesses”.

Neste trabalho, a MJE, construída com conceitos da Teoria dos Jogos Dinâmicos e dos conceitos das estratégias competitivas e cooperativas no mundo dos negócios, confirma-se como uma ferramenta analítico-descritiva útil para interpretação, análise e formulação de estratégias empresariais e para apoio à gestão estratégica em estruturas hierárquicas competitivas e cooperativas.

Os seis jogos estratégicos, derivados da MJE e aplicados neste trabalho –quatro clássicos e dois em casos-limite–, sendo três não-hierárquicos e três hierárquicos, constituem uma base para uma tipologia que descreva e trate adequadamente uma grande variedade de situações de conflito de interesses presentes em gestão empresarial.

A metodologia descrita e aplicada na análise de estruturas multiníveis é recomendável como um instrumento analítico para modelagem de estratégias em complexas estruturas hierárquicas competitivas e cooperativas.

Concluindo, a formulação e implantação da gestão estratégica – fundamentais para o sucesso das empresas em complexas estruturas multiníveis no mundo dos negócios – podem se beneficiar dos conceitos, métodos e instrumentos aqui apresentados.

REFERÊNCIAS

- ANSOFF, H.I. **Implanting strategic management**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1984.
- BACK, T.; FOGEL, D.B. & MICHALEVICZ Z. (Eds) **The handbook of evolutionary computation**. London: Oxford University Press. 1997.
- BAŞAR, T.& OLSDER, G. J. . **Dynamic non-cooperative game theory**. Philadelphia, PA: SIAM, Series in Classics in Applied Mathematics. 1999.
- BELLMAN, R.E. . **Dynamic Programming**. Princeton, NJ: Princeton University Press. 1957.
- BITMEAD, R.R.; GEVERS, M.R.D.& WERTZ, V. **Adaptive optimal control**. New York: Prentice Hall. 1990.
- BOTTURA, C.P. & COSTA, E.A. **Modelagem de ambiente empresarial competitivo como jogo dinâmico hierárquico estratégico estocástico para capacitação de executivos**. In: XVII Congresso da SLADE, Itapema, SC, 2004 **Anais ...** Itapema, SC: Sociedade Latino-Americana de Estratégia, abril, 2004a.
- BOTTURA, C.P.& COSTA, E.A. **Business strategy formulation modeling via hierarchical dynamic game**. In: CSIMTA International Conference - Complex Systems, Intelligence and Modern Technology Applications, Cherbourg, France. 2004b.
- BOTTURA, C.P. & FONSECA NETO, J.V. **Parallel eigenstructure assignment via LQR design and genetic algorithm**. In ACC – American Control Conference, San Diego, CA, USA, 1999.
- BOTTURA, C.P.; TAMARIZ, A.D.R.; BARRETO, G. & FONSECA NETO, J.V. **Sequential and parallel algebraic Riccati Equations solutions via ESST on the Schur Method**. In: 38th Conference on Decision & Control, Phoenix, AZ, USA, 1999. pp. 1-8. 1999.
- BRANDENBURGER, A.M. & NALEBUFF, B.J. The right game: Use of game theory to shape strategy. **Harvard Business Review**, pp. 57-81, July-Aug. 1995.
- BRANDENBURGER, A.M. & NALEBUFF, B.J. **Co-opetition**. New York: Doubleday. 1996.
- BRYSON JR., A.E. & HO, Y.C. . **Applied optimal control**. Washington, DC: Hemisphere. 1975.
- CAVALCANTI, M. (organizadora) et all. **Gestão estratégica de negócios**. São Paulo, Pioneira Thomson Learning. 2001.
- COSTA FILHO, J.T. **Proposta para computação assíncrona paralela e distribuída de estruturas especiais de jogos dinâmicos**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), FEEC - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 1992.
- COSTA FILHO, J.T. & BOTTURA, C.P. **Parallel optimal hierarchical control using a MIMD architecture**. In: 29th IEEE Conference on Decision and Control, Honolulu, USA, Dec. 1990.
- COSTA FILHO, J.T. & BOTTURA, C.P. **Hierarchical multidecision making on a computer network with distributed coordination and control**. In: 39th Annual Allerton Conference on Communication Control and Computing, Urbana, IL, USA, Oct. 1991, pp. 703-704.
- COSTA, E.A. **Gestão estratégica**. São Paulo, SP: Saraiva. 2002.
- COSTA, E.A. & BOTTURA, C.P. . **Proposta de Matriz de Posicionamento Estratégico via teoria dos jogos para gestão empresarial em ambientes cooperativos e competitivos**. In: XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO), S. João del-Rei, MG, 2004.

Anais ... Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO). 2004.

COSTA, E.A. & BOTTURA, C.P.. **Metodologias para análise e para projeto de estruturas hierárquicas com múltiplos controladores via Matriz de Posicionamento Estratégico (MPE)**. In: 4º Congresso Temático de Dinâmica, Controle e Aplicações, UNESP–Bauru, 2005a.

COSTA, E.A. & BOTTURA, C.P. Formulação de estratégias empresariais competitivas e cooperativas em complexas estruturas multiníveis via Matriz de Posicionamento Estratégico. In: XVIII Congresso da Sociedade Latino-Americana de Estratégia – SLADE, Santa Cruz de la Sierra, Bolívia, 2005. **Anais ...** Santa Cruz de la Sierra, Bolívia: Sociedade Latino-Americana de Estratégia, abril, 2005b.

COSTA, E.A. & BOTTURA, C.P. Matriz de Posicionamento Estratégico (MPE) em gestão estratégica de estruturas hierárquicas. In: XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO) Gramado, RS, 2005. . **Anais ...** Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO). 2005c.

CRUZ JR., J.B. Leader-follower strategies for multilevel systems. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. AC-23 (2), 244-255. 1978.

DIXIT, A.K. & NALEBUFF, B.J.. Anticipating your rival's response. In: Dixit, A.K., Nalebuff, B.J. (1991). **Thinking Strategically**. New York: W.W. Norton, 31-55.1991a.

DIXIT, A.K. & NALEBUFF, B.J.. **Thinking Strategically**. New York: W. W. Norton. 1991b.

FONSECA NETO, J.V. . **Alocação computacional inteligente de autoestruturas para controle multivariável**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), FEEC - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, SP. 2000.

GHEMAWAT, P. **Strategy and the business landscape**. Reading, Mass: Addison-Wesley Publishing. 1999.

GOLDBERG, D.E. **Genetic algorithms in search, optimization and machine learning**. Reading, MA: Addison-Wesley. 1989.

HAIMES, Y.Y. & LI, D. Hierarchical multiobjective analysis for large-scale systems: Review and current status. **Automatica**, vol. 24 (1), pp. 53-69. 1988.

HÄMÄLÄINEN, R.P. On the cheating problem in Stackelberg games. **Int. J. System Sci.** v.12, n.6, 753-770. 1981.

INTRILIGATOR, M.D. **Mathematical optimization and economic theory**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc. 1971.

LAMPEL, J. Game theory and strategy. In: Mintzberg, H., Ahlstrand, B, Lampel, J. (1998) **Strategy safari**. New york: The Free Press. 1998.

MINTZBERG, H.; AHLSTRAND, B. & LAMPEL, J. **Strategy Safari**. New York: The Free Press. 1998.

PORTER, M.E. Competitive moves. In: Porter, M.E. . **Competitive strategy**. New York: The Free Press. 1980.

PORTER, M.E. Towards a dynamic theory of strategy. In: Dyxon, R.G.; O'Brien, F.A. (1991). **Strategic development methods and models**. Wiley, Chichester, West Suxex, England, 81-109. 1991.

SCHELLING, T.C. **The strategy of conflict**. New York: Harvard University Press. 1960.

SLACK, N. **Administração da produção**. São Paulo, Atlas. 1996.

SMIT, H.T.J. & ANKUN, L.A. A real option and game-theoretic approach to corporate investment strategy under competition. *Financial Management* (Autumn 1993), 241-250.

Citado por Trigeorgis, L. In: Dyson, R.G., O'Brien, F.A. (1998). **Strategic Development – methods and models**. Chichester, West Sussex, UK: Wiley, 299-331. 1993.

TALUKDAR, S. N., RAMESH, V. C., QUADREL, R. & CHRISTIE, R. Multiagent organization for real time operation, In: **Proc. IEEE**, v. 80, (5), pp. 765-778, May 1992.

VON NEWMANN, J. & MORGENSTERN, O.. **Theory of games and economic behavior** (2n. ed). Princeton, NJ: Princeton University Press. 1947.

WRIGHT, P., KROLL, M.J. & PARNELL, J. **Strategic Management**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. 1998.

ZACCARELLI, S.B. **Estratégia e sucesso nas empresas**. São Paulo, SP: Saraiva. 2000.

NOTAS

(i) As estratégias corporativas e as estratégias funcionais referidas devem ser objeto de outros tratamentos e encaminhamentos. WRIGHT, KROLL & PARTNER (1998), por exemplo, em *Administração Estratégica*, consolidam metodologias para desenvolvimento de cada uma dessas linhas de formulação estratégica das empresas.

(ii) Para ZACCARELLI (2000), as decisões lógicas são aquelas que podem ser modeladas de forma a que o resultado para a empresa não dependa da contra-reação ou das ações retaliatórias ou cooperativas de outros concorrentes. Já as decisões estratégicas, no mundo dos negócios, dependem de escolhas sob condições de risco que envolvem decisões de terceiros, desconhecidas a priori pelo jogador e fora do seu controle.

(iii) Para efeito deste trabalho, usaremos a palavra 'jogador' para simbolizar uma entidade –uma empresa, uma pessoa ou grupo de pessoas ou de empresas– que pode atuar autonomamente, dentro das limitações impostas pelas regras do jogo, segundo seus interesses, tem uma função objetivo que pretende otimizar, e que identifica que os resultados a obter dependem, em certa forma, de ações ou decisões de outros jogadores, sobre os quais ele não tem controle.

(iv) Na teoria de controle de sistemas, cada jogador pode ser interpretado como se fosse um 'controlador' em um sistema complexo, com múltiplos controladores.

(v) A notação genérica aqui utilizada para descrever os jogos é sumarizada a seguir:

- P_i , com $i=1, \dots, N$, é a designação do $i^{\text{ésimo}}$ jogador;
- $k=0, 1, \dots, K$ é o índice que denota cada um dos $K+1$ estágios do jogo;
- x_k é o vetor de estado do jogo no estágio k ;
- u_k é o vetor das decisões tomadas pelos jogador P_i no estágio k ;
- $z_i = J_i(x_1, \dots, x_{K+1}, u_1^1, \dots, u_k^N)$ é a função objetivo do jogo para o jogador P_i ;
- $x_{k+1} = f_k(x_k, u_k^1, \dots, u_k^N)$ é a equação de transição do jogo do estágio k para o estágio $k+1$;
- $u_k = \gamma_k^i(\eta_k^i)$ é a função estratégica do jogo, onde η_k^i é o conjunto de informações disponíveis ao jogador P_i no estágio k .

(vi) Um método para se obter o ponto de equilíbrio de Nash para jogos determinísticos é o que utiliza, por exemplo, o Princípio do Mínimo de Pontryagin (BRYSON & HO, 1975).

(vii) Em concorrências públicas, por exemplo, onde a decisão é feita pelo menor preço, esses arranjos "a la Pareto" podem ser ilegais, e implicam em anulação da concorrência e até em crime contra a ordem econômica. Em algumas alianças e parcerias onde a fusão de empresas implique em domínio e controle do mercado, esses arranjos também podem ser impugnados pelas autoridades governamentais, tal a vantagem que podem trazer para o negócio deles como um todo, embora em eventual prejuízo dos interesses da sociedade.

(viii) A estratégia Minimax descrita para se encontrar o ponto-de-sela é chamada de estratégia pura. Entretanto, também é possível calcular uma solução de equilíbrio pela estratégia Minimax em jogos para os quais não existe ponto-de-sela. Neste caso, será necessário aplicar o conceito de estratégias

mistas, pelo qual os jogadores tomam decisões aleatoriamente sorteadas, com base em distribuições de probabilidades calculadas a priori de forma a otimizar a esperança matemática de sua função objetivo.

^(ix) Entre os partidos políticos, por exemplo, principalmente nos anos eleitorais, esses jogos-de-cena – ou encenações – costumam ser levados a situações muito complexas, dinâmicas e intrigantes, muitas vezes ininteligíveis aos não-iniciados em política... Coalizões, alianças, traições são muito comuns entre eles.

The Strategic Games Matrix (SGM) as a new tool for strategic management via game theory

Eliezer Arantes da Costa ¹, elicosta@uol.com.br

Celso Pascoli Bottura ¹, bottura@dmcsi.fee.unicamp.br

¹ Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) - Laboratório de Controle e Sistemas Inteligentes (LCSI) Campinas, SP, Brasil

**Received: January, 2006 / Accepted: April, 2006*

ABSTRACT

This paper develops and presents some original game theory concepts utilizations for the formulation of company's cooperative and competitive strategies, having as basis the Strategic Games Matrix (SGM). The concepts and results from SGM are applied to analysis and formulation of entrepreneurial strategies, as a support tool to complex business structures strategic management – hierarchical or not – and for competitive and/or cooperative strategies, or a combinations of those. It is proposed a new typology for business strategic games derived from an analysis and interpretation of the SGM: Four classic strategic games types from game theory – Nash, Minimax, and Pareto, as non-hierarchical games, and Stackelberg, as a hierarchical game – are interpreted and applied to some conflict of interests situations; two new hierarchical strategic game types, applicable to limit-case situations, also derived from the SGM analysis – Dominant-Marginal, and Paternalist-Solidary – are also described and applied. A new methodology for analysis and design of competitive and cooperative strategy formulation for complex hierarchical structures strategic management, based on the SGM, is presented and applied to three level hierarchical games. The concepts of strategic scene-gaming, and of strategic dynamic positioning, are also introduced and illustrated.

Key-words: Strategic management. Game theory. Strategic Games Matrix. Hierarchical systems. Competitive and cooperative strategies. Strategic scene-gaming. Strategic positioning dynamics.