

# Contrato Satisfatório Multidimensional e a Teoria do Incentivo\*

Edvaldo Alves de Santana\*\*

Sumário: 1. Introdução; 2. O problema do incentivo em contratos regulatórios; 3. Incentivos e contratos satisfatórios; 4. Considerações finais.

Palavras-chave: teoria do incentivo; múltiplos critérios; dilema do prisioneiro; energia elétrica.

Códigos JEL: C70; D21; L51; L94.

Este artigo tem como foco a análise de arranjos de incentivos em contratos regulatórios com informações assimétricas, de maneira especial os contratos multidimensionais. O artigo revela que o uso de múltiplos incentivos é uma interessante alternativa para induzir os agentes aos objetivos do regulador e que um jogo com múltiplos critérios é uma importante referência para a definição de um arranjo satisfatório de incentivos. A aplicação efetuada para o caso específico da indústria de energia elétrica mostra que os resultados alcançados estão consistentes com os conceitos desenvolvidos.

This paper analyzes the incentive arrangements in regulatory contracts with asymmetric information, especially the multidimensional contracts. It shows that the use of multiple incentives is an interesting alternative to induce agents to the regulator's goals and that a game with multiple criteria is an important reference to define a satisfactory incentive arrangement. The application for the power industry shows that the results found are consistent with the concepts developed here.

## 1. Introdução

A relação entre regulador e regulado é um tema que tem sido objeto de interessantes estudos nos últimos 15 anos e isto pode ser explicado pelos movimentos de desregulamentação que vêm acontecendo em diversas economias. Neste

---

\* Este artigo, recebido em ago. 2000 e aprovado em set. 2001, foi desenvolvido no âmbito do Núcleo de Estudos de Economia da Energia e com o patrocínio do Programa de Centros de Excelência em Regulação do Mercado de Energia (Cerme) do Ministério das Minas e Energia.

\*\* Professor titular do Departamento de Economia da UFSC.

sentido, o assunto pode ser considerado muito bem discutido para diferentes setores de infra-estrutura (Vickers e Yarrow, 1988, Joskow, 1997, Newbery, 1998, Pollitt, 2000); porém, o desenvolvimento de estudos empíricos acerca da caracterização de incentivos contratuais para tal relação vem sendo negligenciado ou, pelo menos, pouco enfatizado.

A teoria da agência é a base conceitual predominante dos trabalhos já realizados, sobretudo dos mais recentes, e seus resultados normalmente apontam para diferentes falhas de regulação e indicam o mercado como a alternativa mais consistente para a busca da eficiência, de maneira especial a eficiência microeconômica: da firma. O problema é como o regulador (principal) deve estabelecer regras (incentivos) contratuais que estimulem os regulados (agentes) a atuarem de forma a atingir a eficiência desejada. A situação torna-se ainda mais complexa quando se leva em conta que tais incentivos devem ser definidos em ambiente de contratos incompletos, o que incorpora ao problema a própria análise dos efeitos dos incentivos em regime de incerteza.

No caso de setores de infra-estrutura, como energia elétrica e telecomunicações, em que a relação entre regulador e regulados acontece principalmente por meio de um contrato regulatório, a discussão assume diferentes pontos de vista: o primeiro deles é a própria natureza da relação entre agente e principal; outro é consequência do primeiro e estaria associado às características do contrato regulatório; e o terceiro diz respeito aos tipos de incentivos que devem ser especificados, tendo em vista que, em geral, a firma pode exercer seus objetivos de diferentes maneiras, o que implica uma relação multidimensional entre incentivos e resultados.

O problema do incentivo com múltiplas dimensões ainda não está bem resolvido, muito pelo contrário. Na verdade, a literatura recente destaca que há uma relação direta entre incentivo e desempenho (Gibbons, 1998, Prendergast, 1999, Dixit, 2000), mas também chama a atenção para a fragilidade dos incentivos para orientar as ações das firmas na direção dos interesses do regulador e aponta como um dos motivos disso o fato de que vários dos fatores determinantes do desempenho não são observáveis, isto é, são subjetivos. Na realidade, como ressaltado por Holmström e Milgrom (1991), os agentes se comportam considerando múltiplas dimensões e alocam suas atividades de acordo com o esquema de incentivos contratuais que lhes é oferecido. Assim, “se o principal oferece um contrato com um maior prêmio para uma atividade do que para outra, o agente aloca todos os seus esforços para aquela tarefa. Para induzir o agente a alocar seus esforços para ambas as atividades, o incentivo deve ser oferecido para ambas” (Prendergast, 1999:23). O problema é saber se isto levaria a resultados ótimos ou se não seria mais adequado estimular mais uma atividade do que outra. Ou seja, quando

há múltiplas dimensões (ou *multi-tasking*, como prefere Prendergast) o *trade-off* entre incentivo e desempenho é um problema cuja solução não é trivial.

Este artigo toma emprestado conceitos de três referências básicas (teoria da agência, teoria do incentivo e economia dos custos de transação) e procura contribuir com a discussão do esquema de incentivos em contratos regulatórios e indica uma interessante ponte conceitual entre a teoria do incentivo e a teoria dos jogos, sobretudo um jogo especial, o dilema do prisioneiro. Na prática, apresenta uma forma inédita de equacionar o problema levantado por Prendergast (1999) — descrito resumidamente no parágrafo anterior. A busca de um arranjo de incentivos satisfatório é levada a efeito a partir do uso combinado de conceitos da teoria de *multiple criteria decision making* e da teoria dos jogos. O foco do problema reside apenas nos contratos regulatórios com informações assimétricas, e procura-se interpretar os efeitos de fatores que, levando em conta as ações das partes envolvidas, afetam o que Stadler e Castrilho (1997) chamam de contrato ótimo.<sup>1</sup>

Logo, dado um conjunto de arranjos de incentivos em que os agentes devem escolher entre cooperar e competir, o que se procura definir aqui é qual o arranjo de múltiplos incentivos que, mesmo não sendo maximizador, melhor concilia os interesses entre regulador e regulado. Em última instância, procura-se tirar proveito do “conflito de interesses” entre critérios específicos para estabelecer uma política de incentivos em que as estratégias das empresas sejam induzidas aos objetivos do regulador.

São alcançadas duas conclusões mais importantes: a primeira é que o uso de múltiplos incentivos é uma interessante alternativa para induzir os agentes aos interesses do principal e a segunda é que a combinação entre a teoria dos jogos e a teoria do incentivo é uma importante referência para a análise do problema da relação entre regulador e regulado. Convém destacar, ainda, que a definição de múltiplos incentivos torna necessária a abordagem do problema a partir de conceitos extraídos da teoria dos múltiplos critérios (no caso da abordagem de *multiple criteria decision making*<sup>2</sup> — MCDM), um campo de estudo que muito raramente aparece em trabalhos de organização industrial.

Na verdade, quando colocado diante de um problema de negociação de incen-

---

<sup>1</sup>Três são as principais características de um contrato ótimo: o arranjo contratual é preparado e proposto aos agentes pelo principal; este contrato é analisado pelos agentes considerando suas relações de preferência, podendo ou não ser aceito; e os agentes desenvolvem suas ações dados os interesses do principal (Stadler e Castrilho, 1997).

<sup>2</sup>Também conhecida, com algumas sutis diferenças, como *multiattribute utility theory*, *multiple objectives decision making* e *multiple attributes decision making* (Hwang e Yoon, 1981, Vincke e Roy, 1981, Vincke, 1986).

tivos contratuais, o regulador e a firma regulada têm como referência um conjunto de critérios (dimensões ou interesses) considerados relevantes para determinado processo de escolha. A rigor, quando esses interesses são passíveis de conversão a uma mesma base, a decisão pode chegar a bom termo a partir da teoria da utilidade (Moldau, 1988). Todavia, “se pelo menos dois critérios relevantes forem irreduzíveis a um denominador comum, torna-se sem nenhum sentido a noção de utilidade ou a idéia de que o agente maximiza alguma função real representativa de suas preferências” (Moldau, 1988). Neste artigo, propositalmente, o problema é resolvido com a utilização de duas abordagens de MCDM — múltiplos critérios “convencionais” e múltiplos critérios irreduzíveis — e isto visa a mostrar a importância de ambas para a resolução de situações tais como a aqui formulada e ressaltar o potencial da segunda abordagem para a generalização da solução do problema que está sendo aqui desenvolvido.

Ressalte-se, no entanto, que este texto não apresentará maiores aprofundamentos no campo teórico dos múltiplos critérios, destacando apenas as principais referências bibliográficas sobre o assunto. Ademais, em lugar da elegância matemática na demonstração de algumas proposições, procurou-se ressaltar mais a aplicabilidade dos conceitos desenvolvidos.

O artigo está estruturado em três seções, além desta introdutória. Na seção seguinte é elaborada uma análise dos problemas associados à teoria do incentivo, com ênfase para setores cujo regulador é representado por um órgão governamental: uma agência reguladora. Destaque-se que não se teve a menor pretensão de fazer uma ampla revisão teórica, haja vista que tal teoria já está muito bem desenvolvida e um ótimo apanhado do assunto pode ser obtido em Gibbons (1998), Prendergast (1999) e Dixit (2000), principalmente no segundo.

A seção 3, parte central do artigo, apresenta uma formulação do que seria um contrato satisfatório, mostra de que maneira o problema do incentivo pode ser formulado a partir de um jogo com múltiplos critérios e destaca uma aplicação dos conceitos desenvolvidos. Vale ressaltar, novamente, que o foco é a teoria do incentivo, motivo pelo qual não estão sendo ressaltados os aspectos teóricos relacionados ao dilema do prisioneiro, e muito menos à teoria dos múltiplos critérios. Por último, na seção 4, são elaboradas algumas observações finais, destacando as principais contribuições teóricas e práticas.

## 2. O Problema do Incentivo em Contratos Regulatórios

Classicamente, o problema do incentivo diz respeito à forma como um principal define um esquema de incentivos contratuais para induzir os agentes na direção do

seu interesse. As respostas dos regulados a tais estímulos dependeriam de uma série de fatores, entre os quais destacam-se: os contratos são incompletos e, por isto, não podem ser especificadas todas as variáveis que determinam as estratégias das empresas; a assimetria de informações pode resultar em incentivos que provocam distorções no comportamento dos agentes; e o *trade-off* entre incentivo e risco é fortemente dependente do limite da racionalidade e, neste sentido, a premiação pelo desempenho impõe um risco para o regulado, que, por sua vez, impõe, por exemplo, um preço mais elevado.

A teoria dos contratos, especialmente quando se está focalizando os contratos com assimetria de informações, aborda o problema considerando três situações distintas:<sup>3</sup>

- que o regulador, em geral, não tem as melhores condições para medir as ações dos agentes (o que é também conhecido como situação de *moral hazard*);
- que, em determinados casos, em uma fase pré-contrato, o agente pode ter informações estratégicas sobre as quais o regulador não tem qualquer controle ou conhecimento (que é o caso típico da seleção adversa);
- e que há situações em que o regulado pode reclamar um resultado melhor do que o especificado pelo regulador e a verificação disto teria um custo (chamado de custo de verificação).

Do ponto de vista de sua composição, o contrato regulatório consiste em um conjunto de normas e decisões, as quais podem incluir regras para a concessão de serviços, editais de licitações, jurisprudências vinculadas a decisões de uma terceira parte e o próprio contrato de concessão. Os contratos regulatórios são normalmente tratados como mecanismos de alocação de riscos em ambientes nos quais os regulados devem fazer investimentos específicos ou irreversíveis, deixando-os sujeitos a situações do tipo *hold-up* (Sidak e Spulber, 1998). Nesses ambientes, os resultados financeiros associados a cada investimento são fortemente dependentes da manutenção e da confiabilidade de uma relação comercial ou das garantias estabelecidas entre as partes. Mais: é praticamente impossível (ou extremamente cara) a elaboração (*ex ante*) de mecanismos contratuais que contemplem todas as contingências que futuramente podem afetar a transação, sendo esta uma característica geral dos contratos: sua *incompletude* (Holmström et alii, 1998). Nos setores recentemente privatizados, os contratos de concessão, ainda que incompletos, são uma forma de aumentar a confiança do relacionamento entre o poder concedente, a firma e o consumidor.

---

<sup>3</sup>Importantes detalhes podem ser encontrados em Stadler e Castrilho (1997) e Dixit (2000).

Vale destacar, no entanto, que a eficiência das relações entre regulador e regulado é função da capacidade do primeiro de controlar os diversos tipos de falha de regulação, como a captura do regulador e o colapso e vácuo regulatório (Santana, 1995). Isto, para Williamson (1985), torna o contrato regulatório uma forma altamente incompleta de contratos de longo prazo, tendo em vista que os termos contratuais são com certa frequência adaptados a mudanças circunstanciais, o que muitas vezes se torna necessário para reconciliar interesses do regulador e do regulado.

O contrato regulatório, do tipo deste que está sendo aqui discutido, pode também ser entendido como uma garantia da rentabilidade dos ativos e, em muitos casos, isto é levado a efeito através da criação de barreiras à entrada, protegendo os investimentos específicos ou reduzindo suas vulnerabilidades ao problema do *hold-up*. Neste caso, tal como muito bem observado por Milgrom e Roberts (1992), haveria um importante *link* entre a teoria dos mercados contestáveis e a economia dos custos de transação, com interessantes conseqüências para a definição de incentivos contratuais. Na verdade, dado um arranjo contratual que procura proteger os ativos específicos, pode-se afirmar que a contestabilidade de um mercado é inversamente proporcional à especificidade dos investimentos. Ou seja, quanto mais específicos são os ativos (maiores *sunk costs*) menos contestável tende a ser o mercado.

Em trabalho que avalia, entre outras coisas, o ritmo dos investimentos (específicos) de setores de infra-estrutura que foram privatizados, Levy e Spiller (1994) mostraram que a expansão dos investimentos da firma regulada tem como um de seus fatores determinantes a credibilidade dos compromissos assumidos (em contrato) pela agência reguladora, assegurando que esta não agirá de forma oportunista ao, por exemplo, autorizar a entrada de outros competidores, reduzindo a atratividade de tais investimentos.<sup>4</sup> Com efeito, quando os instrumentos regulatórios praticados possuem alguma forma de proteção, ou tratamento assimétrico favorecendo ao entrante, o que em geral ocorre nos setores recentemente liberalizados, isto pode resultar em discriminação de preços ou de qualidade do serviço, tendo em vista que é comum este novo entrante privilegiar os melhores mercados, ficando as exigências do atendimento geral para a incumbente<sup>5</sup> (Armstrong,

---

<sup>4</sup>Este fato torna muito atual os estudos de Klemperer (1988), Klemperer e Meyer (1989) e Nachbar et alii (1998), sobretudo este último, que faz uma relação entre o nível de *sunk costs* e a eficiência da indústria e mostra que, em determinados setores, um certo grau de barreira à entrada é determinante da eficiência microeconômica.

<sup>5</sup>No Brasil, a propósito, apenas a firma incumbente tem a obrigatoriedade da universalização dos serviços de telecomunicações. As *empresas-espelho* não precisam ter esta preocupação e podem centrar-se nos melhores negócios.

1999). Isto, ao mesmo tempo, prejudica a competição, podendo ser uma fonte de ineficiência (Jenkinson e Mayer, 1997, Lyons, 1996, Vickers, 1996).

Observe-se, por oportuno, que a capacidade dos incentivos contidos nos contratos regulatórios para tratar da alocação dos riscos (associados ao problema do *hold-up*) é um fator determinante dos limites da firma regulada. Ou seja, se a firma percebe que os resultados de seus negócios em um determinado setor (caracterizado como *investimento-específico*) são vulneráveis a problemas do tipo *hold-up*, há uma forte tendência a sub-investimentos, o que está de certa forma bem detalhado em David (1994) e, mais recentemente, em Armstrong (1999). Se for levado em conta que a firma regulada possui uma série de outros contratos (incompletos, sujeitos a *hold-up* e outros) com fornecedores, empregados, financiadores etc., então esta firma pode ser imaginada como um *nexus* de contratos, os quais caracterizam seus limites e orientam suas estratégias,<sup>6</sup> o que é a essência da economia dos custos de transação de Coase e Williamson.

Assim, a definição e a negociação *ex ante* do arranjo de incentivos são peças importantes para a concretização do contrato regulatório que melhor reconcilia os interesses das partes envolvidas. O problema é como desenhar o elenco de incentivos que levem em conta as diferentes dimensões ou atributos do negócio e onde seja possível incorporar variáveis objetivas e subjetivas, evitando, desse modo, distorções de performance. Na prática, tal como enfatizado na introdução deste artigo, as firmas reguladas devem atender a metas de desempenho associadas a diferentes dimensões de suas atividades, e a combinação de incentivos e dimensões, dadas as metas, não é uma tarefa trivial.

### 3. Incentivos em Contratos Satisfatórios

#### 3.1 Formulação clássica do problema

Os incentivos constantes de contratos regulatórios têm como preocupação central estimular as firmas reguladas a desempenhar suas atribuições de acordo com os interesses do principal. No caso dos setores de infra-estrutura isto tem obrigado os governos a criar uma série de instrumentos que, de uma só vez, devem estimular a eficiência e melhorar as condições de atendimento da demanda a um menor custo. Isto não tem sido uma tarefa simples. No caso brasileiro, os questionamentos (a tais instrumentos) têm surgido de diversas frentes. Uma corrente reclama que as

---

<sup>6</sup>Em Holmström et alii (1998) pode ser encontrada uma análise detalhada e consistente dos limites da firma e suas relações contratuais.

regras têm privilegiado as concessionárias, que estão sendo favorecidas, por exemplo, por arranjos de reajustes de preços que lhes permitem um aumento exagerado de lucros, e outra corrente, as próprias empresas, reclama que as metas de universalização dos serviços (no caso das telecomunicações) ou de expansão da oferta (no caso das geradoras de eletricidade) são incompatíveis com os preços praticados.

Na realidade, todos esses elementos passíveis de reclamações devem fazer parte de um contrato regulatório (ou contrato de concessão, como se chama no Brasil) e são, e continuarão sendo, objeto de discussão por dois motivos básicos: os contratos são, por natureza, incompletos e, em geral, privilegiam um ou outro critério, isto é, possuem regras de avaliação que são fortemente sustentadas em um só atributo, em geral o preço. Se a *incompletude* dos contratos é uma característica que quase não se tem o que mudar, o uso de um (ou pouquíssimos) critério de avaliação é uma limitação que talvez não faça mais sentido nos dias atuais, sobretudo se for levada em conta a comprovada relação entre incentivos e performance do concessionário (Prendergast, 1999).

Os questionamentos da relação entre incentivo e performance já vêm de longa data e, conforme muito bem destacado em Gibbons (1998), ao citar Kerr (1975), as divergências entre incentivos e resultados podem ser explicadas, por exemplo, pela “fascinação” em torno de um objetivo facilmente quantificável a partir do qual podem ser definidos prêmios pelo desempenho. Isto, contudo, implica supervalorização para ações objetivas, quando muitas delas não o são. Ou seja, este modo simplificado de definir incentivos não leva em conta o oportunismo ou o uso de informações assimétricas. Outros atributos (objetivos e subjetivos) que fazem parte das estratégias dos agentes devem ser considerados para a fixação do melhor arranjo de incentivos (Gibbons, 1997). Neste contexto, se o desempenho ( $Y$ ) de um agente é medido através de um ganho de preço ( $P^*$ ), como é comum nos setores de infra-estrutura, formalmente isto seria representado da seguinte maneira:<sup>7</sup>

$$P^* = P + \lambda Y \quad (1)$$

onde  $P$  é o preço básico do contrato e  $\lambda$  é um prêmio em função do desempenho.

Convém ressaltar que quanto maior for o valor relativo do prêmio ( $\lambda$ ) em função do desempenho total, maior é o risco para a firma e maiores são as chances de que tal formato de incentivo resulte em distorção. O caso clássico é o do jogador de futebol que tem um salário fixo relativamente baixo, mas que recebe uma recompensa elevada por gol marcado em cada partida. Desse modo, dado que

---

<sup>7</sup>Mais informações sobre os aspectos formais podem ser encontradas em Gibbons (1998) e Prendergast (1999), de onde foi adaptada essa equação.

o resultado de uma partida não depende exclusivamente dos gols desse jogador, a ânsia deste em marcar pode acabar prejudicando o desempenho da equipe como um todo, levando-a a não conquistar o título, ainda que ele seja o artilheiro do torneio que está sendo disputado.

A propósito, um caso real desse tipo de distorção é encontrado no contrato regulatório do setor elétrico brasileiro.<sup>8</sup> Ao procurar estimular o programa de privatização e, em consequência, aumentar o valor de venda das empresas, o governo estabeleceu, por meio do sistema *price-cap*,<sup>9</sup> um prazo durante o qual os compradores de tais empresas poderiam alocar para si próprios todos os ganhos de produtividade decorrentes de suas ações neste período. Assim, as empresas procuraram maximizar seus resultados financeiros, deixando em segundo plano os investimentos na expansão e até mesmo na recuperação dos sistemas (Rosa et alii, 1998).<sup>10</sup> A crise do abastecimento de eletricidade nas cidades atendidas pelas primeiras empresas privatizadas é apontada como uma das consequências de tal esquema de incentivo.<sup>11</sup> Claramente, essas múltiplas dimensões (produtividade e qualidade do atendimento) não foram bem especificadas e acabaram “induzindo” as reguladas a um desempenho distorcido, ou divergente dos interesses do regulador.

Deduz-se, portanto, que o problema formulado tal como na equação (1), que pressupõe, inclusive, que não haja limite de racionalidade, pode resultar em soluções matemáticas ótimas, porém com efeitos práticos possivelmente diferentes aqueles esperados pelo regulador.

### 3.2 A formulação a partir de múltiplos critérios

O que se propõe aqui é a definição de um arranjo de incentivos contratuais que leve em conta as múltiplas dimensões das medidas de desempenho ou os múltiplos interesses envolvidos e que considere o limite da racionalidade, situação na qual, em lugar de soluções maximizadoras, pode ser prudente a busca de soluções satisfatórias. Os conceitos associados à teoria de *multiple criteria decision making* (MCDM) é uma ferramenta interessante para isto.

---

<sup>8</sup>Newbery (1998) e Wollak e Patrick (1997) apresentam interessantes efeitos da relação entre incentivos e desempenho para o setor elétrico do Reino Unido.

<sup>9</sup>Diversas características do sistema *price-cap* estão bem consolidadas em Fehr e Harbord (1993), Newbery e Pollitt (1997) e Newbery (1998).

<sup>10</sup>Observe-se que, de maneira geral, as ações da firma não são observáveis pelo regulador. No entanto, há situações em que pode ser interessante avaliá-las também através de medidas subjetivas, isto é, não previstas em contrato específico Prendergast (1999).

<sup>11</sup>Vide casos Cerj e Escelsa relatados em Rosa et alii (1998).

O questionamento do limite da racionalidade nas decisões de natureza econômica é uma preocupação que já tem pelo menos meio século e faz parte das pesquisas de uma corrente de economistas que tem como um de seus expoentes o professor Herbert Simon. Tal campo de pesquisa vem colocando à prova a validade do princípio da maximização (Simon, 1979) e aponta uma série de desvantagens do comportamento maximizador.<sup>12</sup>

Dessa forma, dadas as dificuldades de se encontrarem soluções ótimas, Simon sugeriu o conceito de solução satisfatória, que caracteriza o comportamento do indivíduo que procura “boas soluções”, dado que não pode maximizar. A partir desse conceito, Simon (1986) criou as figuras do homem econômico — para quem a racionalidade é ilimitada e que, portanto, busca soluções ótimas — e do homem administrativo — que contemporiza, procurando soluções satisfatórias ou razoavelmente boas, ou seja, que consideram inclusive suas restrições quanto ao pleno conhecimento da situação de decisão. No caso específico, a capacidade do principal de criar um esquema de incentivos que induza os agentes ao seu objetivo, mesmo que isso não seja, para eles, uma solução maximizadora, acaba estimulando-os a buscar soluções satisfatórias.

O problema se torna ainda mais complexo quando o processo de escolha envolve o tratamento de fatores que, além de irreduzíveis (ou conflitantes), não são medidos objetivamente. A conciliação de interesses conflitantes ou o *trade-off* entre objetivos quando estão envolvidas variáveis não-quantificáveis torna impossível expressar todas as dimensões do problema na forma de funções utilidades. Um caminho para isto, então, é a busca de soluções satisfatórias, e não de soluções ótimas<sup>13</sup> (Eilon, 1972). Aqui, a noção de solução satisfatória é a mesma definida em Moldau (1988:194), segundo a qual a satisfação de um objetivo, conforme sua importância, tomaria lugar da maximização do lucro ou de uma função objetivo global. Esta noção é semelhante ao que Simon (1984) chama de atendimento de sub-objetivos, dado o limite da racionalidade.

Na teoria dos jogos os jogadores defrontam-se com uma situação muito próxima deste dilema apontado por Eilon (1972) e também destacado em Moldau (1988): o conflito de interesses revela-se um dos principais desafios para a definição da melhor estratégia. Além disso, embora os jogos convencionais se utilizem de apenas uma matriz de *payoff* — ou um único critério — para especificar as estratégias disponíveis para cada jogador, normalmente as pessoas (ou empresas) têm vários

---

<sup>12</sup>Divergências semelhantes foram também apontadas por Moldau (1988, 1993), para quem o conjunto de hipóteses utilizadas na teoria neoclássica da utilidade é bastante restritivo.

<sup>13</sup>As soluções ótimas, nessas condições, exigiriam hipóteses bastante restritivas, que acabam adaptando o problema ao modelo disponível e não o contrário, como parece ser mais lógico.

objetivos — boa parte irredutível — e, neste contexto, torna-se difícil expressar suas preferências em uma só função utilidade, que deve ser maximizada.

Isto nos indica que a teoria dos jogos ainda tem espaço para contribuições na sua base conceitual, e uma delas consiste na incorporação de mecanismos que garantam o tratamento de interesses conflitantes. Ou seja, a noção de escolha da melhor estratégia levando em conta um único critério (em geral o lucro) funciona como se todos os interesses ou dimensões de um dado problema pudessem ser transformados em uma só variável de decisão. Os problemas práticos de decisão, como a escolha de um arranjo de incentivos contratuais, requerem a consideração de todas as variáveis relevantes (quantificáveis ou não). Isto, contudo, implica sérias dificuldades (porém não incontornáveis)<sup>14</sup> para obter estratégias de equilíbrio dos tipos tradicionalmente definidos (dominante, Nash, *maximin* e outras), as quais estão muito bem detalhadas em uma ampla bibliografia, como Myerson (1991), Fudenberg e Tirole (1993), ou desenvolvimentos mais específicos, como Myerson (1979, 1984), Kreps e Wilson (1982) e Rubinstein (1986), e outras aplicações menos ortodoxas, onde se enquadram os trabalhos de Holland (1992) e Ruthen (1993).

Os modelos de múltiplos critérios,<sup>15</sup> cujo desenvolvimento vem ocorrendo de forma crescente desde meados dos anos 1960, se prestam para a resolução de problemas caracterizados da maneira acima e podem ser utilizados para a escolha de um arranjo de incentivos contratuais que induzam as firmas reguladas na direção dos interesses do regulador. Na prática, conceitualmente, fazer escolha na presença de diferentes interesses é semelhante a fazer escolhas levando em conta múltiplos e usualmente conflitantes critérios de avaliação (Keeney, 1972, 1982, Keeney e Raiffa, 1976). Para tal teoria já não seria importante a figura da *função objetivo*, representativa daquela medida que se desejaria maximizar. A agregação dos diferentes (conflitantes ou irredutíveis) critérios em um indicador de desempenho é um dos objetivos específicos dos mais elementares modelos de MCDM.

Portanto, em lugar da maximização da uma função objetivo, dada uma série de restrições — que são a base dos modelos de maximização —, tem-se um conjunto de interesses, os quais devem ser atendidos para que uma estratégia seja considerada satisfatória. Em termos da escolha de múltiplos incentivos contratuais, o

---

<sup>14</sup>Mais adiante é apresentado um caminho alternativo para o tratamento de tal questão e é introduzido o conceito de equilíbrio com múltiplos critérios.

<sup>15</sup>Diferentes métodos de múltiplos critérios são muito utilizados em problemas de decisões com critérios subjetivos. Esta teoria tem sido um campo de pesquisa bastante promissor na área da pesquisa operacional e tem evoluído em paralelo com os métodos tradicionais, como programação linear, programação dinâmica e outros. Uma análise detalhada do referencial sobre tal teoria pode ser encontrada em Vincke e Roy (1981), Keeney (1982) e Brans e Vincke (1985).

problema seria formulado da seguinte maneira: dado um conjunto de alternativas de investimentos, seria escolhido para executá-las aquele agente que, por exemplo, apresentasse o melhor desempenho em relação a um conjunto de critérios — em geral conflitantes — que são definidos e propostos pelo regulador.

Se o problema é equacionado pressupondo a irredutibilidade dos critérios, tal escolha pode ser efetuada por meio da abordagem lexicográfica — bem detalhada em Moldau (1988), Massam (1988) e em Santana (1994), sobretudo no primeiro. A premissa básica é que os critérios podem ser ordenados do mais para o menos importante e, neste sentido, as alternativas são avaliadas considerando tal premissa. Ou seja, dados dois critérios ( $c_1$  e  $c_2$ ), onde  $c_1$  é mais importante do que  $c_2$ , a escolha de uma alternativa do conjunto  $A$  seria tal que (Massam, 1988):

$$B^1 = \left\{ A_i \mid \max_i c_{i1} \right\}; i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

onde  $\max_i c_{i1}$  denota o desempenho da alternativa  $a_i$  relativamente ao critério  $c_1$ . Desse modo, até que o conjunto  $B^k$  ( $k = 1, 2$ ) tenha um só elemento ou que todos os critérios tenham sido considerados, tal processo deve ser continuado. Logo, se os critérios  $c_1$  e  $c_2$  são irredutíveis, “o conjunto de alternativas pode ser ordenado segundo cada um destes critérios” (Moldau, 1988:29) e tal forma de ordenação deve atender às propriedades de comparabilidade e transitividade, conforme descrito na seção 3.3 deste artigo. Este tipo de abordagem, como será visto mais adiante, é essencial para o tratamento de problemas em que o número de critérios é maior do que 2.

Por outro lado, se o problema for equacionado por um *approach* que pressuponha a normalização dos dados da matriz de decisão, a situação será resolvida de forma diferente. Assim, seja um o conjunto  $A$  de alternativas, as quais devem ser analisadas considerando um conjunto de critérios  $C$ . Os conjuntos  $A_i$  ( $i = 1$  até  $m$ ) e  $C_j$  ( $j = 1$  até  $n$ ) seriam tais que:

$$A = [a_1, a_2, \dots, a_m]$$

$$C = [c_1, c_2, \dots, c_n]$$

onde cada  $a_i$  representaria uma diferente alternativa e cada  $c_j$  denotaria um diferente critério de avaliação ou, por exemplo, uma dimensão do contrato. No caso do setor elétrico, esses critérios poderiam ser o preço, a qualidade do serviço e o grau de atendimento à população rural.

O uso dos princípios básicos do Topsis (*technique for order preferences by similarity to ideal solution*), propostos por Hwang e Yoon (1981) e modificados

por Yoon (1987), é uma das formas mais consistentes para tratamento desse tipo de problema. Por tais princípios, entende-se como solução satisfatória aquela que, ao mesmo tempo, apresenta o menor afastamento (ou tem a maior similaridade) em relação à solução ideal ( $A^+$ ) e guarda a maior distância (menor similaridade) em relação à solução indesejável ( $A^-$ ). No problema de incentivos proposto, os termos *solução ideal* e *solução indesejável* seriam substituídos por *estratégia ideal* e *estratégia indesejável*. Além disso, entende-se como estratégia ideal uma estratégia hipotética que resulta no melhor desempenho em relação a todos os critérios. Por outro lado, supõe-se como estratégia indesejável uma (também) estratégia hipotética que resulta no pior desempenho em relação a todos os critérios do conjunto  $C$ . Exemplificando, um arranjo de incentivos ideal no setor elétrico seria aquele cujo resultado da firma apresentasse o menor preço, a melhor qualidade do serviço e o maior índice de atendimento à população rural. A estratégia indesejável seria o contrário.

Matematicamente, tem-se a seguinte situação:

$$A^+ = \{\max_i v_{ij}; \forall j\} \tag{3}$$

$$A^- = \{\min_i v_{ij}; \forall j\} \tag{4}$$

onde  $\max_i v_{ij}$  e  $\min_i v_{ij}$  denotam, respectivamente, os melhores e os piores desempenhos das alternativas  $a_i$  em relação ao critério  $c_j$ . Observe-se que  $v_{ij}$  compõe uma matriz  $V$  (de  $m$  linhas e  $n$  colunas), chamada aqui de matriz de performance. Além disso,

$$v_{ij} = w_j x_{ij} \tag{5}$$

onde  $w_j$  é a importância<sup>16</sup> (ou peso) que o regulador define para o critério  $j$  e  $x_{ij}$  é o valor normalizado<sup>17</sup> da estratégia em relação ao critério  $j$ .

Assim, tem-se que:

$$\max_i v_{ij} = v_i^+; \forall j \tag{6}$$

---

<sup>16</sup>Há uma série de modelos interessantes para a definição de pesos para um critério, como o desenvolvido por Saaty (1977). Porém, esses pesos, para o caso aqui proposto, representam a importância (ou incentivo) que uma agência reguladora (estatal) atribui a uma dada estratégia, podendo relacioná-la, por exemplo, com uma política de governo.

<sup>17</sup>Existem várias formas de normalizar os elementos de um conjunto de dados que não estão em uma mesma base. Aqui optou-se pela divisão de todos os dados da matriz pelo maior dado de cada coluna. Outras formas podem ser encontradas em Massam (1988).

$$\min_i v_{ij} = v_i^-; \forall j \tag{7}$$

Neste sentido,

$$A^+ = \{v_1^+; v_2^+; \dots; v_m^+; \forall j\} \tag{8}$$

$$A^- = \{v_1^-; v_2^-; \dots; v_m^-; \forall j\} \tag{9}$$

As distâncias (ou similaridades) entre as alternativas reais e a estratégia ideal ( $A^+$ ) e a indesejável ( $A^-$ ) são dadas, então, por:

$$\Delta_i^+ = \sum_{j=1}^n |v_{ij} - v_j^+|; \forall j \tag{10}$$

$$\Delta_i^- = \sum_{j=1}^n |v_{ij} - v_j^-|; \forall j \tag{11}$$

Nestas circunstâncias, seria selecionada a estratégia satisfatória, isto é, a que, simultaneamente, mais se afasta do indesejável e mais se aproxima do ideal, o que é garantido pela seguinte equação:

$$\varphi_i^* = \frac{\Delta_i^-}{\Delta_i^- + \Delta_i^+} \tag{12}$$

Convém destacar que  $1 \geq \varphi_{i^*} \geq 0$  e que a estratégia satisfatória é aquela cujo  $\varphi$  (coeficiente de priorização) apresenta o maior valor.

**Proposição 1:** *Se a estratégia  $a_i$  é igual à estratégia ideal – ou seja, a que apresenta a melhor performance em relação a todos os critérios, então o seu  $\varphi_{i^*}$  será o maior considerando-se todo o conjunto de estratégias em discussão.*

**Prova:** Da equação (12) verifica-se que  $\partial\varphi_{i^*}/\partial\Delta_{i-} > 0$  e que  $\partial\varphi_{i^*}/\partial\Delta_{i+} < 0$ . Se  $a_i$  é igual à estratégia ideal, então  $v_{ij} = v_{i+}$  (estratégia ideal),  $\forall j$ , seu  $\Delta_{i+}$ , na equação (10), será nulo e, portanto,

$$\lim_{\Delta_{i+} \rightarrow 0} \frac{\Delta_i^-}{\Delta_i^- + \Delta_{i+}} = \frac{\Delta_i^-}{\Delta_i^-} = 1 \tag{13}$$

Logo, como 1,0 é o maior valor que  $\varphi_i^*$  pode alcançar, então está provada a *proposição 1*.

**Proposição 2:** *Se  $a_{i^*}$  (estratégia selecionada) é igual à estratégia ideal, então sua distância em relação à estratégia indesejável ( $A^-$ ) é a maior entre as possíveis.*

**Prova:** Neste caso, deseja-se mostrar que, se  $a_{i^*}$  for igual a  $A^+$ , os valores de  $\Delta_{i^-}$  serão os maiores possíveis. Tomando-se a equação (11), tem-se que:

$$\Delta_{i^-} = \sum_{j=1}^n \left| v_{ij} - v_j^- \right|; \forall j$$

Admitindo-se que o maior valor de  $\Delta_{i^-}$  seja igual a  $\eta$  e sabendo-se que  $\Delta_{i^+} = 0$  (dado que o pressuposto é de que  $a_{i^*} = A^+$ ), então pode-se verificar que:

$$\lim_{\Delta_{i^-} \rightarrow \eta} \frac{\Delta_{i^-}}{\Delta_{i^-} + \Delta_{i^+}} = 1 \tag{13}$$

o que, além de provar a proposição 2, é ainda um outro caminho para provar a *proposição 1*.

Este resultado — equação (13) — permite concluir que quando a estratégia selecionada coincide com a solução ideal, ela é, também, a que guarda a maior distância da solução indesejável. Em outras palavras, a equação (12) assegura que a estratégia que mais se aproxima da ideal é também a que mais se afasta da indesejável. Disso decorre a *definição 1*.

**Definição 1:** *Diz-se que uma estratégia é satisfatória quando ela, ao mesmo tempo, é a que mais se aproxima da ideal e a que mais se afasta da indesejável.*

Na verdade, tanto a solução ideal quanto a indesejável são formas alternativas de se denominar os sub-objetivos, definidos em Simon (1979, 1984), ou objetivos particulares, caracterizados em Moldau (1988), e a solução satisfatória está compreendida em tais soluções hipotéticas.

Um exemplo simples: suponha que a agência reguladora de energia elétrica esteja propondo para uma dada empresa um arranjo de estratégias que envolveria três critérios (preço, qualidade do serviço e controle da carga), os quais são representados, respectivamente, por  $c_1$ ,  $c_2$  e  $c_3$ , todos com o mesmo peso. As estratégias são arranjadas de acordo com a seguinte matriz:

Matriz de desempenho ( $V$ )

	$c_1$ (R\$/MWh)	$c_2$ (horas) <sup>1</sup>	$c_3$ (subjetivo) <sup>2</sup>
$a_1$	35 (1,000)	20 (0,571)	3 (0,750)
$a_2$	32 (0,914)	35 (1,000)	4 (1,000)
$a_3$	30 (0,857)	30 (0,857)	2 (0,500)

Obs.: Os números entre parênteses são os dados já normalizados.

<sup>1</sup>Número de horas em que é permitida a falta de energia.

<sup>2</sup>Avaliação subjetiva efetuada pelo regulador, que atribui notas de 1 a 5, onde 5 é a exigência máxima de controle da carga e 1 é a exigência mínima.

Assim, a estratégia  $a_1$  significa que o regulador está oferecendo ao regulado um preço médio de R\$35/MWh, o regulado não deve ultrapassar o número máximo de 20 horas sem energia e a percepção (pelo regulador) dos seus esforços na direção de um gerenciamento da carga (conservação de energia) deve receber no mínimo uma nota 3. Vale dizer que os preços e as horas sem energia têm natureza inversa, isto é, quanto menor melhor, ocorrendo o contrário no caso do critério  $c_3$ , quanto maior melhor. Para o caso acima, as estratégias ideal e indesejável são, respectivamente:

$$A^+ = \{0,857; 0,571; 1,000\}$$

$$A^- = \{1,000; 1,000; 0,500\}$$

Por esses resultados, a estratégia  $a_1$  é a melhor alternativa em termos do critério  $c_2$ , a estratégia  $a_2$  em termos do critério  $c_3$ , e a  $a_3$  seria a melhor quando considerado o critério  $c_1$ . O problema agora é determinar qual a melhor estratégia quando se consideram todos os critérios. Aplicando as equações (10), (11) e (12) tem-se:

## Distância das soluções hipotéticas

Estratégias	$\Delta^+$	$\Delta^-$	$\varphi^*$
$a_1$	0,393	0,679	0,633
$a_2$	0,486	0,586	0,547
$a_3$	0,536	0,536	0,500

Ou seja, a estratégia  $a_1$  é uma opção satisfatória, dado que, ao mesmo tempo, mais se afasta do indesejável (tem o maior valor para  $\Delta^-$ ) e mais se aproxima do ideal (possui o menor valor para  $\Delta^+$ ). Ou ainda: o contrato regulatório contemplaria um arranjo de estratégias que assegura um preço máximo de R\$35/MWh,

a empresa não deve ultrapassar a 20 horas por ano de corte de energia e também deve exercer um esforço razoável na direção do controle da carga.

### 3.3 Induzindo ao desempenho via dilema do prisioneiro

Os resultados anteriores, todavia, não asseguram que a estratégia escolhida estaria causando o desempenho desejado pelo regulador. A formulação do problema via dilema do prisioneiro é uma opção para isto. A definição de critérios conflitantes é o fator que determina os efeitos dos incentivos sobre o desempenho dos regulados. Alguns pressupostos são aqui necessários.

- Há um problema de informação assimétrica, uma vez que admite-se que o regulador não pode verificar com precisão (ou sem custos elevados) as estratégias dos regulados.
- Admite-se, porém, que em uma fase anterior o regulador pode criar mecanismos para induzir os regulados aos seus interesses.
- São propostos pelo regulador dois critérios, os quais são sempre conflitantes, de tal forma que não haja cooperação nos dois critérios.
- O jogo proposto é com repetição infinita, situação em que o equilíbrio é cooperativo em um dos critérios.
- Para as opções de estratégias ( $a_i$ ) devem ser obedecidas as seguintes propriedades:

*reflexiva* —  $\forall a_i \in A, a \leq a$ ;

*transitiva* —  $\forall a_1, a_2, a_3 \in A$ , se  $a_1 \leq a_2$  e  $a_2 \leq a_3$ , então  $a_1 \leq a_3$ ; e

*antissimétrica*:  $\forall a_i, a_j \in A$ , se  $a_i \leq a_j$  e  $a_j \leq a_i$ , então  $a_i = a_j$ .

**Definição 2:** *Em jogos repetitivos cujos resultados das escolhas envolvem duplo interesse, e onde se quer induzir os jogadores à competição em um dos interesses, os critérios devem ser definidos de tal forma que suas avaliações estejam em direções conflitantes — o que é maximização em um critério é minimização no outro.*

**Proposição 3:** *Seja uma situação caracterizada como o dilema do prisioneiro, onde as estratégias  $a$  e  $b$  devem ser selecionadas considerando dois critérios ( $k$  e  $r$ ), Suponha ainda que  $\varphi_{a^*}$  e  $\varphi_{b^*}$  são os coeficientes de priorização das duas*

estratégias. Se  $r$  é o critério em que os jogadores devem ser induzidos à não-cooperação na estratégia de interesse do regulador, então deve-se fazer  $w_k > w_r$ .

**Prova:** Suponha que  $x_{ak}$  e  $x_{bk}$  representam, respectivamente, os valores normalizados das estratégias de cooperação e não-cooperação para o atributo  $k$ , enquanto  $x_{ar}$  e  $x_{br}$  denotam não-cooperação e cooperação para o critério  $r$ . Neste sentido, as estratégias  $a$  e  $b$  abrangem soluções que resultam de equilíbrios tanto cooperativos (ótimos de Pareto) quanto não-cooperativos (equilíbrio de Nash). Da equação (5) sabe-se que  $v_{ik} = w_k x_{ik}$  e que  $v_{ir} = w_r x_{ir}$  ( $i = a; b$ ). Para este tipo de jogo as soluções (estratégias) ideal ( $A^+$ ) e indesejável ( $A^-$ ) seriam configuradas por pares de resultados, ou seja:

$$A^+ = \{w_k x_{ak}; w_r x_{br}\}$$

$$A^- = \{w_k x_{bk}; w_r x_{ar}\}$$

Observe-se que os dois componentes de  $A^+$  representam os valores dos elementos de cooperação de uma dada matriz de *payoff*, enquanto os dois componentes de  $A^-$  representam os valores associados à não-cooperação, nos dois casos do ponto de vista do agente, e não do regulador.

Aplicando-se as equações (10), (11) e (12) tem-se que:

$$\varphi_a^* = \frac{w_k |x_{ak} - x_{bk}|}{w_k |x_{ak} - x_{bk}| + w_r |x_{ar} - x_{br}|} \quad (14)$$

$$\varphi_b^* = \frac{w_r |x_{br} - x_{ar}|}{w_r |x_{br} - x_{ar}| + w_k |x_{bk} - x_{ak}|} \quad (15)$$

Os denominadores de (14) e (15) são iguais e, desse modo, se o critério  $r$  é aquele em que os jogadores devem ser induzidos à não-cooperação — ou ao equilíbrio de Nash —, deve-se mostrar que tornar  $w_k > w_r$  é uma forma de garantir tal posicionamento estratégico dos regulados. Na prática, isto seria a mesma coisa que provar que  $\varphi_{a^*} > \varphi_{b^*}$ , tendo em vista que, da maneira como está formulada a *proposição 3*, é na estratégia  $a(x_{ak}; x_{ar})$  que ocorreria a não-cooperação ( $x_{ar}$ )<sup>18</sup> no critério  $r$ . Assim, da divisão das equações (14) e (15) tem-se que:

$$\frac{\varphi_a^*}{\varphi_b^*} = \frac{w_k |x_{ak} - x_{bk}|}{w_r |x_{br} - x_{ar}|} \quad (16)$$

<sup>18</sup>Uma organização das matrizes de *payoff* que mostra esta característica é apresentada no apêndice A.

Contudo, se  $a$  é ao menos tão preferida quanto  $b$ , então, tem-se que:

$$\frac{\varphi_a^*}{\varphi_b^*} \geq 1 \tag{17}$$

Sabe-se, também, que há apenas duas estratégias; então,

$$\Delta_a^- = w_k |x_{ak} - x_{bk}| \tag{18}$$

$$\Delta_b^- = w_r |x_{br} - x_{ar}| \tag{19}$$

Sucedee que  $|x_{ak} - x_{bk}|$  e  $|x_{br} - x_{ar}|$  são valores normalizados obtidos da matriz de *payoffs* de cada critério e não se alteram para um mesmo jogo. Assim, pode-se fazer

$$\beta = \frac{|x_{ak} - x_{bk}|}{|x_{br} - x_{ar}|} \tag{20}$$

Neste sentido, de (16), (17) e (20) determina-se

$$w_k \geq \frac{1}{\beta + 1} \tag{21}$$

e ainda

$$w_r \leq \frac{\beta}{\beta + 1} \tag{22}$$

sendo que  $0 < \beta < \infty$  e assumindo-se que  $w_k + w_r = 1$ .

Algumas situações extremas merecem ser discutidas para se chegar à prova final.

- $\beta = 0$ : isto aconteceria se e somente se, na equação (20),  $|x_{ak} - x_{bk}| = 0$  e isto significa que, para o critério  $k$ , a estratégia  $a$  ( $x_{ak}$  é cooperação) é igual à estratégia indesejável ( $x_{bk}$  é não-cooperação), resultando, de (21), em  $w_k \geq 1$  e, de (22), em  $w_r \leq 0$ . Porém, se esta situação (mesmo que absurda) fosse possível, não estaríamos no dilema do prisioneiro repetido infinitas vezes.<sup>19</sup>. Ou seja,  $\beta$  é sempre maior que zero.

---

<sup>19</sup>Neste caso, como já afirmado, a estratégia de cooperação é sempre mais atraente do que a de não-cooperação.

- $\beta = \infty$ : esta situação ocorreria se e somente, em (20),  $|x_{br} - x_{ar}| = 0$ . Todavia, isto é semelhante a afirmar que, para o critério  $r$ , a estratégia  $b$  ( $x_{br}$  é cooperação) é igual à estratégia indesejável ( $x_{ar}$  é não-cooperação). Observe-se, porém, que esta condição também não é possível quando se trata do dilema do prisioneiro.<sup>20</sup> Ou seja,  $\beta$  é sempre menor que  $\infty$ . Do contrário,  $a$  seria melhor do que  $b$  mesmo que  $w_k$  fosse nulo e não seria preciso induzir os jogadores à estratégia de não-cooperação no critério  $r$ . Convém destacar que sempre que  $\beta > 1$ , então, de (16) e (21), a estratégia  $b$  é a que mais se aproxima da solução indesejável<sup>21</sup> e, portanto, a que mais se afasta da ideal, conforme mostrado nas *proposições 1 e 2*, e a estratégia  $a$  seria sempre melhor do que a estratégia  $b$ , a menos que  $w_r \geq \beta w_k$ . Logo, dada a impossibilidade de que  $\beta = \infty$ , o que está em discussão são apenas os casos em que  $0 < \beta < \infty$ .
- $\beta \leq 1$ : nesta situação verifica-se, das equações (21) e (22), que a condição para que  $\varphi_{a^*} \geq \varphi_{b^*}$  é que  $w_k \geq w_r$ ; contudo, é preciso determinar a amplitude em que isto deve acontecer. Segue que, na equação (20),  $\beta$  pode ser interpretado como um coeficiente de proporcionalidade para a definição dos valores de  $w_k$  e  $w_r$ . Na prática, substituindo-se (17) e (20) em (16) constata-se que:

$$\frac{w_k}{w_r} \geq \frac{1}{\beta} \quad (23)$$

Contudo, como  $w_k + w_r = 1$ ,

$$w_k \geq \frac{1}{\beta + 1} \quad (21)$$

o que confirma a equação (21). Nestas circunstâncias, se  $\beta \leq 1$ , então, para que as empresas sejam induzidas à não-cooperação no critério  $r$ , deve-se fazer  $w_k/w_r \geq 1/\beta$  ou  $w_k \geq w_r/\beta$ . Ou seja, o valor de  $\beta$  define a amplitude da relação entre  $w_k$  e  $w_r$ . Além disso, os valores obtidos em (21) e (22) possuem as condições necessárias e suficientes para provocar tal indução, tendo em vista que são proporcionais a  $\beta$  e garantem que  $\varphi_{a^*} \geq \varphi_{b^*}$ , que é o que se queria provar. Observe-se, de outro modo, que se  $w_k = w_r$ , ou se os critérios são igualmente importantes, então, da equação (20), para  $\beta \leq 1$

<sup>20</sup>Vale a mesma informação da nota 19.

<sup>21</sup>Indesejável para as firmas, mas desejável para o regulador.

necessariamente, de (18) e (19),  $\Delta_{a-} \leq \Delta_{b-}$ . Sabe-se, porém, da *proposição 1* e da *proposição 2*, que para  $\varphi_{a^*} \geq \varphi_{b^*}$  é necessário que  $\Delta_{a-} \geq \Delta_{b-}$ . Para que isto aconteça (quando  $w_k = w_r$ ), a condição necessária e suficiente é que, das equações (17), (20) e (23),  $|x_{ak} - x_{bk}| \geq |x_{br} - x_{ar}|/\beta$ , o que também prova a *proposição 3* e mostra que a estratégia *a* pode ser mais atrativa do que a *b*, mesmo quando os critérios são igualmente importantes.

**Definição 3:** *Diz-se que a estratégia  $a_{i^*}$  tem o maior trade-off quando apresenta o maior valor para o coeficiente  $\varphi_{i^*}$ , calculado pela equação (12).*

Isto tem uma certa semelhança com a noção de equilíbrio de Nash. Ali, define-se a estratégia de equilíbrio como aquela que permite a melhor resposta de um jogador, dadas as ações dos seus oponentes. Aqui, uma estratégia do tipo  $(S_a; S_b)$  é considerada atrativa se assegura o maior *trade-off* em relação aos vários interesses (critérios) envolvidos no jogo. Ademais, foi mostrado que a estratégia de maior *trade-off* é aquela que, simultaneamente, tem a menor distância da estratégia ideal e a maior distância em relação à estratégia indesejável. Neste sentido, um novo conceito de equilíbrio pode ser introduzido.

**Corolário 1:** *Dado um jogo com duplos critérios conflitantes, diz-se que uma estratégia está em equilíbrio satisfatório de múltiplos critérios se e somente se ela garante o maior trade-off considerando-se o conjunto de interesses em discussão.*

**Prova:** A prova deste corolário é uma consequência das *proposições 1* e *2*. Pela *definição 3*, a estratégia de maior *trade-off* é a que retrata o maior valor para  $\varphi^*$  (coeficiente de priorização — equação (12)). Logo, mostrar que uma dada estratégia está em equilíbrio satisfatório de múltiplos critérios é a mesma coisa que provar que ela é a que, ao mesmo tempo, apresenta a menor distância do ideal e a maior distância do indesejável, o que já foi provado nas *proposições 1* e *2*. Destaque-se, porém, que, em razão do conflito entre os critérios, este equilíbrio implica escolher estratégias que envolvem, de uma só vez, a cooperação em um critério e a competição no outro e, por isso, a denominação *satisfatório* (nos dizeres de Simon (1979) e não *ótimo*, como ocorreria em um jogo convencional).

### 3.4 Aplicação simplificada para a indústria de energia elétrica

Uma das dificuldades das agências reguladoras de eletricidade consiste em estimular o aumento dos investimentos na expansão da oferta, evitando, assim, as eventuais restrições de atendimento. Por outro lado, também não tem sido fácil

a tarefa das agências, especialmente nos países onde as empresas de eletricidade foram recentemente privatizadas, de estimular as concessionárias a fazer o gerenciamento da carga, incentivando a conservação de energia. Este gerenciamento da carga, quando bem-sucedido, acaba criando espaço para o atendimento de novos consumos sem a necessidade de novas construções e, o que é melhor, sem precisar agredir o meio ambiente, como aconteceria no caso de quase todas as fontes de energia.

Tem-se, assim, um problema típico de incentivos multidimensionais, no qual o regulador tem dois interesses básicos: atender aos consumidores, estimulando a expansão da oferta ( $C_1$ ), ou atendê-los através do gerenciamento da carga ( $C_2$ ). Não é raro que algumas agências valorizem mais o atendimento via o gerenciamento da demanda, ao mesmo tempo que as empresas não vêem positivamente tal política, porque ela pode resultar na redução do consumo e, desse modo, de suas receitas. Há, portanto, também um típico conflito de interesses.

Suponha que dois concessionários concorrentes estão sendo pré-selecionados para participação em programas anuais específicos de investimentos e que seus contratos regulatórios dispõem de mecanismos que procuram privilegiar as ações de tais concessionários relativamente aos dois critérios acima, sobretudo no que se refere às suas estratégias para atendimento dos acréscimos de consumo. Eles podem atender tais acréscimos fazendo investimentos ou gerenciando a carga. Assim, para cada critério é construída uma matriz de *payoff*, da seguinte forma:

*Payoff* para o atributo  $C_1$

Empresa 2	Empresa 1	
	Não expandir	Expandir
Não Expandir	12; 12	0; 20
Expandir	20; 0	4; 4

*Payoff* para o atributo  $C_2$

Empresa 2	Empresa 1	
	Não expandir	Expandir
Não Expandir	6; 6	0; 10
Expandir	10; 0	2; 2

Na matriz de *payoff* do primeiro critério, os números de cada célula representam quanto as empresas seriam penalizadas se tivessem ou não uma estratégia

de expansão para atendimento dos novos consumos. Esses valores são dados em R\$ milhões de redução no lucro. Neste sentido, se as duas empresas apresentassem seus planos sem priorizar a expansão elas deixariam de ganhar R\$12 milhões. Se as duas fizessem expansões, seus resultados seriam reduzidos em apenas R\$4 milhões. Neste caso, o melhor para as duas é adotar um comportamento cooperativo (expandindo). Observe-se, entretanto, que esta estratégia de expansão só é a melhor se as duas assim o fizerem. Se uma expande e a outra não, a empresa que expandiu tem uma redução total de R\$20 milhões. Se este jogo é repetido em um número infinito de vezes, a melhor estratégia é sempre cooperar, especialmente se a jogada seguinte tem praticamente o mesmo valor da jogada anterior.<sup>22</sup>

Já no caso do segundo critério, os valores nas células correspondem a uma pontuação atribuída subjetivamente pelo regulador, onde 10 é a pontuação para quem atende 100% da demanda adicional através do controle da carga e zero é a pontuação mínima, isto é, para quem não consegue atender sem expansão. Ou seja, é uma situação em que é privilegiada (incentivada) a não-expansão. O equilíbrio cooperativo, neste caso, ocorre com a não-expansão, situação na qual as empresas teriam as maiores avaliações, que poderiam, por exemplo, resultar em bônus para eventuais aumentos de preços quando da renegociação do contrato. Ao contrário do primeiro caso, em que quanto menor o *payoff*, melhor a estratégia, neste segundo quanto maior o *payoff*, mais atrativa é a estratégia.

O detalhe importante é que as empresas estão em duplo dilema do prisioneiro: pelo critério  $C_1$  a melhor estratégia (para elas) é a expansão, enquanto no  $C_2$  o melhor que elas fazem é a não-expansão. Convém acrescentar, neste ponto, que as empresas têm dois sub-objetivos, na terminologia de Simon (1979), e devem atingi-los considerando a importância que é atribuída por uma terceira entidade, o regulador. O que se procura mostrar aqui é que, em casos desse tipo, a escolha da melhor estratégia depende da importância dos critérios e a forma de tratar essa importância é um elemento fundamental para induzir os agentes ao interesse do regulador, conforme mostrado na *proposição 3*. Desse modo, ter-se-ia a seguinte matriz de desempenho, na qual a alternativa  $a_1$  representaria a não-expansão (com competição em  $C_1$  e cooperação em  $C_2$ ) e  $a_2$  denotaria o atendimento dos acrés-

---

<sup>22</sup>Em trabalho dos mais importantes sobre a consistência do dilema do prisioneiro, Axelrod (1984) concluiu que a estratégia *tit-for-tat* (retaliar sempre) é a mais adequada para o confronto entre dois jogadores. Assim, para uma estrutura de *payoff* típica do dilema do prisioneiro (em que o prêmio pela cooperação é maior do que a média entre a tentativa de retaliação e a perda do retaliado), a melhor estratégia dependeria do peso que cada jogador atribui à jogada seguinte. Se este peso é maior do 0,5, retaliar é sempre uma melhor estratégia, conforme demonstrado em Axelrod (1984).

cimos de demanda com expansão da capacidade instalada (cooperação em  $C_1$  e competição em  $C_2$ ):

Matriz de desempenho

Alternativas	$C_1$	$C_2$
$a_1$	(12; 12)	(6; 6)
$a_2$	(4; 4)	(2; 2)

Resolvendo tal problema pela abordagem lexicográfica, isto é, sem a necessidade de normalizar a matriz de *payoff* associada a cada critério, se o critério  $C_1$  é o mais importante,<sup>23</sup> então a alternativa  $a_2$  (expansão ou cooperação em  $C_1$ ) é a escolhida, ocorrendo o contrário quando o critério  $C_2$  é o mais relevante. Por outro lado, se os critérios são igualmente importantes, não há diferença entre a seleção de uma ou outra alternativa. Ou seja, se, por exemplo, o objetivo do regulador é o atendimento dos acréscimos de carga sem expandir a capacidade instalada, então deve ser incentivada a cooperação em  $C_2$  e a competição em  $C_1$ , o que representaria a escolha de  $a_1$ . Acrescente-se que a solução encontrada é satisfatória (não-maximizadora), dado que a escolha de  $a_1$  implica, ao mesmo tempo, competição em  $C_1$  (maior perda de lucro) e cooperação em  $C_2$  (melhor avaliação qualitativa), e também porque pressupõe o atendimento de um objetivo prioritário — o atendimento da demanda sem expansão.

Alternativamente, o problema pode ser resolvido por meio das equações (5) a (12), porém com a normalização da matriz de *payoff* de cada empresa.<sup>24</sup> Como no caso anterior, apenas as estratégias de equilíbrio (cooperativo ou não) devem ser consideradas como alternativas.<sup>25</sup> Assim, admitindo-se que os dois critérios têm a mesma importância, tem-se a seguinte matriz  $V$  — já normalizada:

<sup>23</sup>Não custa lembrar que, pelo critério  $C_1$ , quanto menor a perda de lucro melhor é o resultado e, neste sentido, a cooperação ocorre na célula do canto inferior esquerdo matriz de desempenho.

<sup>24</sup>Não há qualquer exigência de que os *payoffs* das empresas sejam os mesmos. Apenas as regras de composição do dilema do prisioneiro, resumidas na nota 22, devem ser atendidas. Destaque-se, além disso, que os valores dos *payoffs* para os dois critérios só foram mantidos os mesmos para facilitar o entendimento, dado que ficaria mais didático (veja um caso no Apêndice B).

<sup>25</sup>Como o pressuposto é de um jogo repetido infinitas vezes, a escolha maximizadora deveria ser cooperar. Contudo, o que é cooperar em um critério é competição no outro e, por isto, cada estratégia, necessariamente, possui *payoffs* de cooperação e de competição.

Matriz de desempenho ( $V$ )

	$C_1$	$C_2$
$a_1$	(1,00; 1,00)	(1,00; 1,00)
$a_2$	(0,33; 0,33)	(0,33; 0,33)

onde  $a_1$  e  $a_2$  têm o mesmo significado da matriz de desempenho anterior. A solução ideal e a indesejável seriam:<sup>26</sup>

$$A^+ = \{(0, 33; 0, 33); (1, 00; 1, 00)\}$$

$$A^- = \{(1, 00; 1, 00); (0, 33; 0, 33)\}$$

Aplicando-se, agora, as equações (10), (11) e (12), obtêm-se as seguintes distâncias ou similaridades entre as alternativas:

Matriz de similaridades

Alternativas	$\Delta^+$	$\Delta^-$	$\varphi^*$
$a_1$	0,67	0,67	0,50
$a_2$	0,67	0,67	0,50

Pelo que se verifica dos resultados acima, as duas estratégias apresentam o mesmo *trade-off* e não haveria a menor diferença, para as empresas, entre as estratégias apresentadas. Isto, no entanto, só seria adequado se o regulador tivesse interesse em que as duas empresas ficassem indiferentes entre os dois critérios. Entretanto, o que deveria ser feito pelo regulador se ele quisesse incentivar mais o atendimento da carga sem aumentos da oferta ou, em outras palavras, se ele preferisse a não-expansão?

Para alcançar tal objetivo o regulador, conforme *proposição 3*, deveria estimular a competição no critério  $C_1$  (critério  $r$  na *proposição 3*) e a cooperação no  $C_2$  (critério  $k$  na mesma *proposição*). Isto pode ser feito através da atribuição de uma maior importância para  $C_2$  em relação a  $C_1$ , ou seja,  $w_2 > w_1$ . Desse modo, fazendo-se  $w_1 = 0, 49$  e  $w_2 = 0, 51$ , observa-se que  $\varphi_1^* = 0, 51$  e  $\varphi_2^* = 0, 49$ ,

---

<sup>26</sup>A nota 23 tem a explicação para uma melhor compreensão da composição das estratégias  $A^+$  e  $A^-$ , especialmente porque os valores do *payoff* das estratégias de cooperação e não-cooperação para o critério  $C_1$  são, respectivamente, o menor e o maior valor (menor e maior perda de lucro).

e isto implica que  $a_1$  (competição em  $C_1$  e cooperação em  $C_2$ ) seria a estratégia escolhida pelas empresas, atendendo, neste sentido, aos interesses do regulador.<sup>27</sup>

Assim, dado um conjunto de critérios, a alternativa satisfatória implicaria a atribuição de maior importância (incentivo) para um dos critérios, induzindo os regulados ao interesse do regulador, no caso, à não-expansão. Em termos práticos, esses resultados permitem deduzir que a abordagem do problema de incentivo por meio de um jogo com múltiplos critérios é uma interessante opção para o aperfeiçoamento da função reguladora, sendo também um importante caminho para a discussão do relacionamento entre agente e principal.

Do ponto de vista teórico, no entanto, o tratamento do problema por meio do Topsis tem uma importante diferença em relação ao esquema lexicográfico. Suponha que, na matriz de *payoff* do critério  $C_2$ , as notas atribuídas tenham sido (8; 8) e não (6; 6), como anteriormente. Nesse caso, a matriz de desempenho (já normalizada) passaria a ser:

Matriz de desempenho ( $V$ )

	$C_1$	$C_2$
$a_1$	(1,00; 1,00)	(1,00; 1,00)
$a_2$	(0,33; 0,33)	(0,25; 0,25)

Logo, para esses novos dados, mesmo que os critérios fossem igualmente importantes, a alternativa  $a_1$  ( $\varphi_1^* = 0,528$ ) seria mais atrativa do que  $a_2$  ( $\varphi_2^* = 0,472$ ). Por outro lado, se o *approach* utilizado tivesse sido o lexicográfico, não haveria diferença entre as alternativas. Na realidade (e isso decorre da *proposição 3*), os resultados das duas abordagens (lexicográfica e Topsis) só são compatíveis quando o valor de  $\beta$  (equação (20)) é igual a 1,0, isto é, quando a distância absoluta entre cooperação e competição, nos dois critérios, é a mesma ( $|x_{ak} - x_{bk}| = |x_{ar} - x_{br}|$ ). Em outras palavras, a diferença relativa (ou *trade-off*) entre a perda por competir em lugar de cooperar deve ser a mesma para que os dois *approaches* sejam equivalentes.<sup>28</sup> Dois outros aspectos são também relevantes:

- nos problemas de incentivos em que o valor relativo entre as alternativas é determinante da escolha, independentemente da importância dos critérios, a

<sup>27</sup>Convém ressaltar que a estratégia escolhida não é maximizadora, tendo em vista que procura conciliar uma maior perda de lucro e um bom desempenho em termos da avaliação qualitativa, ou seja, atender a um interesse específico definido pelo regulador.

<sup>28</sup>No exemplo modificado  $\beta = 1,1249$  e, como mostrado na *proposição 3*, quando isso acontece a estratégia  $b$ , no caso  $a_1$ , é melhor do que  $a_2$  mesmo quando  $w_1 = w_2$ . Para que  $a_2$  seja melhor do que  $a_1$ , então  $w_2 \geq \beta w_1$  ou  $w_2 \geq 0,5625$  e  $w_1 \leq 0,4375$ .

abordagem lexicográfica, não obstante sua extrema importância em termos analíticos, pode apresentar resultados menos consistentes do que a abordagem que admite a normalização da matriz que relaciona as alternativas aos critérios;

- se a indução aos interesses do regulador é aplicada via dilema do prisioneiro, em que há uma regra clara (nota 22) de composição da matriz de *payoff*, os ganhos marginais entre as duas alternativas são (ainda) uma variável que restringe o uso da abordagem lexicográfica.

#### 4. Considerações Finais

Este artigo chega a alguns resultados importantes. Foi mostrado que em problemas de incentivos com duas dimensões (*multi-tasking*) é possível induzir um agente aos interesses do principal. Foi apresentada uma solução teórica para isto, o que não deixa de ser uma contribuição para as discussões em termos da teoria dos incentivos em contratos regulatórios, que se vem mostrando um campo bastante promissor para futuras pesquisas.

Ainda que o artigo não tenha seu foco na teoria dos jogos nem na teoria dos múltiplos critérios, pôde-se constatar que a combinação entre essas duas teorias para a solução de um problema de incentivos é um interessante caminho para o tratamento de questões em que um agente pode ser induzido a soluções satisfatórias, dada a impossibilidade de encontrar soluções maximizadoras. As duas abordagens utilizadas (lexicográfica e Topsis) apresentaram resultados consistentes com o que se esperava e o uso conjunto de ambas em um único modelo analítico é uma diretriz para o aproveitamento das vantagens das duas abordagens no aperfeiçoamento da solução do problema.

Do ponto de vista prático, mesmo assumindo-se que o principal interesse das firmas seja sempre o lucro, a forma para que este seja alcançado exige diferentes estratégias, aplicadas a um só tempo, e essas estratégias podem representar interesses conflitantes, como foi o caso do exemplo simplificado mostrado na seção 3.4. A combinação disso com a inclusão de um terceiro interessado, no caso, o regulador, que possui informações que lhe permitem atribuir prioridades às estratégias dos agentes, abre um importante espaço para a configuração de incentivos que assegurem a escolha de uma estratégia satisfatória, isto é, que mais se aproxime do ideal e que mais se afaste do indesejável.

Está em andamento, no âmbito do Núcleo de Estudos da Economia da Energia da UFSC, um trabalho que busca uma solução matemática para o caso de  $n$  critérios e  $m$  jogadores, e a abordagem lexicográfica, com critérios irreduzíveis e

com a inclusão do conceito de solução satisfatória, já vem apresentando importantes resultados, não obstante a pequena limitação mostrada na seção anterior. Aplicações em outros setores (telecomunicações e transporte) também estão em andamento e têm chances significativas de se transformarem em importantes contribuições para o tema em questão.

## Referências

- Armstrong, M. (1999). Regulation and inefficient entry: Economic analysis and British experience. (Discussion Paper).
- Axelrod, R. (1984). *The Evolution of Cooperation*. Basic Books, New York.
- Brans, J. P. & Vincke, P. (1985). A preference ranking organization method. *Management Science*, 31(6):647–56.
- Dixit, A. (2000). Incentives and organizations in the public sector: An interpretative review. Department Economics of the Princeton University. (Working Paper).
- Eilon, S. (1972). Goals and constraints in decision-making. *Operational Research*, 23(1):3–15.
- Fehr, N. H. M. & Harbord, D. (1993). Spot market competition in the UK electricity industry. *The Economic Journal*, 103:531–46.
- Fudenberg, D. & Tirole, J. (1993). *Game Theory*. Cambridge, Mass., The MIT Press, 3 edition.
- Gibbons, R. (1998). Incentives in organizations. *Journal of Economic Perspectives*, 12(4):115–32.
- Goldemberg, V. P. (1980). Relational exchange: Economics and complex contracts. *American Behavioral Scientist*, 23:337–40.
- Hart, O. (1993). Incomplete contracts and the theory of the firm. In *The Nature of the Firm*, Oxford. Oxford University Press. In: Williamson, O. & Winter, S. (eds.).
- Holland, J. H. (1992). Genetic algorithms. *Scientific American*, pages 44–9.

- Holmström, B. & Milgrom, P. R. (1991). Multitask principal-agent analyses: Incentive contracts, asset ownership and job design. *Journal of Law, Economics and Organization*, 7:524–52.
- Holmström, B., Milgrom, P. R., & Roberts, J. (1998). The boundaries of the firm revisited. *Journal of Economic Perspectives*, 12(4):73–94.
- Hunt, S. & Shuttleworth, G. (1996). Competition and choice in electricity. West Sussex, Wiley.
- Hwang, C. L. & Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: Methods and applications. a state-of-the-art survey. Berlin, Springer-Verlag.
- Jenkinson, T. & Mayer, C. (1997). The assessment: Contracts and competition. *Oxford Review of Economic Policy*, 12(4):1–10.
- Joskow, P. L. (1988). Asset specificity and the structure of vertical relationships: Empirical evidence. *Journal of Law and Economics*, 4(1).
- Joskow, P. L. (1997). Restructuring, competition and regulatory reform in the U.S. electricity sector. *Journal of Economic Perspectives*, 11(3):119–38.
- Keeney, R. L. (1972). Utility functions for multi-attributed consequences. *Management Science*, 18(5):276–87.
- Keeney, R. L. (1982). Decision analysis: An overview. *Operational Research*, 30(5):803–38.
- Keeney, R. L. & Raiffa, H. (1976). Decision with multiple objectives. Wiley, New York.
- Klemperer, P. (1988). Welfare effects of entry markets with switching costs. *The Journal of Industrial Economics*, 37(2):159–65.
- Klemperer, P. & Meyer, M. A. (1989). Supply function equilibria in oligopoly under uncertainty. *Econometrica*, 57(6):1243–77.
- Kreps, D. M. & Wilson, R. (1982). Sequential equilibria. *Econometrica*, 50(4):863–94.
- Levy, B. & Spiller, P. T. (1994). The institutional foundations of regulatory commitment: A comparative analysis of five country studies of telecommunications regulation. *Journal of Law Economic & Organization*, 10:200–19.

- Lyons, B. R. (1996). Empirical relevance of efficient contract theory: Inter-firm contracts. *Oxford Review of Economic Policy*, 12(4):27–52.
- Massam, B. H. (1988). Multi-criteria decision making (MCDM): Techniques in planning. *Progress in Planning*, 30:1–83.
- Milgrom, P. & Roberts, J. (1992). Economics, organization and management. Prentice Hall.
- Moldau, J. H. (1988). *A Teoria Da Escolha Com Objetivos Irredutíveis e Suas Implicações*. São Paulo. IPE/USP.
- Moldau, J. H. (1993). A model of choice where choice is determined by an ordered set of irreducible criteria. *Journal of Economic Theory*, 60(2):354–77.
- Myerson, R. B. (1979). Incentive compatibility and the bargaining problem. *Econometrica*, 47(1):61–74.
- Myerson, R. B. (1984). Two-person bargaining problems with incomplete information. *Econometrica*, 52(2):461–87.
- Myerson, R. B. (1991). *Game Theory: Analysis of Conflict*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Nachbar, J. H., Petersen, B. C., & Hwang, I. (1998). Sunk costs, accommodation, and the welfare effects of entry. *The Journal of Industrial Economics*, 46(3):317–32.
- Newbery, D. M. (1998). Competition, contracts, and entry in the electricity spot market. *Rand Journal of Economics*, 29(4):726–49.
- Newbery, D. M. & Pollitt, M. G. (1997). The restructuring and privatization of Britain's CEBG — was it worth it? *The Journal of Industrial Economics*, 45(3):269–303.
- Pollitt, M. G. (2000). The declining role of the state infrastructure investments in the UK. University of Cambridge. (Discussion Paper).
- Prendergast, C. (1999). The provision of incentives in firms. *Journal of Economic Literature*, 37(1):7–63.
- Rosa, L. P., Tolmasquim, M. T., & Pires, J. C. L. (1998). *A Reforma Do Setor Elétrico No Brasil e No Mundo*. Relume-Dumará, Rio de Janeiro.

- Rubinstein, A. (1986). Finite automata play the repeated prisoner's dilemma. *Journal of Economic Theory*, 39(1):83-96.
- Ruthen, R. (1993). Adapting to complexity. *Scientific American*, pages 110-7.
- Saaty, T. H. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Math. Psychology*, 15:234-81.
- Santana, E. A. (1994). O planejamento da geração de energia elétrica através de uma metodologia de análise por similaridade com as restrições do sistema. UFSC. (Tese de Doutorado).
- Santana, E. A. (1995). Teoria do agente-principal, regulação e performance da indústria de energia elétrica no Brasil. Salvador. In: Encontro Nacional de Economia, 23 Anais...
- Sidak, J. G. & Spulber, D. F. (1998). *Deregulatory Takings and the Regulatory Contract*. Cambridge University Press, London.
- Simon, H. (1979). Rational decision making in business organizations. *The American Economic Review*, 69(4):494-513.
- Simon, H. (1984). A racionalidade do processo decisório em empresas. *Revista Brasileira de Economia*, 38(1):111-42.
- Simon, H. (1986). Rationality in psychology and economics. *The Journal of Business*, 59(4):209-24.
- Stadler, I. M. & Castrilho, D. P. (1997). *An Introduction to the Economics of Information: Incentives et Contracts*. Oxford University Press, New York.
- Vickers, J. (1996). Market power and inefficiency: A contracts perspectives. *Oxford Review of Economic Policy*, 12(4):11-26.
- Vickers, J. & Yarrow, G. (1988). *Privatization: An Economic Analysis*. MIT Press, Boston.
- Vincke, P. (1986). Analysis of multi-criteria decision aid in europe. *European Journal of Operational Research*, 25:160-68.
- Vincke, P. & Roy, B. (1981). Multi-criteria analysis: Survey and new directions. *European Journal of Operational Research*, 8:207-30.

Williamson, O. (1985). *The Economics Institutions of Capitalism*. Free Press, New York.

Williamson, O. (1996). *The Mechanisms of Governance*. Oxford University Press, Oxford.

Wollak, F. & Patrick, R. (1997). The impact of market rules and market structure on the price determination process in the England and Wales electricity market. Department of Economics of the Stanford University. (Working Paper).

Yoon, K. (1987). A reconciliation among discrete compromise solutions. *Journal Operational Society*, 38(3):277-86.

## Anexo A

As matrizes de *payoff* que resumiriam a situação que se procurou demonstrar na *proposição 3* teriam as seguintes configurações:

*Payoff* para o critério  $k$

Empresa $T$	Empresa $H$	
	Coopera	Compete
Coopera	$x_{ak}$	-
Compete	-	$x_{bk}$

*Payoff* para o critério  $r$

Empresa $T$	Empresa $H$	
	Coopera	Compete
Compete	$x_{ar}$	-
Coopera	-	$x_{br}$

Assim, a competição em  $r$  ocorre na estratégia  $a$ , que no caso do critério  $k$  é uma estratégia de cooperação.

## Anexo B

Suponha o mesmo problema descrito em 3.4, porém com matriz de *payoff* do critério  $C_2$  apresentada da seguinte forma:

Empresa 2	Empresa 1		
		Não Expandir	Expandir
	Não Expandir	15; 14	1; 25
	Expandir	25; 1	3; 4

Neste caso, a matriz de desempenho  $V$ , quando os critérios têm a mesma importância, tem a seguinte estrutura:

	$C_1$	$C_2$
$A_1$	(1, 00; 1, 00)	(1, 00; 0, 93)
$A_2$	(0, 33; 0, 33)	(0, 20; 0, 27)

As estratégias ideal e indesejável seriam, então,

$$A^+ = \{(0, 33; 0, 33); (1, 00; 0, 93)\}$$

$$A^- = \{(1, 00; 1, 00); (0, 20; 0, 27)\}$$

O cálculo do valor de  $\varphi^*$  é, então, efetuado tomando, para o conjunto da estratégia ideal, o melhor valor de cada par, e, para o conjunto da estratégia indesejável, o pior valor de cada par que compõe cada alternativa.

Assim, aplicando-se as equações (10), (11) e (12) verificam-se os resultados abaixo:

Alternativas	$\Delta^+$	$\Delta^-$	$\varphi^*$
$A_1$	0,67	0,73	0,52
$A_2$	0,73	0,67	0,48

Ou seja, neste caso, se os critérios têm a mesma importância, a estratégia  $A_1$  é a mais atrativa. Se o interesse do regulador for, por exemplo, incentivar a expansão

do sistema, então ele deveria aumentar a importância do critério  $C_1$ , fazendo, digamos,  $w_1 = 0,42$  e  $w_2 = 0,40$ . Nesta nova situação, teríamos,  $\varphi^* = 0,42$  e  $\varphi^* = 0,58$ , invertendo a estratégia escolhida.