



## **ANÁLISE DE CENÁRIOS FUTUROS UTILIZANDO CRITÉRIOS DA TEORIA DA DECISÃO**

### **Eduardo Cordeiro de Souza**

Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia Naval e Oceânica  
Av. Prof. Mello Moraes 2231 – Cidade Universitária – S. Paulo CEP 05508-900

### **Oscar Brito Augusto**

Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia Naval e Oceânica  
Av. Prof. Mello Moraes 2231 – Cidade Universitária – S. Paulo CEP 05508-900

***Resumo** Este trabalho tem o objetivo de propor um algoritmo que dê subsídios para tomada de decisões, através da teoria da decisão, já que o futuro não pode ser previsto com certeza absoluta.. A decisão será tomada a partir de eventos onde sejam conhecidas suas probabilidades de ocorrência num cenário futuro.*

***Palavras chaves:** Teoria da decisão, cenário, previsão.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Na teoria da decisão, o processo de decisão é aquele que requer um único conjunto ou diversos conjuntos de decisões para sua composição. Cada decisão possível tem um ganho ou perda a ele associado, o qual é determinado por circunstâncias externas ao processo. O conjunto de circunstâncias possíveis, conhecido como estados naturais, e uma distribuição de probabilidade que rege a ocorrência de cada estado, é suposta conhecida. Tanto o conjunto de decisões possíveis, quanto o de estados naturais serão considerados finitos.

Para este trabalho iremos utilizar técnicas probabilísticas utilizando a teoria da decisão para tomar atitudes no presente com base em possíveis cenários futuros. Assim, mesmo que o cenário futuro não seja o mais provável de acontecer, as atitudes tomadas serão as que maximizam (minimizam) lucros futuros (perdas futuras).

Dentro da teoria da decisão, para este trabalho, iremos considerar: o critério a priori (ou de Bayes), que é utilizado para escolher a decisão que maximiza o ganho esperado através de uma ponderação entre as probabilidades dos eventos e o retorno esperado da decisão; o critério a posteriori que difere do critério a priori por considerar um experimento imperfeito que é realizado para cada evento ou um experimento único para todos os eventos, com um custo associado, para informar sobre o verdadeiro estado natural, então os dados deste experimento poderão ser combinados com as probabilidades iniciais dos vários estados naturais para gerar uma distribuição de probabilidade posterior. Além destes critérios também faremos uma análise do valor esperado: diretamente gerado dos cenários com maior e menor probabilidade de ocorrência; com maior e menor valor esperado gerais do problema; finalizando, os valores esperados a partir dos menores e maiores retornos associados. Estes últimos sem ponderação e utilizando as probabilidades simples e as probabilidades condicionadas geradas pelo experimento imperfeito.

Assim, o problema objeto deste trabalho será o de propor um algoritmo que sirva como ferramenta para se escolher decisões que maximizam (minimizam) lucros (prejuízos) a partir de cenários futuros, utilizando a teoria da decisão, como técnica de *Forecasting* (previsão), no cenário presente.

## 2. PROBLEMA PROPOSTO

O problema objeto deste trabalho será definido como:

- Uma lista de  $n$  eventos distintos, que se consideram relevantes, representados por um vetor  $\mathbf{E}$ ,  $n$ -dimensional, denotado por:  $(e_1, e_2, \dots, e_n)$ ;
- $P(e_i)$  é a probabilidade do evento  $e_i$ , ou seja, a probabilidade de ocorrência do evento durante o período considerado;
- As decisões possíveis serão representadas por um vetor  $\mathbf{D}$  denotado por  $(d_1, d_2, \dots, d_m)$ ;
- O retorno associado da decisão  $d_i$  e do evento  $e_j$  é definido por  $g_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ;  $j=1, 2, \dots, n$ ).
- O retorno associado da decisão  $d_i$  e da não ocorrência do evento  $e_j$  por  $gc_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ;  $j=1, 2, \dots, n$ ).
- Investiga-se um sistema  $\mathbf{S}$  constituído por todos os eventos e as relações entre eles;
- Considera-se que os eventos são não-recorrentes, ou seja, não podem ocorrer mais de uma vez no período considerado e a ordem em que eles ocorrem não é relevante.

Para utilizar o critério a *posteriori* e se gerar as probabilidades condicionadas, ainda é considerado:

- Um experimento imperfeito designado por  $\theta$ , supondo que a sua confiabilidade é dada por probabilidades condicionadas  $P(\mathbf{q}/e_1), P(\mathbf{q}/e_2), \dots, P(\mathbf{q}/e_n)$ . As probabilidades posteriores (ou a *posteriori*) dos estados  $P(e_1/\mathbf{q}), P(e_2/\mathbf{q}), \dots, P(e_n/\mathbf{q})$  são determinadas pelo teorema de Bayes;
- Um custo  $c(e_i)$  associado a realização do experimento.

Há que se ressaltar que os valores atribuídos às probabilidades são conhecidos na modelagem. Estes podem ser obtidos através de consultas à especialistas nos problemas em estudo.

Essas opiniões, manifestadas pelos especialistas, devem obedecer à seguinte restrição:

$$0 \leq P(i) \leq 1 \quad (1)$$

Um cenário  $\mathbf{C}_k$  do sistema de evento  $\mathbf{S}$  é o termo usado para descrever qualquer combinação de um certo número de eventos que têm ocorrência durante o período de estudo, à exclusão dos demais eventos do vetor  $\mathbf{E}$ .

Por exemplo, se  $\mathbf{E}$  contempla três eventos  $e_1, e_2, e_3$ , então pode-se definir:

$$\mathbf{C}_k = (e_1, e_2, \bar{e}_3)$$

que corresponde à ocorrência dos dois primeiros eventos e a não ocorrência do terceiro evento, com a anotação de conjugado.

Em um sistema  $\mathbf{S}$  que contenha um número  $n$  de eventos, existirão  $r$  cenários  $\mathbf{C}$ , onde  $r = 2^n$ .

Cada cenário tem uma probabilidade de ocorrência desconhecida  $\mathbf{p}_k$  de tal forma que:

$$\sum_{k=1}^r \mathbf{p}_k = 1 \quad (2)$$

Para cada evento  $e_i$  pode-se, então, atribuir uma probabilidade individual, segundo Godet (1975), e uma condicional teórica, expressa em termos de funções de  $\mathbf{p}_k$ .

$$P^*(i) = \sum_k x_{ik} \mathbf{p}_k \quad (3)$$

onde:

$$x_{ik} = 1 \quad \text{se } e_i \in E_k \quad (4)$$

$$x_{ik} = 0 \quad \text{se } e_i \notin E_k \quad (5)$$

O resultado deverá ser consistente com a restrição já vista anteriormente, que será agora:

$$0 \leq P^*(i) \leq 1 \quad (6)$$

sujeita as restrições:

$$\sum_{k=1}^r p_k = 1 \quad (7)$$

$$p_k \geq 0 \quad \forall k \quad (8)$$

As probabilidades condicionadas geradas pelo experimento imperfeito devem obedecer a:

- Sejam as probabilidades condicionais dos eventos tomados aos pares:

$P(i/\bar{j})$  = probabilidade de que  $e_i$  ocorre dado  $e_j$  ocorre;

$P(i/\bar{j})$  = probabilidade de que  $e_i$  ocorre dado  $e_j$  não ocorre.

$$P(i/\bar{j}) * P(j) = P(j/i) * P(i) = P(ij) \quad (9)$$

$$P(i/\bar{j}) * P(j) + P(i/\bar{j}) * P(\bar{j}) = P(i) \quad (10)$$

Deste modo, o problema objeto deste trabalho, como já foi dito anteriormente, será o de escolher a atitude que otimize resultados a partir de cenários previstos para o futuro. O algoritmo proposto tem a finalidade de analisar valores esperados a partir de cenários futuros e para isto esta análise foi dividida nas seguintes fases:

- Uma primeira que analisa o valor esperado a partir do critério a priori;
- Uma segunda que faz a análise dos valores esperados dos cenários de menor e maior probabilidade de acontecer com as probabilidades simples;
- Uma terceira que analisa o menor e maior valor esperado, também com as probabilidades simples;
- Uma quarta que analisa o valor esperado a partir do critério a posteriori, deste modo utilizando as probabilidades condicionadas ao experimento  $\theta$ ;
- Uma quinta que faz a análise dos valores esperados dos cenários de menor e maior probabilidade de acontecer com as probabilidades condicionadas;
- Uma sexta que analisa o menor e maior valor esperado com as probabilidades condicionadas;
- Finalizando, uma sétima que calcula o valor esperado a partir dos menores  $g$  e depois pelos menores  $gc$ .

Assim, o algoritmo proposto se mostra uma ferramenta de auxílio à tomada de decisões, propiciando a um analista maiores subsídios para a escolha entre as opções apontadas.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para Carr (1951) a história moderna começa quando os historiadores começam a se preocupar com o futuro assim como com o passado. Para este trabalho a preocupação será prever o futuro com uma boa precisão a partir de conhecimentos do passado. O estudo do futuro, segundo Robertson

(1975), pode ser somente previsto em relação ao passado e um dos problemas recorrentes de *forecasting* (previsão) é o de usar explicações históricas sem simplesmente projetá-las para o futuro.

O futuro não pode ser previsto com certeza absoluta a partir do passado, ele está sendo construído e tem muitos graus de liberdade que o tornam uma incógnita. Porém, com o conhecimento do passado podemos, através de ferramentas adequadas, ter uma boa previsão do futuro, de forma que possamos atuar no presente em direções que nos sejam probabilisticamente mais satisfatórias. O objetivo deste trabalho é o de: propor uma ferramenta que auxilie na tomada de decisões no presente que sejam boas para nos satisfazer no futuro.

Segundo Godet (1975), é válido o conceito de que o futuro pode implicar na existência de uma estrutura conjetural global, que está integrada com a dinâmica e complexibilidade dos vários sistemas envolvidos. Assim, esta estrutura deve se integrar com os fatores variáveis que determinam a atuação dos agentes que contribuem para a forma do futuro.

No trabalho de Godet (1996) é comentado que no final dos anos cinqüenta, o filósofo francês, gerente e servidor público Gaston Berger propôs o uso da sintaxe “*prospective*” (atitude esperada) para apontar a necessidade do futuro para orientar atitudes no presente. Para Gaston Berger, a atitude esperada significava:

- Olhar distante – porque *prospective* se preocupa com o longo tempo;
- Tomar cuidado com as iterações;
- Encontrar fatores e tendências que realmente são importantes;
- Arriscar-se – porque no futuro podemos mudar nossos planos;
- Tomar cuidado com as conseqüências para o homem.

A “*prospective*” não pretende eliminar a incerteza da predição, mas objetiva reduzir as incertezas para a tomada de decisões. Assim o primeiro objetivo da “*prospective*” é o de iluminar as escolhas no presente na luz de um possível futuro. Com tal objetivo, uma boa predição não é necessariamente aquela que é realizada, mas sim aquela que nos direcionem a ações, que evitem situações de risco e que conduzam aos objetivos esperados.

Ainda segundo Godet (1996), dependendo do ritmo de aceleração das mudanças, das incertezas do futuro, iterações e incrementos na complexibilidade do fenômeno estudado, temos que prever pré-ações (antecipando mudanças) ou pró-ações (promovendo mudanças).

Na sociedade moderna, é imperativo a antecipações de fatos futuros, principalmente por causa dos efeitos combinados de três fatores:

- A aceleração e evolução das descobertas tecnológicas, mudanças econômicas e sociais, que necessitam de uma visão de longo prazo;
- Fatores de inércia inerentes à estruturas e procedimentos que nos impelem a raciocinar que devemos semear mudanças hoje se desejamos colher bons frutos amanhã;
- Nas últimas duas décadas tem-se noticiado que falhas de *forecasting* (previsão) são freqüentemente baseados em dois erros:
  - \* Superestimação do ritmo das mudanças (de tecnologias);
  - \* Subestimação dos fatores de inércia (estruturas, procedimentos).

Para Godet (1996), qualquer consideração do futuro que não seja apropriada para um cenário futuro, tem grande chance de ser rejeitada.

Em outro trabalho, Godet (2000), é comentado que a predição estratégica se continua aplicando antecipação para a ação como aproximações estendidas através dos setores de firmas e gerenciamentos. Nas duas últimas décadas tem-se visto a popularidade dos planos estratégicos através de cenários, especialmente entre as grandes corporações no setor de energia. Esta tendência parece ser uma reação para a crise do petróleo no passado e no presente. Em seu trabalho, Godet apresenta um plano estratégico usando cenários, para empresas de energia, desenvolvidos com dados obtidos desde o início dos anos oitenta. Nesse trabalho, Godet (2000), duas grandes categorias de cenários podem ser identificadas:

Exploratório: começando-se a partir de tendências e orientações do passado e presente para um provável futuro;

Antecipatório ou normativo: constrói-se sobre bases de visões alternativas de um futuro desejado.

Estes cenários, exploratório e antecipatório, podem, além disso, indicar uma tendência ou restrição, dependendo se é tomado dentro de uma consideração mais provável ou mais extrema de desenvolvimento.

Para este trabalho foi decidido utilizar-se da teoria da decisão, pois segundo Raiffa(1970), que segue a linha “bayesiana”, ela introduz julgamentos e sensações intuitivas diretamente na análise formal do problema de decisão. Assim, ela pode ser usada para problemas tais como: de uma industria de petróleo que deve decidir se perfura ou não em certo local, antes que sua opção expire; lançamento de novos produtos; e segundo Raiffa até mesmo para a escolha de novos tratamentos de doenças.

No caso da industria de petróleo, segundo Raiffa, pode-se não ter certeza sobre muitas coisas: o custo de perfuração, a extensão dos depósitos de petróleo, e assim por diante e se o poço está molhado ela ainda tem que saber em que grau, se o petróleo é facilmente extraído, quais serão os futuros preços do petróleo, se existe a possibilidade de perfurar poços nas vizinhanças, se explorar sozinho, etc. Tendo registros objetivos disponíveis, de perfurações similares e não similares, na mesma bacia, a teoria da decisão é uma boa ferramenta para se utilizar.

#### 4. ALGORITMO PROPOSTO

O algoritmo proposto para oferecer subsídios para escolha das decisões analisará os valores esperados a partir do critério a priori, do evento de menor e maior probabilidade e do maior e menor valor que possa assumir o valor esperado.

##### **Critério a priori**

Para a análise a partir do critério a priori, o cálculo do valor esperado segue a seguinte expressão:

$$V.E(d_i) = \sum_j p(e_i) * g_{ij} + \sum_j p(\bar{e}_i) * gc_{ij} \quad (11)$$

onde:  $V.E(d_i)$  é o valor esperado para a decisão  $i$  e  $p$ ,  $g$ ,  $gc$  são os parâmetros definidos no item 2 e  $\bar{e}_i$  é o conjugado de  $e_i$ .

##### **Critério a posteriori**

Para a análise a partir do critério a posteriori, primeiro se determina as probabilidades condicionadas  $P(e_1 / \mathbf{q}_i), P(e_2 / \mathbf{q}_i), \dots, P(e_n / \mathbf{q}_i)$  utilizando o teorema de Bayes, mostrado abaixo,

$$P(e_i / \mathbf{q}_i) = \frac{P(\mathbf{q}_i / e_i)P(e_i)}{P(\mathbf{q}_i)} \quad (12)$$

e para o cálculo do valor esperado se usa a seguinte expressão:

$$V.E(d_i) = \sum_j p(e_i / \mathbf{q}_i) * g_{ij} + \sum_j p(\bar{e}_i / \mathbf{q}_i) * gc_{ij} \quad (13)$$

onde:  $V.E(d_i)$  é o valor esperado para a decisão  $i$  e  $p(e_i / q_i)$ ,  $g$ ,  $gc$  são os parâmetros definidos no item 2 e  $\bar{e}_i$  é o conjugado de  $e_i$ .

### **Cenários de menor e maior probabilidade com probabilidades simples e condicionadas**

O cálculo do valor esperado a partir dos cenários de menor e maior probabilidade de ocorrerem foi dividido em duas etapas: Na primeira, determinamos os cenários de maior e menor probabilidade e na segunda calculamos o valor esperado, para cada cenário, a partir da seguinte expressão:

$$V.E(d_i) = \sum_j p(e_i) * g_{ij} * x_i + \sum_j p(\bar{e}_i) * gc_{ij} * y_i \quad (14)$$

para probabilidades simples, onde:  $x = 1$  e  $y = 0$  caso o evento  $i$  ocorra e  $x = 0$  e  $y = 1$  caso contrário.

Para probabilidades condicionadas basta substituir  $p(e_i)$  por  $p(e_i / q_i)$  e  $p(\bar{e}_i)$  por  $p(\bar{e}_i / q_i)$ .

### **Maior e menor valor esperado geral utilizando as probabilidades simples e condicionadas**

Para o cálculo do maior e menor valor esperado geral, primeiro se determina o maior e menor valor esperado de cada evento e depois se faz a somatória dos eventos utilizando a relação (14) e se faz  $x=1$  e  $y=0$  para os eventos que tenham  $p(e_i)g_{ij}$  maior que  $p(\bar{e}_i)gc_{ij}$  e  $x=0$  e  $y=1$  caso contrário.

Para probabilidades condicionadas basta substituir  $p(e_i)$  por  $p(e_i / q_i)$  e  $p(\bar{e}_i)$  por  $p(\bar{e}_i / q_i)$ .

### **Valor esperado a partir dos maiores e menores retornos associados**

Para o cálculo do valor esperado a partir dos retornos associados, primeiro se determina o maior e menor retorno associado de cada evento e depois se faz a somatória dos eventos utilizando a relação (14) faz-se  $x=1$  e  $y=0$  para os eventos que tenham  $g_{ij}$  maior que  $gc_{ij}$  e  $x=0$  e  $y=1$  caso contrário.

Para probabilidades condicionadas basta substituir  $p(e_i)$  por  $p(e_i / q_i)$  e  $p(\bar{e}_i)$  por  $p(\bar{e}_i / q_i)$ .

## **5. RESULTADOS**

Para a demonstração do algoritmo proposto neste trabalho, foi resolvido um problema proposto com 10 eventos e 4 decisões possíveis para serem escolhidas. Este problema proposto não é um problema real, mas tem uma certa complexibilidade e foi rodado em um microcomputador PC compatível com velocidade de 200Mhz e com 32Mb de memória randômica (RAM). O tempo de processamento foi menor que 1 milissegundo.

### **Problema proposto:**

Quatro grandes companhias de energia oferecem a um dono de dez sítios, pelos direitos de exploração de gás natural e opção para desenvolvimento futuro, as quantias (em milhares de dólares) são mostradas na tabela 5.1:

A opção se concretizada, ou seja, o sítio tem gás, é equivalente à um adicional que já é somado na tabela 5.2:

As probabilidades de que haja gás natural em cada sítio  $j$  é mostrada na tabela 5.3:

**Tabela 5.1** - Retorno da escolha da companhia i (decisão i) se o sítio j não tiver gás (evento j)- $g_{ij}$

Comp\ Sítio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	20	30	50	30	25	40	45	60	45
2	15	25	35	55	40	30	35	20	30	10
3	15	20	40	60	30	20	35	45	80	15
4	25	30	40	45	60	55	20	25	30	60

**Tabela 5.2** – Retorno da escolha da companhia i (decisão i) se o sítio j tiver gás (evento j)- $g_{ij}$

Comp\ Sítio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	15	30	45	75	45	32	60	70	90	65
2	25	35	47	80	65	40	45	30	45	15
3	25	30	60	85	40	35	45	60	110	25
4	35	45	60	60	86	75	30	35	45	80

**Tabela 5.3** – Probabilidades de ocorrência dos eventos

Sítio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prob.(%)	60	70	45	75	45	45	60	70	80	65

Além disso, o proprietário poderia fazer, para cada sítio, sondagens que indicassem se existe ou não gás nos sítios. Os custos de cada sondagem e a confiança, já que a sondagem é imperfeita, são mostrados na tabela 5.4:

**Tabela 5.4** – Custos e confiabilidade das sondagens-  $c(e_i)$ ,  $P(q_i / e_i)$ ,  $P(q_i / \bar{e}_i)$

Sítio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$c(e_i)$	6	7	45	75	45	45	6	7	8	65
$P(q_i / e_i)$	30	40	40	55	65	75	40	50	40	30
$P(q_i / \bar{e}_i)$	50	60	50	60	70	30	40	50	60	80

Assim, o proprietário teria que decidir pela oferta de apenas uma companhia para os dez sítios e com os dados acima, o resultado do algoritmo ficaria como mostrado a seguir na tabela 5.5. No resultado mostrado os cenários são apresentados da seguinte forma: "e(i)" é o evento que quando assume valor "1" significa que o cenário está considerando que existe gás no sítio i e quando assume valor "0" significa que este cenário considera que não existe gás no sítio i; as decisões D1, D2, D3 e D4 representam a escolha do dono dos dez sítios em relação às companhias 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

**Tabela 5.5** – Resultado do algoritmo

Análise a partir do critério a priori			
Valor esperado Mínimo	Decisão que gera Mínimo	Valor esperado Máximo	Decisão que gera Máximo
376,15	D2	485,45	D4

<b>Análise a partir do cenário de maior probabilidade com probabilidades simples</b>			
Valor esperado Mínimo	Decisão que gera Mínimo	Valor esperado Máximo	Decisão que gera Máximo
251,00	D2	332,25	D1
Cenário	E(1)=1e(2)=1e(3)=0e(4)=1e(5)=0e(6)=0e(7)=1e(8)=1e(9)=1e(10)=1		
Probabilidade(%)	1,14E-2		
<b>Análise a partir do cenário de menor probabilidade com probabilidades simples</b>			
Valor esperado Mínimo	Decisão que gera Mínimo	Valor esperado Máximo	Decisão que gera Máximo
125,15	D2	172,20	D4
Cenário	E(1)=0e(2)=0e(3)=1e(4)=0e(5)=1e(6)=1e(7)=0e(8)=0e(9)=0e(10)=0		
Probabilidade(%)	2,29E-5		

<b>Análise a partir do maior e menor valor esperado geral com probabilidades simples</b>			
Valor esperado Mínimo	Decisão que gera Mínimo	Valor esperado Máximo	Decisão que gera Máximo
114,50	D2	340,40	D1
Cenário p/ o mínimo	e(1)=0,e(2)=0,e(3)=0,e(4)=0,e(5)=0,e(6)=0,e(7)=0, E(8)=0,e(9)=0,e(10)=0		
Probabilidade p/ mínimo(%)	4,19E-5		
Cenário p/ o máximo	e(1)=1,e(2)=1,e(3)=1,e(4)=1,e(5)=1,e(6)=1,e(7)=1, E(8)=1,e(9)=1,e(10)=1		
Probabilidade p/ máximo(%)	6,26E-3		

<b>Análise a partir dos retornos associados com probabilidades simples</b>			
Valor esperado Mínimo	Decisão que gera Mínimo	Valor esperado Máximo	Decisão que gera Máximo
114,50	D2	340,40	D1
Cenário p/ o mínimo	e(1)=0,e(2)=0,e(3)=0,e(4)=0,e(5)=0,e(6)=0,e(7)=0, E(8)=0,e(9)=0,e(10)=0		
Probabilidade p/ mínimo(%)	4,19E-5		
Cenário p/ o máximo	E(1)=1,e(2)=1,e(3)=1,e(4)=1,e(5)=1,e(6)=1,E(7)=1, E(8)=1,e(9)=1,e(10)=1		
Probabilidade p/ máximo(%)	6,29E-3		

<b>Análise a partir do critério a posteriori</b>			
Valor esperado Mínimo	Decisão que gera Mínimo	Valor esperado Máximo	Decisão que gera Máximo
63,38	D2	170,56	D4

<b>Análise a partir do cenário de maior probabilidade com probabilidades condicionadas</b>			
Valor esperado Mínimo	Decisão que gera Mínimo	Valor esperado Máximo	Decisão que gera Máximo
47,19	D2	114,13	D1
Cenário	E(1)=0e(2)=1e(3)=0e(4)=1e(5)=0e(6)=1e(7)=1e(8)=1e(9)=1e(10)=0		
Probabilidade(%)	9,75E-3		

<b>Análise a partir do cenário de menor probabilidade com probabilidades condicionadas</b>			
Valor esperado Mínimo	Decisão que gera Mínimo	Valor esperado Máximo	Decisão que gera Máximo
16,18	D2	64,81	D4
Cenário	E(1)=1e(2)=0e(3)=1e(4)=0e(5)=1e(6)=0e(7)=0e(8)=0e(9)=0e(10)=1		
Probabilidade(%)	3,72E-5		

<b>Análise a partir do maior e menor valor esperado geral com probabilidades condicionadas</b>			
Valor esperado Mínimo	Decisão que gera Mínimo	Valor esperado Máximo	Decisão que gera Máximo
-11,45	D2	136,69	D3
Cenário p/ o mínimo	E(1)=0,e(2)=0,e(3)=1,e(4)=0,e(5)=0,e(6)=0, E(7)=0, E(8)=0,e(9)=0,e(10)=0		
Probabilidade p/ mínimo(%)	7,82E-5		
Cenário p/ o máximo	E(1)=1,e(2)=1,e(3)=0,e(4)=1,e(5)=1,e(6)=1, E(7)=1, E(8)=1,e(9)=1,e(10)=1		
Probabilidade p/ máximo(%)	4,65E-3		

## 6. CONCLUSÕES

Como já foi dito anteriormente, o futuro não pode ser previsto com certeza absoluta a partir do passado, porém com uma boa ferramenta podemos ter melhores chances de acerto. Assim sendo o algoritmo proposto nos dá um certo número de resultados e com estes resultados um analista pode tomar sua decisão com maior subsídio. No exemplo acima podemos ver que as decisões D1 e D4 são as que mais geraram maior valor esperado, enquanto que a decisão D2 é a que mais gerou menor valor esperado. Para problemas com maior número de eventos possíveis e maior número de decisões este algoritmo se torna mais útil. Com este algoritmo também podem ser feitas outras análises como: comparando os cenários de cada análise, verificando os eventos que ocorrem em

cada análise e analisando as probabilidades dos cenários. O algoritmo também pode ser rodado mais vezes, alterando-se: retornos associados, probabilidades de eventos, número de decisões ou eventos, para se fazer uma análise de sensibilidade.

Assim, este algoritmo não assegura a tomada de decisão acertada, mas pode aumentar a segurança na tomada de uma decisão. Porém existirão problemas em que as análises só trarão mais dúvidas indicando que prever o futuro não é simples assim.

## **7. REFERÊNCIAS**

- Bronson, R., 1985, “**Pesquisa Operacional**”, São Paulo, McGraw-Hill do Brasil.
- Carr, E. H., 1951 “**The new society London**”, Macmillan, p.2.
- Godet, M ; Duperrin, J.C., august 1975, “**SMIC 74 – A method for constructing and ranking scenarios**”, Futures, p. 302 – 312.
- Godet, M ; Roubelat, F., 2000, “**Creating the future: The use and Misuse of Scenarios**”, Long Range Planning, v. 29, n. 2, p. 164-171.
- Godet, M., 2000, “**The art of scenarios and strategic planning: Tools and Pitfalls**” Technological Forecasting and Social Change, v. 65, p. 3-22.
- Raiffa, H., 1970, “**Decision Analysis – Introductory lectures on choices under uncertainty**”, Addison-Wesley Publishing Company, Philippines.
- Robertson, M., 1975, “**The art of anticipation: values and methods in forecasting**”, Science Policy Research Unit, University of Sussex, England.

## **ANALISIS OF FUTURES SCENARIOS USING DECISION THEORY**

### **Eduardo Cordeiro de Souza**

Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia Naval e Oceânica  
Av. Prof. Mello Moraes 2231 – Cidade Universitária – S. Paulo CEP 05508-900

### **Oscar Brito Augusto**

Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia Naval e Oceânica  
Av. Prof. Mello Moraes 2231 – Cidade Universitária – S. Paulo CEP 05508-900

***Abstract** This work has as objective to propose an algorithm that gives subsidies for taking decisions, by use of theory of the decision, since the future cannot to be foreseen with absolute certainty. The decision will be taken from events where its probabilities of occurrence in the future scenario are known.*

***Keywords:** Decision theory, scenario, forecast.*