



**ABORDANDO PROBABILISTICAMENTE UM PROBLEMA COM DECISÕES “SIM
OU NÃO”: UM ESTUDO DE DETERMINAÇÃO DE MIX DE PROJETOS DE
CONSULTORIA**

**APPROACHING PROBABILISTICALLY A “YES OR NO” DECISION PROBLEM: A
STUDY OF DETERMINING THE MIX OF CONSULTING PROJECTS**

**ENFOCANDO PROBABILISTICAMENTE UN PROBLEMA CON DECISIONES “SÍ” O “NO”: UN
ESTUDIO DE DETERMINACIÓN DE MEZCLA DE PROYECTOS DE ASESORIA**

Carlos Alberto de Farias, MSc.
Universidade Estácio de Sá/Brazil
cfarias@superig.com.br

Marco Aurélio Carino Bouzada, MSc.
Universidade Estácio de Sá/Brazil
marco.bouzada@estacio.br

RESUMO

Decisões do tipo “Sim ou Não” estão constantemente presentes no cotidiano do nível gerencial das empresas e costumam ser tomadas com o auxílio de abordagens determinísticas. Este trabalho tem como objetivo apresentar um problema real de determinação de mix de projetos de consultoria, que conta com a presença de incertezas nos seus parâmetros, tratá-lo de forma não probabilística e probabilística, a partir de uma análise de risco viabilizada por algumas ferramentas (como Minimax, Árvore de Decisão e Simulação) e fazer comparações entre as metodologias. A literatura acerca dessas ferramentas foi revista para fundamentar teoricamente este trabalho. A maneira como o problema foi estruturado e modelado está apresentada na Metodologia. Os resultados apontam para uma escolha de projetos toleravelmente arriscada, mas que encerra uma expectativa de lucros mais alta. Ao final, é possível constatar que a Simulação revela-se uma boa ferramenta para tratar tal tipo de problema, especialmente devido à sua abordagem probabilística que permite que incertezas sejam incorporadas, garantindo maior representatividade para o modelo e mais confiabilidade para os resultados.

Palavras-Chave: Programação Binária; Maximax; Maximin; Minimax; Árvore de Decisão; Simulação.

ABSTRACT

"Yes or No" decisions are constantly present in the daily management level of companies and are often taken with the help of deterministic approaches. This paper aims to present a real problem of determining the mix of consulting projects, which relies on the presence of uncertainties in their parameters, treating it in some non-probabilistic and probabilistic ways, based on a risk analysis made possible by some tools (like Minimax, Decision Tree and Simulation) and to make comparisons among the methodologies. The literature regarding these tools was reviewed to support theoretically this work. The way the problem was structured and modeled is presented in the Methodology section. The results indicate a fairly risky choice of projects, but with an expectation of higher profits. In the end, it is possible to realize that Simulation proves to be a good tool to address such a problem, especially due to its probabilistic approach that allows uncertainties to be incorporated, ensuring greater representation for the model and more reliability to the results.

Keywords: Binary Programming; Maximax; Maximin; Minimax; Decision Tree; Simulation.

RESUMEN

Decisiones del tipo “sí” o “no” están constantemente presentes en el día a día del nivel gerencial de las empresas y suelen ser tomadas con el auxilio de enfoques deterministas. Este trabajo tiene como objetivo presentar un problema real de determinación de la mezcla de proyectos de asesoría, que cuenta con la presencia de incertidumbres en sus parámetros, tratarlo de forma no probabilística y probabilística, partiendo de un análisis de riesgo facilitado por algunas herramientas (como Minimax, Árbol de Decisión y Simulación) y hacer comparaciones entre las metodologías. La literatura sobre esas herramientas fue revisada para fundamentar teóricamente este trabajo. La manera como el problema fue estructurado y moldeado está presente en la Metodología. Los resultados apuntan para una selección de proyectos tolerablemente arriesgada, pero que encierra una expectativa de lucros más alta. Al final, es posible constatar que la Simulación demuestra ser una buena herramienta para tratar este tipo de problema, especialmente en función de su enfoque probabilístico que permite que incertidumbres sean incorporadas, garantiendo más grande representatividad para el modelo y más confiabilidad para los resultados.

Palabras clave: Programación Binaria; Maximax; Maximin; Minimax; Árbol de Decisión; Simulación.

1 INTRODUÇÃO

O ambiente de tomada de decisão é dependente de quem decidirá e das informações que se tem a respeito do problema. Podemos identificar três ambientes no processo decisório: o de certeza, onde o tomador de decisão (administradores de empresas ou gerentes) identifica com certeza os efeitos de todas as alternativas e decisões; o de incerteza, onde o tomador de decisão não é capaz de atribuir as probabilidades de ocorrências aos vários resultados das alternativas identificadas; e, o de ambiente de risco, onde o tomador de decisão é capaz de atribuir probabilidades de ocorrência aos cenários (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2009).

Apesar da enorme contribuição das técnicas quantitativas aplicadas na solução de problemas gerenciais, em algumas situações elas têm potencial limitado. Uma decisão precisa ser tomada sempre que estamos diante de um problema que possui mais de uma alternativa para sua solução. Num modelo de processo decisório, é necessário analisar e identificar a situação e o problema, desenvolver e comparar as alternativas, classificar os riscos de cada uma delas, escolher a melhor e executar (implantar) e avaliar (validar ou não o processo utilizado), e para isso necessitamos de um modelo (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2009).

Algumas situações se apresentam para a tomada de decisão, como: decisão em condições de certeza, que ocorre quando a decisão é feita com pleno conhecimento de todos os estados da natureza; decisão em condições de risco, que ocorre quando são conhecidas as probabilidades de cada estado, podendo variar entre 0% e 100% para cada estado; decisão em condições de incerteza, que ocorre quando não se obteve total ou parcialmente os estados conhecidos e a probabilidade associada a elas; decisão em condições de competição ou conflito, que ocorre quando há dois ou mais decisores envolvidos e o resultado depende da escolha de cada um dos decisores. Nestes três últimos casos, a decisão é considerada como não determinística (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2009).

O aspecto não determinístico pode originar-se através de uma fonte de imprecisão causada pela dificuldade de avaliar as ações sob a influência de um ou mais critérios, pela indeterminação dos métodos de avaliação dos resultados, pela classificação ou opiniões ambíguas ou ainda por eventos probabilísticos. O problema é que, quando existe a presença de incerteza, frequente no mundo empresarial, algumas técnicas não

são adequadas. A solução determinística (sem considerar as incertezas) para um problema pode ser bastante ruim para a situação gerencial com a qual se depara a empresa. Existem diversas ferramentas quantitativas já consagradas para adotar uma abordagem determinística para resolução de problemas, dentre elas a Programação Linear (ou o seu caso particular, a Programação Binária) (HILLIER, 2006; MEDEIROS, 2008). Só que em um contexto real das organizações, as incertezas existem como, por exemplo, quanto à rentabilidade de um fundo de ações, e neste caso, não deveria ser utilizado este tipo de abordagem.

Tomemos a situação de uma empresa que tem atualmente 5 propostas para desenvolvimento de projetos, cada uma com um percentual de expectativa de se tornar um contrato, baseado na experiência dos profissionais do setor comercial da empresa.

A empresa trabalha hoje com 33 Analistas e 87 Programadores, sendo que 21 Analistas e 61 Programadores estão alocados em projetos atuais e 12 Analistas e 26 Programadores estão terminando seus projetos. Cada proposta apresentada pela empresa para se tornar um contrato tem as características mostradas na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Características de cada proposta

Proposta	Perspectiva de se tornar contrato	Recursos necessários		Lucro	Qtd Horas
		Analistas	Programadores		
P1	50%	5	8	R\$ 780.000,00	17.350
P2	100%	4	6	R\$ 450.000,00	10.080
P3	10%	5	10	R\$ 900.500,00	20.010
P4	30%	6	12	R\$ 1.633.000,00	36.288
P5	60%	3	5	R\$ 303.500,00	6.720

Fonte: Elaboração própria

Quais propostas a empresa deveria desenvolver para obter maior lucro total, já que a disponibilidade de recursos (analistas e programadores) é razoavelmente escassa?

Se a empresa tivesse certeza que todas as propostas lançadas seriam aceitas, se transformando em projetos, a Programação Binária (MOORE; WEATHERFORD, 2005; HILLIER, 2006; LEÃO et al., 2006), poderia ser utilizada e a solução se tornaria trivial. Neste tipo de situação – ausência de incerteza – o uso de aplicações como a Programação Binária - que utiliza variáveis de decisão do tipo 0 ou 1 - pode desempenhar um papel particularmente importante na busca da solução. Inicialmente, então, o problema será tratado como se fosse determinístico, através da Programação Binária.

Para obtermos a solução ótima para o modelo de escolha da melhor proposta (ainda sem considerarmos a incerteza quanto à efetivação dos contratos), utilizamos a opção de restrição binária do *Solver* do Excel. No caso específico do problema, definimos os três elementos básicos para o modelo:

- Variáveis de decisão: fazer ou não cada proposta;
- Variável-objetivo: lucro total obtido, que deve ser maximizado;
- Restrições: recursos humanos exigidos/disponíveis (analistas e programadores).

Utilizando a Programação Binária, ainda partindo da premissa que todas as propostas vão se transformar em contratos, a solução do problema é obtida a partir da aplicação do *Solver*. Neste caso, não há nenhum risco envolvendo a transformação das propostas em contrato. Pode-se observar que, neste caso em que não há nenhuma incerteza, podemos escolher os projetos 3 e 4 que, além de tudo, são os de maior lucro esperado.

A inadequação desta abordagem nada tem a ver com o cálculo para descobrirmos, dentre as cinco propostas, quais deverão ser trabalhadas. O que falta neste estudo são as incertezas. Em um contexto organizacional real, não é possível saber se as propostas vão se transformar em contrato, sabendo-se apenas a probabilidade de cada um deles se concretizar.

A solução para este problema determinístico (sem a presença de riscos) pode ser bastante ruim para a situação gerencial com a qual se depara a empresa. Explica-se: na realidade, é pouco provável (10%) que a proposta 3 se transforme em projeto. Se a empresa elaborar apenas as propostas 3 e 4 (que é o que sugere a solução obtida através da abordagem primária), é bem possível que o projeto 3 não se concretize, ficando a empresa com recursos ociosos, que poderiam ter sido utilizados, por exemplo, no projeto 1, apenas um pouco menos rentável, mas com probabilidade de efetivação muito maior. Por outro lado, não podem ser elaboradas propostas demais porque aí passa a existir o risco de não haver pessoal suficiente para atender todos os projetos.

Evoluindo, então, para uma abordagem mais realista – já que a metodologia simples e trivial da Programação Binária (que utiliza um modelo determinístico) não se aplica adequadamente nesse caso em que temos risco e incertezas – precisaremos utilizar um modelo que os considere, necessitando ser tratado através de uma técnica não-determinística como: os critérios Maximax, Maximin e Minimax (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2009; CORRAR; THEÓPHILO, 2004; MOORE; WEATHERFORD, 2005); a Árvore de Decisão (CORRAR; THEÓPHILO, 2004; MOORE; WEATHERFORD, 2005); ou a Simulação (HERTZ, 1980; CORRAR; THEÓPHILO, 2004; MOORE; WEATHERFORD, 2005; MENDES et al., 2006).

Desta forma, a proposta principal deste artigo consiste em analisar os resultados obtidos pela aplicação de diferentes abordagens que considerem incertezas e riscos ao problema de escolha das propostas, de forma a mostrar que tipo de conclusões essas abordagens são capazes de obter em casos normalmente tratados de forma determinística, a fim de se constituir um quadro comparativo.

Para tal, este trabalho está estruturado da seguinte forma: (i) revisão da literatura acerca das ferramentas: Programação Linear/Inteira/Binária, Maximax, Maximin e Minimax, Árvore de Decisão e Simulação; (ii) verificação da adequabilidade de cada ferramenta quantitativa; (iii) obtenção, segundo cada abordagem não-determinística, da melhor solução para o problema específico de escolha das propostas a serem feitas; e (iv) conclusões.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Programação Binária

Para Hillier (2006), uma área de aplicação muito importante da Programação Linear é aquela em que envolve problemas com uma série de decisões sim ou não, fazer ou não fazer. Tais variáveis são chamadas

variáveis binárias e os problemas de Programação Inteira contendo apenas variáveis binárias são ditos de Programação Binária (ou PI 0-1).

Nesta abordagem, Moore e Weatherford (2005) definem que as variáveis binárias, 0 ou 1, desempenham um papel particularmente importante, já que possibilitam incorporar instruções condicionais a decisões do tipo sim ou não. Estas decisões são, por vezes, chamadas de dicotômicas, em um modelo de otimização.

Hillier (2006) exemplifica que os gerentes frequentemente precisam enfrentar decisões do tipo sim ou não. Portanto, a Programação Inteira Binária (PIB) é largamente usada para ajudar nessas decisões. Elas podem permitir lidar com um problema com cuja formulação natural é difícil de se trabalhar e reformulá-lo como um problema de PI pura ou mista.

A título de exemplo de aplicação, Leão, Silva e Mantovani (2006) propõem, em seu trabalho, um modelo de programação binária (PB) para a localização de faltas em sistemas de energia elétrica resolvido por um algoritmo genético voltado a encontrar soluções otimizadas de boa qualidade, com a implementação computadorizada desta metodologia.

2.2 Abordagens Não-Determinísticas

Bortolossi e Pagnoncelli (2008) preconizam que a maioria dos problemas e dos sistemas da vida real traz incertezas. As interações entre o homem, problema e sistemas ocorrem com mudanças muito rápidas e isto aumenta as incertezas.

Na tomada de decisão com incerteza, Moore e Weatherford (2005) explicam que existe mais de um estado de natureza possível. Ou optamos por ignorá-la ou tentamos lidar com ela explicitamente. Os autores exemplificam que existem situações em que o nível de incerteza é alto demais para ser ignorado e os gerentes devem levar isso em conta

Quando existe um alto nível de incerteza, os gerentes têm que levar isso em conta, porém o tomador de decisões não é capaz de atribuir as probabilidades de ocorrência aos vários resultados. De acordo com Corrar e Theóphilo (2004), em grande parte das vezes, as ocorrências dos vários resultados das alternativas identificadas ocorrem no início do processo de análise de tomada de decisão, quando ainda não foram atribuídas probabilidades para as alternativas disponíveis.

2.2.1 Critérios Não-Probabilísticos (Maximax, Maximin e Minimax)

O critério Maximax se baseia em uma visão otimista do problema. Escolhido um determinado modelo, supõe-se que ocorrerá o melhor evento possível. Neste critério, o problema decisório pode levar-nos à solução ótima onde uma alternativa será escolhida pela maximização da função-objetivo. Este método é indicado quando buscamos a alternativa com o melhor desempenho de maximização. Para Moreira (2007), o critério Maximax carrega consigo uma visão de mundo muito otimista, ou seja, deve-se escolher o melhor resultado de cada alternativa, e dentre eles o melhor dos melhores resultados. Corrar e Theóphilo (2004) definem o método como

critério de decisão otimista que tem por objetivo encontrar o melhor resultado possível, a alternativa de decisão que maximizará o máximo resultado.

Na visão de Moore e Weatherford (2005), o critério Maximax avalia cada decisão pelo que melhor pode acontecer se o gerente tomar essa decisão. Neste caso eles avaliam cada decisão pelo máximo retorno possível associado àquela decisão, porém não se deve confundir a decisão com o estado de natureza que produz o resultado ótimo.

O critério Maximin se baseia em uma visão pessimista do problema. Supõe-se que, escolhido um determinado modelo, ocorrerá o pior evento possível. A alternativa será escolhida como aquela que tem a melhor entre as piores opções de todas as alternativas. Deve-se determinar o lucro mínimo para cada alternativa e, em seguida, escolher a alternativa com o maior lucro mínimo.

Moore e Weatherford (2005) e Corrar e Theóphilo (2004) apresentam o critério Maximin como sendo extremamente conservador ou pessimista ao tomar decisões e que tem por objetivo encontrar a decisão que maximizará o mínimo resultado entre vários possíveis, ou seja, ele indicará a alternativa que produz o maior resultado entre os mínimos encontrados.

Para Gomes, Gomes e Almeida (2009) e Moreira (2007), neste critério o tomador de decisões deve ficar alerta para o que significa máximo ou mínimo, dependendo de como são expressos os resultados da matriz de decisão.

A estrutura do critério Minimax é baseada inicialmente desenvolvendo-se uma tabela de perdas de oportunidade, a seguir encontrando-se a oportunidade máxima de perdas em cada alternativa e selecionando-se entre elas a alternativa que apresenta a menor perda (CORRAR; THEÓPHILO, 2004).

Em sua abordagem, Moore e Weatherford (2005, p. 385) destacam que, “arrependimento é sinônimo de ‘custo de oportunidade’ de não tomar a melhor decisão para um dado estado de natureza“. Em uma tomada de decisão, o gerente gostaria de tomar uma decisão que minimizasse o arrependimento, mas não sabe que estado de natureza acontecerá. Se o gerente não conhece a probabilidade, o que se sugere é usar o critério Minimax conservador, selecionando a decisão que faz o melhor do pior caso, ou seja, a decisão que tem o menor arrependimento máximo.

Rodriguez (2007) propõe uma abordagem usando o arrependimento Minimax (desvio minimax) para tratar do problema de formação de um classificador de base-neural quando, *a priori*, as probabilidades de classe são parcialmente ou completamente desconhecidas, mesmo pelo usuário final. O autor ressalta que, além de outras abordagens adaptativas que ataquem este problema, é importante destacar aqueles que lidam com problemas de incerteza *a priori* pelo princípio de minimizar o risco máximo possível.

2.2.2. Abordagens Probabilísticas

2.2.2.1 Árvore de Decisão

A Teoria da Decisão é um conjunto de técnicas quantitativas que tem por objetivo ajudar o gerente a sistematizar o problema e solucioná-lo. Para Moreira (2007), não há solução de um problema sem critério, e é neste sentido que a Teoria da Decisão baseia-se em critérios preestabelecidos, havendo sempre espaço para novos critérios e novas contribuições.

Para construir uma Árvore de Decisão é necessário desenhar um gráfico de forma a permitir que as informações adicionais obtidas pelo tomador de decisão, no transcorrer do processo, possam ser incluídas como novas variáveis. Para Corrar e Theóphilo (2004), a construção da Árvore de Decisão respeita a seqüência utilizada na leitura da Tabela de Decisão, onde parte das alternativas leva em conta os cenários e culmina com o indicador monetário que definirá a escolha do tomador de decisão, que é o resultado que retornará em decorrência da decisão.

Corrar e Theóphilo (2004) definem dois critérios usualmente utilizados no ambiente de risco: o Valor Monetário Esperado (VME) que maximiza os resultados esperados, e que para cada alternativa de decisão, sua apuração é possível pelo cálculo da média dos valores de seus diversos resultados, ponderada pelas probabilidades de ocorrência dos eventos; e a Perda de Oportunidades Esperada (POE) que minimiza as perdas e refere-se à diferença entre o retorno ótimo e o retorno recebido.

Para determinar o valor esperado para cada alternativa e escolher a alternativa que tiver o melhor valor esperado, deve-se atribuir uma probabilidade a cada acontecimento (mutuamente exclusivos), calcular os valores esperados de cada ação, multiplicando cada valor consequente pela correspondente probabilidade, somar esses produtos e escolher a ação cujo valor esperado seja o máximo (FERREIRA, 2004).

Na visão de Vatter et al. (1978), na análise de uma decisão cujas possíveis conseqüências são valores monetários relativamente próximos, o Valor Monetário Esperado (VME) pode ser utilizado como critério de decisão quando da escolha de uma dentre várias alternativas. No entanto, nos casos em que os valores monetários das várias alternativas são substancialmente diferentes, como numa decisão estratégica, o VME não mais reflete necessariamente como um tomador de decisão avalia uma estratégia de ação, pois não leva em conta a sua possível aversão a grandes perdas.

Uma alternativa ao Valor Monetário Esperado (VME) é a Utilidade. Segundo Moore e Weatherford (2005), ela consiste na atratividade dos possíveis resultados de decisão, já que a maioria das pessoas é avessa ao risco. Eles explicam que a análise decisória lida com esse comportamento de aversão ao risco e definem a função utilidade como uma medida de satisfação, diferente para cada tomador de decisão, e que substitui o VME no momento de considerar o valor equivalente de um nó de decisão.

Dentre as várias aplicações de árvore de decisão, Campolina e Ciconelli (2006) aplicam-na em uma das etapas, dentre as cinco que eles consideram fundamentais para a utilização da técnica de análise de decisão, para resolver problemas difíceis na prática clínica. Eles mostram que, para tornar explícita a ponderação de riscos e benefícios, onde a essência das análises de decisão é comparar riscos e benefícios de estratégias diferentes, incorporando três componentes básicos - escolhas (estratégias alternativas), probabilidades (chances de ocorrências de cada desfecho clínico) e valores (indicadores quantitativos das preferências dos pacientes por cada um dos desfechos clínicos prováveis) - as análises de decisão utilizam um recurso prático, que é a estruturação das árvores de decisão. Neste contexto, uma árvore de decisão deve ser complexa o suficiente para incorporar todos os elementos-chave e valores que são importantes para os pacientes e, ao mesmo tempo, simples o suficiente para ser compreensível e operacional.

2.2.2.2 Simulação

De acordo com Corrar e Theóphilo (2004), a origem da Simulação é muito antiga. Os chineses já a utilizavam em seus jogos de guerra há 5.000 anos e os povos prússios utilizaram esses jogos no final do século XVIII para auxiliá-los no treinamento militar de suas tropas. Durante a Segunda Guerra Mundial, o matemático John Von Neumann criou o conceito denominado Simulação de Monte Carlo que consistia na simulação direta de problemas probabilísticos. Atualmente com o desenvolvimento dos recursos computacionais, esse método é usado em diversas áreas, desde a simulação de fenômenos físicos complexos até menos complexos como a simulação do resultado de loterias.

Na Simulação, procura-se obter informações sobre os relacionamentos entre as variáveis que compõem o sistema no sentido de prever seus futuros desempenhos sob novas condições. O objetivo é criar um ambiente no qual a informação sobre ações alternativas possíveis é conseguida através da experimentação. (MOORE; WEATHERFORD, 2005).

A técnica de Simulação é muito eficiente em situações de risco, e focados nesta premissa, Paula et al. (2007) apresentam um trabalho com um tratamento estatístico por Simulação Monte Carlo, com método de avaliação de investimentos através do VPL (Valor Presente Líquido). Eles usaram o estudo como forma de apoio ao investidor nas iniciativas de investir em projetos, quando precisam de informações para a tomada de decisão. A Simulação possibilitou ao investidor considerar que o futuro pode sofrer variações e o investidor terá em mãos um meio para calcular uma possível variabilidade do futuro.

3 METODOLOGIA

Além das variáveis utilizadas na abordagem do modelo binário (decisão de fazer ou não cada proposta, lucro esperado e restrições de pessoal), incluímos neste estudo a variável expectativa de transformar as propostas em contratos, estimada com a ajuda da experiência dos gerentes e que está apresentada na tabela 1 anterior.

3.1 Critérios Não-Probabilísticos

O problema de escolha das propostas foi resolvido segundo os três critérios: Maximax, Maximin e Minimax. Para resolver esse problema, foram elencadas quais são as 31 soluções possíveis criadas pela combinação das cinco propostas, e os possíveis resultados para cada uma delas em função das propostas se transformarem ou não em contrato.

De acordo com o critério Maximax, foi escolhido o melhor resultado possível; com o critério Maximin, o resultado que produz o maior resultado entre os mínimos encontrados; e com o critério Minimax, a alternativa que minimizará a maior perda de oportunidade.

Vale ressaltar que, segundo esses três critérios não-probabilísticos, conforme o nome sugere, as probabilidades não estão contempladas. Foi considerado apenas que o projeto pode ou não ser feito. Além disso, foi considerada uma multa para as situações em que a empresa não dispuser de recursos humanos suficientes para lidar com todas as propostas aprovadas.

3.2 Árvore de Decisão

Foi feita uma Árvore de Decisão contemplando as 31 possíveis soluções (as mesmas utilizadas na seção anterior), só que, neste caso, foram utilizadas as probabilidades (expectativas) de uma proposta virar contrato.

Em cada uma das possíveis soluções, foram consideradas as probabilidades das propostas se transformarem em contrato para avaliar o resultado financeiro. A seguir, a Árvore de Decisão foi resolvida segundo o critério do Valor Esperado e também segundo a Teoria de Utilidades considerando a aversão ao risco do tomador de decisão. A mesma multa mencionada na seção anterior foi considerada para esta metodologia.

A partir da construção da Árvore de Decisão foram feitas algumas análises de sensibilidade em relação a algumas variáveis mais importantes.

3.3 Simulação

Nesta abordagem, também foi incluída a variável expectativa de transformar as propostas em contratos. Neste caso, o lucro total dependeu efetivamente de uma combinação específica de um grande número de variáveis diferentes. A simulação foi necessária para verificar se cada proposta elaborada iria se transformar efetivamente em projeto. Tal verificação ocorreu a partir da geração de números aleatórios que, em conjunto com as probabilidades de sucesso na efetivação de cada proposta, foi capaz de simular se cada contrato se efetivou, para cada experimento realizado.

O trabalho procurou simular o que aconteceria com o lucro total e com adequação do pessoal exigido ao pessoal disponível em cada uma de todas as possíveis soluções para o problema de decidir quais propostas deverão ser feitas. São 31 soluções possíveis: fazer todas as propostas (P1, P2, P3, P4, P5), fazer somente uma (P1; P2; P3; P4 ou P5), fazer 2, 3 ou 4 propostas. Foram realizados 5.000 experimentos para cada uma das soluções.

Para cada proposta foi sorteado um número aleatório, em cada simulação. Em função deste número aleatório e da probabilidade de efetivação de cada proposta, foi verificado em cada uma das 5.000 simulações se a proposta iria virar projeto ou não.

Tratando apenas os projetos que vão ser efetivamente feitos, foram calculadas as quantidades de Analistas e Programadores necessários para a sua execução em função das necessidades básicas de cada projeto. Esses valores foram comparados aos recursos disponíveis, para verificar se cada conjunto de recursos necessários é viável. Se ambos os conjuntos foram viáveis, a viabilidade geral (célula ‘OK geral’) recebeu o valor “verdadeiro”. A variável ‘% de OK’ contabilizou em quantas das 5000 simulações os recursos disponíveis puderam atender a demanda por eles. Assim, uma medida de risco pode ser construída (risco = 100% - % OK) para contemplar qual a probabilidade de tal conjunto de propostas feitas gerar um desgaste comercial por conta de não haver recursos humanos necessários para atender a demanda de todos os contratos efetivados.

O outro indicador de qualidade da solução foi o lucro total, função exclusivamente dos projetos que foram efetivados e do lucro esperado de cada um. Ao final da corrida de 5000 simulações, foi possível ter uma idéia do lucro médio (ou esperado) da solução analisada.

Aqui é muito importante deixar claro uma premissa que foi utilizada na modelagem: mesmo que os recursos disponíveis não sejam suficientes para atender a demanda de todos os projetos, ainda assim o lucro esperado de cada um deles será considerado no cálculo do lucro total. Tal consideração é razoável, porque a expectativa é que todos os projetos aprovados venham a ser feitos em algum momento, a partir da liberação gradual dos recursos oriundos dos projetos que forem chegando ao fim. A realização não imediata do projeto, no entanto, pode gerar um desgaste comercial junto ao cliente e é por esse motivo que o risco disso acontecer precisou ser monitorado através da medida de risco introduzida anteriormente.

4 Análise dos Resultados

4.1 Critérios Não-Probabilísticos

4.1.1 Critério Maximax

As variáveis de decisão são dependentes exclusivamente do tomador de decisão. Ele pode decidir fazer somente a proposta 1, só a 2 ou qualquer uma das 31 possibilidades de solução. Supondo que tenha escolhido fazer a 3 e a 4, o que vai acontecer com o lucro se somente a 1 viesse a ser aprovada? Nesse caso, a proposta 1 não foi feita e não pode ser aprovada, e as outras duas foram feitas, mas não aprovadas, gerando um lucro nulo. Se a proposta 3 for aprovada, a empresa vai ganhar o lucro referente a ela. A melhor possibilidade é fazer as 5 propostas (1, 2, 3, 4 e 5, ou seja, C12345 x 12345), porém para executá-las são necessários 23 analistas e 41 programadores e, portanto, não há recursos suficientes para fazer todas as propostas, pois o total de recursos disponíveis é de 23 programadores e 12 analistas.

Quanto seria perdido pelo desgaste comercial de assumir fazer as 5 propostas e não ter condição de executá-las? A empresa vive um momento instável, com muitas ocorrências, e por este motivo, para resolver este problema, foi criada uma variável que definimos como ‘% residual de lucro no caso de falta de recursos’, que arbitramos como 50% (ou seja, é como se, em cima do lucro, fosse aplicada uma “Multa” de $100\% - 50\% = 50\%$) para o caso da proposta tornar-se contrato e não haver recursos suficientes para executar o projeto. Foi criada uma fórmula aplicada em todas as células para definir quanto será o lucro. Assim, tomemos como exemplo a relação ‘Fazer as propostas’ 1 e 3 x ‘Propostas que vão virar contrato’ 2345. Se a proposta 1 foi feita e não foi aprovada, é considerado apenas o lucro da proposta 3. Aplicando o valor de Multa de 50%, o lucro máximo dos máximos foi de R\$ 2.533.500,00, para as alternativas C34, C134, C234, C345, C1234, C1345, C2345 ou C12345. Para efeitos comparativos, processamos, respectivamente, os resultados para o caso da Multa ser 70% (cenário pessimista) e 30% (cenário otimista).

Os resultados encontrados com o valor a Multa de 70% (cenário pessimista) são os mesmos dos encontrados para 50%, porém, os resultados apresentados para o valor da Multa de 30% (cenário otimista)

ABORDANDO PROBABILISTICAMENTE UM PROBLEMA COM DECISÕES “SIM OU NÃO”: UM ESTUDO DE DETERMINAÇÃO DE MIX DE PROJETOS DE CONSULTORIA

tiveram uma mudança significativa, mostrando que apenas a alternativa C12345 terá o valor máximo dos máximos, ou seja, R\$ 2.846.900,00.

4.1.2 Critério Maximin

Os parâmetros são os mesmos encontrados no critério Maximax. Novamente utilizamos a Multa de 50%, e neste caso o valor máximo dos mínimos apontou para fazer, indistintamente, qualquer conjunto de propostas, todos com lucro de R\$ 0,00.

Por causa da natureza pessimista desta abordagem, não faz sentido elaborar a análise de sensibilidade em relação à variável Multa, já que, se tudo der errado, nenhuma proposta virará contrato e o valor da Multa não estará influenciando a decisão.

4.1.3 Critério Minimax

Os parâmetros e os resultados intermediários são os mesmos encontrados para o critério Maximax. Novamente utilizamos a Multa de 50%, e neste caso o valor máximo dos mínimos apontou para fazer as propostas 1, 3 e 4 com lucro de R\$ 876.750,00.

Para efeito de comparação, também foram feitas análises para a Multa com 70% e 30%, respectivamente, e neles os resultados diferem do resultado apresentado para a Multa normal de 50%, sendo, respectivamente, R\$ 1.533.500,00 para fazer as propostas 3 e 4, e R\$ 445.050,00 para fazer as propostas P1, P2, P3 e P4.

Para facilitar o entendimento, o quadro 1 a seguir mostra o resumo das melhores situações encontradas por cada critério/cenário.

Quadro 1 – Quadro comparativo Maximax x Maximin x Minimax

	Maxim ax		Maxim in		Minim ax	
	Fazer as propostas	Máximo	Fazer as propostas	Máximo	Fazer as propostas	Mínimo
Realista			Todas	R\$ -	C 134	R\$ 876.750
	C 34	R\$ 2.533.500				
	C 134	R\$ 2.533.500				
	C 234	R\$ 2.533.500				
	C 345	R\$ 2.533.500				
	C 1234	R\$ 2.533.500				
	C 1345	R\$ 2.533.500				
	C 2345	R\$ 2.533.500				
	C 12345	R\$ 2.533.500				
	Máximo dos Máximos	R\$ 2.533.500	Máximo dos Mínimos	R\$ -	Mínimo dos Máximos	R\$ 876.750
Otimista			Todas	R\$ -	C 1234	R\$ 445.050
	C 12345	R\$ 2.846.900				R\$ 445.050
	Máximo dos Máximos	R\$ 2.846.900	Máximo dos Mínimos	R\$ -	Mínimo dos Máximos	R\$ 445.050
Pessimista			Todas	R\$ -	C 34	R\$ 1.533.500
	C 34	R\$ 2.533.500				
	C 134	R\$ 2.533.500				
	C 234	R\$ 2.533.500				
	C 345	R\$ 2.533.500				
	C 1234	R\$ 2.533.500				
	C 1345	R\$ 2.533.500				
	C 2345	R\$ 2.533.500				
	C 12345	R\$ 2.533.500				
	Máximo dos Máximos	R\$ 2.533.500	Máximo dos Mínimos	R\$ -	Mínimo dos Máximos	R\$ 1.533.500

Fonte: Elaboração própria

4.2 Abordagens Probabilísticas

4.2.1 Árvore de Decisão

Foi feita uma Árvore de Decisão contemplando as 31 possíveis soluções (as mesmas utilizadas na seção anterior), só que, neste caso, foram utilizadas as probabilidades (expectativas) para considerar a chance de uma proposta virar ou não contrato. Em cada uma das soluções foram consideradas as probabilidades das propostas se transformarem em contrato para avaliar o resultado financeiro. A Árvore de Decisão foi desenvolvida inicialmente segundo o critério do Valor Esperado.

Fazer as propostas é uma decisão do tomador de decisão. A árvore foi desenvolvida com a decisão de fazer 1 proposta, fazer 2 propostas, fazer 3 propostas, fazer 4 propostas ou fazer as 5 propostas. Para cada possível decisão, verificamos quais as probabilidades das propostas virarem contrato. Uma das possibilidades é nenhuma virar contrato. Isto não significa que não foi feita nenhuma proposta, e sim que, neste caso, nenhuma vai virar contrato.

Se todas as propostas forem feitas e todas virarem contrato, a Empresa ganharia R\$ 4.067.000,00. Porém, neste caso, não haveria recursos humanos suficientes para o desenvolvimento de todos os projetos, causando um atraso e um desgaste comercial. Este foi considerado a partir da aplicação de uma ‘Multa’ que reduz (em um determinado percentual) o lucro obtido. Esse percentual foi fixado inicialmente em 50%. Esta Multa foi aplicada somente nos casos específicos em que não houve recursos.

Assim, a árvore de decisão, utilizando o *Software* TreePlan, escolhe a solução com melhor Valor Esperado. O nó de decisão (fazer as 5 propostas) foi escolhido como o melhor resultado, com Valor Esperado de R\$ 1.283.349,00.

Segundo a execução do *Software* TreePlan, dado que haja 50% de chance da empresa ganhar R\$ 780.000,00 e 50% de chance dela ganhar R\$ 0,00, o Valor Esperado calculado é de R\$ 390.000,00, mostrado na figura 1 a seguir. Para o cálculo da árvore através da Função de Utilidade, foi coletado com o tomador de decisão o seu Nível de Aversão ao Risco, tendo sido indagado qual seria a equivalente-certeza para esta situação de risco descrita acima. O valor de R\$ 250.000,00 apareceu como resposta e foi aplicado na função Atingir Meta de forma a se obter o valor de Tolerância ao Risco de R\$ 494.827,00, conforme ilustra a figura 2.

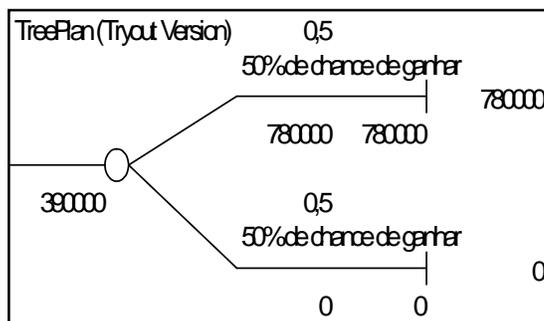


Figura 1 – Nó de evento
Valor Esperado

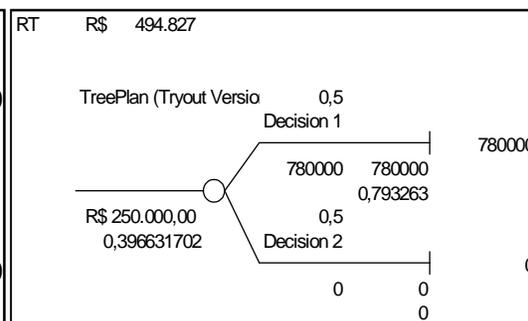


Figura 2 – Nó de evento
Tolerância ao Risco

Fonte: Elaboração própria

A árvore também nos mostrou algumas informações importantes. Se forem feitas 4 propostas, o melhor seria fazer as propostas 1, 2, 4 e 5, com lucro de R\$ 930.898,00. Se for escolhido fazer 3 propostas, a melhor opção seria fazer as propostas 1, 2 e 5, com lucro de R\$ 891.905,00. Caso fosse escolhido fazer 2 propostas, a melhor opção consistiria nas propostas 1 e 2, com lucro de R\$ 700.00,00. Por último, se fosse escolhido fazer apenas uma proposta, a melhor seria a número 2, com lucro de R\$ 450.000,00.

Com a árvore de decisão construída, foi feita uma análise de sensibilidade com as variáveis mais importantes. Primeiro foi trabalhada a Multa, variando de 0% a 100% de 1% em 1%. O *output* é a solução ótima onde obtemos que, de 0% a 73% o valor da Multa não importa para efeitos de determinação da melhor solução e podem ser feitas as 5 propostas. Porém ao aplicarmos o percentual de Multa de 74% o melhor seria fazer 3 propostas, sendo o conjunto 1, 2 e 5 o melhor deles, com lucro de R\$ 891.509,00, valor este mostrado na figura 3, quando aplicamos a análise de sensibilidade para o valor final da árvore.

É possível ainda notar na figura 3 que, à medida que a Multa aumenta, o valor da solução com 5 propostas vai diminuindo; mas o valor da Multa passa a ser irrelevante quando a solução ótima consiste de apenas 3 propostas, pois nunca faltarão recursos nesse caso.

A Árvore de Decisão também foi analisada com cenários pessimista e otimista. Em um cenário mais pessimista, utilizamos as perspectivas de transformação das propostas em contrato como sendo: 40%; 80%; 5%; 20%; e 50%. A partir desta situação, para uma Multa de 50%, encontramos um lucro de R\$ 750.164,00, sendo a melhor solução fazer as 5 propostas.

A Análise de Sensibilidade do impacto da Multa na decisão ótima mostra que, de 0% a 90% o valor da Multa não importa e podem ser feitas as 5 propostas, porém ao aplicarmos o percentual de Multa de 91% o melhor seria fazer 3 propostas, sendo o conjunto 1, 2 e 5 o melhor deles, com lucro de R\$ 639.198,00, quando aplicamos a análise de sensibilidade para o valor final da árvore.

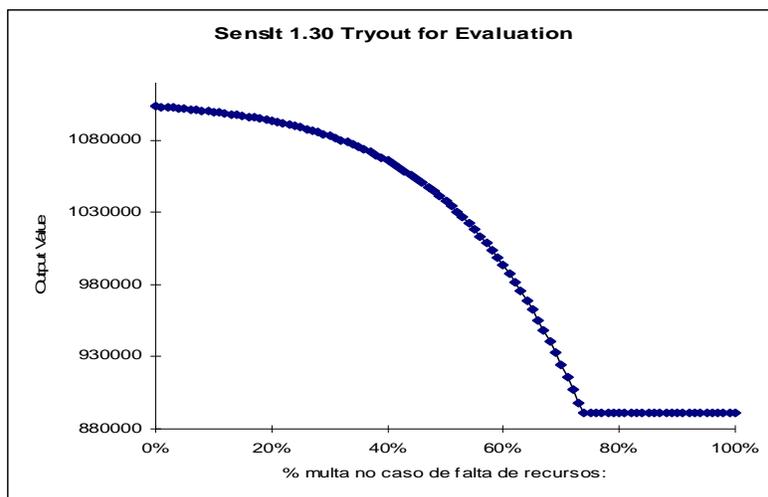


Figura 3 – Análise de Sensibilidade – impacto da Multa sobre o valor da árvore
Fonte: Elaboração própria

ABORDANDO PROBABILISTICAMENTE UM PROBLEMA COM DECISÕES “SIM OU NÃO”: UM ESTUDO DE DETERMINAÇÃO DE MIX DE PROJETOS DE CONSULTORIA

A Análise de Sensibilidade do impacto da Multa foi tratada também com o cenário otimista (probabilidades de efetivação dos contratos iguais a 60%, 100%, 15%, 40% e 70%). O quadro 2 mostra o resumo das melhores soluções encontradas pelo método da Árvore de Decisão (abordagens do Valor Esperado e da Função de Utilidade) em diferentes cenários.

Quadro 2 – Quadro comparativo – Árvore de Decisão

	Multa Aplicada	Fazer 'n' propostas	Melhores Propostas	Lucro
Valor Esperado	50%	5	1, 2, 3, 4, 5	R\$ 1.283.349,00
Função Utilidade	Análise de Sensibilidade			
Realista				R\$ 1.103.547,00
Cenário 1	0 - 73%	5	1, 2, 3, 4 e 5	a
				R\$ 898.056,00
Cenário 2	74% ou mais	3	1, 2, 5	R\$ 891.509,00
Pessimista				R\$ 766.253,00
Cenário 1	0 - 90%	5	1, 2, 3, 4 e 5	a
				R\$ 639.912,00
Cenário 2	91% ou mais	3	1, 2, 5	R\$ 639.198,00
Otimista				R\$ 1.268.477,00
Cenário 1	0 - 71%	5	1, 2, 3, 4 e 5	a
				R\$ 964.963,00
Cenário 2	72% ou mais	3	1, 2, 5	R\$ 961.258,00

Fonte: Elaboração própria

4.2.2 Simulação

Incluimos neste estudo, assim como na abordagem anterior através de Árvores de Decisão, a variável expectativa de transformar as propostas em contratos.

Foram simulados 5000 experimentos para cada uma das 31 possíveis soluções. A planilha apresentada na tabela 2 a seguir ilustra a simulação de parte dos 5000 experimentos realizados para a solução C 2345. A partir da simulação de todas as soluções exequíveis, foi possível fazer um quadro sumário com o lucro e o nível de risco previstos para cada uma.

Vale ressaltar que esses resultados são, na realidade, dinâmicos. Cada vez que a planilha é atualizada, os valores aleatórios são re-calculados e novos resultados são obtidos. As ilustrações aqui apresentadas consistem apenas em “fotografias” de uma dessas atualizações. Felizmente, com 5000 simulações, os resultados são robustos, não apresentando grandes variações entre as atualizações.

ABORDANDO PROBABILISTICAMENTE UM PROBLEMA COM DECISÕES “SIM OU NÃO”: UM ESTUDO DE DETERMINAÇÃO DE MIX DE PROJETOS DE CONSULTORIA

Tabela 2 – Resultado (parcial) da Simulação para o caso C 2345

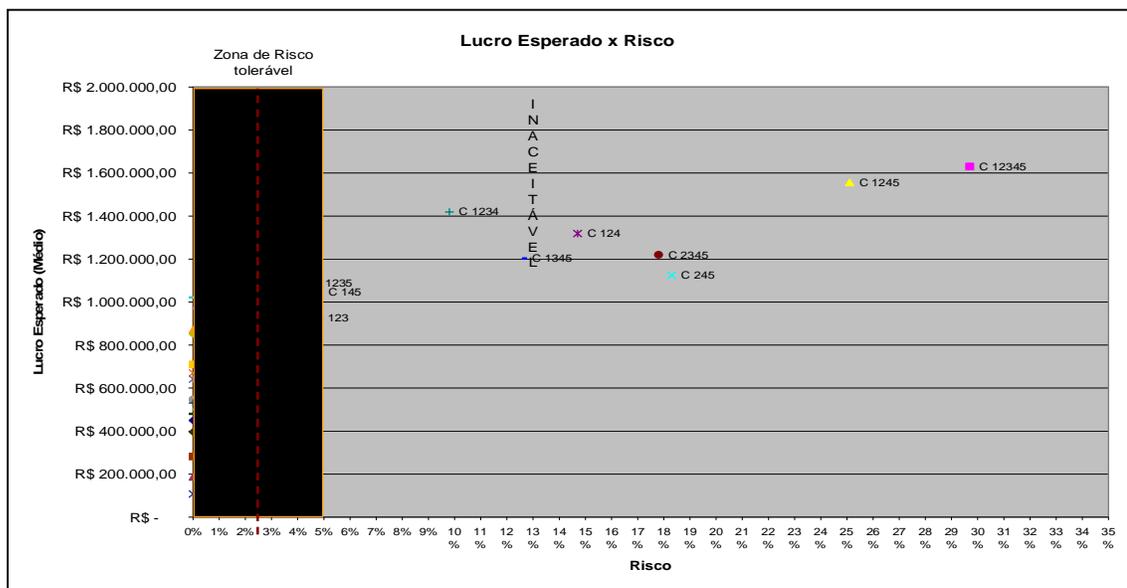
	P1	P2	P3	P4	P5	Totais			% OK
Fazer ou não	0	1	1	1	1	1	para		80,3%
Expectativa	50%	100%	10%	30%	60%	100%	Recursos para Desenvolvimento dos Projetos		Lucro Total Médio
Lucro R\$	780.000	450.000	900.500	1.633.000	303.500	4.067.000	Analistas	Programadores	R\$ 1.212.993,90
Analistas	5	4	5	6	3	23	12	26	
Programadores	8	6	10	12	5	41	Totais		
Total Recursos	13	10	15	18	8		18	33	

Simulação	ALEATÓRIOS					PROJETOS					ANALISTAS		PROGRAM.		OK geral	Lucro Total
	1	2	3	4	5	P1	P2	P3	P4	P5	Utilizados	Ok?	Utilizados	Ok?		
1	0,74	0,75	0,75	0,56	0,11	0	1	0	0	1	7	1	11	1	1	R\$ 753.500,00
2	0,73	0,96	0,16	0,09	0,25	0	1	0	1	1	13	0	23	1	0	R\$ 2.386.500,00
3	0,11	0,15	0,01	0,70	0,67	0	1	1	0	0	9	1	16	1	1	R\$ 1.350.500,00
4	0,68	0,65	0,74	0,52	0,13	0	1	0	0	1	7	1	11	1	1	R\$ 753.500,00
5	0,44	0,48	0,73	0,10	0,77	0	1	0	1	0	10	1	18	1	1	R\$ 2.083.000,00
6	0,72	0,53	0,67	0,50	0,67	0	1	0	0	0	4	1	6	1	1	R\$ 450.000,00
7	0,29	0,51	0,14	0,45	0,50	0	1	0	0	1	7	1	11	1	1	R\$ 753.500,00
8	0,34	0,75	0,62	0,80	0,51	0	1	0	0	1	7	1	11	1	1	R\$ 753.500,00
9	0,44	0,51	0,70	0,18	0,48	0	1	0	1	1	13	0	23	1	0	R\$ 2.386.500,00
10	0,82	0,78	0,04	0,31	0,07	0	1	1	0	1	12	1	21	1	1	R\$ 1.654.000,00

Fonte: Elaboração própria

A figura 4 mostra os mesmos resultados, porém abordando a relação Lucro x Risco e indicando um ponto de corte para um nível máximo de risco aceitável (tendo a área comercial da empresa sinalizado ser interessante não haver mais do que 5% de probabilidade de haver desgaste comercial).

Figura 4 - Lucro e risco de cada solução, com ponto de corte



Fonte: Elaboração própria

A linha vermelha pontilhada na figura 4 anterior indica o que seria um patamar desejável de risco máximo tolerável (2,5%). A partir da análise do quadro e das figuras, verificamos que o conjunto de propostas P1+P2+P5 não traz risco nenhum e fornece uma perspectiva de lucro de R\$ 1.000.000, aproximadamente, sendo esta uma boa opção, inicialmente.

ABORDANDO PROBABILISTICAMENTE UM PROBLEMA COM DECISÕES “SIM OU NÃO”: UM ESTUDO DE DETERMINAÇÃO DE MIX DE PROJETOS DE CONSULTORIA

Se apenas a análise minimizadora de risco for utilizada, os executivos poderão ir adiante, sem ter preocupação de estarem correndo risco. Neste caso, o conjunto P1+P2+P5 ou o P2+P3+P5 poderia ser escolhido. Verificamos que as propostas P2 e P5 aparecem nas duas composições com 0% de risco.

Para executar todas as propostas, teríamos um nível de risco muito grande, de aproximadamente 29%. Com algum, mas pequeno risco (aproximadamente 2,5%), duas soluções aparecem: P1+P3+P4 e P3+P4+P5 (as propostas P3 e P4 aparecem nas duas combinações). A primeira delas apresenta um lucro esperado na casa de R\$ 1.000.000.

Ainda dentro do risco delimitado pela área comercial (5%), qualquer combinação que leve em conta a execução de três propostas pode ser recomendada, exceto os conjuntos P1+P2+P4 e P2+P4+P5. As soluções P1+P2+P3 e P1+P4+P5 estão fora da zona aceitável, porém em algumas simulações, elas aparecem dentro dela.

Dentre as soluções aceitáveis com 3 propostas, as combinações P1+P2+P5 e P2+P3+P5 são as mais lucrativas (em torno de R\$ 1.000.000). Porém, a solução P1+P2+P3+P5 também aparece na zona aceitável de risco (5%, aproximadamente), mas com um lucro esperado de R\$ 1.100.000, aproximadamente.

Verificamos que, e também por ser de interesse da empresa apresentar o maior número possível de propostas (por questões estratégicas), devemos fazer as propostas P1, P2, P3 e P5, dentro do nível de risco aceitável e obtendo a maior expectativa de lucro.

Como as probabilidades das propostas se transformarem em contrato foram baseadas na experiência dos gerentes e são, portanto, subjetivas, convém realizar uma análise de sensibilidade a respeito do seu impacto.

Tratamos também essa abordagem em um cenário mais pessimista, onde as perspectivas de transformação das propostas em contrato poderiam ser, respectivamente: 40%; 80%; 5%; 20%; e 50% e em um cenário mais otimista, onde as perspectivas de transformação das propostas em contrato poderiam ser, respectivamente: 60%; 100%; 15%; 40%; e 70%.

O quadro 3 a seguir mostra uma comparação das melhores soluções encontradas pelo método de Simulação para os cenários realista, otimista e pessimista.

Quadro 3 – Quadro comparativo – Simulação

Realista	Solução	C 123	C 125		C 145		C 235	C 245			C 1235
	Lucro R\$	719.007,00	839.369,50		783.392,00		564.151,00	837.167,50			875.276,50
	Risco	1,40%	0,00%		2,10%		0,00%	7,80%			2,10%
Otimista	Solução		C 125	C 134			C 235		C 345		
	Lucro R\$		1.125.421,00	1.282.459,00			785.221,50		984.605,50		
	Risco		0,00%	4,40%			0,00%		3,80%		
Pessimista	Solução				C 145	C 234					C 1234
	Lucro R\$				783.392,00	780.942,44					1.011.647,50
	Risco				2,10%	1,40%					3,00%

Fonte: Elaboração própria

4.3 Análise Comparativa das Abordagens

Nesta seção, vamos comparar as abordagens tratadas neste artigo mostrando as vantagens e desvantagens de cada uma, assim como a sua adequação ao problema tratado.

4.3.1 Não Probabilísticas x Probabilísticas

Como vantagem das abordagens não probabilísticas, podemos considerar que nelas não há dependência da subjetividade (e de uma eventual imprecisão) das probabilidades utilizadas na Árvore de Decisão e na Simulação. Se estas probabilidades estiverem erradas (elas são subjetivas), isto pode comprometer um pouco estas duas abordagens. Para as não probabilísticas, essa consideração não entra na composição.

De qualquer forma, trata-se de uma pequena vantagem; porém, em contrapartida, as abordagens não probabilísticas apresentam uma desvantagem porque estaremos tratando todas as propostas da mesma maneira, ou seja, todas as propostas podem ou não virar contrato, quando, na realidade, algumas tem mais chance do que outras.

4.3.2 Comparação entre os três critérios não probabilísticos

Como desvantagem, a abordagem Maximax apresentou múltiplas soluções ótimas em todos os cenários. A abordagem Maximin simplesmente não funcionou para este problema.

A abordagem Minimax foi a melhor: apresentou apenas uma solução ótima para cada cenário e revelou certa sensibilidade em relação à Multa, ou seja, para cada valor da Multa, ela apresentou uma solução ótima diferente.

4.3.3 Árvore de Decisão x Simulação

Podemos considerar como uma pequena desvantagem da Simulação o fato da planilha ficar muito ‘pesada’. Além disso, ela não apresentou diretamente a solução ótima, diferentemente da Árvore de Decisão; ela apenas mostra o desempenho de cada uma das possíveis soluções. Mas como a quantidade de soluções possíveis não é muito grande (apenas 31), foi possível verificar o desempenho de todas elas na Simulação e isso acaba não sendo uma desvantagem tão marcante.

A confecção da Árvore de Decisão é muito trabalhosa, e isso pode ser considerado uma pequena desvantagem; porém, como vantagem, ela não ficou muito ‘pesada’. Na Árvore de Decisão, foi possível contemplar o perfil de risco do tomador de decisão. Na Simulação isso não foi possível.

Podemos colocar como desvantagem da Árvore de Decisão o fato que assumimos uma Multa para penalizar o lucro nos casos em que a quantidade de recursos disponíveis não foi suficiente para atender todas as demandas de projeto. A desvantagem deve-se ao fato dessa multa ter sido arbitrada.

Na Simulação, o problema foi tratado verificando a probabilidade da demanda por recursos superar a oferta. Por este motivo, o tratamento foi menos arbitrário do que pela Árvore de Decisão: nesta última, arbitramos a Multa; na Simulação, mensuramos qual a probabilidade disso acontecer. A Simulação cuidou

ABORDANDO PROBABILISTICAMENTE UM PROBLEMA COM DECISÕES “SIM OU NÃO”: UM ESTUDO DE DETERMINAÇÃO DE MIX DE PROJETOS DE CONSULTORIA

melhor esta situação, porém na Árvore foi possível fazer uma análise de sensibilidade em relação a esse parâmetro arbitrado e isso diminui bastante esta desvantagem.

Outra vantagem para a Simulação é o fato de a Árvore de Decisão precisar considerar uma única variável como sendo o objetivo, (no caso, o lucro, a ser maximizado). Na Simulação, é possível verificar o desempenho de cada uma das 31 possíveis soluções nos critérios que forem considerados necessários – no caso, além do lucro, o risco envolvido na solução e a própria quantidade de propostas elaboradas. Esse último foi usado como critério de desempate. Isso permite uma análise mais rica e assim podemos tomar uma decisão mais embasada.

4.3.4 Vantagens e Desvantagens das Metodologias

No quadro 4 a seguir, apresentamos um resumo das vantagens e desvantagens detalhadas anteriormente.

Quadro 4 – Quadro comparativo das metodologias

	Não Probabilísticas			Probabilísticas	
	Vantagem	Desvantagem		Vantagem	Desvantagem
	Não há dependência de subjetividade presente nas probabilidades	Todas as propostas são tratadas da mesma maneira		Cada proposta é tratada de forma diferente	Há dependência de subjetividade
Critérios			Abordagens		
Maximax		Apresentou múltiplas soluções em todos os cenários	Árvore de Decisão	Apresentou uma solução ótima	Confeção muito trabalhosa
Maximin		Não funcionou para este problema		Contemplou o perfil de risco do tomador de decisão	Foi arbitrada uma multa para penalizar o lucro
Minimax	Apresentou apenas uma solução ótima para cada cenário				Foi escolhida apenas uma variável objetivo
	Sensibilidade em relação à multa		Simulação	Foi verificado o desempenho de cada uma das 31 soluções por vários critérios	Planilha muito 'pesada'
				Foi verificada a probabilidade da demanda por recursos superar a oferta	Não apresentou diretamente uma solução ótima
					Não contemplou o perfil de risco do tomador de decisão

Fonte: Elaboração própria

5 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou um problema real de determinação de mix de projetos de consultoria, em que não se sabia, *a priori*, quais das propostas elaboradas se transformariam efetivamente em projetos a serem feitos. Tal presença de incerteza é suficiente para inviabilizar a abordagem mais tradicional para este tipo de problema: a Programação Binária.

Tratou-se tal problema de forma não probabilística pelos critérios Maximax, Maximin e Mínimax, e probabilística, a partir de uma Árvore de Decisões e de uma análise de risco viabilizada pela Simulação, que se revelou adequada para tratar tal tipo de problema, especialmente devido ao fato de permitir que riscos sejam incorporados de forma satisfatória, garantindo maior representatividade para o modelo e mais confiabilidade para os resultados.

Foi feita também uma revisão bibliográfica sobre as metodologias, e o problema foi atacado segundo cada uma delas, elaborando-se um quadro comparativo.

Por causa da sua natureza, a Simulação apresenta uma desvantagem: a solução ótima não é revelada. Neste caso em particular, isto não representou um grande problema, pois a quantidade de soluções possíveis era finita e razoavelmente pequena. Desta forma, foi possível verificar o desempenho de cada uma delas. Isso acabou revelando outra vantagem da ferramenta: a possibilidade de considerar, para a escolha da solução, não apenas uma variável-objetivo (o lucro esperado, no caso), mas também outros aspectos importantes, como o risco de desgaste comercial e a quantidade de propostas elaboradas, referentes a cada uma das possíveis soluções.

Para estudos futuros, sugere-se fazer a planilha de análise de risco considerar como lucro incorrido apenas aquele oriundo dos projetos que puderem ser feitos imediatamente, ou seja, aqueles cuja demanda de recursos puder ser atendida pelo pessoal disponível.

Outra idéia consiste em tratar o problema a partir de situações em que se tenha incerteza em outros parâmetros, como, por exemplo: lucro em cada contrato, quantidade necessária de analistas e programadores etc..

Espera-se, finalmente, que esse artigo tenha aguçado a curiosidade de acadêmicos a ponto de motivá-los a desenvolverem pesquisas similares, mas verificando o desempenho de outras metodologias não abordadas aqui e a sua adequação a problemas similares ou de outra natureza.

Artigo submetido para avaliação em 22\09\2010 e aceito para publicação em 06\05\2012

REFERÊNCIAS

BORTOLOSSI, H. J.; PAGNONCELLI, B. K. Uma Introdução à Otimização Estocástica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA. 11., 2008, Rio de Janeiro **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.

CAMPOLINA, A. G.; CICONELLI, R. M. Qualidade de vida e medidas de utilidade: parâmetros clínicos para as tomadas de decisão em saúde. **Pan american journal of public health**, v. 19, n. 2, mar. 15, p.128- 136, 2006.

CORRAR, L. J.; THEÓPHILO, C. R. (Coord.). **Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração**. São Paulo: Atlas, 2004.

FERREIRA, J. S. **Decisão**, 2004. Disponível em: <http://www2.egi.ua.pt/cursos_2004/files/SAD/Decisão.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2009.

GOMES, L. F., GOMES, C. F.; ALMEIDA, A. T. **Tomada de Decisão Gerencial – Enfoque multicritério**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2009.

HERTZ, D. B. **Análise de Risco em Investimentos de Capital**. **Biblioteca Harvard**, 1980.

HILLIER, F. S. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8. ed. São Paulo. McGraw Hill, 2006.

LEÃO, F. B.; SILVA, L. G. W; MANTOVANI, J. R. S. Localização de Faltas em Sistemas de Energia Elétrica Através de um Modelo de Programação Binária e Algoritmo Genérico. In: CBA, 16., **Anais...** 2006.

MEDEIROS, V. Z. **Métodos Quantitativos com Excel**. Cengage Learning, 2008.

MENDES, E. L.; SOARES, T. M.; SOUZA, R. C. Escores de Variáveis Latentes: Uma Opção para o Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor. **APDIO- Associação Portuguesa de Investigação Operacional**, n. 26, p. 211-225, 2006.

MOORE, J. H.; WEATHERFORD, L. R. **Tomada de Decisão em Administração com Planilhas Eletrônicas**. 6. Ed. Porto Alegre.: Bookman, 2005.

MOREIRA, D. A. **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório**. São Paulo: Editora Thomson Learning, 2007.

PAULA, R. A. ; JUNIOR, E. C.; COSTA, C. C. O Cálculo do Valor Presente Líquido com Tratamento do Risco através do Método de Simulação de Monte Carlo. In: ENCONTRO DA ANPAD, 31., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2007.

RODRIGUEZ, R. A. Minimax Regret Classifier for Imprecise Class Distributions. **Journal of Machine Learning Research**, v. 8, p. 103-130, 2007.

VATTER, P. A. ; BRADLEY, S. P. ; JACKSON, B. B. ; FREY Jr, S. C. **Quantitative Methods in Management: text and cases**. Homewood: R.D. Irwin, 1978.