



DECISÃO TOMADA SOB INCERTEZA (DTSI)

Comandante Marcos Santos, Prof. Dr.

Estágio de Pesquisa Operacional Militar

No período de 31 de outubro a 9 de novembro, os Alunos do Curso de Direção para Engenheiros Militares da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército participaram do Estágio de Pesquisa Operacional Militar, realizado sob a responsabilidade da Seção de Engenharia de Fortificação e Construção (SE/2) do IME.

O Coronel **Paulo Afonso Lopes** coordenou as atividades nessas duas semanas intensivas, que contemplaram, além das palestras dos professores Carlos Francisco Simões Gomes, da Universidade Federal Fluminense, Marisa Ferro, do Laboratório Nacional de Computação Científica, André Andrade Longaray, da Universidade Federal do Rio Grande, e dos Comandantes Marcos Santos e Ernesto Rademaker Martins,



ambos do Centro de Análises de Sistemas Navais, a apresentação dos seguintes assuntos: Introdução à Pesquisa Operacional, Teoria da Decisão, Modelos Lineares de Otimização, Análise de Redes, Teoria das Filas, Tomada de Decisão Multicritério e Simulação de Sistemas Militares. O próximo Estágio está previsto para o ano de 2020.



APRESENTAÇÃO



Na Marinha:

- 26 anos no Serviço Ativo;
- Colégio Naval;
- Escola Naval;
- Viagem de Ouro em 2001;
- 10 anos embarcado em navios de guerra;
- 9 anos no CASNAV: Pesquisador e Gerente de Projetos da Divisão de Pesquisa Operacional; e
- Professor de PO do CAAML, EsAO e CIASC.



Extra MB:

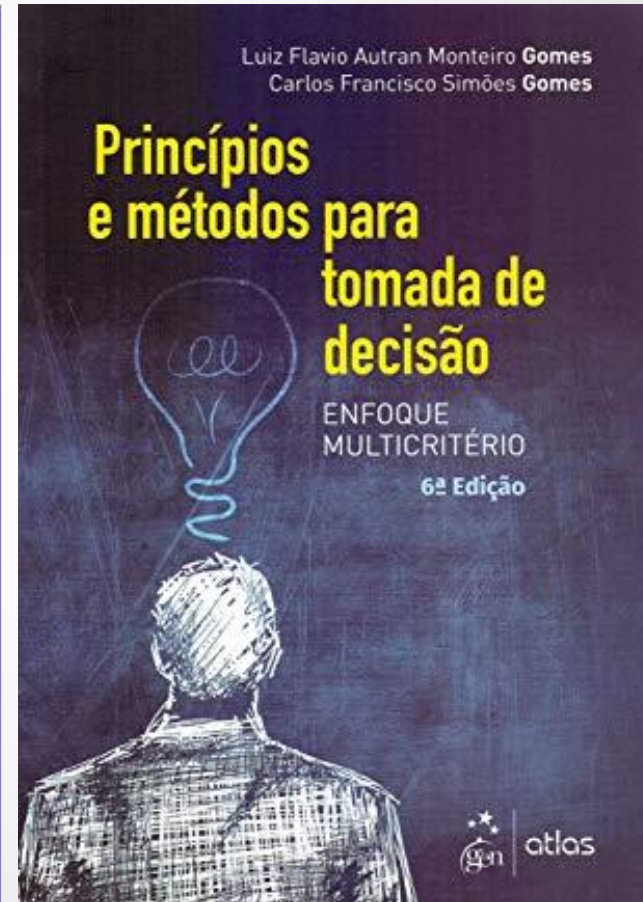
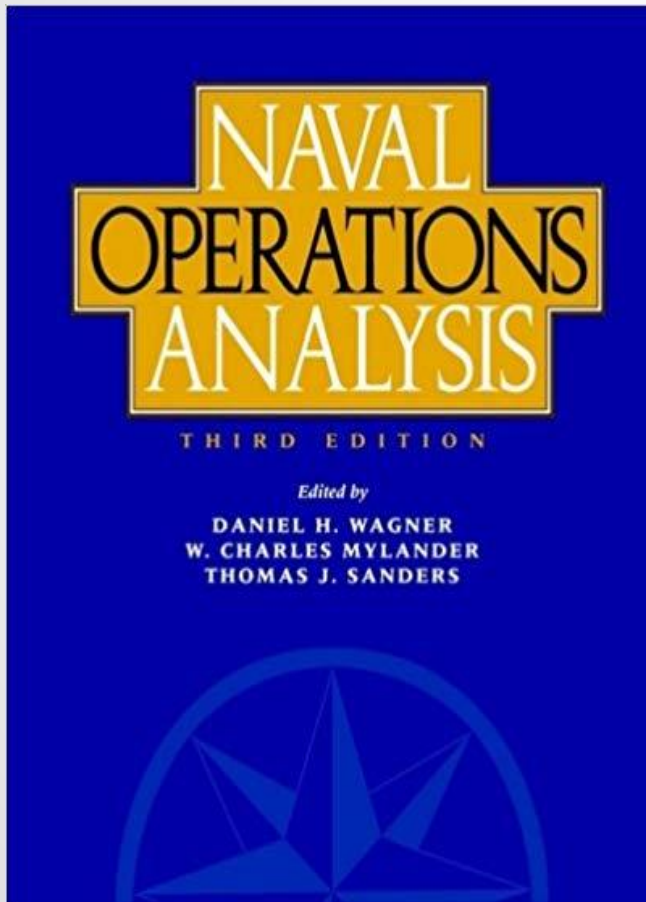
- Licenciatura em Matemática;
- Especialização em Instrumentação Matemática (UFF);
- Aperfeiçoamento em Matemática (IMPA);
- Governança de TI (FGV-RJ) e Ferramentas Estatísticas (IBMEC-RJ);
- Mestrado em Engenharia de Produção – Pesquisa Operacional (COPPE/UFRJ);
- Doutorado e pós-doutorado em Sistemas, Apoio à Decisão e Logística (UFF);
- Pesquisador de pós-doutorado em Ciências e Tecnologias Espaciais (ITA);
- Diretoria da Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO); e
- Professor do Programa de Pós-graduação em Sistemas e Computação (IME).



AGENDA

Introdução;
Decisões sob Incerteza;
Matriz de Decisão;
Estados da Natureza;
Critério Maximax;
Critério Maximin (Wald);
Critério de Laplace;
Critério da Média Variabilidade;
Critério de Savage (mínimo arrependimento);
Critério de Hurwicz;
Exercício;
Sistema Payoff Matrix; e
Considerações finais.

REFERÊNCIAS



OBJETIVO

Aplicar os métodos de Decisão Tomada sob Incerteza (DTSI).

INTRODUÇÃO – TEORIA DA DECISÃO

A **Teoria da Decisão**, no sentido em que iremos considerá-la, é um conjunto de técnicas quantitativas que tem por objetivo ajudar o tomador de decisão tanto a sistematizar o problema de decisão como a solucioná-lo. Não há solução de um problema sem um critério. Logo, a Teoria da Decisão baseia-se em critérios preestabelecidos, havendo sempre espaço para novos critérios e novas contribuições.



Você sabe a diferença entre RISCO e INCERTEZA ?

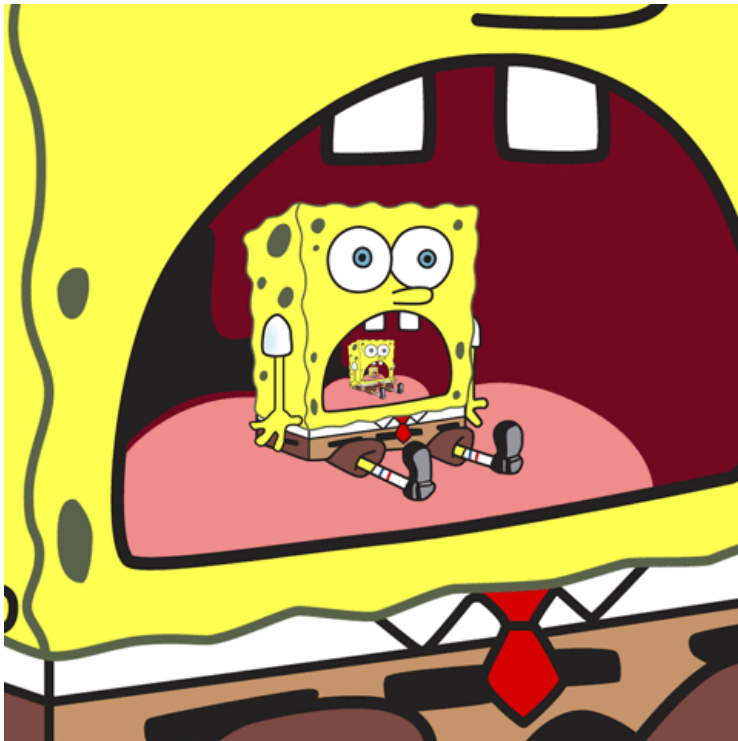
Risco é quando todas as variáveis de uma situação são conhecidas e **você consegue calcular as probabilidades** de cada uma delas acontecerem. Depois, ao combinar os resultados, **você tem uma medida precisa das chances de aquilo resultar em algo bom ou ruim.**

Mas quando **uma ou mais variáveis são desconhecidas** - ou quando não se sabe o impacto real de cada uma delas sobre a situação-problema, então estamos tratando de uma situação de **Incerteza**.

Já dá para perceber que, na vida real, a maioria das situações nas quais avaliamos Riscos estamos, na verdade, falando de Incertezas .



DECISÃO SOB INCERTEZA



O decisor, diante de um problema não estruturado, pode:

- a) Assumir atitudes pessimistas ou otimistas;
- b) Utilizar algoritmos de apoio à decisão, considerando a subjetividade dos valores do decisor;
- c) Utilizar a teoria da utilidade para verificar qual alternativa, em seu entender, agrega maior valor.

DECISÃO SOB INCERTEZA

Nos problemas de **Decisão Tomada sob Incerteza (DTSI)** conhecemos todos os possíveis estados da natureza, mas não temos nenhuma estimativa de suas probabilidades. Nesse caso, abre-se um amplo leque de possibilidades, com o tomador de decisão podendo optar por algum critério de seu interesse. De forma alguma a decisão será obrigatoriamente a mesma - ao contrário, ela irá depender do critério adotado.

ESTRATÉGIA ORGANIZACIONAL

A palavra ESTRATÉGIA, oriunda do meio militar, descreve o caminho que leva os exércitos a alcançarem seus objetivos. Assim, as estratégias devem associar recursos financeiros, humanos e outros recursos da organização aos desafios, incertezas e riscos apresentados pelo mundo exterior.

Uma boa estratégia deve:

- Envolver toda a organização;
- Ser orientada para longo prazo;
- Ser definida no mais alto nível da organização;
- Ser ampla e envolvente;
- Prever o máximo de incertezas e riscos do ambiente externo; e
- Preocupar-se com a eficácia da organização como um todo.

DECISÃO SOB INCERTEZA

Sob incerteza, 6 critérios podem ser utilizados:

- 1) Critério Maximax;
- 2) Critério Maximin (Wald);
- 3) Critério de Laplace;
- 4) Método da Média Variabilidade;
- 5) Critério de Savage (mínimo arrependimento); e
- 6) Critério de Hurwicz.

MATRIZ DE DECISÃO

Estados da natureza					
	Alternativas				
		EN_1	EN_2	...	EN_k
A_1		R_{11}	R_{12}	...	R_{1k}
A_2		R_{21}	R_{22}	...	R_{2k}
...	
...	
A_p		R_{p1}	R_{p2}	...	R_{pk}

ESTADOS DA NATUREZA

Estados da Natureza são todos os acontecimentos futuros que poderão influir sobre as alternativas de decisão que o tomador de decisão possui. A designação de “estado da natureza” pode parecer estranha ao leitor, em um primeiro instante, mas trata-se de uma nomenclatura usual. No caso do lançamento de um produto, os estados da natureza são as demandas futuras possíveis.

Ressalta-se que os Estados da Natureza são variáveis EXÓGENAS ao problema de decisão, fazendo parte do ambiente externo da organização. Por sua vez, o ambiente externo é composto por fatores do macro-ambiente (demográficos, econômicos, tecnológicos, políticos, legais e socioculturais) e micro-ambiente (clientes, concorrentes, canais de distribuição e fornecedores).

CRITÉRIO DE ESCOLHA

O problema consiste em determinar a melhor ação ou estratégia possível, levando-se em consideração os diferentes estados da natureza. O critério de escolha pode ser caracterizado por uma função cardinal de valoração (V). Pode-se então dizer que quando a ação a_k é preferida a ação a_l ($a_k > a_l$) equivale dizer que $V(a_k) > V(a_l)$.

CRITÉRIO MAXIMAX

O critério Maximax carrega consigo uma visão de mundo extremamente otimista. Dada uma matriz de decisão, deve-se escolher a alternativa que leva ao melhor possível dos resultados. Dito de outra maneira, deve-se escolher o melhor resultado de cada alternativa e, em seguida, dentre eles, o “melhor dos melhores”.

$$a_k \text{ tal que } o_k = \max_{1 \leq i \leq m} o_i = \max_{1 \leq i \leq m} \max_{1 \leq j \leq n} x_{ij}$$

CRITÉRIO MAXIMAX

Para lançar um novo produto, uma firma pode escolher entre ações possíveis relativas à publicidade: Outdoor (a_1), Televisão (a_2) ou Jornais (a_3). Os resultados da campanha publicitária serão diferentes em função dos diferentes estados da natureza quanto à concorrência a ser enfrentada: fraca (e_1), média (e_2) ou forte (e_3). Sabe-se que a firma ignora as probabilidades associadas a cada nível de concorrência, mas pode perfeitamente estimar os resultados relativos a cada uma das ações. Os valores desses resultados se encontram na matriz a seguir.

Ações	Níveis da Concorrência		
	Fraca (e_1)	Média (e_2)	Forte (e_3)
Outdoor (a_1)	12	-6	24
Televisão (a_2)	36	12	48
Jornais (a_3)	-3	60	30

CRITÉRIO MAXIMIN (WALD)

Trata-se do “máximo entre os mínimos”. De cada alternativa, escolhe-se o pior resultado; depois, dentre os piores, escolhe-se o melhor deles, ou o “menos ruim”.

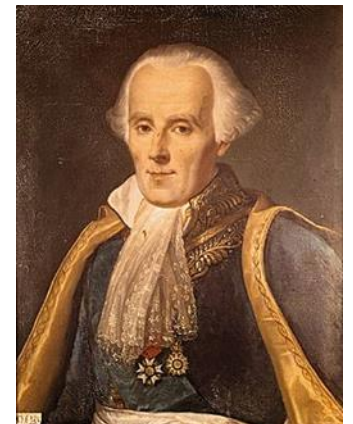
$$a_k \text{ tal que } s_k = \max_{1 \leq i \leq m} s_i = \max_{1 \leq i \leq m} \min_{1 \leq j \leq n} x_{ij}$$

Ações	Níveis da Concorrência		
	Fraca (e_1)	Média (e_2)	Forte (e_3)
Outdoor (a_1)	12	-6	24
Televisão (a_2)	36	12	48
Jornais (a_3)	-3	60	30

CRITÉRIO DE LAPLACE

O critério de Laplace é também conhecido como “critério da razão insuficiente”, exatamente porque, por não se ter razão suficiente para admitir o contrário, assume-se que são idênticas as probabilidades dos diversos estados da natureza. Com tal admissão, são então calculados os valores esperados de cada alternativa, o que equivale a tomar o valor médio entre os resultados de cada alternativa. Dos resultados médios, escolhe-se por fim, o melhor deles.

$$a_k \text{ tal que } \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{kj} = \max_{1 \leq i \leq m} \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{ij}$$



CRITÉRIO DE LAPLACE

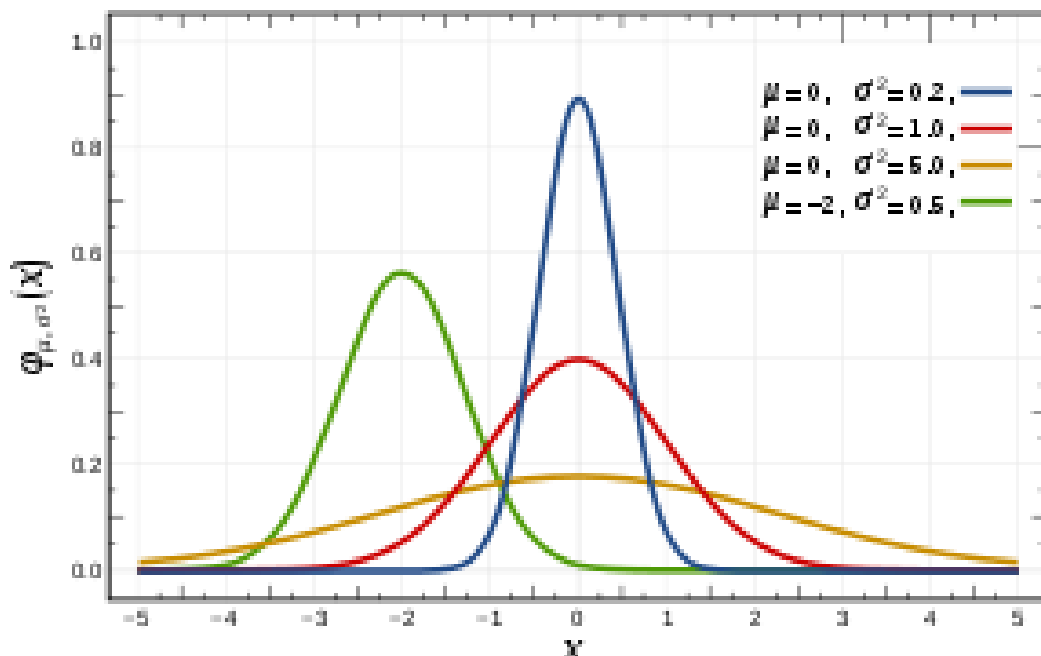
$$a_k \text{ tal que } \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{kj} = \max_{1 \leq i \leq m} \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{ij}$$

Ações	Níveis da Concorrência		
	Fraca (e ₁)	Média (e ₂)	Forte (e ₃)
Outdoor (a ₁)	12	-6	24
Televisão (a ₂)	36	12	48
Jornais (a ₃)	-3	60	30

O CONCEITO DE VARIABILIDADE

A variabilidade é um fenômeno que facilita ou dificulta a tomada de decisão? Em qual curva fica mais fácil de decidir, na azul ou na amarela?

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



CRITÉRIO DA MÉDIA VARIABILIDADE

Quando as estratégias são avaliadas apenas por suas médias, as respectivas variabilidades ficam descartadas, impossibilitando a observação da aleatoriedade das estratégias.

Para que isso não aconteça, cada estratégia deve ser caracterizada pela variabilidade dos resultados, além da média.

Essa variabilidade é medida pela diferença entre o melhor e o pior resultado. Pode-se então presumir que o melhor resultado é aquele que apresente **a média mais elevada combinada com a menor variabilidade**.

CRITÉRIO DA MÉDIA VARIABILIDADE

Ações	Níveis da Concorrência		
	Fraca (e_1)	Média (e_2)	Forte (e_3)
Outdoor (a_1)	12	-6	24
Televisão (a_2)	36	12	48
Jornais (a_3)	-3	60	30

CRITÉRIO DE SAVAGE (mínimo arrependimento)

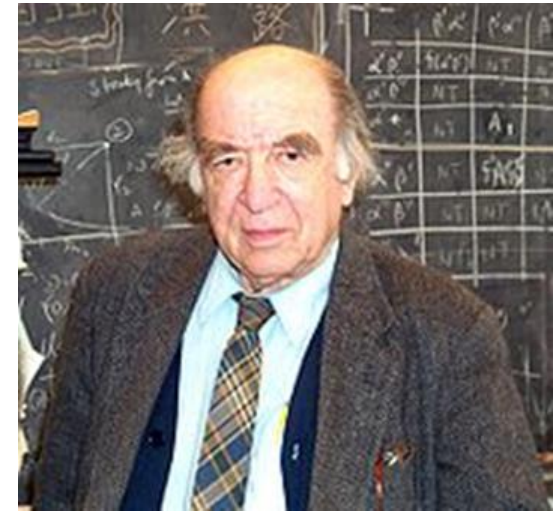
No critério do mínimo arrependimento, monta-se inicialmente a matriz de arrependimentos e, em seguida, para cada alternativa, escolhe-se o pior dos arrependimentos. Como último passo, decide-se pela alternativa com o “menos ruim” dos arrependimentos, aplica-se à matriz de arrependimentos o critério Minimax.

$$a_k \text{ tal que } \rho_k = \min_{1 \leq i \leq m} \rho_i = \min_{1 \leq i \leq m} \max_{1 \leq j \leq n} r_{ij}$$

Ações	Níveis da Concorrência		
	Fraca (e ₁)	Média (e ₂)	Forte (e ₃)
Outdoor (a ₁)	12	-6	24
Televisão (a ₂)	36	12	48
Jornais (a ₃)	-3	60	30

CRITÉRIO DE HURWICZ

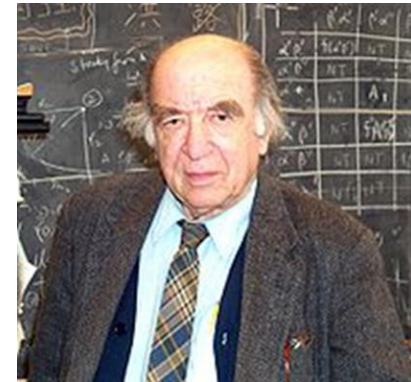
O critério de Hurwicz é também chamado de critério do realismo ou critério da média ponderada. Consiste em adotar um compromisso entre uma visão pessimista e uma visão otimista da realidade. **O tomador de decisão seleciona um coeficiente de realismo α variando entre 0 e 1.** Quanto maior for o valor escolhido de α , mais otimista o tomador de decisão está em relação ao futuro. Valores de α próximos de 0 indicam uma postura basicamente pessimista. Após a adoção de α , escolhe-se, para cada alternativa, o melhor e o pior resultado, computando a média ponderada.



Leonid Hurwicz
(1917 – 2008)

CRITÉRIO DE HURWICZ

$$a_k \text{ tal que } T(a_k) = \alpha s_k + (1-\alpha) o_k = \max_{1 \leq i \leq m} \{ \alpha s_i + (1-\alpha) o_i \}$$



Ações	Níveis da Concorrência		
	Fraca (e_1)	Média (e_2)	Forte (e_3)
Outdoor (a_1)	12	-6	24
Televisão (a_2)	36	12	48
Jornais (a_3)	-3	60	30

PAYOFF MATRIX

www.payoffmatrix.com.br



Comandante Marcos Santos, Prof. Dr.

PAYOFF MATRIX

www.payoffmatrix.com.br

Payoff Matrix - Tomada de Decisão sob Incerteza

Adicionar Estado da natureza

Remover Estado da natureza

Adicionar alternativa

Remover alternativa

Insira o coeficiente



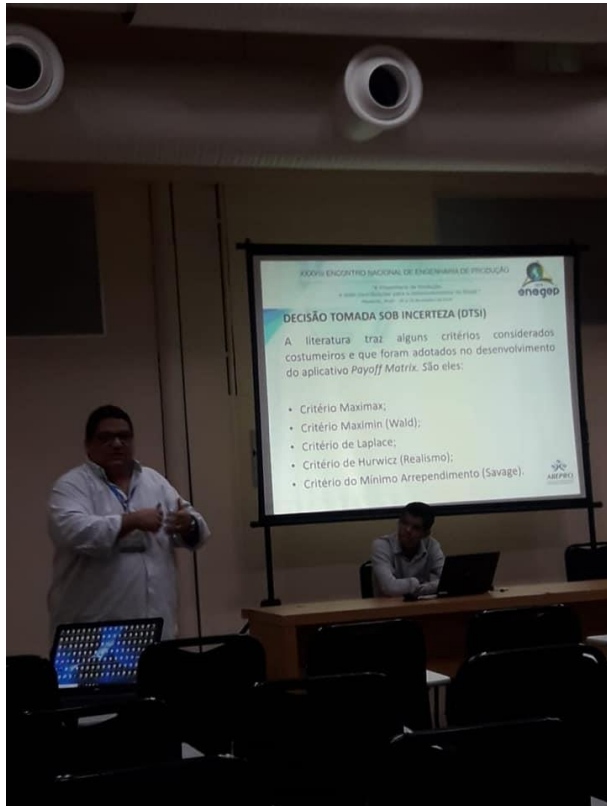
#	<input checked="" type="checkbox"/> Estado da natureza 1	<input checked="" type="checkbox"/> Estado da natureza 2	<input checked="" type="checkbox"/> Estado da natureza 3	<input checked="" type="checkbox"/> Estado da natureza 4	<input checked="" type="checkbox"/> Estado da natureza 5
<input checked="" type="checkbox"/> Alternativa 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Alternativa 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Alternativa 3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Alternativa 4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Gerar

Comandante Marcos Santos, Prof. Dr.

PAYOFF MATRIX

www.payoffmatrix.com.br



Comandante Marcos Santos, Prof. Dr.

PAYOFF MATRIX

www.payoffmatrix.com.br



1.  Brazil
2.  United States
3.  China
4.  Spain
5.  Portugal
6.  Philippines
7.  Germany
8.  France
9.  India
10.  United Kingdom
11.  Ireland
12.  Israel
13.  Japan
14.  Mozambique
15.  Netherlands
16.  Togo

EXERCÍCIO

www.payoffmatrix.com.br

Qual é a melhor estratégia, considerando um coeficiente de realismo igual a 0,75?

	Economia Crescente	Economia Estável	Economia Decrescente
Investimento Conservador	\$30.000,00	\$5.000,00	\$-10.000,00
Investimento Especulativo	\$40.000,00	\$10.000,00	\$-30.000,00
Investimento Cíclico	\$-10.000,00	\$0,00	\$15.000,00

EXERCÍCIO

www.payoffmatrix.com.br

Método Maximax

#	Economia crescente	Economia estável	Economia em recessão	Resultado
Investimento conservador	30000	5000	-10000	30000
Investimento especulativo	40000	10000	-15000	40000
Investimento cíclico	-10000	0	30000	30000

EXERCÍCIO

www.payoffmatrix.com.br

Método Maximin

#	Economia crescente	Economia estável	Economia em recessão	Resultado
Investimento conservador	30000	5000	-10000	-10000
Investimento especulativo	40000	10000	-15000	-15000
Investimento cíclico	-10000	0	30000	-10000

EXERCÍCIO

www.payoffmatrix.com.br

Método de Laplace

#	Economia crescente	Economia estável	Economia em recessão	Resultado
Investimento conservador	30000	5000	-10000	8,333.33
Investimento especulativo	40000	10000	-15000	11,666.67
Investimento cíclico	-10000	0	30000	6,666.67

EXERCÍCIO

www.payoffmatrix.com.br

Critério da Média Variabilidade

#	Economia crescente	Economia estável	Economia em recessão	Média	Variabilidade	Média / Variabilidade
Investimento conservador	30000	5000	-10000	8,333.33	40000	0.20833
Investimento especulativo	40000	10000	-15000	11,666.67	55000	0.21212
Investimento cíclico	-10000	0	30000	6,666.67	40000	0.16667

EXERCÍCIO

www.payoffmatrix.com.br

Método de Hurwicz - Coeficiente de Realismo 0,75

#	Economia crescente	Economia estável	Economia em recessão	Resultado
Investimento conservador	30000	5000	-10000	20000
Investimento especulativo	40000	10000	-15000	26250
Investimento cíclico	-10000	0	30000	20000

EXERCÍCIO

www.payoffmatrix.com.br

Método do Mínimo Arrependimento

#	Economia crescente	Economia estável	Economia em recessão	Resultado
Investimento conservador	10000	5000	40000	40000
Investimento especulativo	0	0	45000	45000
Investimento cíclico	50000	10000	0	50000

EXERCÍCIO

www.payoffmatrix.com.br

Métodos

Métodos	Melhor alternativa (dentro de cada método)
Maximax	Investimento especulativo
Maximin	Investimento conservador, Investimento cíclico
Laplace	Investimento especulativo
Média variabilidade	Investimento especulativo
Hurwicz	Investimento especulativo
Mínimo Arrependimento	Investimento conservador

Melhor alternativa

Investimento especulativo

REVISÃO

Introdução;
Decisões sob Incerteza;
Matriz de Decisão;
Estados da Natureza;
Critério Maximax;
Critério Maximin (Wald);
Critério de Laplace;
Critério da Média Variabilidade;
Critério de Savage (mínimo arrependimento);
Critério de Hurwicz;
Exercício;
Sistema Payoff Matrix; e
Considerações finais.





Prof. Dr. Marcos Santos



+55 (021) 99813-6603



marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br