

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE APOIO À DECISÃO (AHP), PARA CLASSIFICAÇÃO DE PROPOSTAS TÉCNICAS, VISANDO FUNDAMENTAR ÀS DECISÕES NAS NEGOCIAÇÕES COMERCIAIS¹

João Eduardo Baptista Zeghir²

Resumo

A Companhia Siderúrgica Nacional adotou, como estratégia, a contratação de serviços terceirizados para a execução das técnicas de Manutenção Preditiva, tais como: Análises de Lubrificantes, Termografia, Ultra-som e Análise de Vibração. Nas últimas contratações dos serviços de Análise de Vibração, Termografia e Ultra-som, a Equipe de Manutenção Preditiva vem adotando uma sistematização no processo de análise das propostas técnicas, fornecendo para a Área Comercial informações criteriosas com a classificação das melhores propostas técnicas, visando a qualidade do apoio à tomada de decisão. Com isso, a CSN obtêm uma grande vantagem, contratando os serviços das melhores propostas técnicas com o menor custo. Essa sistematização consiste na utilização do método de apoio multicritério à decisão chamado AHP (Analytic Hierarchy Process), desenvolvido pelo professor Thomas L. Saaty da Universidade de Pittsburgh (EUA). O método AHP é dividido em duas etapas: estruturação hierárquica do problema de decisão e modelagem do método propriamente dito, com os julgamentos comparativos e a síntese das prioridades. Com a utilização desse método e, conseqüentemente, a contratação dos melhores proponentes dos serviços de Análise de Vibração, Termografia e Ultra-som, a CSN economizou, em três anos, mais de dez milhões de reais, por meio da detecção de falhas que poderiam causar quebras catastróficas e grandes paradas de produção, como: quebras das engrenagens das caixas redutoras de grande porte do LTQ#2 e mais de dois mil e setenta e seis pontos quentes e de altas frequências em equipamentos elétricos.

Palavras-chave: Análise; Tomada de decisão; Método multicritério.

USE OF MULTICRITERIAL METHOD (AHP) FOR ELABORATION OF THE CLASSIFICATION OF TECHNICAL PROPOSALS, AIMING TO SUPPORT THE DECISIONS IN THE COMMERCIAL NEGOTIATIONS

Abstract

Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) adopted, as a strategy, the contracting of outsource to implement the techniques of Maintenance Predictive, such as, analyses of lubricants, thermography, ultrasound and analysis of vibration. In recent hiring of the services of analysis of vibration, thermography and ultrasound, the team of Maintenance Predictive has been adopting a systematization in the process of analysis of the technical proposals, providing for the Commercial Area ,detailed informations with the classification of the best technical proposals, aiming at a quality of support for decision-making. With this, the CSN get a big advantage, hiring the services of the best technical proposals with the lowest cost. This systematization consists in the use of the method of multicriteria decision called AHP (Analytic Hierarchy Process), developed by Professor Thomas L. Saaty from The University of Pittsburgh (USA). The method AHP is divided in two stages: hierarchical structuring of the decision problem and modeling of the method itself, with the comparative judgements and the synthesis of priorities. With the use of this method and consequently the contracting of the best proponents of services for the analysis of vibration, thermography and ultrasound, in three years, the CSN saved more than ten million reais, through the detection of faults that could cause catastrophic breakings and big stops of production as to break the gears of big reducer boxes of the LTQ#2 and more than two thousand and seventy six hot spots and of high frequencies in electrical equipments.

Key words: Analysis; Decision-making; Multicriterial method.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Engenheiro Mecânico pela PUC – RJ, MBA - Estratégia Industrial e Gestão de Negócios pela UFF e M.Sc. em Logística pela PUC – RJ, Engenheiro Especialista da Usina Presidente Vargas – CSN, Volta Redonda – RJ, Brasil*

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário globalizado, competitivo e complexo, as empresas para sobreviverem dependem, fundamentalmente, de uma maior produtividade em relação aos seus concorrentes. Essa maior produtividade se obtém por meio do aumento das receitas e/ou redução dos custos.

Dentro desse cenário, a Manutenção Preditiva da CSN contribui para o aumento da produtividade da empresa, focada na produção de aço, com o desenvolvimento dos seus processos, dentre eles, a contratação das melhores empresas para execução das técnicas preditivas de classe mundial, com os melhores recursos humanos e tecnológicos, visando uma maior confiabilidade operacional dos equipamentos e, conseqüentemente, o aumento das receitas.

Além da redução dos custos de manutenção dos equipamentos, a Equipe de Manutenção Preditiva da CSN coordena a contratação de empresas terceirizadas que prestam serviços com os melhores custos-benefícios. Na contratação dessas empresas, a decisão de classificar as propostas é um processo onde a tomada de decisão é fundamental para a escolha das melhores propostas. Essa escolha pode significar a diferença entre o sucesso ou fracasso da Manutenção Preditiva na CSN, devido às complexidades de monitoramento dos equipamentos.

Para a redução do grau de incerteza nas contratações, a Equipe de Manutenção Preditiva da CSN vem utilizando nas análises das propostas técnicas, um algoritmo de apoio à decisão chamado Analytic Hierarchy Process (AHP), fornecendo para a Área Comercial uma classificação das melhores propostas técnicas e, conseqüentemente, priorizando a contratação das mesmas, nas análises e negociações da Área Comercial.

Com essa forma sistematizada de análise das propostas técnicas, a Equipe de Manutenção Preditiva quebra um antigo paradigma, onde a Área Técnica definia as propostas técnicas que atendiam ao Memorial Descritivo e a responsabilidade da contratação recaía sobre a Área Comercial. A Área Técnica participava de forma passiva da definição do processo de contratação, que na grande maioria das vezes, não se concretiza com a contratação do melhor proponente técnico.

2 METODOLOGIA

Consiste na utilização do método de apoio multicritério à decisão chamado AHP (Analytic Hierarchy Process – AHP), desenvolvido pelo professor Thomas L. Saaty da Universidade de Pittsburgh (EUA). O método AHP é dividido em duas etapas: estruturação hierárquica do problema de decisão e modelagem do método propriamente dito, com os julgamentos comparativos e a síntese das prioridades.

Gomes, Araya e Carignano⁽¹⁾ afirmaram que a existência de uma hierarquia de decisão é o ponto principal do Método AHP. É uma maneira conveniente de decompor em passos um problema complexo, na busca da explicação de causa e efeito, formando-se uma cadeia linear.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

No Método AHP, após a definição da estrutura hierárquica do problema de decisão, com os critérios adotados para avaliação das alternativas, cada critério deve ser comparado par a par, utilizando uma escala própria que varia de 1 até 9, sob o enfoque de nível imediatamente superior. Em 1980, Saaty propôs essa escala denominada “Escala Fundamental”.

Quadro 1. Escala Fundamental de Saaty (1980)⁽¹⁾

ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY (1980)		
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou o juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

O resultado dessa comparação par a par será uma matriz de decisão quadrada de preferências, objetivando a maximização do objetivo global, que motivou a utilização do método. Assim, na comparação par a par dos critérios, o decisor responderá às seguintes perguntas: qual dos dois critérios contribui mais para a maximização do elemento superior? Quantas vezes um critério contribui mais que outro? As comparações par a par são realizadas em todos os níveis hierárquicos.

O próximo passo será a comparação par a par das alternativas em relação a cada critério do nível imediatamente superior, utilizando a Escala Fundamental, construindo, assim, as matrizes dominantes, onde uma alternativa é considerada superior a outra em relação ao critério analisado, se ela domina a outra alternativa em um número de fatores maior que o número de fatores nos quais a outra alternativa a domina.

Dessa forma, os pesos atribuídos aos critérios e as alternativas são determinados para obtenção dos valores finais de cada alternativa, por meio do produto de matrizes, visando a classificação das mesmas.

Gomes, Araya e Carignano⁽¹⁾ afirmaram que os elementos fundamentais do método AHP são:

- **Atributos e Propriedades** – um conjunto finito de alternativas é comparado em função de um conjunto finito de propriedades.
- **Correlação Binária** – ao serem comparados dois elementos baseados em uma determinada propriedade, realiza-se uma comparação binária, na qual um elemento pode ser preferível ou indiferente a outro.
- **Escala Fundamental** – a cada elemento associa-se um valor de prioridade sobre os outros elementos, que será lido em uma escala numérica de números positivos e reais.
- **Hierarquia** – um conjunto de elementos ordenados por ordem de preferência e homogêneos em seus respectivos níveis hierárquicos.

4 RESULTADOS

O primeiro passo para utilização do algoritmo de apoio a decisão AHP é a definição do Objetivo Global que, para o caso em questão, foi definido como: “Melhores Propostas Técnicas”, apresentadas pelos prestadores de serviço de Análise de Vibração”.

Para o julgamento das melhores propostas técnicas foram definidos os seguintes critérios:

- 1) **Know How** – Conjuntos de conhecimentos e tecnologias do proponente;
- 2) **Softwares** – Recursos dos softwares de Análise de Vibração e controles propostos;
- 3) **Multicanal** – Recursos do instrumento de multicanal;
- 4) **Estrutura** – Recursos organizacionais de apoio ao contrato;
- 5) **Utilização de Recursos Extra Escopo** – Inclusão na proposta de recursos que não foram citados no Memorial Descritivo;
- 6) **Transferência de Tecnologia** – Propostas de treinamento e repasse de tecnologia por meio de parcerias.

Após a definição dos critérios, foi configurada a estrutura para o problema de decisão, representada na Figura 1.

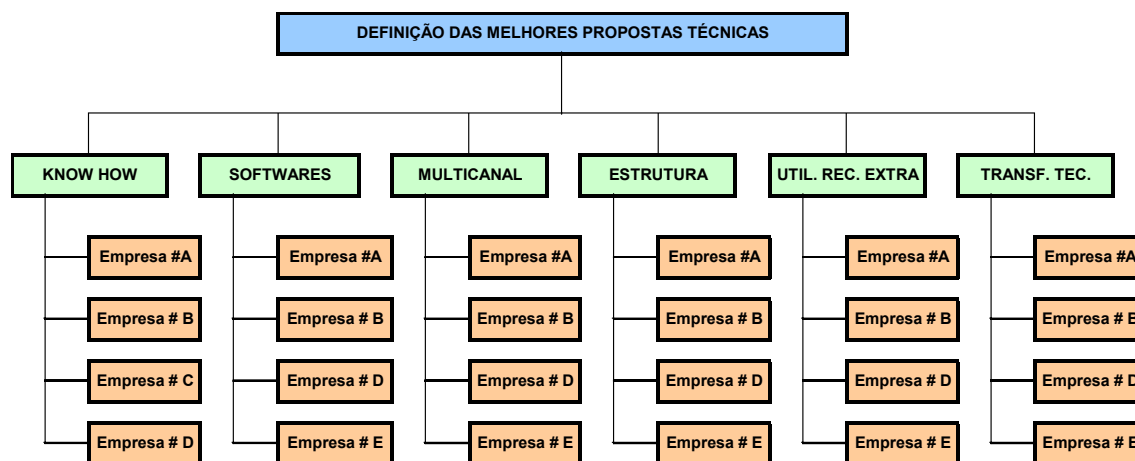


Figura 1. Estrutura do Problema de Decisão.

O próximo passo foi o julgamento comparativo entre critérios, onde foi utilizada a Escala Fundamental de Saaty e o julgamento par a par dos critérios, visando a definição do grau de importância dos mesmos sobre o Objetivo Global.

Após a elaboração da Matriz de Comparação dos Critérios (Tabela 2), foi realizada a normalização da mesma (Tabela 3).

Tabela 2. Matriz de Comparação dos Critérios.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS CRITÉRIOS						
	KNOW HOW	SOFTWARES	MULTICANAL	ESTRUTURA	UTILIZAÇÃO DE RECURSOS EXTRA ESCOPO	TRANSFÊRENCIA DE TECNOLOGIA
KNOW HOW	1	3	5	5	5	5
SOFTWARE	1/3	1	5	3	7	5
MULTICANAL	1/5	1/5	1	3	5	5
ESTRUTURA	1/5	1/3	1/3	1	5	5
UTILIZAÇÃO DE RECURSOS EXTRA ESCOPO	1/5	1/7	1/5	1/5	1	1/7
TRANSFÊRENCIA DE TECNOLOGIA	1/5	1/5	1/5	1/5	7	1

Tabela 3. Matriz Normalizada de Comparação dos Critérios.

MATRIZ NORMALIZADA DOS CRITÉRIOS						
	KNOW HOW	SOFTWARES	MULTICANAL	ESTRUTURA	UTILIZAÇÃO DE RECURSOS EXTRA ESCOPO	TRANSFÊRENCIA DE TECNOLOGIA
KNOW HOW	15/32	315/512	75/176	25/62	1/6	35/148
SOFTWARE	5/32	105/512	75/176	15/62	7/30	35/148
MULTICANAL	3/32	21/512	15/176	15/62	1/6	35/148
ESTRUTURA	3/32	35/512	5/176	5/62	1/6	35/148
UTILIZAÇÃO DE RECURSOS EXTRA ESCOPO	3/32	15/512	3/176	1/62	1/30	1/148
TRANSFÊRENCIA DE TECNOLOGIA	3/32	21/512	3/176	1/62	7/30	7/148

Depois de calcular a Matriz Normalizada dos Critérios, foi calculado o vetor prioridade de cada critério, ou seja, o grau de importância de cada critério em relação ao Objetivo Global, por meio da seguinte fórmula:

$$\bar{w}(C_i) = \sum_{j=1}^m \bar{w}_i(C_j) / m \quad j = 1, \dots, m$$

Onde: $w(C_i)$ = vetor prioridade de cada critério
 \bar{m} = número de critérios de um mesmo nível

Tabela 4. Vetores Prioridades com seus respectivos Graus de Importância.

VETORES DE PRIORIDADES									
Critério #1	0,46875	0,61523	0,42614	0,40323	0,16667	0,23810	2,31811	6,00000	0,38635
Critério #2	0,15625	0,20508	0,42614	0,24194	0,23333	0,23649	1,49922	6,00000	0,24987
Critério #3	0,09375	0,04102	0,08523	0,24194	0,16667	0,23649	0,86508	6,00000	0,14418
Critério #4	0,09375	0,06836	0,02841	0,08065	0,16667	0,23649	0,67432	6,00000	0,11239
Critério #5	0,09375	0,02930	0,01705	0,01613	0,03333	0,00676	0,19631	6,00000	0,03272
Critério #6	0,09375	0,04102	0,01705	0,01613	0,23333	0,04730	0,44857	6,00000	0,07476
Total:									1,00027

CRITÉRIOS	GRAU	
Critério #1	Know How	0,38635
Critério #2	Software	0,24987
Critério #3	Multicanal	0,14418
Critério #4	Estrutura	0,11239
Critério #6	Transferência de Tecnologia	0,07476
Critério #5	Utilização de Recursos Extra Escopo	0,03272



Figura 2. Classificação dos Critérios pelo Grau de Importância.

Depois de definida a estrutura hierárquica e o grau de importância dos critérios em relação ao Objetivo Global, o próximo passo foi preencher as matrizes dominantes, nas quais são comparadas, par a par, as alternativas (proponentes), em relação a cada critério, utilizando a Escala Fundamental de Saaty, e foram obtidas as matrizes apresentadas a seguir.

Tabela 5. Matriz Dominante do Critério Know How.

Matriz de Comparação das Alternativas Segundo o Know How				
	Empresa # A	Empresa # B	Empresa # C	Empresa # D
Empresa # A	1	4	5	3
Empresa # B	1/4	1	2	1/3
Empresa # C	1/5	1/2	1	1/4
Empresa # D	1/3	3	1/4	1

Tabela 6. Matriz Dominante do Critério Softwares.

Matriz de Comparação das Alternativas Segundo os Softwares				
	Empresa # A	Empresa # B	Empresa # C	Empresa # D
Empresa # A	1	2	3	3
Empresa # B	1/2	1	3	3
Empresa # C	1/3	1/3	1	1/2
Empresa # D	1/3	1/3	2	1

Tabela 7. Matriz Dominante do Critério Multicanal.

Matriz de Comparação das Alternativas Segundo o Multicanal				
	Empresa # A	Empresa # B	Empresa # C	Empresa # D
Empresa # A	1	3	1/3	2
Empresa # B	1/3	1	1/5	1/3
Empresa # C	3	5	1	3
Empresa # D	1/2	3	1/3	1

Tabela 8. Matriz Dominante do Critério Estrutura.

Matriz de Comparação das Alternativas Segundo a Estrutura				
	Empresa # A	Empresa # B	Empresa # C	Empresa # D
Empresa # A	1	5	5	7
Empresa # B	1/5	1	2	3
Empresa # C	1/5	1/2	1	3
Empresa # D	1/7	1/3	1/3	1

Tabela 9. Matriz Dominante do Critério Utilização de Recursos Extras.

Matriz de Comparação das Alternativas Segundo a Utilização de Recursos Extras				
	Empresa # A	Empresa # B	Empresa # C	Empresa # D
Empresa # A	1	3	3	5
Empresa # B	1/3	1	2	3
Empresa # C	1/3	1/2	1	3
Empresa # D	1/5	1/3	1/3	1

Tabela 10. Matriz Dominante do Critério Transferência de Tecnologia.

Matriz de Comparação das Alternativas Segundo a Transferência de Tecnologia				
	Empresa # A	Empresa # B	Empresa # C	Empresa # D
Empresa # A	1	4	5	3
Empresa # B	1/4	1	2	1/3
Empresa # C	1/5	1/2	1	1/4
Empresa # D	1/3	3	4	1

Os vetores de prioridades das alternativas, segundo cada critério, foram calculados normalizando os valores numéricos das atribuições verbais dadas pelo decisor a cada comparação de alternativas. Tais resultados são normalizados pela expressão:

$$\sum_{i=1}^n \bar{v}_i (A_j) = 1$$

Onde:

$\bar{v}_i (A_j)$, $j = 1, \dots, n$ – Valor de impacto da alternativa j em relação à alternativa i ;

n – Número de alternativas

Cada parte desse somatório consiste em:

$$\bar{v}_i (A_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad j = 1, \dots, n$$

A expressão utilizada para calcular o vetor prioridade da alternativa i em relação ao critério CK foi:

$$\bar{v}_k(A_i) = \sum_{j=1}^n \bar{v}_i(A_j)/n \quad i = 1, \dots, n$$

Após a utilização das expressões descritas acima, foram determinados os vetores prioridades das alternativas (proponentes), em relação aos seis critérios adotados. Como exemplo do modelo adotado, será mostrado somente o do critério Know How. Os demais valores serão apresentados na forma hierárquica do problema (Figura 3).

Tabela 11. Vetores Prioridades das Alternativas, segundo o Critério Know How.

PRIORIDADES DAS ALTERNATIVAS SEGUNDO O CRITÉRIO KNOW HOW							PESOS
Empresa # A	0,56075	0,47059	0,60606	0,65455	2,29194	4,00000	0,57299
Empresa # B	0,14019	0,11765	0,24242	0,07273	0,57299	4,00000	0,14325
Empresa # C	0,11215	0,05882	0,12121	0,05455	0,34673	4,00000	0,08668
Empresa # D	0,18692	0,35294	0,03030	0,21818	0,78834	4,00000	0,19709
Total:							1,00000

Tabela 12. Classificação das Alternativas, segundo o Critério Know How.

	ORDEM DAS ALTERNATIVAS	PESOS
1º	Empresa # A	0,57299
2º	Empresa # D	0,19709
3º	Empresa # B	0,14325
4º	Empresa # C	0,08668

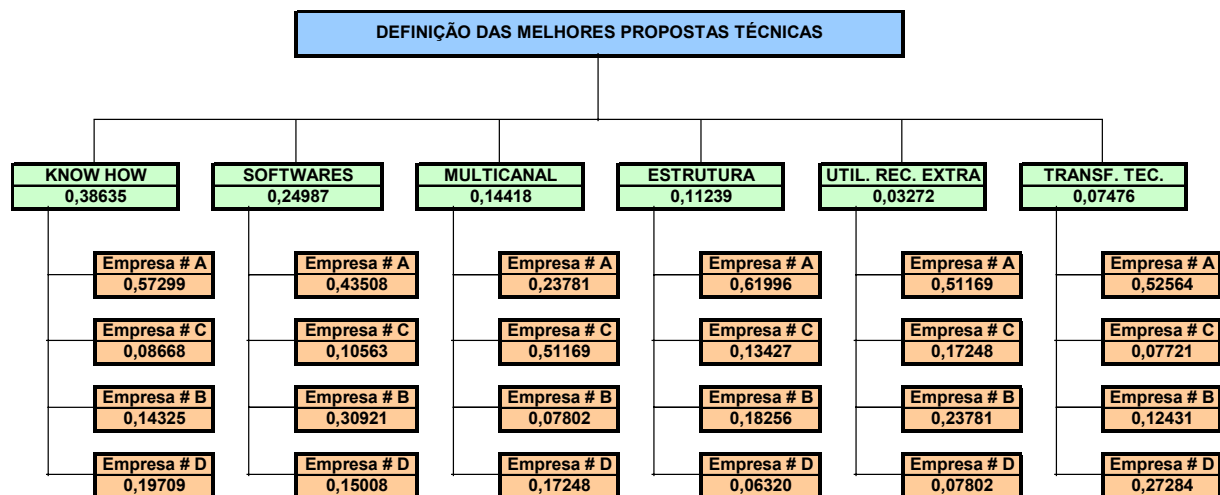


Figura 3. Estrutura do Problema de Decisão com os Valores dos Critérios e das Alternativas .

Finalmente, foram obtidos os valores finais de cada alternativa, utilizando a fórmula da função aditiva, na qual se multiplicou todos os pesos obtidos em cada passo dos critérios e das alternativas em relação a cada critério.

O resultado final será a classificação das melhores propostas técnicas pelo valor final de cada alternativa (proponente).

Função Aditiva

$$\overline{f(A_j)} = \sum_{i=1}^m \overline{w(C_i)} \times v_i(A_j), \quad j = 1, \dots, n$$

n = número de alternativas

m = número de critérios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Emp. # A	0,572990	0,435080	0,237810	0,619960	0,511690	0,525640	X
Emp. # C	0,086680	0,105630	0,511690	0,134270	0,172480	0,077210	
Emp. # B	0,143250	0,309210	0,078020	0,182560	0,237810	0,124310	
Emp. # D	0,197090	0,150080	0,172480	0,063200	0,078020	0,272840	
Cm - Critérios							0,38635 0,24987 0,14418 0,11239 0,03272 0,07476

Figura 4 Representação do Produto das Matrizes dos Valores das Alternativas e dos Critérios.

CLASSIFICAÇÃO DAS MELHORES PROPOSTAS TÉCNICAS

Ranking	Empresas	Pontos
1ª	Emp. # A	0,490092
2ª	Emp. # B	0,181448
3ª	Emp. # D	0,168568
4ª	Emp. # C	0,160164
SOMATÓRIO =		1,000272



Figura 5. Classificação das Alternativas.

5 CONCLUSÃO

Embora o conhecimento de métodos multicritérios, para o apoio à tomada de decisões complexas, ainda estar relativamente restrito ao meio acadêmico, principalmente na área de Pesquisa Operacional, sua aplicação agregou um valor substancial para a Área Comercial da CSN, uma vez que proporcionou, ao processo de tomada de decisão, uma fundamentação e sistematização na definição das melhores propostas técnicas e, conseqüentemente, nas contratações ocorridas no ano de 2004 dos melhores proponentes nas técnicas Preditivas de Termografia, Ultra-som e Análise de Vibração. O mesmo ocorreu no ano de 2007 para a contratação de empresa de Análise de Vibração. Faz-se importante considerar, a dificuldade para a realização desse trabalho, pois não foi utilizado nenhum software específico disponível no mercado.

Com a parceria das empresas contratadas, a CSN economizou mais de dez milhões de reais, por meio da detecção de falhas que poderiam causar acidentes, agressões ao Meio Ambiente, quebras catastróficas, como quebras das engrenagens das caixas redutoras de grande porte com grandes paradas, além de detectar mais de dois mil e setenta e seis pontos quentes e de altas frequências em equipamentos elétricos nas áreas da Laminação da Usina Presidente Vargas (UPV) - Volta Redonda.

REFERÊNCIA

- 1 GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de Decisões em Cenários Complexos. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BIBLIOGRAFIA

- 1 GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Ele ajuda a decidir. Revista Exame – 22/04/2003.
- 2 GOMES, L. F. A. M.; MOREIRA, A. M. M. Da Informação à Tomada de Decisão: Agregando Valor, através dos Métodos Multicritérios. RECITEC. v. 2, n. 2, p117-139 – Recife, 1998.