

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELAGEM DE DECISÃO NA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTO: UM ESTUDO
USANDO O PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO NA CONTRATAÇÃO DE
SONDAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO**

por

DIOGO NASCIMENTO BARROS
ENGENHEIRO DE COMPUTAÇÃO, 2004, UFRN

TESE SUBMETIDA AO PROGRAMA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE

MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DEZEMBRO, 2008

© 2008 DIOGO NASCIMENTO BARROS.
TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.

O autor, aqui designado, concede ao Programa de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte permissão para reproduzir, distribuir, comunicar ao público, em papel ou meio eletrônico, esta obra, no todo ou em parte, nos termos da Lei.

Assinatura do Autor: _____

APROVADO POR:

Prof Miguel Eduardo Moreno Añez, D.Sc. – Presidente

Prof. Sérgio Marques Júnior, Dr. – Membro Examinador

Prof. Renato Samuel Barbosa de Araújo, Dr. – Membro Examinador Externo

Divisão de Serviços Técnicos
Catalogação da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Barros, Diogo Nascimento.

Modelagem de decisão na seleção de equipamento: um estudo usando o processo analítico hierárquico na contratação de sondas de perfuração de poços de petróleo / Diogo Nascimento Barros. – Natal, RN, 2009.
64 f.

Orientador: Miguel Eduardo Moreno Añez.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

1. Análise de decisão – Dissertação. 2. Decisão multicritério – Dissertação. 3. Petróleo – Dissertação. I. Añez, Miguel Eduardo Moreno. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 65.012.123(043.3)

SOBRE O AUTOR

Diogo Nascimento Barros é engenheiro de computação, graduado em 2004 pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Atualmente é aluno do mestrado em Ciências da Engenharia de Produção pelo Programa de Engenharia de Produção — PEP/UFRN e do curso de especialização em Gestão e Engenharia de Petróleo e Gás, pela Universidade Federal Fluminense.

Na iniciativa privada, atuou como sócio administrador, nos períodos de novembro de 2002 a novembro de 2004 e Junho de 2007 até agora, exercendo o cargo de gerente de TI, desenvolvendo e coordenando projetos de desenvolvimento implantação de software. Trabalhou durante um ano e quatro meses no Centro de Tecnologia do Gás - CTGás, ocupando o cargo de pesquisador no laboratório de calibração de medidores de vazão de gás. Atualmente é engenheiro na empresa Strack Consultoria e engenharia LTDA.

Como Pesquisador do Laboratório de Medição de Vazão de Gás no CTGás atuou no desenvolvimento de sistemas Supervisório, de gerenciamento e automação para laboratório de medição de vazão de gás. Calibração de medidores de vazão de gás natural, estudos de metrologia aplicada a instrumentos de medição de pressão, temperatura e vazão de gás natural, desenvolvimento de Procedimentos Operacionais para calibração, transporte e armazenamento de medidores de Vazão. Elaboração de planilhas para cálculo de incerteza de calibração. Instalação e configuração de equipamentos foundation fieldbus, Hart e modbus (RTU).

Atualmente na empresa Strack Consultoria e Engenharia, Diogo Barros é o responsável pela coordenação e inspeção de Estações de Medição como a EMED de Pescada no pólo de guararé (Bacia Potiguar). Atuando também no desenvolvimento de Procedimentos Operacionais, planilhas de cálculo de incerteza, desenvolvimento e gerenciamento de projetos de automação, instrumentação, sistemas supervisórios e certificação de trechos retos para medição fiscal. Atua também como engenheiro de medição e aplicação em projetos e auditorias em sistemas de medição onshore e offshore para diversas empresas como a Sonangol (Sociedade Nacional de Combustíveis Angola) e seus parceiros (Exxon, BP, Chevron e Total) em Angola, ODS e SBM em Dubai e outras empresas no Brasil (como Saipem, Elpaso e Petrobrás), comissionamento e desenvolvimento de projetos de sistemas de medição de petróleo, Gás e derivados.

DEDICATÓRIA

Esse trabalho é dedicado à brilhante civilização dos povos fictícios da Babilônia, que durante o seu delusório auge cultural e tecnológico, inspirou e contribuiu de forma quimérica com o florescer científico e tecnológico da humanidade.

AGRADECIMENTOS

*À todos que estiveram e estão presentes em todas as etapas da minha vida,
dando suporte, ensinando, orientando, demonstrando carinho e apoio, perturbando,
atrapalhando, curtindo, enfim, fazendo parte dela.*

Resumo da Tese apresentada à UFRN/PEP como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.

MODELAGEM DE DECISÃO NA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTO: UM ESTUDO USANDO O PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO NA CONTRATAÇÃO DE SONDAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO

DIOGO NASCIMENTO BARROS

Dezembro, 2008

Orientador: Prof. Rubens Eugênio Barreto Ramos, D.Sc.

Curso: Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção

O trabalho em questão se propõe a desenvolver um modelo de auxílio à tomada de decisão para ser utilizado na escolha de sondas de perfuração de poços de petróleo e Gás natural a serem contratadas. O modelo deve permitir a utilização de múltiplos critérios para avaliação das alternativas, suprimindo assim uma deficiência existente na maioria dos processos atuais, que se baseiam principalmente no custo da contratação para selecionar uma alternativa. A escolha da metodologia AHP para o desenvolvimento do modelo se deu pelo fato de ser de grande disseminação não só no meio acadêmico, mas utilizado em diversas áreas, ser de fácil aplicação e grande flexibilidade e suprir todos os requisitos necessários para a concretização da proposta. O desenvolvimento do modelo se deu por meio de entrevistas e aplicação de questionários com um especialista na área, que também atuou como decisor no processo. O modelo proposto é constituído de seis critérios, sendo eles: custo, mobilidade, automatização, suporte técnico, velocidade de conclusão do serviço e disponibilidade para começar a operar, sendo escolhidas três alternativas de sondas de perfuração como possíveis soluções para o problema. Os resultados da aplicação do modelo sugerem que a aplicação da metodologia AHP para esse tipo de problema é viável, e possibilita uma simplificação do processo decisório, permitindo ampliar o conhecimento dos envolvidos no processo decisório a respeito do problema e das alternativas em questão.

Abstract of Master Thesis presented to UFRN/PEP as fulfillment of requirements to the degree of Master of Science in Industrial Engineering

A DECISION AID MODEL FOR EQUIPEMENT SELECTION: A STUDY USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS FOR OIL DRILLING RIGS SELECTION

DIOGO NASCIMENTO BARROS

December, 2008

Thesis Supervisor: Professor Rubens Eugênio Barreto Ramos

Program: Master of Sciences in Industrial Engineering

The main goal of this dissertation is to develop a Multi Criteria Decision Aid Model to be used in Oils and Gas perforation rigs contracts choices. The developed model should permit the utilization of multiples criterions, covering problems that exist with models that mainly use the price of the contracts as its decision criterion. The AHP has been chosen because its large utilization, not only academic, but in many other areas, its simplicity of use and flexibility, and also fill all the requirements necessary to complete the task. The development of the model was conducted by interviews and surveys with one specialist in this specific area, who also acts as the main actor on the decision process. The final model consists in six criterions: Costs, mobility, automation, technical support, how fast the service could be concluded and availability to start the operations. Three rigs were chosen as possible solutions for the problem. The results reached by the utilizations of the model suggests that the utilization of AHP as a decision support system in this kind of situation is possible, allowing a simplifications of the problem, and also it's a useful tool to improve every one involved on the process's knowledge about the problem subject, and its possible solutions.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
<i>O problema da contratação de sondas de perfuração</i>	1
OBJETIVO.....	3
RELEVÂNCIA.....	3
ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO.....	3
REVISÃO TEÓRICA.....	5
PROCESSO DECISÓRIO.....	5
ANÁLISE DE DECISÃO	10
METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO	13
<i>Métodos multicritério</i>	14
<i>Modelagem de sistemas multicritério de auxílio à tomada de decisão</i>	14
AHP – ANALYTIC HIERARCHY PROCESS	16
<i>Estruturação da hierárquica (decomposição do problema)</i>	17
<i>Julgamentos comparativos</i>	20
<i>Síntese das prioridades</i>	23
<i>Principais vantagens da metodologia AHP</i>	24
<i>Principais desvantagens da metodologia AHP</i>	25
<i>Fluxograma de aplicação da metodologia AHP</i>	26
A CONTRATAÇÃO DE SONDAS DE PERFURAÇÃO	26
METODOLOGIA DA PESQUISA	28
METODOLOGIA DA PESQUISA	28
METODOLOGIA CIENTÍFICA.....	29
ETAPAS DA PESQUISA	29
ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA.....	31
ELABORAÇÃO DA FERRAMENTA DE MODELAGEM	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA DE DECISÃO	35
<i>Definição dos Critérios</i>	35
<i>Hierarquia</i>	37
ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DOS JULGAMENTOS.....	38
PESOS RELATIVOS ENTRE OS CRITÉRIOS	39
AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS.....	40
<i>Custo</i>	41
<i>Mobilidade</i>	42
<i>Automatização</i>	43

<i>Suporte Técnico</i>	44
<i>Velocidade de conclusão do serviço</i>	45
<i>Disponibilidade para começar a operar</i>	46
<i>Escore global das alternativas</i>	47
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	48
<i>Varição do critério Custo</i>	48
<i>Varição do critério Mobilidade</i>	49
<i>Varição do critério Automatização</i>	50
<i>Varição do critério Suporte Técnico</i>	51
<i>Varição do critério Velocidade de conclusão do serviço</i>	52
<i>Varição do critério Disponibilidade para começar a operar</i>	53
<i>Resultado geral da análise de sensibilidade</i>	53
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	55
PRINCIPAIS RESULTADOS DA PESQUISA.....	55
IMPLICAÇÕES TEÓRICAS.....	56
IMPLICAÇÕES GERENCIAIS.....	57
APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	57
LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	57
DIREÇÕES DA PESQUISA.....	57
CONCLUSÕES.....	58
RECOMENDAÇÕES.....	58
REFERÊNCIAS	59
ANEXOS	61
ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO DA PESQUISA.....	62
ANEXO 2 – EXEMPLO DA MATRIZ DE JULGAMENTOS COMPARATIVOS.....	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1: NÚMERO DE CONTRATAÇÕES DE SONDAS DE PERFURAÇÃO TERRESTRE	2
TABELA 2.1: ESCALA PROPOSTA POR SAATY PARA ESTABELECEER A IMPORTÂNCIA RELATIVA	22
TABELA 2.2: ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA RANDÔMICO OBTIDO ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS	24
TABELA 3.1: REQUISITOS MÍNIMOS PARA CONTRATAÇÃO DE SONDA DE PERFURAÇÃO.....	31
TABELA 3.2: ESPECIFICAÇÕES DAS ALTERNATIVAS A SEREM AVALIADAS.....	32
TABELA 4.1: RESULTADO DA ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA	38
TABELA 4.2: PESO RELATIVO DOS CRITÉRIOS	39
TABELA 4.3: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO CUSTO	41
TABELA 4.4: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO MOBILIDADE.....	42
TABELA 4.5: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO AUTOMATIZAÇÃO	43
TABELA 4.6: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO SUPORTE TÉCNICO	44
TABELA 4.7: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO VELOCIDADE DE CONCLUSÃO DO SERVIÇO.....	45
TABELA 4.8: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO DISPONIBILIDADE PARA COMEÇAR A OPERAR	46
TABELA 4.9: ESCORE GLOBAL DAS ALTERNATIVAS	47

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: SONDAS DE PERFURAÇÃO TERRESTRE.....	2
FIGURA 2.1: ESQUEMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO DECISÓRIO	8
FIGURA 2.2: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ESTRUTURA HIERÁRQUICA DO AHP ().....	20
FIGURA 2.3: ESTRUTURA DA MATRIZ QUADRADA DE RESULTADOS	22
FIGURA 2.4: FLUXOGRAMA GERAL DO AHP	26
FIGURA 4.1: ESTRUTURA HIERÁRQUICA DO PROBLEMA PROPOSTO	38
FIGURA 4.2: GRÁFICO DOS PESOS RELATIVOS DOS CRITÉRIOS.....	39
FIGURA 4.3: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO CUSTO.....	41
FIGURA 4.4: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO MOBILIDADE.....	42
FIGURA 4.5: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO AUTOMATIZAÇÃO	43
FIGURA 4.6: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO SUPORTE TÉCNICO	44
FIGURA 4.7: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO VELOCIDADE DE CONCLUSÃO DO SERVIÇO.....	45
FIGURA 4.8: IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CRITÉRIO DISPONIBILIDADE PARA COMEÇAR A OPERAR	46
FIGURA 4.9: ESCORE GLOBAL DAS ALTERNATIVAS	47
FIGURA 4.10: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – VARIAÇÃO DO CRITÉRIO “CUSTO.....	49
FIGURA 4.11: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – VARIAÇÃO DO CRITÉRIO “MOBILIDADE.....	49
FIGURA 4.12: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – VARIAÇÃO DO CRITÉRIO “AUTOMATIZAÇÃO..	50
FIGURA 4.13: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – VARIAÇÃO DO CRITÉRIO “SUPORTE TÉCNICO.	51
FIGURA 4.14: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – VARIAÇÃO DO CRITÉRIO “VELOCIDADE DE CONCLUSÃO DO SERVIÇO.....	52
FIGURA 4.15: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – VARIAÇÃO DO CRITÉRIO “DISPONIBILIDADE PARA COMEÇAR A OPERAR”\.....	53

LISTA DE SIGLAS, NOMES, ACRÔNIMOS E NOTAÇÃO MATEMÁTICA

AHP – Processo Analítico Hierárquico

MAUT – Multi-Attribute Utility Theory

MCDA – Multi Criteria Decision Aid

Electre – Élimination et Choix Traduisant la Realité

Promethee – Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations

Gaia – Geometrical Analysis for Interactive Assistance

IC – Índice de Consistência

IR – Índice Randômico

RC – Razão de Consistência

λ_{\max} – Autovalor Máximo

CST – Critério Custo

MOD – Critério Mobilidade

AUT – Critério Automatização

SUP – Critério Suporte Técnico

VEL – Critério Velocidade de conclusão do serviço

DISP – Critério Disponibilidade para começar a operar

Capítulo 1

Introdução

O objetivo principal desse trabalho é modelar uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão no processo de contratação de sondas de perfuração para a indústria do petróleo. Para tanto foi utilizada a metodologia conhecida como “Processo Analítico Hierárquico – AHP (*Analytic Hierarchy Process*)”.

Nesse primeiro capítulo é apresentada uma contextualização da decisão, uma visão generalista da análise de decisão, os objetivos da pesquisa, a relevância e a estrutura geral da dissertação.

1.1 Contextualização

1.1.1 O problema da contratação de sondas de perfuração

A perfuração é a segunda etapa na busca de petróleo. Ela ocorre em locais previamente determinados pelas pesquisas geológicas e geofísicas. Para realizá-la, perfura-se um poço - o pioneiro - mediante o uso de uma sonda.

Sondas de perfuração compreendem o conjunto de equipamentos utilizados na perfuração de poços, os quais participam de forma objetiva do processo de perfuração. A figura 1.1 mostra exemplos de sondas de perfuração terrestre. A contratação de sondas de perfuração se dá na forma de pagamento de diárias, e o custo dessas diárias, no caso de sondas de perfuração terrestre, chega a variar de \$ 10.000,00 a \$ 100.000,00 dependendo das especificações destas. Além dos valores pagos na forma de diárias, existem ainda os custos operacionais como manutenção, pessoal, locomoção e operação, que chegam muitas

vezes a superar os custos das diárias estabelecidas pelos contratos de locação dos equipamentos.

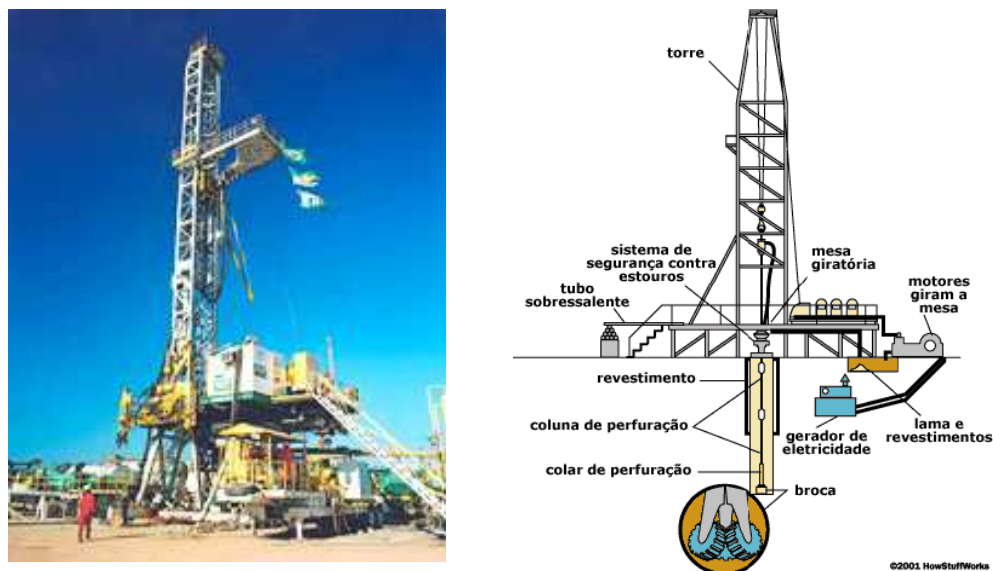


Figura 1.1: Sondas de perfuração terrestre

Comprovada a existência do petróleo, outros poços serão perfurados para se avaliar a extensão da jazida. Essa informação é que vai determinar se é comercialmente viável ou não, produzir o petróleo descoberto. Com o aumento do preço do petróleo, que torna viável a exploração de uma quantidade cada vez maior de campos bem como o consumo cada vez maior desse tipo de combustível, a demanda por sondas de perfuração também cresceu bastante, mais de 200% em 2008 comparado a 2003. (Tabela 1.1).

Tabela 1.1: Número de contratações de sondas de perfuração terrestre

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008
UN-BA	3	3	3	3	9	10
UN-BSOL	1	1	1	1	1	4
UN-ES e EXP	3	1	1	1	4	7
UN-RNCE	5	5	7	7	10	13
UN-SEAL	5	5	5	6	7	7
TOTAL	17	15	17	18	31	41

Fonte: www.petrobras.com.br

Devido ao custo elevado desse tipo de equipamento e a crescente demanda a necessidade de contratação dessas sondas passou de uma decisão gerencial para uma

decisão estratégica para a empresa, permitindo uma maior eficiência operacional e otimização de custos.

Para a contratação de sondas de perfuração, a Petrobras, maior empresa petrolífera brasileira, usa atualmente um processo licitatório que se baseia nos processos licitatórios adotados em compras governamentais, onde a empresa que possuir equipamento compatível ou superior ao solicitado e tiver o menor preço vence a concorrência. Essa estratégia monocritério exclui da avaliação critérios importantes tais como a confiabilidade da sonda e a eficiência dos equipamentos, por exemplo.

1.2 Objetivo

Modelar um sistema de auxílio a tomada de decisão para a contratação de sondas de perfuração de poços de petróleo terrestre, utilizando a metodologia multicriterial “Processo Analítico Hierárquico”.

1.3 Relevância

A relevância acadêmica deste trabalho está em contribuir no enriquecimento dos trabalhos científicos nas áreas de Processo Decisório e Metodologia Multicriterial bem como ratificar o AHP como um método útil a ser utilizado para modelar ferramentas que auxiliem no processo decisório multicriterial.

Em termos práticos este trabalho permite avaliar a utilização de uma metodologia de apoio à tomada de decisão no processo de contratação de serviços e equipamentos

1.4 Estrutura Geral da Dissertação

Essa dissertação se divide em cinco capítulos. No primeiro temos a introdução, que traz uma visão geral sobre o problema observado e a metodologia de auxílio à tomada de decisão a ser utilizada.

O segundo capítulo é dedicado à revisão de literatura abordando os conceitos e fundamentações a respeito do processo decisório, da análise de decisão multicriterial, do método AHP e do processo de modelagem.

O terceiro capítulo consiste na apresentação da metodologia empregada na pesquisa abordando a tipologia da pesquisa, da abordagem, da coleta de dados e dos métodos científicos, bem como descreve as etapas seguidas para a realização da pesquisa.

O quarto capítulo é composto pelos resultados da pesquisa de campo com a análise do modelo utilizado.

O quinto e último capítulo apresenta as principais conclusões e recomendações acerca do trabalho realizado, incluindo limitações e direções de pesquisa.

Capítulo 2

Revisão Teórica

Este capítulo tem o objetivo de realizar uma revisão da literatura a respeito do tema abordado, apresentando uma revisão sobre o processo decisório, as metodologias multicritério de auxílio à tomada de decisão, a metodologia AHP e a contratação de sondas de perfuração.

2.1 Processo Decisório

Tomar decisões é um fato cotidiano. Naturalmente as pessoas enfrentam situações que lhes exigem algum tipo de decisão, ainda que as vezes façam isso de forma inconsciente, sem ao menos perceber que estão decidindo.

O homem sempre procurou algo que o auxiliasse no seu processo decisório. Ele buscava nas divindades esse auxílio para que pudesse tomar decisões consideradas sábias. As diversas culturas antigas buscavam em pessoas com “poderes místicos” o auxílio para as suas decisões. Considerava-se que essas pessoas podiam ter contato direto com as divindades e que as orientações que esses místicos forneciam eram divinas. Assim, as decisões tomadas eram consideradas sábias e livres de erros.

Decidir é na verdade buscar uma solução para um problema ou situação, solução essa que pode ser escolhida dentre várias alternativas de ações ou caminhos possíveis, objetivando a escolha da que melhor satisfaz o objetivo final (a solução do problema).

Portanto, a decisão é uma atividade que engloba múltiplos objetivos e perspectivas, necessitando que seja feito (mesmo que de forma inconsciente) um balanceamento de

todos os fatores envolvidos nesse processo. A consideração desses diversos fatores impede, principalmente no caso de decisões complexas, que se possa tomar uma decisão considerando-se apenas um único critério. Daí a importância de metodologias para a tomada de decisão que considerem todos os aspectos que são entendidos como relevantes para um dado problema (Buchanan *et al*, 2006).

Outro fato importante do processo decisório é que os decisores, algumas vezes, não conhecerem de forma mais profunda o problema e até as soluções propostas para este. Dessa forma, solucionar um problema envolve todo um processo prévio de definição e estudo de determinada situação considerada complexa, ou seja, com múltiplos objetivos, critérios e soluções (Buchanan *et al*, 2006).

Uma boa decisão é resultado de uma conjugação lógica daquilo que se quer, daquilo que se sabe e daquilo que se pode fazer (Campelo de Souza, 2002 *apud* Sara, 2008).

O apoio a decisão pode ser definido como a atividade que busca, através de modelos formalizados ou não, clarificar o processo decisório através da elaboração de recomendações de solução que levam em consideração os valores e objetivos dos atores envolvidos (Roy, 1993).

Existem ainda alguns fatores que exercem influência direta ou indireta no processo decisório. Normalmente, estes fatores não fazem parte das variáveis que compõem o problema, ou das soluções propostas, porém, exercem influência na solução do mesmo (Bispo, 1998).

Alguns destes fatores exercem influência individual ou coletiva. São eles (Bispo, 1998):

- A inteligência e a cultura;
- O nível social;
- O sexo;
- A religião;
- Os costumes e as crenças;
- A ética moral e a ética profissional;
- A saúde física e a mental;
- A influência familiar;
- O fator emocional, na hora exata da tomada da decisão.

Nas empresas ainda existem os fatores de influência que lhes são inerentes:

- A necessidade de produtos ou serviços com qualidade;
- A necessidade de atendimento rápido e personalizado;
- A necessidade de preços competitivos;
- As condições impostas por clientes e/ou fornecedores;
- As exigências dos governos e da sociedade;
- A concorrência;
- As notícias da mídia;
- A cultura organizacional;
- As tecnologias utilizadas;
- O melhor emprego dos recursos existentes;
- As normas existentes na empresa;
- A legislação em vigor;
- O meio ambiente.

Através desses fatores pode-se compreender a complexidade de se tomar algumas decisões no contexto atual, lidar com essa complexidade é o desafio das ferramentas que dão suporte ao processo decisório.

Pode-se observar também que o processo decisório não compreende o simples ato de se escolher uma alternativa, mas o conhecimento profundo do problema a ser solucionado, a criação, desenvolvimento e análise das alternativas de solução, a escolha de uma solução e o acompanhamento, correção e ajustes da solução encontrada (Simon, 1965 *apud* Sara, 2008).

Indo além dessa definição, é importante que exista uma constante interação entre as quatro fases descritas na figura 2.1, feita com base no trabalho de Simon de 1965, o que permite um maior conhecimento sobre o problema a ser resolvido bem como um possível aprimoramento das soluções a serem adotadas. Esse maior conhecimento sobre o problema a ser solucionado é de extrema importância no processo decisório, principalmente no caso de decisões em grupo, onde um consenso geral deve ser atingido antes de a solução final ser acatada.



Figura 2.1: Esquema simplificado do processo decisório (Baseada em Simon, 1965)

Existem alguns outros fatores externos ainda não citados que também influenciam a qualidade de uma tomada de decisão, tais como o tempo disponível, a importância da decisão, o ambiente, os agentes decisores e o conflito de interesses (Buchanan *et al*, 2006). Somado aos fatores citados anteriormente, estes vêm a enfatizar a importância de um processo de tomada de decisão eficiente e qualitativo.

Segundo Hammond *et al.* (1999), um método de decisão eficiente deve concentrar-se no que é importante e relevante à decisão. O excesso de informações pode ser tão prejudicial quanto a sua falta, ser direto, flexível, lógico e coerente, sendo capaz de lidar com questões subjetivas e objetivas, além de possibilitar aos envolvidos um maior conhecimento a respeito tanto do problema a ser solucionado quanto das soluções propostas.

É de grande importância destacar ainda a existência de armadilhas (também conhecidas como armadilhas psicológicas), que estão presentes nas causas de várias das más decisões. Estas armadilhas podem ocorrer devido à complexidade para estruturar e formular um problema de decisão e o alto índice de julgamento de natureza subjetiva, causando erros na formulação e estruturação do problema e na escolha de alternativas incorretas (Hammond *et al*, 1999). A melhor defesa contra essas armadilhas é sempre a consciência. Tentar se familiarizar com essas armadilhas e outros fenômenos semelhantes são as melhores formas de se proteger deste tipo de problema (Hammond *et al*, 1999).

Dentre essas armadilha, algumas que merecem destaque são (Hammond *et al*, 1998):

- Armadilha da âncora: Onde pesos maiores são atribuídos pela mente às primeiras informações recebidas. Nesse tipo de armadilha, impressões

iniciais, estimativas ou dados tendem a ancorar pensamentos e julgamentos subsequentes. Essa armadilha pode aparecer disfarçada na forma de tendências e costuma ser um dos tipos mais comuns.

- Armadilha do "status-quo": Essa armadilha vem do fato de todo tomador de decisão carregar consigo preconceitos, que influenciam as alternativas que perpetuam o status-quo. A quebra desse status-quo significa mudança, assumir um risco, o que deixa o ego dos tomadores de decisão vulneráveis a críticas. É a partir dessa armadilha que surge o dito popular “toda mudança gera resistência”.
- Armadilha do custo investido: Essa armadilha se confunde um pouco com a citada anteriormente e se baseia no fato de os tomadores de decisão tenderem inconscientemente a justificar escolhas passadas, mesmo estas não tendo obtido sucesso. Principalmente se estas escolhas tiverem sido feitas pelo mesmo decisor, é uma tentativa de provar que não existiu erro na escolha anterior.
- Armadilha da evidência confirmada: Trata-se de buscar ou aceitar com mais facilidade (e com um peso maior) informações que apóiem o instinto do decisor em relação a informações que contradizem a sua decisão. Essa armadilha é menos prejudicial quando as decisões são tomadas por grupos com os mais variados pontos de vista e opiniões, o que leva a uma maior ponderação e análise das informações.
- Armadilha de tabelas comparativas: O modo como um problema é moldado pode influenciar as escolhas dos decisores.
- Armadilha da estimativa e da previsão: Por ser prática rotineira se fazer estimativas (tempo, valor, distância), essa prática torna as pessoas excessivamente confiantes nas suas estimativas, o que pode conduzir a erros em julgamentos, principalmente em situações onde é necessário julgar eventos incertos, difíceis de serem mensurados objetivamente.

Nos últimos anos, principalmente pelos avanços da tecnologia da informação e de comunicações, o processo de tomada de decisão nas organizações vem se transformando rapidamente. As fronteiras das organizações já se ampliaram e é grande a facilidade com

que as informações são trocadas. Esse cenário pressiona para que as decisões sejam cada vez mais acuradas e rápidas.

Tomar decisões é o trabalho mais importante de qualquer executivo, também é o mais duro e o mais arriscado, o trabalho do executivo consiste não apenas tomar decisões próprias, mas também providenciar que toda a organização que dirige, ou parte dela, tome-as também de maneira efetiva. A maior parte das decisões pelas quais é responsável não são suas, mas sim de seus subordinados (Simon, 1960).

Quer esteja motivado pela necessidade de prever ou controlar determinadas situações, o tomador de decisão geralmente enfrenta um complexo sistema de componentes correlacionados que precisam ser analisados. Assim, quanto mais se entender essa complexidade e a correlação entre esses componentes, melhor será a decisão (Saaty, 1991).

É justamente para ajudar a melhorar a qualidade das tomadas de decisões, que diversos estudos e metodologias vêm sendo pesquisados e desenvolvidos.

2.2 Análise de Decisão

A expressão Tomada de Decisão tem suas origens práticas na gestão pública e em termos de metodologia remonta a Aristóteles e na democracia de Atenas (Buchanan e O'Connell, 2006), passando a ter um corpo de conhecimento mais significativo a partir das bases lançadas em meados do século XX pela *Teoria dos Jogos* de Von Neumann e Morgenstern, evoluindo para um campo de conhecimento denominado Análise de Decisão (Keeney, 1982).

Da evolução histórica o marco dominante da decisão pública é o aumento significativo da complexidade. Keeney (1982) considera que a complexidade das decisões no final do século XX é maior que nunca. Pode-se extrapolar que essa tendência tende a continuar.

Keeney (1982) define a Análise de Decisão de modo mais intuitivo como “uma formalização do senso comum para problemas de decisão que são complexos demais para uso informal do senso comum”. De modo mais técnico, define como “uma filosofia, articulada por um conjunto de axiomas lógicos, e uma metodologia e coleção de procedimentos sistemáticos, baseados nestes axiomas, para responsabilmente analisar a complexidade inerente em problemas de decisão” (Keeney, 1982, p.806).

Para Keeney (1982), vários fatores contribuem para a complexidade dos problemas de decisão, dentre eles:

- *múltiplos objetivos* simultâneos, tais como minimizar riscos, maximizar benefícios econômicos, maximizar o impacto social, agradar todos os grupos de cidadãos interessados.
- *dificuldade em identificar boas alternativas*, devido a muitos fatores a afetar o que é desejável em uma alternativa, a geração de boas alternativas envolve substancial criatividade.
- *intangíveis*, sejam fatores ou resultados, a serem avaliados e comparados.
- *risco e incerteza*, devido à impossibilidade de prever precisamente as conseqüências de cada alternativa.

Em decorrência, os problemas de decisão possuem, segundo Keeney (1982), as seguintes características principais:

- *Altos interesses em jogo*, com a diferença de importância entre as alternativas podendo ser enorme, como por exemplo, no caso de impacto ambiental;
- *Estrutura complicada*, numerosas características tornam extremamente difícil avaliar alternativas informalmente em uma maneira responsável;
- *Não existência de um especialista geral*, devido à gama e amplitude de conhecimentos envolvidos na maioria dos problemas de decisão, não há um especialista geral único. Diferentes pessoas com expertise em diferentes disciplinas
- *Necessidade de justificar as decisões*, as quais devem ser justificadas, por exemplo, para o público ou para si mesmo.

Diversos métodos formam o corpo de conhecimento de Análise de Decisão (também denominada Análise de Decisão Multicritério), como mostram Dodgson et al. (2001):

- *Métodos não compensatórios*, onde cada opção é avaliada contra um conjunto de comum de critérios em uma matriz de desempenho, e não é permitido compensação, p.ex., o desempenho forte em um critério compensar o desempenho fraco em outro.

- *Modelos de utilidade multatributo*, baseado na Teoria de Utilidade Multiatributo de Von Neumann e Morgenstern.
- *Modelos aditivos lineares*, onde o desempenho das opções nos critérios é multiplicado pelo peso dos critérios.
- *Processo de Hierarquia Analítica (Analytical Hierarchy Process – AHP)*, onde se faz comparação dois a dois em uma escala padronizada e utiliza-se de métodos de cálculos de determinantes, autovalor e autovetor para analisar a consistência dos julgamentos.
- *Métodos de Classificação Superior (Outranking)*, onde também se realiza comparação dois a dois buscando identificar, p.ex., se uma opção *A* é pelo menos tão boa quanto *B*, sendo assim considerada superior.

No processo de escolha do método a ser empregado na solução de um problema específico, devem-se levar em conta (Dodgson et al, 2001):

- Consistência e lógica de cada método;
- Transparência;
- Facilidade de uso;
- Demanda de dados não inconsistente com a importância do assunto considerado;
- Demanda realista de tempo e recursos humanos para o processo de análise;
- Capacidade de prover rastreabilidade em caso de auditoria;
- Disponibilidade de software, se necessário.

Não é escopo deste trabalho avaliar e comparar os diversos métodos existentes, sendo escolhido o método AHP (*Processo Analítico Hierárquico*) criado pelo matemático Thomas L. Saaty durante a década de 1980, o qual atende a esses critérios, é um dos métodos mais amplamente usados (Dodgson et al., 2001), possui mecanismos internos de verificação de inconsistência dos julgamentos, e há a facilidade de implementação operacional em planilha eletrônica.

A idéia que originou o método reflete a forma pela qual a mente humana usualmente reage a um problema complexo. Diante de um grande número de elementos a serem considerados, ela tende a dividi-los em grupos, segundo propriedades comuns, para hierarquizá-los, decompondo a complexidade encontrada, descobrir relações entre eles e tornar a sintetizá-los (Schmidt, 1995).

O método AHP também se baseia no princípio de que a experiência e o conhecimento das pessoas são, no mínimo, tão valiosos quanto os dados numéricos disponíveis, num processo de tomada de decisão.

O AHP, devido a sua simplicidade e aplicabilidade, vem sendo utilizado nas mais diversas áreas, como avaliação de projetos, alocação de recursos, *benchmarking*, gerenciamento de qualidade, dentre outros (Forman & Gass, 2001).

2.3 Metodologia multicritério de auxílio à tomada de decisão

A metodologia multicritério de auxílio à tomada de decisão se caracteriza por um conjunto de técnicas, com a meta de prover uma classificação geral de opções, da opção mais preferida a menos preferida. As opções podem diferir na extensão em que elas alcançam vários objetivos, e nenhuma opção será obviamente melhor para alcançar todos objetivos. A metodologia multicritério é uma forma de olhar para problemas complexos que são caracterizados por uma mistura de objetivos que às vezes não podem ser quantificados por medição ou estimativa com objetivos quantificáveis, de quebrar o problema em peças mais manejáveis para permitir aos dados e julgamentos serem trazidos a tratar em pedaços, e então de remontar os pedaços para apresentar um quadro geral coerente aos decisores (Dodgson et al, 2001).

Esses tipos de problemas complexos, que envolvem fatores numerosos, e às vezes de natureza qualitativa, são freqüentes nos processos decisórios das empresas e governos, e não podem ser desprezados, em razão da sua importância.

Uma abordagem multicritério permite a criação de um modelo que reflete de maneira estável e satisfatória, o juízo de valores dos decisores servindo assim como uma base para discussão, principalmente nos casos onde há conflitos entre os decisores, ou quando a percepção do problema pelos vários atores envolvidos ainda não está totalmente clara (Bouyssou, 1989). Por esse mesmo motivo, o método utilizado para apoiar a decisão

utilizando múltiplos critérios deve ser simples, permitindo sua fácil compreensão pelo tomador de decisão (Roy, 1996).

A abordagem multicritério permite um maior conhecimento a respeito do problema e das soluções propostas, dando ênfase no julgamento dos decisores, visto que estes são responsáveis por estabelecer objetivos, critérios, estimar os pesos da importância relativa e julgar a contribuição de cada opção para cada critério de desempenho, suportando tanto a subjetividade quanto a objetividade, ambas inerentes ao processo decisório (Dodgson et al, 2001).

2.3.1 Métodos multicritério

Os métodos multicritério de apoio à decisão para problemas com número finito de alternativas, como já citados anteriormente, se baseiam principalmente em três linhas de atuação (Ehrlich, 1996); o método MAUT, de emprego dificultado pelo seu rigor teórico; o AHP, de uso mais largamente disseminado; e uma série de métodos de origem europeia englobados pela sigla MCDA, dos quais se destacam o Electre, o Promethee e o Gaia.

2.3.2 Modelagem de sistemas multicritério de auxílio à tomada de decisão

Cada um dos vários métodos multicritério de auxílio à tomada de decisão envolvem um diferente processo de modelagem. A modelagem é na verdade uma representação simplificada da realidade, por meio da qual se procura identificar e destacar os elementos mais importantes para a tomada de decisão. Durante o processo de modelagem, a utilização da experiência ou intuição, é importante para a seleção das informações relevantes, cenários estudados, soluções propostas e na análise dos resultados (Corrêa, 1996).

Os processos de modelagem permitem aos decisores (ou aos envolvidos) tornar explícito seus objetivos, identificar com maior facilidade as variáveis a serem incluídas e suas escalas de quantificação, reconhecer limitações do processo e uma maior compreensão, entendimento e aprendizado desse processo por parte de todos os envolvidos (Sara, 2008).

Nesse processo, a abrangência da realidade é substituída pelo poder de análise e experimentação, permitindo a avaliação de diferentes cenários, a obtenção de elementos para a tomada de decisão, e a realização de uma análise de sensibilidade para a verificação

da robustez e estabilidade dos resultados. Os principais elementos de uma modelagem são (Ehrlich, 1996):

- Variáveis de controle ou decisão: aquelas sobre as quais se pode atuar para atingir os objetivos;
- Variáveis de estado ou de natureza: aquelas sobre as quais não se tem controle, mas que afetam as conseqüências ou resultados de uma decisão;
- Estrutura do modelo: que em geral corresponde às equações que definem as relações entre as variáveis;
- Parâmetros: que são os valores numéricos introduzidos;
- Critérios de decisão ou preferências;
- Objetivos ou metas.

Entre os benefícios resultantes da utilização de modelos para o apoio à decisão, citam-se (Ehrlich, 1996):

- Identificar os elementos relevantes para a decisão e descartar os irrelevantes;
- Educar a intuição;
- Comunicar e discutir a estrutura e os parâmetros;
- Analisar situações complexas;
- Analisar muitas alternativas;
- Comunicar resultados;
- Analisar a estabilidade dos resultados.

Tendo em vista fatores sugeridos citados em (Dodgson et al, 2001) como:

- Consistência e lógica de cada método;
- Transparência;
- Facilidade de uso;
- Capacidade de prover rastreabilidade para auditoria;

E levando-se em conta a maior disseminação no meio empresarial, quando comparado aos demais métodos, a metodologia AHP foi a escolhida para modelar o problema em questão.

2.4 AHP – PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO

O AHP é uma técnica de análise de decisão e planejamento de múltiplos critérios, desenvolvida por Thomas L. Saaty e seus colaboradores na década de 70. O método foi desenvolvido para ser aplicado ao planejamento de contingência militar e empresarial, tomada de decisão, alocação de recursos escassos, resolução de conflitos e a necessária participação política nos acordos negociados (Saaty, 1986).

O método objetiva refletir a maneira pela qual a mente humana conceitualiza e estrutura um problema complexo. A tendência natural da mente humana quando diante de um problema mais complexo, é decompor esse problema em elementos menores para então hierarquiza-los (diminuindo assim a complexidade inicialmente encontrada), sintetizando-os em seguida pela identificação das suas relações. Uma hierarquia é como uma abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais de seus componentes e seus impactos no sistema total (Saaty, 1991).

Ainda segundo Saaty (1991), quando pensamos, identificamos objetos ou idéias e também sua inter-relação. Quando identificamos alguma coisa, decompos a complexidade encontrada. Quando descobrimos relações, sintetizamos. Esse é o processo fundamental da percepção: decomposição e síntese.

A metodologia tem por princípio o fato de que para à tomada de decisão, a experiência e o conhecimento das pessoas é pelo menos tão valioso, quanto os dados disponíveis. Por esse motivo, a sua utilização se baseia numa sucessão de etapas de diálogos, julgamentos e cálculos entre os envolvidos na tomada de decisão para definição do problema, construção de critérios e soluções.

A aplicação da metodologia AHP reduz o estudo de sistemas complexos a uma seqüência de comparações entre pares de componentes identificados e hierarquizados. A construção de níveis hierárquicos se justifica pela possibilidade de se ter uma visão global da complexidade da situação além de permitir aos tomadores de decisão avaliar se os critérios estabelecidos em cada nível são da mesma magnitude e portanto, podem ser comparados entre si. O problema principal é decomposto em fatores, estes decompostos

em um novo nível e assim por diante, organizados numa hierarquia descendente onde o objetivo principal ocupa o nível mais alto, seguido de sub-objetivos e critérios e o mais baixo é ocupado pelos vários resultados possíveis, partindo assim do geral para o mais particular e concreto.

A metodologia AHP é flexível, permitindo incluir e medir tanto fatores qualitativos quanto quantitativos sendo estes tangíveis ou intangíveis, utilizando ao mesmo tempo da lógica e da intuição dos tomadores de decisão. Esses fatores que permitem sua utilização em qualquer problema complexo, com múltiplos critérios e múltiplos decisores, possibilitando uma maior compreensão não só do problema proposto mais também das suas soluções e traduzindo as preferências e experiência desses decisores, tem levado as aplicações do AHP a terem sucesso.

O AHP tem um sólido embasamento teórico, fundamentado em conceitos matemáticos e vem sendo aplicado em uma grande variedade de problemas em diversas áreas, como distribuição de energia, planejamento de alocação de recursos, logística, educação, marketing e até mesmo a tentativa de solução de conflitos entre países (Granemann & Gartner, 1998; Orofino, 1996 *apud* Almeida, 2002).

A aplicação da metodologia AHP se divide em três etapas, são elas:

- Estruturação da hierarquia (decomposição do problema);
- Julgamentos comparativos;
- Síntese das prioridades;

2.4.1 Estruturação da hierárquica (decomposição do problema)

Usada para representar simplesmente o tipo de dependência de um nível ou componente de um sistema com outro de maneira seqüencial.

Na etapa de estruturação da hierarquia, o problema é decomposto e assume a forma de um diagrama de arvore invertida, o que facilita a visualização das relações/dependências entre os objetivos a serem atingidos, os critérios propostos e as soluções encontradas de uma forma seqüencial. O diagrama é composto pelos seguintes níveis:

1º - Objetivo principal;

2º - Critérios;

3º - Sub-critérios (quando existirem);

4º - Alternativas de solução.

O objetivo da estruturação é a construção, pelos decisores, de um modelo formal para representar e organizar os elementos necessários à tomada de decisão. Esse modelo fornecerá aos decisores uma linguagem comum e clara para o debate e aprendizado durante todo o processo decisório. A estruturação pode também ser a base para a elaboração, modificação e/ou validação de valores de julgamento comparativo ou absoluto sobre as alternativas ou oportunidades de decisão (Bana e Costa, 1993).

A estruturação consiste também em um processo de aprendizagem, permitindo sua reestruturação ao longo de todo o processo à medida que novas informações sejam adquiridas ou o conhecimento sobre o problema seja aprimorado.

Para iniciar a fase de estruturação é necessária a compreensão do problema a ser solucionado, analisando-se e caracterizando todo o contexto em que o problema está inserido, as pessoas que participam/agem direta e indiretamente com o problema bem como seus valores ou pontos de vista.

Como participantes do processo alguns atores podem ser destacados:

- O decisor: Indivíduo ou grupo de indivíduos que participarão diretamente, não só da tomada de decisão, mas de todo o processo de modelagem e construção do processo decisório;
- Os agidos: Pessoas afetadas diretas ou indiretamente pela decisão a ser tomada. Constituem parte importante do processo decisório, podendo ser fonte importante de informação e conhecimento;
- O Facilitador: Tem o papel de auxiliar na condução do processo de tomada de decisão, estabelecendo as relações de causa e efeito da decisão, auxiliando os decisores na compreensão do contexto, identificação de hipóteses e hierarquias, ajudando principalmente na formulação e visualização do problema.

"Um processo de decisão é um sistema que relaciona os elementos de natureza objetiva próprios às ações, e elementos de natureza subjetiva próprios aos sistemas de valores

dos decisores, tal sistema é indivisível e, portanto não pode ser negligenciado. Os objetivos e características unem-se no que se chama ponto de vista" (Bana e Costa, 1993).

Esse sistema de valor dos decisores é a representação da opinião, da experiência, do desejo desses decisores quanto ao processo de tomada de decisão e constitui um elemento chave para a construção de um modelo de apoio à tomada de decisão. Vale lembrar novamente que esse sistema de valor é evolutivo, podendo originar modificações no modelo durante todo o processo.

A partir do entendimento do problema e das soluções, e da interação desse conhecimento com o sistema de valor dos decisores, citado no parágrafo acima, são criados os critérios e sub-critérios (quando necessários) que compõem a estrutura do modelo. Os critérios nada mais são do que medidas, regras e padrões que guiaram através de comparações à tomada de decisão. Cada critério deve ser preciso, evitando dificuldade de compreensão do mesmo por parte dos decisores bem como dúvidas sobre o tipo de valores a que se referem.

Não existe um conjunto de procedimentos para gerar objetivos, critérios, ações e seus relacionamentos (Saaty, 1991). Eles são definidos a partir das informações disponíveis e da experiência dos envolvidos, podem ser definidos inicialmente através de sessões de *brainstorm* e refinados em um segundo momento. A estruturação do modelo pode partir do objetivo dos decisores (o problema a ser solucionado), sendo este decomposto em objetivos mais específicos ou a partir das soluções, sendo essas analisadas a procura de características específicas que serão usadas como guias para a criação do modelo. Existe ainda a possibilidade de se utilizar uma mistura dos dois métodos.

O processo de implementação da hierarquia do AHP envolve três processos não sequenciais (Schmidt, 1995):

- Identificação de níveis e critérios;
- Definição de conceitos;
- Formulação das perguntas.

Esse é um processo interativo, após a definição de níveis e critérios, estes devem ser conceituados e questionamentos a respeito dos mesmos devem ser criados e respondidos para verificar a inexistência de ambigüidade, inconsistência e a clareza em sua compreensão. Por se tratar de um processo interativo sempre que se tornar necessário esses dados devem ser modificados e revisados até que um consenso comum seja atingido.

O resultado é uma estrutura de critérios e níveis como o apresentado na figura 2.2

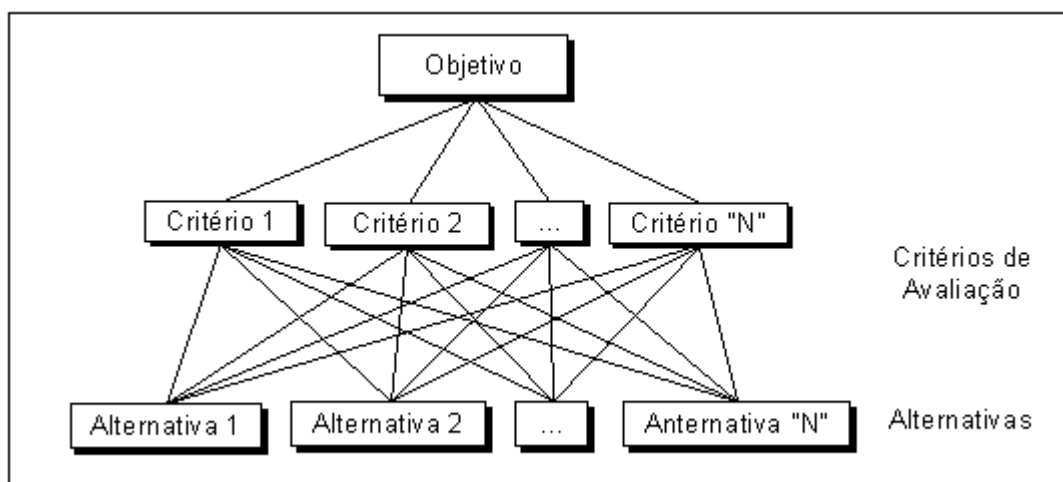


Figura 2.2: Representação gráfica da estrutura hierárquica do AHP (Fonte: Schimidt, 1995)

Essa fase é uma das mais importantes para o processo de tomada de decisão, é nela onde todos os componentes do processo decisório são descritos, justificados e apresentados a todos os participantes, o que demonstra a necessidade de um alto grau de entendimento e consenso entre estes. Um problema mal estruturado pode levar o decisor a cair em alguma armadilha, o que poderá produzir soluções ruins.

Caso seja necessário, as alternativas podem passar por um processo de avaliação, para eliminar alguma possível alternativa inviável ou que seja inferior a uma outra em todos os critérios avaliados.

2.4.2 Julgamentos comparativos

Concluída a primeira etapa do processo, a hierarquia nos fornece os elementos do processo de tomada de decisão (critérios, alternativas, etc.) e as suas relações, porém ainda é importante uma forma de determinar a força com que esses elementos se relacionam e a forma que estes vão impactar o objetivo final.

Nessa etapa é necessário definir o tipo de problemática que se deseja adotar, se as alternativas vão ser avaliadas em termos relativos, sendo comparadas umas com as outras com o objetivo de ordenação ou escolha de uma alternativa em detrimento das outras, ou em termos absolutos, onde cada alternativa é comparada individualmente com um determinado padrão ou norma de referência, sendo esta aceita ou rejeitada (Bana e Costa,

1999). A avaliação absoluta pode ainda ter o objetivo de analisar o desempenho de uma determinada alternativa ao longo de uma escala de tempo.

Essa etapa consiste principalmente na comparação par a par entre os critérios e sub-critérios, para determinar o peso que cada critério tem sobre a decisão final e entre as opções (duas a duas), de forma a avaliar o desempenho relativo da alternativa para cada um dos critérios. Essa segunda comparação pode ser realizada respondendo-se a perguntas do tipo: “Com relação a um determinado critério, qual entre as alternativas A e B mais lhe satisfaz e o quanto mais ela lhe satisfaz?”. Dessa forma é possível pegar um par de elementos e compará-los com relação a uma única propriedade de cada vez.

Essas comparações devem ter como base quatro axiomas (Vargas, 1990), que são:

- Comparação recíproca: O tomador de decisão deve ser capaz de manifestar a força de suas preferências nas suas comparações, de modo que se a alternativa opção A é x vezes mais preferível que B então B é $1/x$ vezes mais preferível que A. A não satisfação desse axioma pode indicar que a pergunta utilizada não ficou clara e provavelmente os critérios e/ou níveis de hierarquias devem ser reavaliados.
- Homogeneidade: Para serem comparados os elementos devem pertencer ao um grupo homogêneo, o que permite que estes possam ser comparados usando uma escala de grandeza comum. Caso esse axioma não seja satisfeito, os elementos a serem comparados devem ser reordenados de forma a pertencerem a grupos homogêneos, que possuam uma mesma ordem de magnitude.
- Independência: O peso de cada critério deve ser independente das alternativas consideradas.
- Expectativa: Supõe-se que o modelo proposto englobe todos os critérios e alternativas avaliáveis e necessárias, ou seja, a estrutura hierárquica esteja completa. A não satisfação desse axioma implica provavelmente em uma decisão incompleta ou errônea.

Para ponderar as comparações par a par e criar uma matriz de pesos para os critérios e alternativas, Satty fez experiências com várias escalas (3, 5, 7, 9 e 20 elementos). E partindo do pré-suposto que a percepção humana não consegue distinguir

mais do que sete (mais ou menos 2) níveis diferentes, a escala de nove valores forneceria flexibilidade suficiente para diferenciar 2 elementos (Saaty, 1991), embora ainda exista a possibilidade de utilização de uma escala diferente. A escala desenvolvida por Saaty é apresentada na tabela a seguir:

Tabela 2.1: Escala proposta por Saaty para estabelecer a importância relativa

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma solução de compromisso entre duas definições.

Fonte: Saaty, 1991

Os resultados obtidos através das comparações par a par (onde todos os critérios são comparados entre si) são colocados em uma matriz quadrada de ordem n , sendo n o número de critérios a serem comparados. Nessa matriz, cada elemento a_{ij} representa a comparação entre os critérios/alternativas i e j ou a importância relativa entre esses elementos.

A matriz formada deve atender as seguintes condições:

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{1N} \\ a_{21} & 1 & a_{23} \\ a_{N1} & a_{N2} & 1 \end{pmatrix}$$

Figura 2.3: Estrutura da matriz quadrada de resultados

$a_{ii} = 1$ Todo elemento da diagonal principal deve ser igual a 1 pois representa a comparação de um critério/alternativa com ele próprio.

$a_{ij} > 0$ Todos os elementos devem ser positivos, seguindo a escala de comparação desenvolvida por Saaty

$a_{ij} = 1/a_{ji}$ Pelo princípio da reciprocidade

2.4.3 Síntese das prioridades

A etapa seguinte consiste na obtenção dos pesos relativos atribuídos a cada elemento a partir da normalização da matriz construída, resultando na obtenção dos autovetores de prioridades. Existem vários métodos para realizar esse cálculo, um deles consiste na divisão de cada elemento de uma determinada coluna pela soma dessa coluna.

Devido à subjetividade do processo de tomada de decisão, é comum e até certo ponto tolerável a ocorrência de inconsistência nos julgamentos. Para quantificar e impor limites de aceitação para essa inconsistência, foi definido, com base em conceitos estatísticos uma grandeza denominada “razão de consistência” ou RC. O limite máximo para que não seja necessária a revisão das comparações pelos decisores foi definida em 10% (ou 0,1).

O teste da razão de consistência é feito com base no conceito de que quando se tem uma quantidade suficiente de dados, os outros podem ser obtidos logicamente a partir destes. Dessa forma, se sabemos que o critério A é 2 vezes mais dominante que o critério B e o A é 4 vezes mais dominante que o C, deduzimos que o critério B tem que ser 2 vezes mais dominante que o C. Sendo essa dominância diferente de 2, teremos um certo grau de inconsistência na matriz gerada (Saaty, 1991)

A razão de consistência (RC) pode ser calculada através da equação:

Equação 2.1: Cálculo da razão de consistência

$$RC = IC / IR$$

Onde,

IC = índice de Consistência

IR = Índice de Consistência Randômico

O IC mede o quanto o autovalor (λ_{max}) da matriz proposta se afasta da ordem (n) dessa matriz e pode ser calculado pela equação:

Equação 2.2: Cálculo do índice de consistência

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

Já o IR foi obtido experimentalmente, com base na escala de 1-9 proposta por Saaty. O experimento resultou em uma tabela onde pode ser encontrado os IR x ordem das matrizes.

Tabela 2.2: Índice de consistência randômico obtido através de experimentos

Ordem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty, 1991

Constatado que os limites da RC estão dentro dos limites aceitáveis e tendo em mãos a importância relativa dos critérios, o mesmo processo deve ser aplicado a cada par de alternativa (solução) levando em consideração cada critério individualmente. Esse processo irá gerar uma nova matriz para cada um dos critérios definidos, criando um vetor com os níveis de preferência dessas alternativas para cada um dos critérios.

A valorização global, que é o resultado final do processo para cada uma das alternativas é obtida pela equação:

Equação 2.3: Cálculo da valorização global

$$V(a) = \sum_{j=1}^n p_j v_j(a) \quad \text{para} \quad \begin{cases} \sum_{j=1}^n p_j = 1 \\ 0 < p_j < 1 \quad (j = 1, \dots, n) \end{cases}$$

Onde,

V(a) = valor do escore global da estimativa analisada;

p_j = importância relativa do critério j;

v_j = nível de preferência da alternativa analisada no critério

2.4.4 Principais vantagens da metodologia AHP

Como principais vantagens da utilização da metodologia AHP para auxílio à tomada de decisão, podem ser citadas:

- Sua facilidade de utilização, apesar de poder se utilizar de interações matemáticas de certa forma complexas, estas se mostram simples de ser resolvidas com a utilização de recursos computacionais comuns;
- A capacidade de lidar com julgamentos subjetivos e inconsistentes, comuns a maioria dos processos decisórios e a maioria dos julgamentos dos decisores;
- A facilidade em proporcionar aos decisores não só uma visão global da estruturação do problema, mas uma maior compreensão e entendimento de todos os elementos envolvidos e sua interação, o que facilita a constante evolução e aprimoramento do processo de tomada de decisão;
- A representação hierárquica permite descrever como mudanças em prioridades em níveis mais altos afetam as prioridades dos níveis mais baixos (Saaty, 1990a).

2.4.5 Principais desvantagens da metodologia AHP

As regras para criação dos critérios de julgamento exigem uma atenção redobrada para proporcionar principalmente a independência entre estes.

A matriz de comparação par a par é criada de forma subjetiva, o que apesar de ser uma vantagem por permitir que seja expressa a subjetividade do tomador de decisão, pode levar a decisões errôneas caso estes pares não sejam cuidadosamente caracterizados, definidos e entendidos. Isso demonstra a necessidade de um conhecimento substancial do problema e elementos envolvidos por parte dos atores. Além disso, é comum uma dificuldade inicial na utilização da escala de valores utilizada pela metodologia.

O trabalho computacional para solução do problema aumenta exponencialmente em relação ao número de alternativas e critérios envolvidos bem como o trabalho requerido dos decisores para criar a matriz de comparação par a par. Por esse motivo principalmente, não é desejável que o número de critérios e soluções do problema seja muito elevado. Esse aumento no número de comparações necessário para completar a matriz de comparação pode "cansar" o decisor, o que torna a decisão suspeita. Existem vários estudos objetivando a diminuição desse esforço computacional, mas o estudo desses não se aplicam ao caso específico apresentado no trabalho.

2.4.6 Fluxograma de aplicação da metodologia AHP

A seguir é apresentado um fluxograma completo da aplicação da metodologia AHP (figura 2.3), englobando não só suas três etapas, mas também o teste de consistência da matriz de preferência e a apresentação dos resultados.

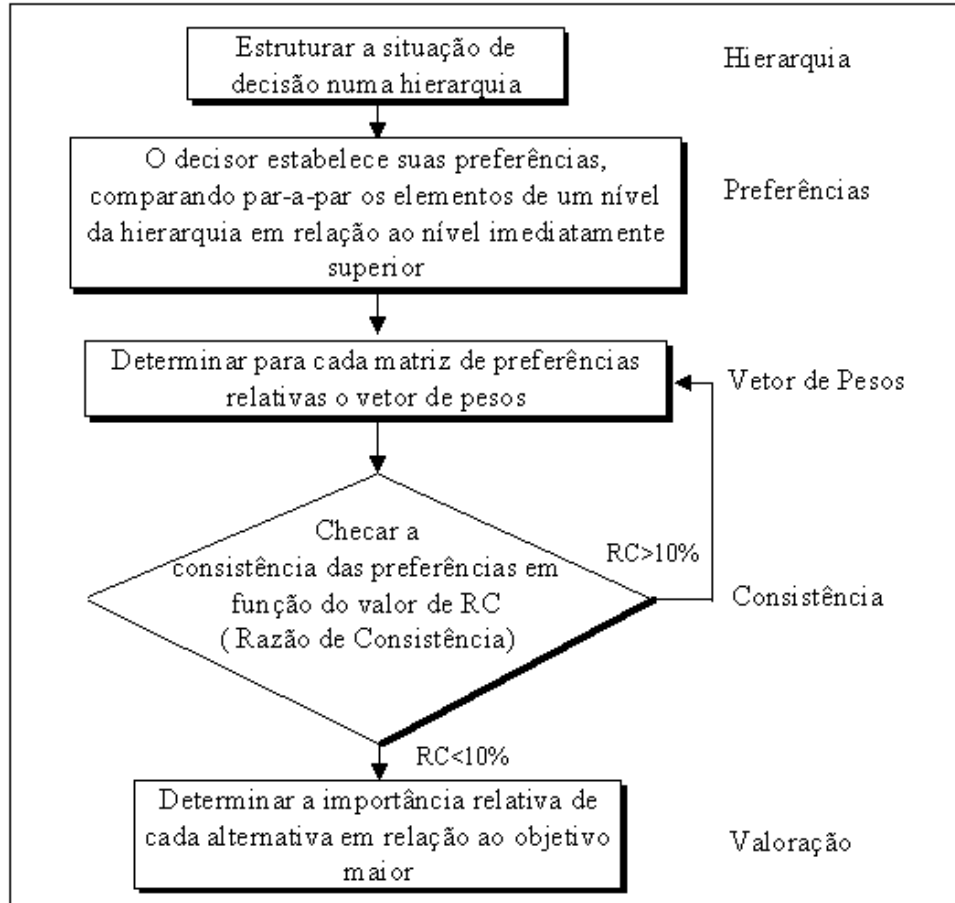


Figura 2.4: Fluxograma geral do AHP

2.5 A contratação de sondas de perfuração

Devido ao grande aquecimento do mercado de exploração de petróleo e gás natural em todo o mundo, a quantidade de reservas já descobertas cuja exploração se tornou economicamente viável cresceu bastante. Aliado a isso, a descoberta de novas e importantes reservas, fato facilmente observado atualmente no Brasil, também cresceu.

Outro fato importante de ser citado, é a demanda das grandes empresas exploradoras de petróleo e gás natural pela utilização de sondas de perfuração. Essa demanda além de poder variar facilmente de acordo com o cenário econômico mundial, o que em si só, já justificaria a grande volatilidade da mesma, varia também de acordo com a quantidade e características das reservas descobertas por cada uma dessas empresas e suas decisões estratégicas.

Devido ao alto custo de construção e manutenção desse tipo de equipamento e a suas características específicas, já que as sondas de perfuração são construídas de maneira a atender determinados requisitos técnicos, o aluguel desse tipo de equipamento é geralmente preferível em detrimento da compra ou construção dos mesmos.

Com o aumento da demanda por contratação de sondas de perfuração, a disponibilidade desse tipo de equipamento se torna cada vez menor e conseqüentemente, a importância de uma tomada de decisão correta nesse processo se torna cada vez mais evidente.

O acesso a dados técnicos e operacionais a respeito de sondas de perfuração é de relativamente fácil acesso a empresas contratantes desse tipo de serviço, seja ele através de serviços de bancos de dados específicos encontrados na internet ou através de solicitação as empresas possuidoras das sondas. Apesar da disponibilidade de dados, várias empresas exploratórias se utilizam de processos licitatórios simples, onde a proposta que atenda os requisitos técnicos e que tenha o menor preço é contratada, a Petrobrás, maior empresa petrolífera brasileira é um exemplo disso. Essa estratégia deixa a desejar já que exclui da avaliação outros critérios importantes (geralmente por sua subjetividade) como a confiabilidade e eficiência dos equipamentos das sondas a serem contratadas.

Por esses motivos, a utilização de uma metodologia que permitisse um auxílio a conseqüentemente uma otimização do processo de tomada de decisão quanto à contratação de sondas de perfuração poderia se tornar um diferencial estratégico para essas empresas.

Capítulo 3

Metodologia da Pesquisa

Este capítulo apresenta o procedimento metodológico adotado no desenvolvimento deste trabalho que se propõe a desenvolver um modelo de auxílio à tomada de decisão para a contratação de sondas de perfuração de poços de petróleo e gás natural. Destacam-se o tipo de pesquisa adotada, as formas de abordagem, coleta e análise de dados da pesquisa.

O capítulo é dividido em metodologia da pesquisa, apresentando uma descrição e justificativa da mesma bem como as formas utilizadas para coleta dos dados utilizados no trabalho e metodologia científica, que descreve as etapas adotadas durante o desenvolvimento do trabalho, a estruturação final do problema de acordo com a metodologia AHP. Por último a elaboração da ferramenta utilizada para a modelagem, descrevendo como foi feita a coleta e análise dos dados necessários a conclusão do processo de tomada de decisão.

3.1 Metodologia da Pesquisa

Pesquisa é o processo formal e sistemático de desenvolver o método científico e tem como objetivo principal descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos (Gil, 1999 *apud* Sara, 2008).

Para dar suporte à fundamentação teórica, e expandir o conhecimento a respeito dos temas abordados no trabalho, as metodologias multicritério de apoio à tomada de decisão, em especial a AHP adotada nesse estudo, e ao tema “contratação de sondas de perfuração de poços de petróleo e gás natural”, foi realizado uma pesquisa bibliográfica e documental. Essa pesquisa pôde ser complementada com a realização de entrevistas e o desenvolvimento de formulários e questionários para auxiliar no processo. Pode-se definir que quanto à metodologia de coleta de dados utilizada no trabalho, foram utilizadas a pesquisa bibliográfica, entrevistas e a utilização de questionários.

Ainda quanto à metodologia utilizada nesse trabalho, ela também pode ser classificada como descritiva, com abordagem qualitativa.

Descritiva por ter o objetivo de descrever e entender um problema, descobrindo e verificando a existência de relacionamento entre suas variáveis (Mattar, 1999).

Uma abordagem qualitativa é aquela que tem o objetivo de compreender as intenções e o significado dos atos e ações humanas (Alves-Mazzoti *et al*, 2004), sem a necessidade de enumerar ou medir os eventos estudados. Ela envolve a obtenção de dados pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreendê-la de acordo com a perspectiva dos atores envolvidos na situação estudada (Godoy, 1995 *apud* Sara, 2008). Para a abordagem qualitativa, a qualidade das informações no contexto estudado é mais importante que a quantidade de dados amostrais, por exemplo.

3.2 Metodologia científica

Quanto à metodologia científica adotada, ela pode ser classificada como hipotético-dedutiva. Segundo essa metodologia, hipóteses com o objetivo de solucionar ou explicar um determinado problema devem ser formuladas e estas devem ser testadas com base em estudos ou pesquisas com a intenção de serem confirmadas ou falseadas (Gil, 1999).

3.3 Etapas da Pesquisa

Após a realização da pesquisa bibliográfica, a etapa seguinte constituiu-se de uma série de entrevistas semi-estruturadas (um total de seis) cujos roteiros foram elaborados com base nos conhecimentos adquiridos nas consultas e pesquisas bibliográficas bem como no conteúdo das entrevistas já ocorridas. A decisora trabalha como terceirizada em

uma grande empresa de exploração e produção de petróleo brasileira, atuando em seu escritório no estado do Rio Grande do Norte, como um dos responsáveis diretos pela contratação e gerenciamento de sondas de perfuração terrestre para toda a região Nordeste. Esse indivíduo atuou como decisor durante o processo de tomada de decisão.

Por solicitação do decisor e pela política de sigilo utilizada pelas empresas, os dados que podem identificar as empresas proprietárias das sondas de perfuração analisadas, a empresa contratante e os campos petrolíferos aos quais as sondas especificadas devem atender os requisitos, foram modificados. Apesar dessa exigência, todos os dados utilizados na modelagem do sistema são reais.

O objetivo do primeiro encontro foi explicar detalhadamente o objetivo do trabalho, o problema a ser solucionado, as etapas necessárias a realização do mesmo, o papel do decisor e do facilitador (no caso o autor do trabalho) em todo o processo e a forma como deveriam ser conduzidas as próximas entrevistas. Foi dada ênfase ao processo de valorização das alternativas, de forma que este ficasse completamente claro para o decisor.

Em outra entrevista, foi pedido ao decisor que explicasse como ocorre atualmente o processo de decisão para a contratação de sondas de perfuração, as etapas do processo, os critérios envolvidos, a importância desse processo e a existência de ferramentas de suporte para essa decisão, com o objetivo de obter uma visão mais detalhada do problema pesquisado.

O decisor apresentou alguns trabalhos acadêmicos, cujo objetivo era o de otimizar a organização de sondas de *workover*, que são sondas utilizadas para realizar reparos em poços já perfurados, situação diferente da proposta pelo trabalho. Apresentou também alguns bancos de dados que disponibilizam informações técnicas sobre sondas de perfuração espalhadas pelo mundo, dados estes que foram usados durante o processo de modelagem da ferramenta.

Durante as reuniões também foram discutidas as utilidades e benefícios que uma ferramenta como a proposta poderia trazer com a sua adoção pelas empresas contratantes de sondas em diversos cenários.

Também foi pensado e discutido uma série de critérios considerados importantes para se avaliar os benefícios da contratação de uma sonda de perfuração específica em detrimento de uma outra. Durante esse processo, todos os critérios sugeridos foram

caracterizados e definidos, informações repetidas foram retiradas e elementos comuns agrupados até o ponto que se atingiu o consenso de que os critérios selecionados não necessitavam mais de ajustes e estivessem perfeitamente entendidos pelo decisor, sendo também completamente independentes entre eles.

Foi dada preferência por reuniões rápidas, onde a cada nova reunião, os registros das reuniões passadas eram apresentados e brevemente discutidos com o decisor. Essa metodologia tinha dois objetivos principais, evitar o cansaço mental do decisor por longos períodos de conversa e re-confirmar as informações recebidas em encontros passados, garantindo assim a fidelidade dos dados coletados.

3.4 Estruturação do Problema

Após os debates sobre os critérios, passou-se para a fase de hierarquização, com o objetivo de arranjar todos os elementos envolvidos (objetivo, critérios, sub-critérios, e soluções) na forma de árvore invertida, estrutura característica da metodologia AHP.

Para a realização da modelagem, foi escolhida uma região onde os requisitos mínimos para perfuração de poços de produção de petróleo e gás natural e conseqüentemente os requisitos mínimos que devem ser atendidos pelas opções de sondas de perfuração a serem contratadas são:

Tabela 3.1: Requisitos mínimos para contratação de sonda de perfuração

REQUISITO	LIMITE
Ambiente Operacional	até 50°C
Sistema Operacional	pinhão e cremalheira ou cilindro hidráulicos com polias e cabos
Controles do PLC	Controle da sonda e HPU para Top drive/Iron Roughneck/cunha/ bombas lama
Sistema de Elevação	pinhão e cremalheira ou cilindro hidráulico com polias e cabos
Capacidade de perfuração (m) com DP 4-1/2 pol	2.000

Capacidade de Elevação (kg / lb)	91.000 / 200.000
Velocidade de elevação (m/s)	1
Pull down (kg / lb)	14.545 / 32.000
Capacidade de manuseio de revestimento (Range / m)	III / 13,4
Altura livre no mastro (m)	15,2
Altura livre subestrutura (m)	3,8
Capacidade do Top drive (kg)	90.000
Cunha automática	Cunha solidária a braço de elevação em guis vertical ou em pivó
Sistema de manuseio do BOP	Carro com trilhos guia, sistema de elevação e painel de controle.
Acionamento do Sistema de Geração de Energia com VFD	2 Motores diesel de 1000hp final e transmissão
Capacidade dos Guinchos ou Pau de Carga (kg/diâmetro cabo-mm)	Guinchos ou Pau de carga

Foram selecionadas três sondas de perfuração que atendiam os requisitos mínimos especificados. As características destas sondas podem ser observadas na tabela 3.2.

Tabela 3.2: Especificações das alternativas a serem avaliadas

ITEM	SONDA 1	SONDA 2	SONDA 3
Ambiente Operacional	de -10 °C a +40°C (+50°C generator), 80% Umidade Relativa	-15°C até +40°C	até +54°C
Sistema Operacional	Pinhão e cremalheira hidráulico	Cilindro hidráulico e dois cabos de 54mm	Cilindro hidráulico, jogo de polias e cabos
Controles do PLC	Controle da sonda/Top drive/Iron Roughneck/cunha/ bombas lama	Controle da sonda/Top drive/power tong/cunha/bombas lama	Controle da sonda/Top drive/power tong/cunha
Sistema de Elevação	Pinhão e Cremalheira	Cilindro Hidráulico e 2 Cabos no Mastro Telescópico	Cilindro Hidráulico e 2 Cabos no Mastro Telescópico
Capacidade de perfuração (m)	2.000	2.000	1.800
Capacidade de	113.600 / 250.000	100.000 / 220.000	91.000 / 200.000

elevação (kg / lb)			
Velocidade de elevação (m/s)	1	1	0,5
Pull down (kg / lb)	56.800 / 125.000	20.000 / 44.000	14.545 / 32.000
Capacidade de manuseio de revestimento (Range / m)	III / 13,4	III / 13,4	III / 13,4
Altura livre no mastro (m)	24	26,8	15,2
Altura livre subestrutura (m)	3,66	4,32	3,15
Capacidade do Top drive (kg)	100.000	100.000	91.000
Cunha automática	Opcional	Cunha solidária a braço de elevação em guia vertical	Cunha solidária a braço de elevação em guia em pivô
Sistema de manuseio do BOP	Opcional / Carro com trilhos guia, sistema de elevação e painel de controle	Carro com trilhos guia, sistema de elevação e painel de controle	Opcional / Carro com trilhos guia, sistema de elevação e painel de controle
Acionamento do sistema de geração de energia com VFD	2 Motores Detroit Diesel 60, 14L de 685 hp	2 motores Caterpillar 600hp	Detroit Diesel DDC/MTU 12V-2000TA DDEC

3.5 Elaboração da ferramenta de modelagem

Para a aplicação da metodologia e análise dos dados coletados nesse trabalho foi-se elaborada uma planilha eletrônica usando-se o software Microsoft Excel®. A escolha se deu pela fácil disponibilidade e pelo poder de seus recursos, abrangendo de forma simples todas as necessidades da metodologia.

A mesma ferramenta também foi utilizada como questionário, e este aplicado junto ao tomador de decisão durante as reuniões citadas anteriormente. O modelo de questionário utilizado se encontra disponível no anexo 1.

A aplicação do questionário se deu em duas etapas, na primeira foi feita uma comparação par a par entre os critérios, para determinar a importância relativa entre estes e na segunda entre as alternativas para cada um dos critérios, como explicitado do capítulo 2.

Uma das vantagens percebidas pela utilização de questionários *on-line*, isto é, no próprio computador, foi a percepção instantânea de problemas relativos a inconsistência dos julgamentos, que podiam ser resolvidos a medida que iam aparecendo.

Finalizado esse processo, o próximo passo é o de analisar de forma mais detalhada, junto à ferramenta desenvolvida e o tomador de decisão o processamento dos dados obtidos, objetivando um possível aprimoramento do modelo.

Capítulo 4

Resultados e Discussão

O objetivo deste capítulo é apresentar os resultados obtidos com a aplicação dos dados coletados no modelo de auxílio à tomada de decisão desenvolvido.

O capítulo apresenta o índice de consistência resultante das ponderações do decisor, tendo o objetivo de comprovar a validade da pesquisa. Em seguida o resultado das ponderações do decisor com relação aos critérios de avaliação, as alternativas de solução do problema, a apresentação do escore global das alternativas, uma aplicação de análise de sensibilidade ao modelo proposto e algumas ponderações sobre o resultado.

4.1 Estruturação do Problema de Decisão

4.1.1 Definição dos Critérios

Os critérios considerados mais relevantes e selecionados durante as etapas anteriores foram:

- *Custo (CST)*: O custo está diretamente ligado à viabilidade ou não do projeto para o qual o equipamento vai ser contratado. Nesse critério não está incluído simplesmente o custo de contratação do equipamento, mas os custos necessários para a operação diária (incluindo pessoal, equipamentos e insumos), o custo de mobilização, que é o custo relativo a transferência do equipamento de uma locação para outra e por último o custo

do equipamento quando este não estiver operando por algum motivo (sendo transferido, ou aguardando algum tipo de liberação);

- *Mobilidade (MOD)*: Se refere a facilidade ou velocidade com que a sonda de perfuração pode ser desmontada, transportada para uma nova locação e montada novamente antes de começar a operar. Os contratos de sondas de perfuração são feitos de modo que estas possam atender vários projetos de perfuração em diferentes locações, por esse motivo e por necessitar de uma grande mobilização de recursos para sua movimentação, esse critério tem um grande impacto na viabilidade ou não da contratação do equipamento. Aqui pode ser considerada a quantidade de cargas necessárias para montagem na locação e a existência de meios de locomoção próprios da sonda (cargas sobre rodas), ou a necessidade de contratação de meios de movimentação e locomoção extras para o transporte e movimentação da mesma;
- *Automatização (AUT)*: Com o advento de novas tecnologias, muitas das atividades executadas manualmente nas sondas de perfuração foram automatizadas. Esse processo além de tornar mais confiável a operação dos equipamentos, já que as ações podem ser tomadas com base em dados colhidos em tempo real e automaticamente, tornou a operação mais segura, já que a interferência humana é menos necessária e conseqüentemente menos susceptível a falhas humanas, reduzindo assim os riscos de acidente. Um alto grau de automação também permite uma melhora no desempenho e eficiência na utilização dos equipamentos das sondas. Outro fato a se considerar é a existência de equipamentos extras, que não são estritamente necessários ao projeto em questão, mas podem ser utilizados para melhor o desempenho dos serviços;
- *Suporte Técnico (SUP)*: Diz respeito a disponibilidade e facilidade para a obtenção de suporte técnico caso este seja necessário durante o período de contratação do equipamento. Para esse critério foi considerada a existência de equipamentos reserva que possam substituir os equipamentos indispensáveis ao funcionamento da sonda no caso de falha dos mesmos. A nacionalização dos equipamentos utilizados na sonda ou a existência de equipamentos nacionais similares, o que facilitaria e baratearia a aquisição destes, em caso de falha. E por último a existência ou a facilidade com que se conseguiria suporte técnico local (provisto pela empresa contratada ou não) para os equipamentos da sonda caso este venha a ser necessário;
- *Velocidade de conclusão do serviço (VEL)*: Diz respeito ao desempenho da sonda de perfuração. Aqui se levou em conta não somente a desempenho da sonda durante a

perfuração dos poços (sua taxa de perfuração), mas também o quanto essa sonda está susceptível a falhas, à existência de um histórico de manutenção e operação;

- *Disponibilidade para começar a operar (DISP)*: Pelo fato da grande demanda por contratação desse tipo de equipamento, nem sempre as sondas licitadas estão disponibilizadas imediatamente para os contratantes, algumas estão em fase final de conclusão de outros contratos ou de manutenção, ou ainda estão sendo fabricadas. O tempo até que uma determinada sonda de perfuração esteja liberada para a empresa contratante é com certeza um fator de aceitação ou não de uma proposta. Como a atividade de perfuração de poços de petróleo envolve inúmeras outras etapas (como por exemplo, liberações ambientais e de recursos), a existência de um determinado prazo antes da liberação das sondas de perfuração, desde que dentro dos limites aceitados pelo projeto, é tolerada.

4.1.2 Hierarquia

Foram definidos 3 níveis de hierarquia para o modelo, o primeiro para o objetivo principal: “Otimizar o processo de tomada de decisão para a contratação de sondas de perfuração”. O segundo para os critérios selecionados de modo a refletir a opinião do decisor, e o último, para as alternativas a serem analisadas.

A representação final da hierarquia de decisão característica da metodologia AHP aplicada a esse processo decisório pode ser vista na figura 4.1:

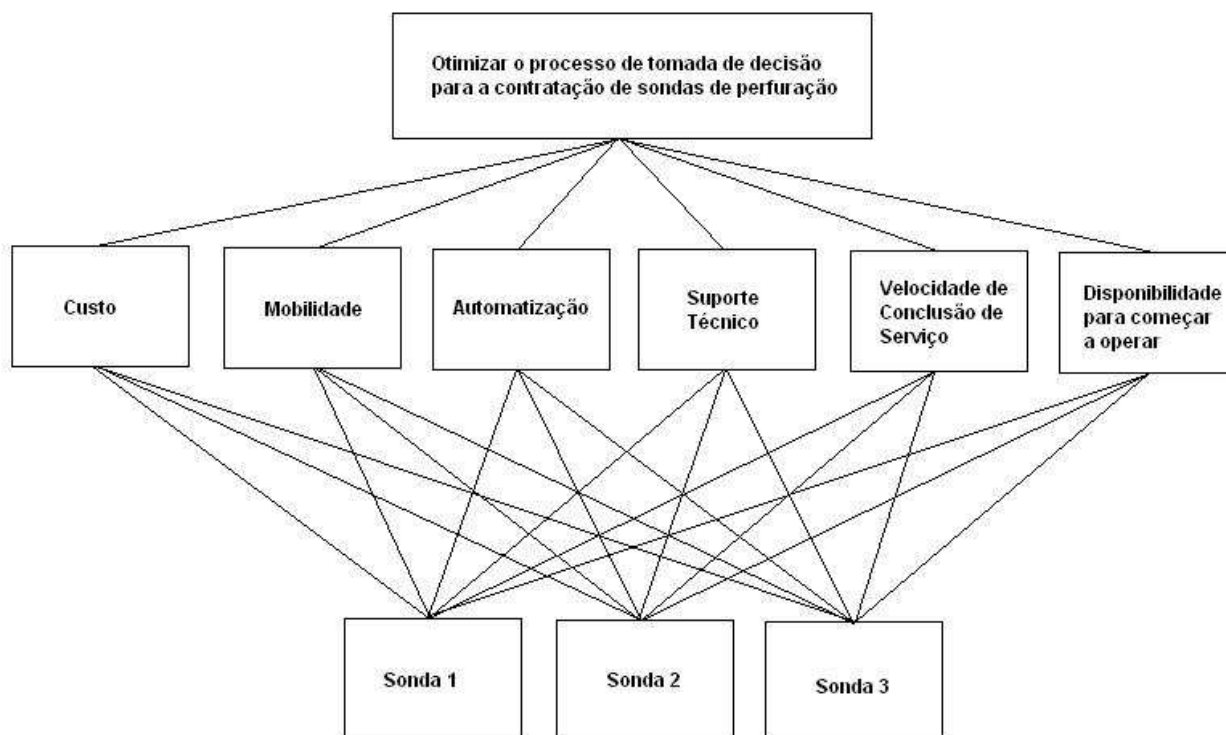


Figura 4.1: Estrutura Hierárquica do Problema proposto

4.2 Análise de Consistência dos Julgamentos

A subjetividade é uma característica inerente à grande maioria dos processos de decisão, em especial aos complexos. Com o objetivo de quantificar essa subjetividade e contornar essa limitação dos processos de auxílio à tomada de decisão, a metodologia AHP sugere a utilização de uma razão de consistência, que indicará o quanto as ponderações do decisor estão consistentes. Como explicado anteriormente (capítulo 2, item 2.4.2.3) o limite sugerido e calculado por Saaty para a razão de consistência é de 10% (ou 0,1).

A tabela a seguir mostra a RC final calculada para a ponderação dos critérios e das alternativas em relação a cada um dos critérios.

Tabela 4.1: Resultado da Análise de Consistência

Item	RC	RC (%)
Crítérios	0,0712	7%
Custo	0,0096	1%
Mobilidade	0,0000	0%
Automatização	0,0523	5%
Suporte Técnico	0,0523	5%
Velocidade de conclusão do serviço	0,0523	5%
Disponibilidade para começar a operar	0,0179	2%

Como pode ser observado, todas as RC calculadas estão abaixo do limite especificado pela metodologia, o que valida a pesquisa realizada e elimina a necessidade de revisão das comparações pelos decisores.

4.3 Pesos relativos entre os critérios

Após algumas reuniões com o decisor, e seguindo os procedimentos definidos o peso relativo entre os critérios de avaliação pôde ser determinado. O resultado pode ser observado na tabela 4.2:

Tabela 4.2: Peso relativo dos critérios

Critério	Peso Relativo	Peso relativo (%)
Custo	0,0701	7%
Mobilidade	0,1553	16%
Automatização	0,3287	33%
Suporte Técnico	0,1499	15%
Velocidade de conclusão do serviço	0,2119	21%
Disponibilidade para começar a operar	0,0841	8%
Total	1,0000	100%

Para facilitar a visualização da preferência relativa entre os critérios, seus pesos foram apresentados graficamente (fig. 4.2).

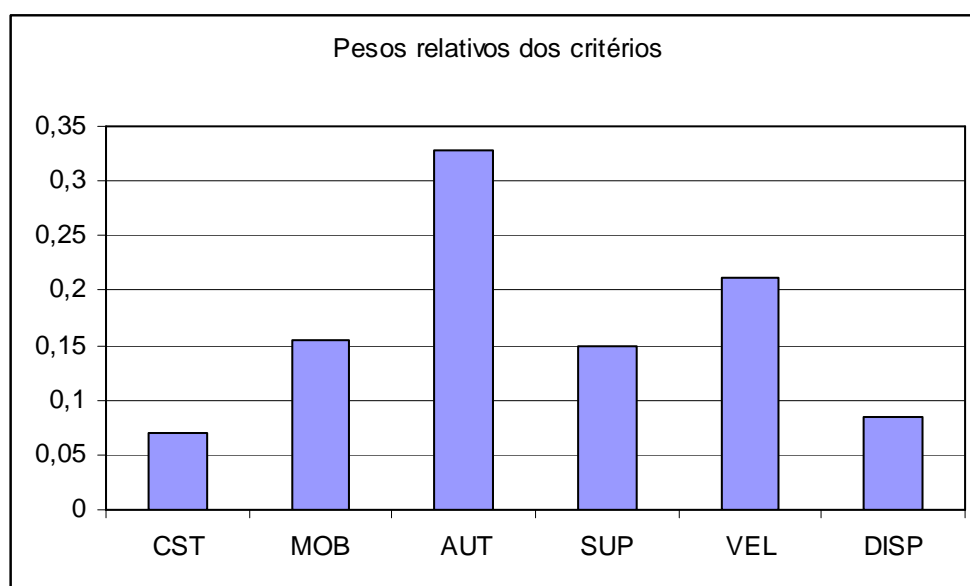


Figura 4.2: Gráfico dos pesos relativos dos critérios

Pode-se observar, de acordo com a as escolhas do tomador de decisão, que o critério automatização teve a maior ordem de preferência, com um peso de 33% e o critério custo a menor, 7%. De acordo com o tomador de decisão, esses números são perfeitamente justificados devido ao cenário econômico atual, onde o preço do barril de petróleo atinge altas históricas, tornando a eficiência e otimização da sua extração um ponto chave do plano estratégico das empresas exploradoras. Isso também pode ser comprovado pelo segundo critério com maior peso relativo, “velocidade de conclusão do serviço”, com 21% de preferência em relação aos outros critérios.

4.4 Avaliação das alternativas

Com base nos critérios apresentados nos capítulos anteriores e seus pesos relativos, as três sondas de perfuração escolhidas como possíveis soluções para o problema proposto puderam ser avaliadas.

A seguir são apresentados os resultados das comparações par a par entre as alternativas para cada um dos critérios individualmente.

4.4.1 Custo

Pode-se observar na tabela 4.3, que a sonda 3, apesar de ter o custo mais elevado foi a que obteve o maior escore global (tabela 4.9), isto graças ao peso relativo desse critério ser bem inferior a maioria dos demais.

Tabela 4.3: Importância relativa do critério custo

ALTERNATIVA	CUSTO
SONDA 1	0,0115
SONDA 2	0,0208
SONDA 3	0,0378

O gráfico a seguir (figura 4.3) representa a importância relativa entre as três sondas de perfuração analisadas em relação ao critério “custo”.

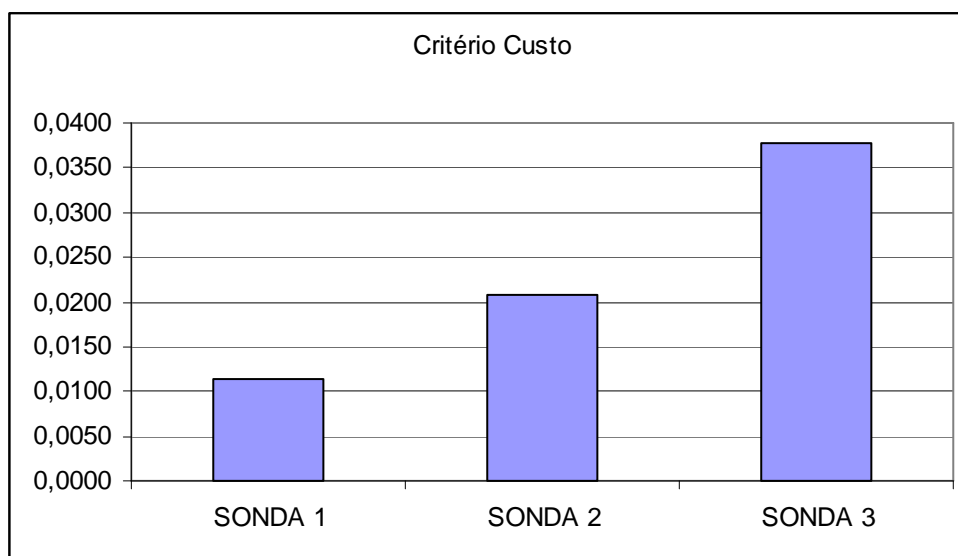


Figura 4.3: Importância relativa do critério custo

4.4.2 Mobilidade

Com relação à mobilidade, pode-se observar na tabela 4.4 um certo grau de preferência das alternativas 2 e 3 em relação à alternativa 1.

Tabela 4.4: Importância relativa do critério Mobilidade

ALTERNATIVA	MOBILIDADE
SONDA 1	0,0311
SONDA 2	0,0621
SONDA 3	0,0621

O gráfico a seguir (figura 4.4) representa a importância relativa entre as três sondas de perfuração analisadas em relação ao critério “mobilidade”.

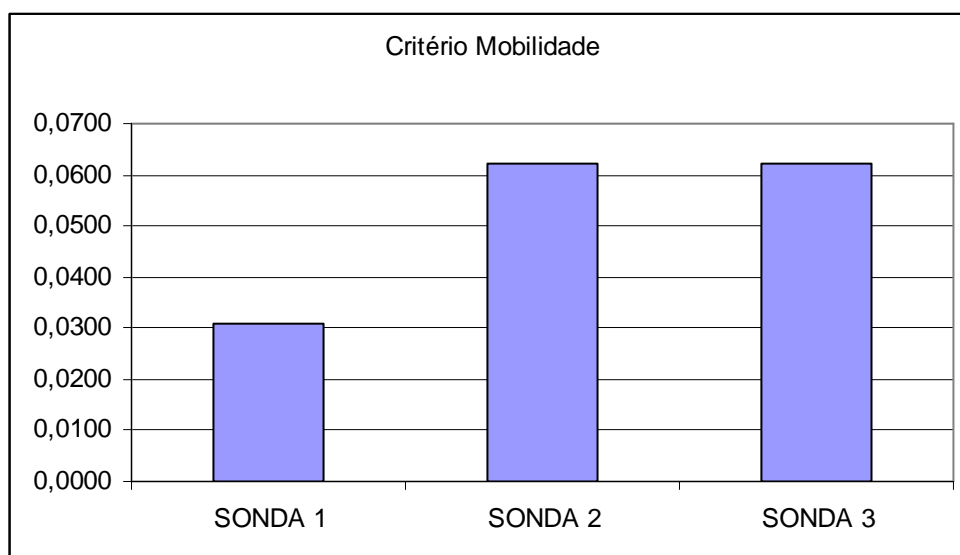


Figura 4.4: Importância relativa do critério Mobilidade

4.4.3 Automatização

Por se tratar de um dos critérios com maior peso relativo, o fato da sonda 1 ter se destacado em relação a este critério (tabela 4.5) fez com que seu escore global se elevasse em relação aos demais.

Tabela 4.5: Importância relativa do critério Automatização

ALTERNATIVA	AUTOMATIZAÇÃO
SONDA 1	0,1621
SONDA 2	0,0643
SONDA 3	0,1023

O gráfico a seguir (figura 4.5) representa a importância relativa entre as três sondas de perfuração analisadas em relação ao critério “automatização”.

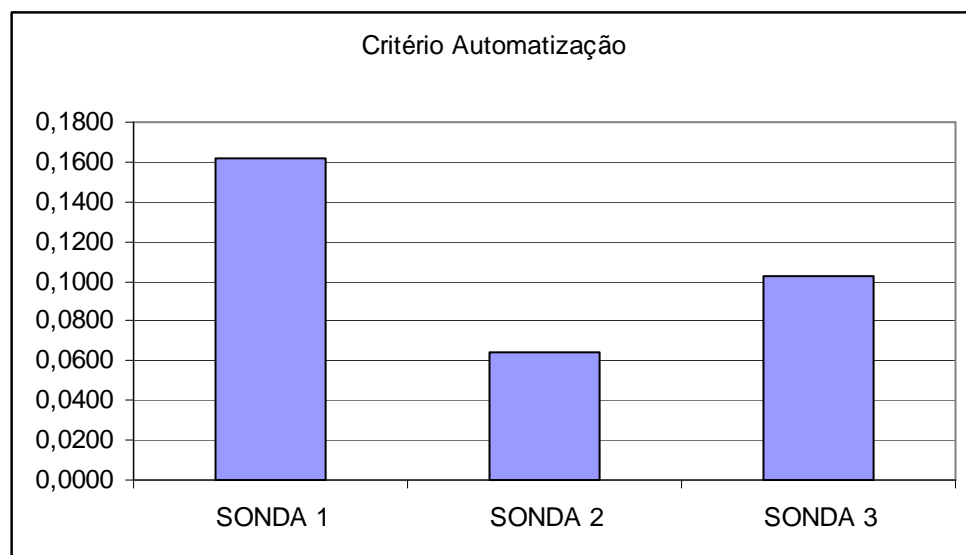


Figura 4.5: Importância relativa do critério Automatização

4.4.4 Suporte Técnico

O critério tem um peso relativo médio, e nele a opção 3 se mostrou duas vezes mais importante que a opção 1 (Tabela 4.6). A opção 2 se mostrou um pouco mais importante que a opção 1, o que corrobora para seu escore global se inferior ou desta.

Tabela 4.6: Importância relativa do critério Suporte Técnico

ALTERNATIVA	SUP. TÉCNICO
SONDA 1	0,0293
SONDA 2	0,0467
SONDA 3	0,0739

O gráfico a seguir (Figura 4.6) representa a importância relativa entre as três sondas de perfuração analisadas em relação ao critério “suporte técnico”.

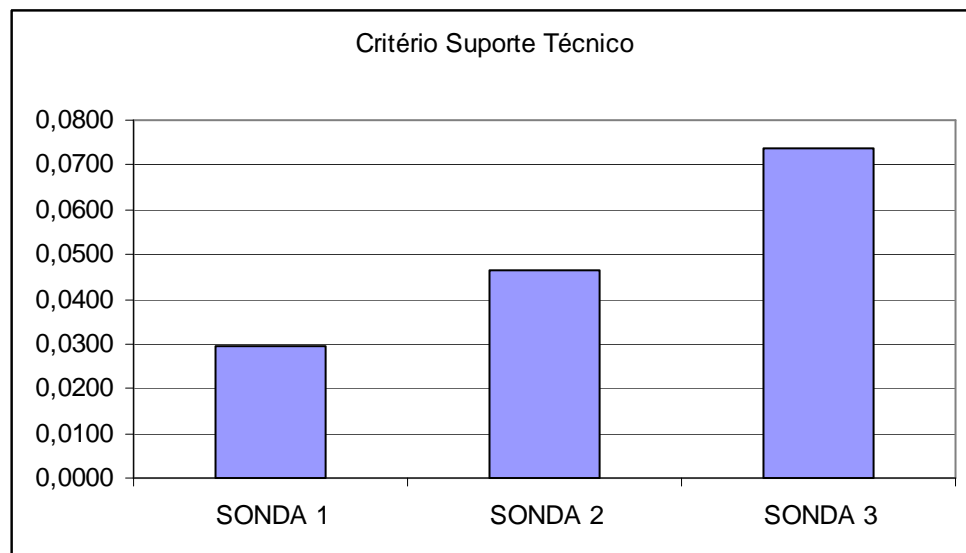


Figura 4.6: Importância relativa do critério Suporte Técnico

4.4.5 Velocidade de conclusão do serviço

Outro critério que tem um peso relativo alto. Mais uma vez a opção 1 se mostrou superior as demais (tabela 4.7), aumentando ainda mais seu escore global em relação às outras opções.

Tabela 4.7: Importância relativa do critério Velocidade de Conclusão do Serviço

ALTERNATIVA	VEL. DE CONC. DO SERV.
SONDA 1	0,1045
SONDA 2	0,0415
SONDA 3	0,0659

O gráfico a seguir (figura 4.7) representa a importância relativa entre as três sondas de perfuração analisadas em relação ao critério “velocidade de conclusão do serviço”.

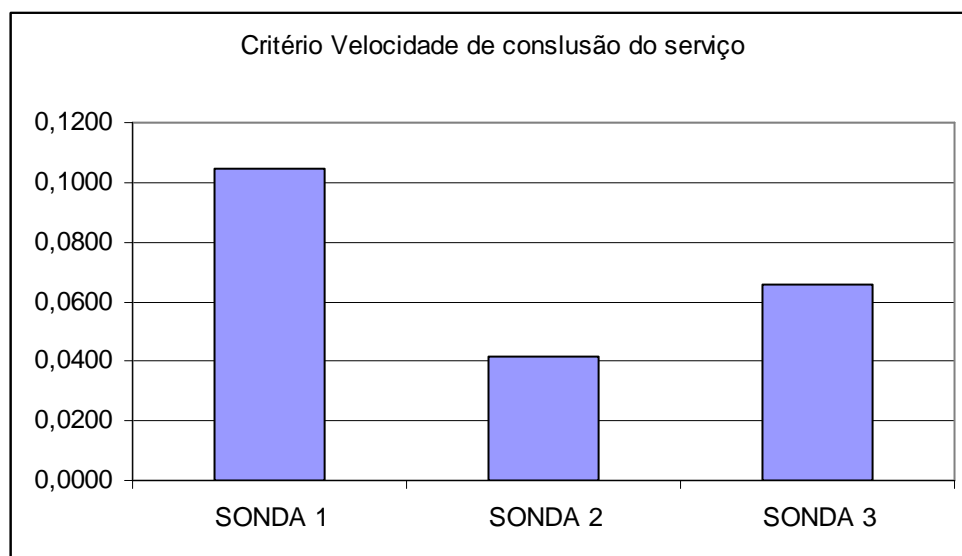


Figura 4.7: Importância relativa do critério Velocidade de Conclusão do Serviço

4.4.6 Disponibilidade para começar a operar

Por ter o segundo menor peso relativo entre os critérios, tem menos representatividade em relação ao escore global das alternativas do que a maioria dos outros critérios (tabela 4.8).

Tabela 4.8: Importância relativa do critério Disponibilidade para começar a operar

ALTERNATIVA	DISP. PARA COM. A OP.
SONDA 1	0,0142
SONDA 2	0,0326
SONDA 3	0,0373

O gráfico a seguir (figura 4.8) representa a importância relativa entre as três sondas de perfuração analisadas em relação ao critério “disponibilidade para começar a operar”.

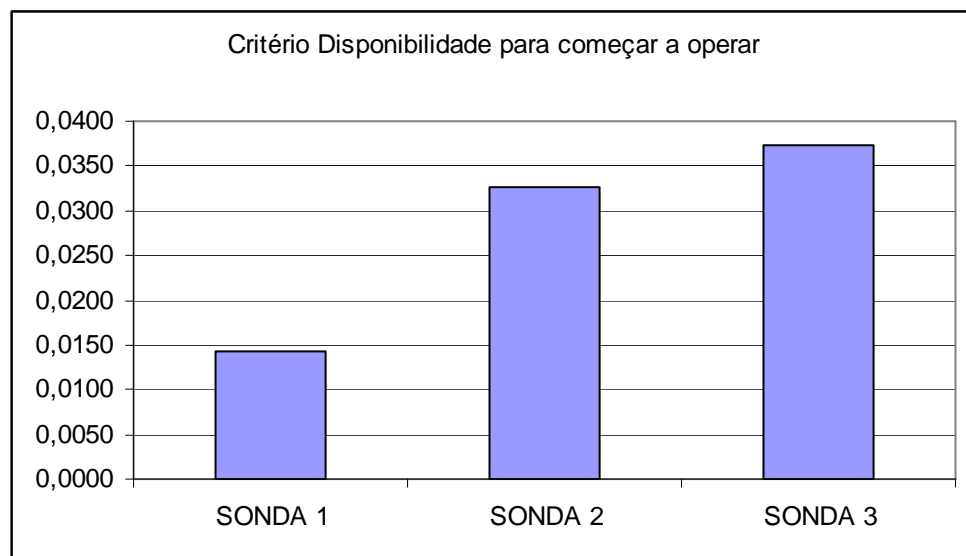


Figura 4.8: Importância relativa do critério Disponibilidade para Começar a Operar

4.4.7 Escore global das alternativas

Com base na importância relativa entre os critérios e a comparação de cada alternativa individualmente para cada um dos critérios, chega-se a tabela 4.9, que contém os índices de importância das alternativas em relação aos critérios e o seu escore global, que é a importância relativa entre cada uma das alternativas. A alternativa com maior importância relativa é a sugerida como solução (ou a melhor solução) para o problema.

Tabela 4.9: Escore global das alternativas

Critério	Sonda 1	Sonda 2	Sonda 3
Custo	0,0115	0,0208	0,0378
Mobilidade	0,0311	0,0621	0,0621
Automatização	0,1621	0,0643	0,1023
Suporte Técnico	0,0293	0,0467	0,0739
Velocidade de conclusão do serviço	0,1045	0,0415	0,0659
Disponibilidade para começar a operar	0,0142	0,0326	0,0373
Escore global	0,3527	0,2679	0,3794
Escore global (%)	35%	27%	38%

O gráfico a seguir (figura 4.9) representa os índices de importância relativa de cada uma das alternativas em relação aos critérios.

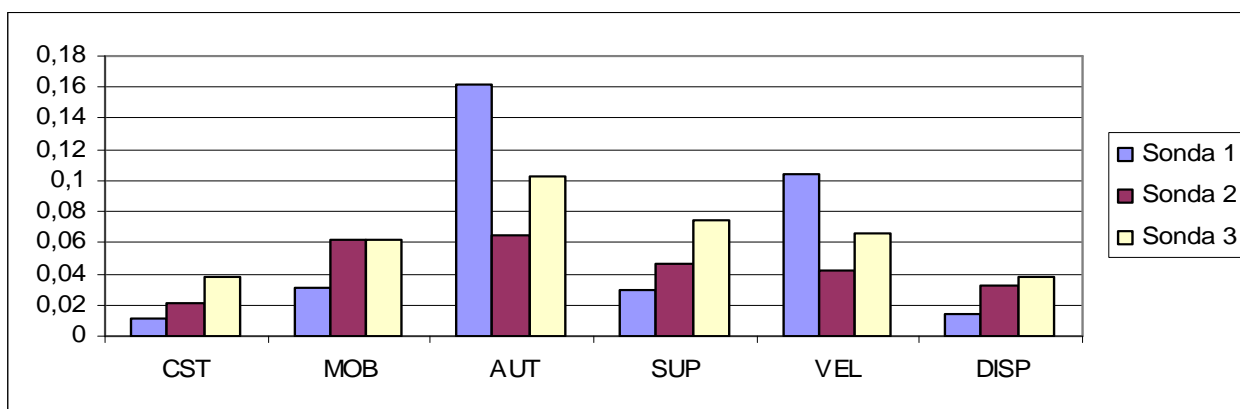


Figura 4.9: Escore global das alternativas

É de fácil visualização na figura 4.9 que a alternativa 3 é superior a alternativa 2 em praticamente todos os critérios. Contudo, essa superioridade não é facilmente observada em relação à alternativa 1.

Com esse resultado, pode-se observar que apesar dos escores globais das três sondas estarem muito próximos, existe uma preferência pela contratação das sondas de

perfuração 3, 1 e 2 respectivamente. Essa proximidade entre as ordens de preferência das três alternativas demonstra mais uma vez a importância da utilização de metodologias de auxílio à tomada de decisão que permitam a quantificação das preferências dos decisores, principalmente em decisões complexas como a apresentada no trabalho.

4.5 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade permite examinar a extensão com que a vagueza sobre as entradas ou discordância entre as pessoas faz alguma diferença para os resultados finais (Dodgson et al, 2001).

A análise de sensibilidade é conduzida de modo a avaliar o qual sensível são os resultados obtidos em razão de variações nos pesos atribuídos aos critérios de avaliação e proporcionar uma maior clareza sobre todo o processo decisório.

Nesse trabalho, a análise de sensibilidade foi realizada em seis diferentes etapas e em cada uma delas a importância relativa (peso) de um dos critérios foi variada e a diferença entre o valor original e o valor modificado foi distribuída de forma proporcional de acordo com o peso dos demais critérios. Com o objetivo de vislumbrar o efeito da variação do peso em toda sua faixa (0 a 1), a taxa de variação escolhida foi de 0,1.

Cada uma das seis etapas é descrita a seguir e a importância relativa das alternativas para cada critério, bem como, o escore global atingido por cada alternativa apresentado. Ao final é apresentada uma análise dos resultados obtidos.

4.5.1 Variação do critério Custo

A variação da importância relativa do critério custo permite vislumbrar a tendência das retas de escore global a medida que este critério varia. Essas linhas de tendência podem ser observadas na figura 4,10.

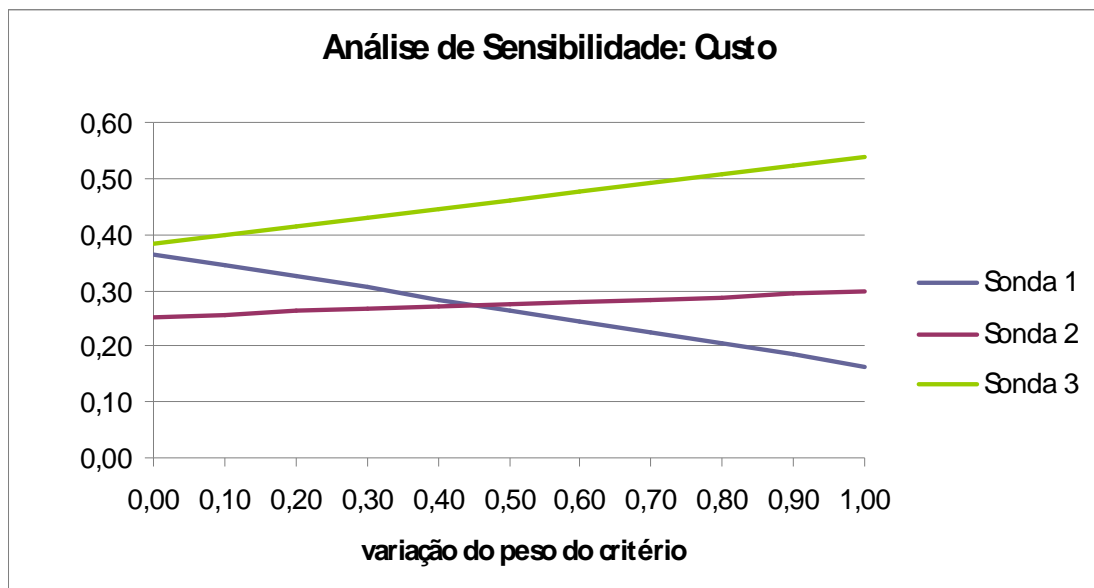


Figura 4.10: Análise de sensibilidade – Variação do escore global do critério Custo

Pode-se observar de acordo com a figura 4.10 que a alternativa 3 continua sendo superior as outras duas independente da variação do critério. A alternativa 1 que de acordo com a análise inicial foi a segunda escolha, permaneceu nessa posição por uma parte da faixa de variação do peso.

4.5.2 Variação do critério Mobilidade

A variação da importância relativa do critério mobilidade permite vislumbrar a tendência das retas de escore global a medida que este critério varia. Essas linhas de tendência podem ser observadas na figura 4,11.

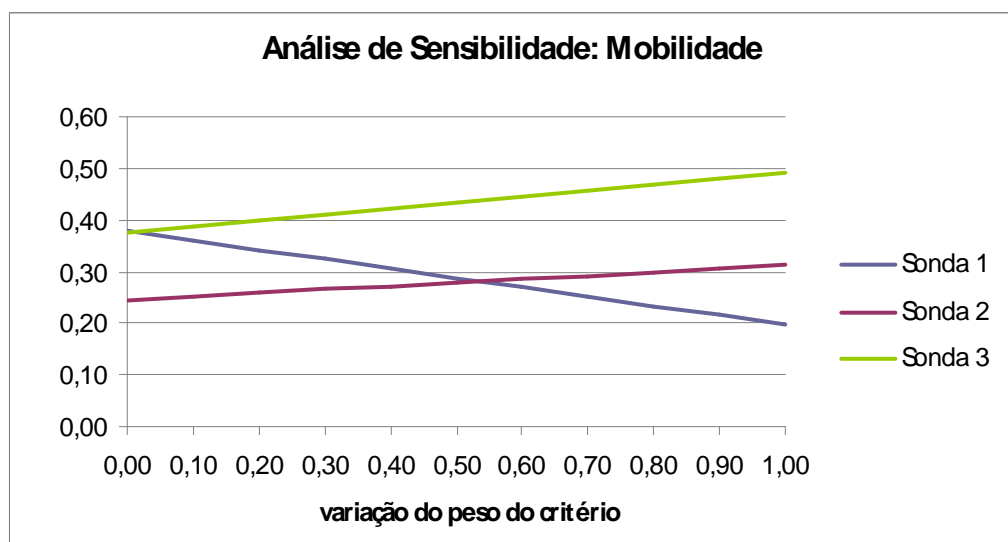


Figura 4.11: Análise de sensibilidade – Variação do escore global do critério Mobilidade

Pode-se observar de acordo com a figura 4.11 que a alternativa 3 continua sendo superior as outras duas independente da variação do critério. A alternativa 1 que de acordo com a análise inicial foi a segunda escolha, permaneceu nessa posição por uma parte da faixa de variação do peso.

4.5.3 Variação do critério Automação

A variação da importância relativa do critério automaização permite vislumbrar a tendência das retas de score global a medida que este critério varia. Essas linhas de tendência podem ser observadas na figura 4,12.

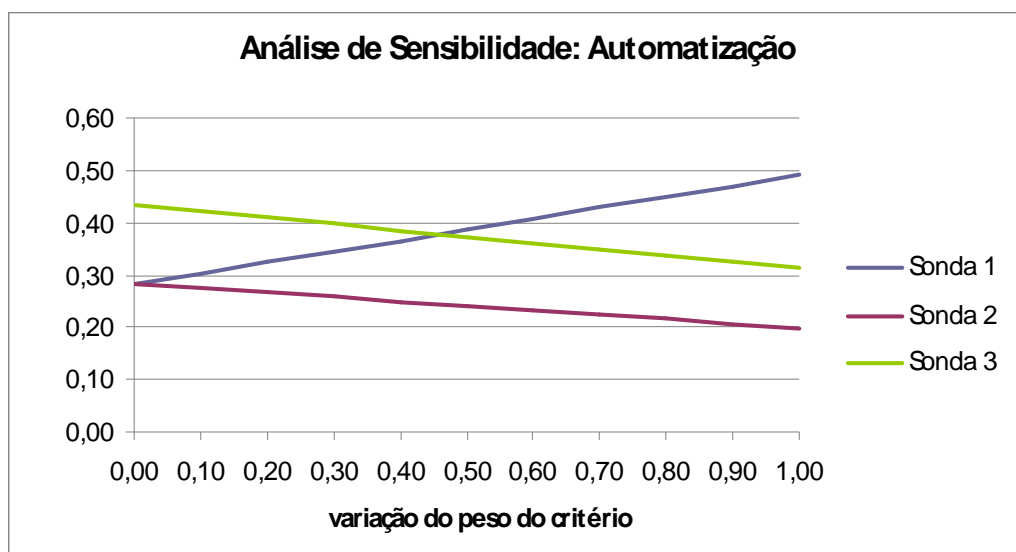


Figura 4.12: Análise de sensibilidade – Variação do score global do critério Automação

Pode-se observar de acordo com a figura 4.12 que a alternativa 3, que de acordo com a análise inicial foi a primeira escolha, permaneceu nessa posição por uma parte da faixa de variação do peso. A alternativa 1 (segunda escolha de acordo com o decisor) assume a primeira posição a medida que o peso do critério vai aumentando, outro fato a ser observado, é que devido essa alternativa ter seu peso relativo alto em relação a esse critério, a declividade da sua reta de score global é mais acentuada. A alternativa 2 se mostrou inferior às demais independente da variação do peso do critério.

4.5.4 Variação do critério Suporte Técnico

A variação da importância relativa do critério suporte técnico permite vislumbrar a tendência das retas de escore global a medida que este critério varia. Essas linhas de tendência podem ser observadas na figura 4,13.

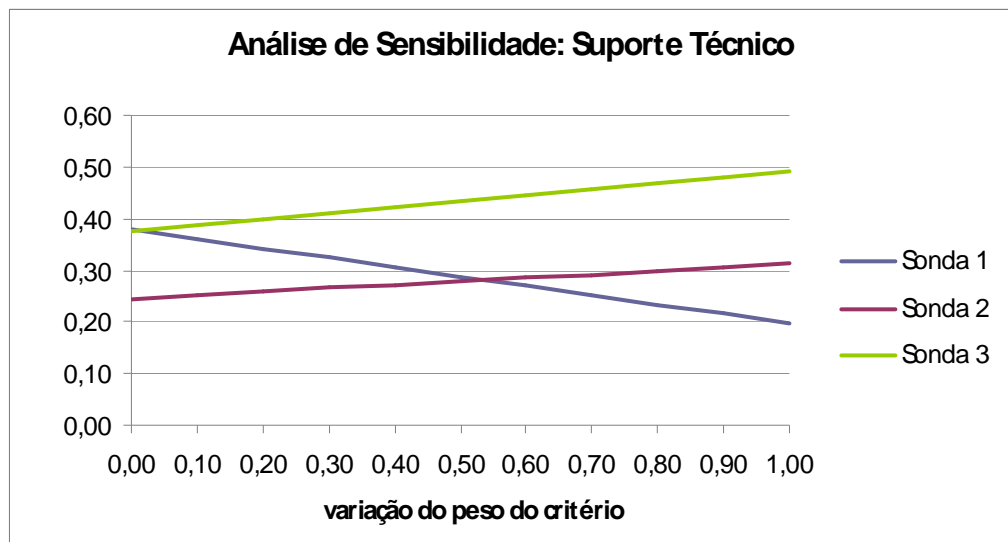


Figura 4.13: Análise de sensibilidade – Variação do escore global do critério Suporte Técnico

Pode-se observar de acordo com a figura 4.13 que a alternativa 3 continua sendo superior as outras duas independente da variação do critério. A alternativa 1 que de acordo com a análise inicial foi a segunda escolha, permaneceu nessa posição por uma parte da faixa de variação do peso.

4.5.5 Variação do critério Velocidade de conclusão do serviço

A variação da importância relativa do critério velocidade de conclusão do serviço permite vislumbrar a tendência das retas de escore global a medida que este critério varia. Essas linhas de tendência podem ser observadas na figura 4,14.

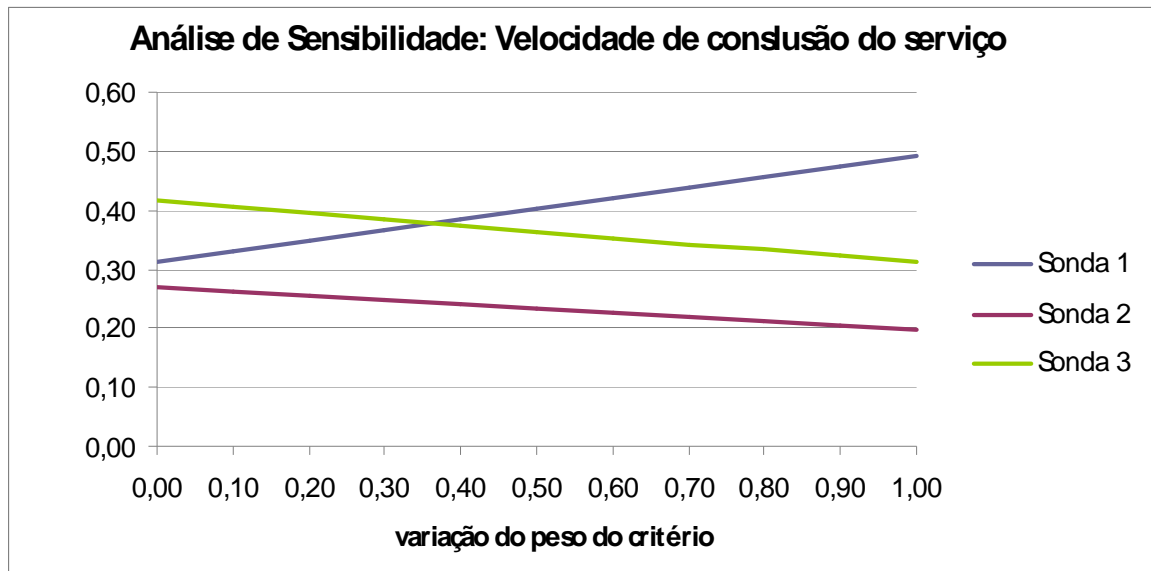


Figura 4.14: Análise de sensibilidade – Variação do escore global do critério Velocidade de conclusão do serviço

Pode-se observar de acordo com a figura 4.14 que a alternativa 3, que de acordo com a análise inicial foi a primeira escolha, permaneceu nessa posição por uma parte da faixa de variação do peso. A alternativa 1 (segunda escolha de acordo com o decisor) assume a primeira posição a medida que o peso do critério vai aumentando, outro fato a ser observado, é que devido essa alternativa ter seu peso relativo alto em relação a esse critério, a declividade da sua reta de escore global é mais acentuada. A alternativa 2 se mostrou inferior às demais independente da variação do peso do critério.

4.5.6 Variação do critério Disponibilidade para começar a operar

A variação da importância relativa do critério velocidade de conclusão do serviço permite vislumbrar a tendência das retas de escore global a medida que este critério varia. Essas linhas de tendência podem ser observadas na figura 4,15.

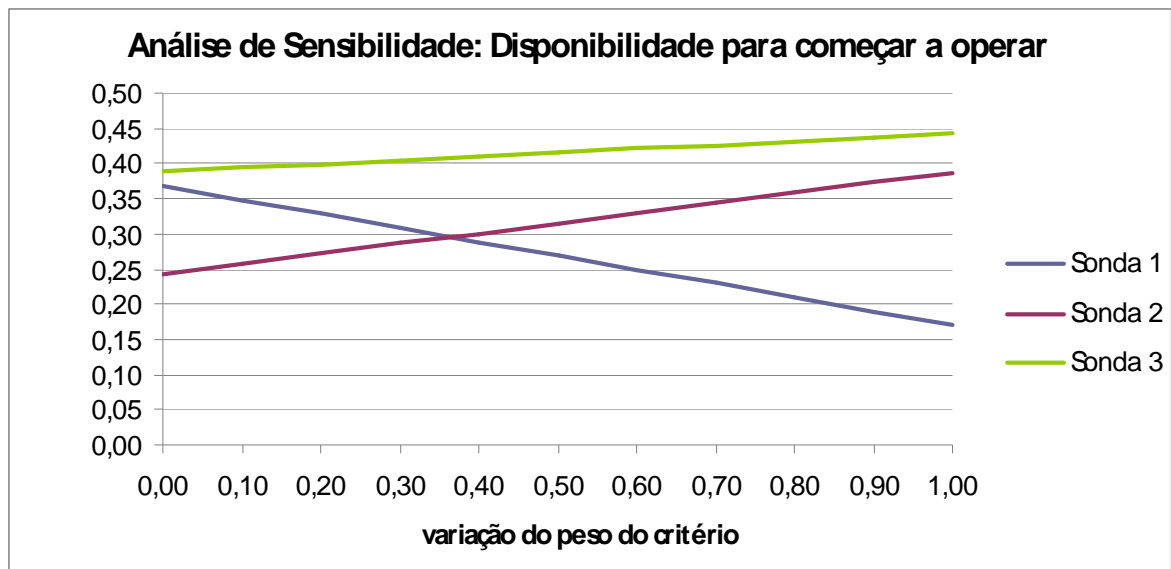


Figura 4.15: Análise de sensibilidade – Variação do escore global do critério Disponibilidade para começar a operar

Pode-se observar de acordo com a figura 4.15 que a alternativa 3 continua sendo superior as outras duas independente da variação do critério. A alternativa 1 que de acordo com a análise inicial foi a segunda escolha, permaneceu nessa posição por uma parte da faixa de variação do peso.

4.5.7 Resultado geral da análise de sensibilidade

O que pode ser observado com a análise de sensibilidade é mesmo com os pesos dos critérios variando de 0 a 1 (os extremos), a alternativa 3, que foi a alternativa escolhida inicialmente, se mostrou superior as demais em 4 dos 6 casos apresentados. Com relação as alternativas 1 e 2, a alternativa 1, que foi a segunda escolha de acordo com o decisor, se mostrou superior a 2 em dois dos casos apresentados, justamente os dois com critérios com pesos relativos mais elevados, o que corroborou com sua escolha como segunda opção.

A análise de sensibilidade, como foi dito anteriormente, possibilita ao tomador de decisão um maior entendimento do processo decisório, confirmando por exemplo, que no caso específico apresentado no trabalho, a alternativa 1 se mostrou como segunda opção de escolha principalmente devido ao fato dos critérios automatização e velocidade de conclusão do serviço terem um peso grande em relação aos outros e esta alternativa um peso relativo maior nestes critérios em relação as demais.

Capítulo 5

Conclusões e Recomendações

Apresenta-se nesse capítulo uma análise crítica sobre os resultados obtidos na pesquisa e os objetivos propostos, suas implicações teóricas e práticas, as limitações encontradas durante o desenvolvimento do trabalho, recomendações para a continuidade das pesquisas relativas ao tema abordado, bem como as conclusões do autor.

5.1 Principais Resultados da Pesquisa

O trabalho demonstrou que é possível, a utilização da metodologia AHP como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão quanto à contratação de sondas de perfuração de poços de petróleo e gás natural, bem como sua utilização como forma de facilitar a criação e o entendimento de critérios de avaliação para esse tipo de decisão.

O trabalho se propunha a desenvolver um modelo onde dados reais poderiam ser utilizados, e este aplicado a uma situação de tomada de decisão a fim de comprovar a possibilidade de utilização da metodologia AHP e sua eficiência na otimização desse processo. Neste sentido todos os objetivos foram atingidos, já que o modelo foi desenvolvido e aplicado, e segundo a opinião do decisor, é uma ferramenta que se devidamente explorada pode ser de grande auxílio em decisões gerenciais e estratégicas nessa área.

Apesar de a alternativa selecionada como primeira opção coincidentemente ser a alternativa com o menor custo, isso não significa que esta seria a proposta que apresentaria o menor valor no caso de um processo licitatório onde o único critério avaliado seria o custo, já que no nosso caso, o critério custo engloba diversos outros custos, que em determinadas situações, podem chegar a ultrapassar o valor estipulado como diária contratual. Além disso, o modelo foi capaz de ordenar as alternativas de acordo com as preferências do decisor, explicitando a importância de avaliar as alternativas com relação a outros critérios, tendo sua eficiência comprovada a partir das razões de consistência obtidas e da análise de sensibilidade.

5.2 Implicações Teóricas

Os métodos multicriteriais de apoio à tomada de decisão, mostram-se como ferramentas poderosas no auxílio à tomada de decisões complexas. Sua capacidade de levar em consideração julgamentos, objetivos e subjetivos, permite que os decisores expressem com maior facilidade seus pensamentos e experiências.

Os julgamentos par a par que facilitam a percepção da importância relativa entre os critérios e alternativas avaliadas, apesar de ser de grande ajuda nesse sentido, podem se tornar cansativos e até dificultar a utilização do método, caso se tornem numerosas. Entretanto, essa deficiência pode ser contornada, caso seja realmente necessário um número maior de comparações, com pequenos ajustes na forma como as reuniões com os decisores são conduzidas.

O método AHP se mostra também de grande valia, no sentido de possibilitar aos decisores um conhecimento ainda maior sobre o problema e as alternativas analisadas, permitindo não só que o modelo desenvolvido seja constantemente aprimorado, mas também as soluções propostas.

É interessante que os questionários sejam elaborados de forma simples, clara e direta, e principalmente que exista um comprometimento dos decisores quanto ao problema a ser solucionado e a metodologia de auxílio à tomada de decisão utilizada. Todos envolvidos no processo devem compreender e participar de todas suas etapas. Para esse entendimento, apresentações e simulações se mostraram bem úteis.

5.3 Implicações Gerenciais

O modelo se mostrou útil não só como ferramenta de auxílio a tomada de decisão, mas também por facilitar a compreensão do problema, permitindo aos decisores um entendimento mais aprofundado dos critérios de avaliação e de suas importâncias.

O modelo proposto serviu como uma ferramenta para demonstrar que critérios antes não considerados em licitações, para contratação de sondas de perfuração, podem ser importantes, e possibilita a sua utilização para que este tipo de contrato (as licitações) seja aprimorado.

5.4 Aplicações Práticas

O sistema mostrou-se perfeitamente utilizável para a finalidade a qual foi concebido, auxiliar decisores à tomada de decisão quanto a contratação de sondas de perfuração e aprimorar o conhecimento destes em relação a esse problema.

Por ser uma ferramenta de baixo custo, flexível, que pode ser constantemente aprimorada à medida que novas decisões são tomadas, e bem adaptável, podendo ser utilizado em conjunto com um sistema de gerenciamento de banco de dados, por exemplo, para criar um sistema automático para escolha desse tipo de equipamento.

5.5 Limitações da Pesquisa

A limitação da pesquisa foi a dificuldade para reunir uma quantidade maior de especialistas no assunto especificado para atuar como decisores durante o desenvolvimento do modelo. Com um número maior de decisores, novas experiências seriam agregadas ao modelo. Entretanto, essa limitação não impossibilitou o desenvolvimento do modelo, devido à grande experiência do decisor consultado.

5.6 Direções da Pesquisa

As principais sugestões para trabalhos futuros são:

- Aplicar o modelo a um número maior de decisores, com o objetivo de confirmar e/ou aprimorar os critérios obtidos;
- Utilizar uma outra técnica multicritérial para confrontar os resultados obtidos com os resultados do modelo aqui proposto;

- Observar a possibilidade de utilizar o modelo de forma automática em conjunto com outras ferramentas, para ordenação de alternativas;
- Aplicar o modelo a um número maior de alternativas, obtendo assim uma amostra mais representativa para comprovar sua eficiência;
- Utilizar um modelo modificado como forma de avaliar sondas de perfuração já contratadas, identificando pontos fortes e pontos fracos a serem melhorados.

5.7 Conclusões

Os modelos multicriteriais de apoio à tomada de decisão são ferramentas importantes não só por auxiliar os decisores em suas tarefas, mas também por permitir um maior aprofundamento do problema analisado. Sua aplicação requer alguns cuidados, um pouco de experiência por parte do facilitador para conduzir sua aplicação e principalmente interesse por parte dos decisores.

O modelo apresentado foi capaz de ordenar as alternativas propostas de acordo com as preferências do decisor, e sua eficiência comprovada através dos testes propostos. Recomenda-se que o modelo continue sendo utilizado e aprimorado de forma a auxiliar tomadas de decisões complexas como a proposta pelo trabalho.

5.8 Recomendações

A partir dos resultados obtidos recomenda-se a aplicação da metodologia e do modelo construído em suas decisões como forma de auxílio à decisão e aprofundamento do conhecimento a respeito do tema abordado.

Referências

- ALMEIDA, P. P., Aplicação do Método AHP – Processo Analítico Hierárquico – à Seleção de Helicópteros para Apoio Logístico à Exploração e Produção de Petróleo “Offshore”, Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, 2002.
- ALVES-MAZZOTI, *et al.* O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa. 2 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- BANA E COSTA, C.A. Processo de Apoio à Decisão: Problemáticas, Actores e Acções. Palestra Apresentada no Curso "Ambiente: Fundamentalismos e Pragmatismo", Seminário Pedro Nunes, Convento da Arrebida, Portugal. Agosto de 1993
- BANA E COSTA, C. A.; ENSSLIN, L.; CORRÊA, E. C.; VANSNICK, J. C. Decision Support Systems in Action: Integrated Application in a Multicriteria Decision Aid Process. *European Journal of Operational Research*, v.113, n.2, p.315-335, 1999.
- BISPO, C. Uma Análise da nova geração de Sistemas de Apoio a Decisão. Dissertação de mestrado, São Carlos 1998
- BOUYSSOU, D. Modeling inaccurate determination, uncertainty, imprecision using multiple criteria. In: LOCKETT, A.G., ISLEI, G. (eds.) *Improving Decision Making in Organizations*, Berlin: Springer, p. 78-87, 1989.
- BUCHANAN, L. et al. A Brief History of Decision Making. *Harvard Business Review*, Boston, V.84, n.1. p32-41. Jan.2006
- CORRÊA, E. C. Construção de um Modelo Multicritério de Apoio ao Processo Decisório. Florianópolis - Brasil, Dissertação de Mestrado – Depto. de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.
- DODGSON, J., SPACKMAN, M., PEARMAN, A., PHILIPS, L., *DTLR Multi-criteria analysis manual*, 2001.
- EHRlich, P. J., Modelos Quantitativos de Apoio à Decisão, *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, jan/jun, 1996.
- FORMAN, E. H., GASS S. I. The Analytic Hierarchy Process – An Exposition, *Operations Research*, Vol. 49, No. 4. 2001
- GIL, Antônio Carlos. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 5 ed. São Paulo, Atlas: 1999.

- GODOY, Arilda Schmidt. Introdução à Pesquisa Qualitativa e Suas Possibilidades. Revista de Administração de Empresas. São Paulo. v.35. n° 2. pg 57-63. mar/abr, 1995.
- GRANEMANN, S.R.; GARTNER, I.R. Seleção de financiamento para aquisição de aeronaves: Uma aplicação do método de análise hierárquica (AHP). Revista Transportes, Rio de Janeiro, v.6, p.18-40, 1998.
- HAMMOND, J. S et al. Decisões Inteligentes. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- HAMMOND, J. S.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. The hidden traps in decision making. Harvard Business Review. Sept./Oct. 1998.
- KEENEY, Ralph L.; Decision Analysis: Na overview. Woodward-Clyde Consultants. San Francisco, California. Jun 1982.
- MATTAR, Fauze Najib. Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- ROY, B. Multicriteria Methodology for Decision Aiding. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.
- ROY, B.; BOUYSSOU, D. Decision-aid: An Elementary Introduction with Emphasis on Multiple Criteria. Investigación Operativa, v.3, n.2 -3, p.175-190, 1993.
- SAATY, T.L., Método de Análise Hierárquica, McGraw – Hill, Makron, São Paulo, 1991.
- SAATY, T.L. Axiomatic Foundation of The Analytic Hierarchy Process. Management Science, v.32, n.7, p.841-855. Jul. 1986.
- SAATY, T.L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research, Amsterdam, v.48, p.9-26, 1990a.
- SARA, P.L, Modelagem da Decisão por Pacotes de Viagem: Um Estudo Usando Processo de Hierarquia Analítica – AHP, Dissertação de Mestrado, Natal, 2008.
- SCHMIDT, A. M., Processo de Apoio à Tomada de Decisão, Abordagens: AHP e MACBETH – 1995. Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 1995.
- SIMON, H. A. The new science of management decision. New York, USA: Harper and Brothers Publishers, 1960. (<http://www.janelanaweb.com/digitais/simondigest.html>).
- VARGAS, L. G. An overview of the analytic hierarchy process and its applications. European Journal of Operational Research. v.48, p.2-8, 1990.

Anexos

Anexo 1 – Questionário da Pesquisa

Tabela de avaliação dos critérios:

Grau de Inconsistência (GI) 0,07				
Critério A	A É MELHOR QUE B		B É MELHOR QUE A	Critério B
Custo	1 - Mesma Importância	X	1 - Mesma Importância	Mobilidade
Custo	1 - Mesma Importância	X	5 - Importância Grande ou essencial	Automatização
Custo	1 - Mesma Importância	X	3 - Importância pequena de uma sob	Suporte Técnico
Custo	1 - Mesma Importância	X	3 - Importância pequena de uma sob	Velocidade de conclusão do serviço
Custo	1 - Mesma Importância	X	2 - Valor intermediário	Disponibilidade para começar a operar
Critério A	A É MELHOR QUE B		B É MELHOR QUE A	Critério B
Mobilidade	1 - Mesma Importância	X	3 - Importância pequena de uma sob	Automatização
Mobilidade	2 - Valor intermediário	X	1 - Mesma Importância	Suporte Técnico
Mobilidade	1 - Mesma Importância	X	2 - Valor intermediário	Velocidade de conclusão do serviço
Mobilidade	3 - Importância pequena de uma sob	X	1 - Mesma Importância	Disponibilidade para começar a operar
Critério A	A É MELHOR QUE B		B É MELHOR QUE A	Critério B
Automatização	2 - Valor intermediário	X	1 - Mesma Importância	Suporte Técnico
Automatização	2 - Valor intermediário	X	1 - Mesma Importância	Velocidade de conclusão do serviço
Automatização	3 - Importância pequena de uma sob	X	1 - Mesma Importância	Disponibilidade para começar a operar
Critério A	A É MELHOR QUE B		B É MELHOR QUE A	Critério B
Suporte Técnico	1 - Mesma Importância	X	2 - Valor intermediário	Velocidade de conclusão do serviço
Suporte Técnico	3 - Importância pequena de uma sob	X	1 - Mesma Importância	Disponibilidade para começar a operar
Critério A	A É MELHOR QUE B		B É MELHOR QUE A	Critério B
Velocidade de conclusão do serviço	2 - Valor intermediário	X	1 - Mesma Importância	Disponibilidade para começar a operar

PRÓXIMO

Tabela de avaliação das alternativas:

<i>Custo</i>					
Alternativa A	A É MELHOR QUE B		B É MELHOR QUE A		Alternativa B
1) SONDA 1	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Valor intermediário	<input type="checkbox"/>	2) SONDA 2
1) SONDA 1	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	3 - Importância pequena de uma sobre a outra	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
2) SONDA 2	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Valor intermediário	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
		G1	0,01		

<i>Mobilidade</i>					
Alternativa A	A É MELHOR QUE B		B É MELHOR QUE A		Alternativa B
1) SONDA 1	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Valor intermediário	<input type="checkbox"/>	2) SONDA 2
1) SONDA 1	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Valor intermediário	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
2) SONDA 2	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Valor intermediário	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
		G1	0,00		

<i>Automatização</i>					
Alternativa A	A É MELHOR QUE B		B É MELHOR QUE A		Alternativa B
1) SONDA 1	2 - Valor intermediário	<input checked="" type="checkbox"/>	1- Mesma importância	<input type="checkbox"/>	2) SONDA 2
1) SONDA 1	2 - Valor intermediário	<input checked="" type="checkbox"/>	1- Mesma importância	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
2) SONDA 2	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Valor intermediário	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
		G1	0,05		

<i>Suporte Técnico</i>					
Alternativa A	A É MELHOR QUE B		B É MELHOR QUE A		Alternativa B
1) SONDA 1	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Valor intermediário	<input type="checkbox"/>	2) SONDA 2
1) SONDA 1	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Valor intermediário	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
2) SONDA 2	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Valor intermediário	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
		G1	0,05		

<i>Velocidade de conclusão do serviço</i>					
Alternativa A	A É MELHOR QUE B		B É MELHOR QUE A		Alternativa B
1) SONDA 1	2 - Valor intermediário	<input checked="" type="checkbox"/>	1- Mesma importância	<input type="checkbox"/>	2) SONDA 2
1) SONDA 1	2 - Valor intermediário	<input checked="" type="checkbox"/>	1- Mesma importância	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
2) SONDA 2	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Valor intermediário	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
		G1	0,05		

<i>Disponibilidade para começar a operar</i>					
Alternativa A	A É MELHOR QUE B		B É MELHOR QUE A		Alternativa B
1) SONDA 1	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Valor intermediário	<input type="checkbox"/>	2) SONDA 2
1) SONDA 1	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	3 - Importância pequena de uma sobre a outra	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
2) SONDA 2	1- Mesma importância	<input checked="" type="checkbox"/>	1- Mesma importância	<input type="checkbox"/>	3) SONDA 3
		G1	0,02		

Anexo 2 – Exemplo da Matriz de julgamentos comparativos

Matriz de julgamentos comparativos dos critérios:

Matriz de Julgamentos								
Critérios	Custo	Mobilidade	Automatização	Suporte Técnico	Velocidade	Disponibilidade		
Custo	1	1	1/5	1/3	1/3	1/2		
Mobilidade	1	1	1/3	2	1/2	3		
Automatização	5	3	1	2	2	3		
Suporte Técnico	3	1/2	1/2	1	1/2	3		
Velocidade	3	2	1/2	2	1	2		
Disponibilidade	2	1/3	1/3	1/3	1/2	1		
Soma	15	7 5/6	2 7/8	7 2/3	4 5/6	12 1/2		
Normalizado	Custo	Mobilidade	Automatização	Suporte Técnico	Velocidade	Disponibilidade	Score	Ordem
Custo	0,0667	0,1277	0,0698	0,0435	0,0690	0,0400	0,0694	6
Mobilidade	0,0667	0,1277	0,1163	0,2609	0,1034	0,2400	0,1525	3
Automatização	0,3333	0,3830	0,3488	0,2609	0,4138	0,2400	0,3300	1
Suporte Técnico	0,2000	0,0638	0,1744	0,1304	0,1034	0,2400	0,1520	4
Velocidade	0,2000	0,2553	0,1744	0,2609	0,2069	0,1600	0,2096	2
Disponibilidade	0,1333	0,0426	0,1163	0,0435	0,1034	0,0800	0,0865	5
Soma	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
Matriz p/λ_{max}	Custo	Mobilidade	Automatização	Suporte Técnico	Velocidade	Disponibilidade		
Custo	0,0694	0,1525	0,0660	0,0507	0,0699	0,0433	0,4517	6,5065
Mobilidade	0,0694	0,1525	0,1100	0,3040	0,1048	0,2595	1,0003	6,5598
Automatização	0,3471	0,4575	0,3300	0,3040	0,4192	0,2595	2,1173	6,4167
Suporte Técnico	0,2083	0,0762	0,1650	0,1520	0,1048	0,2595	0,9659	6,3534
Velocidade	0,2083	0,3050	0,1650	0,3040	0,2096	0,1730	1,3649	6,5124
Disponibilidade	0,1388	0,0508	0,1100	0,0507	0,1048	0,0865	0,5416	6,2607
								6,4349
Inconsistência								
Ordem	6		3					
IR	1,24		0,58					
λ_{max}	6,435							
N	6							
IC = $(\lambda_{max} - N)/(N-1)$	0,087							
RC = IC / IR	0,070							