

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Aplicação do Método AHP – Processo Analítico Hierárquico – à Seleção de
—Helicópteros para Apoio Logístico à Exploração e Produção de Petróleo
“Offshore”**

Paulo Pereira de Almeida

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

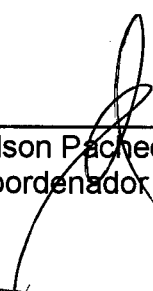
**Rio de Janeiro
2002**

Paulo Pereira de Almeida

Aplicação do Método AHP – Processo Analítico Hierárquico – à Seleção de Helicópteros para Apoio Logístico à Exploração e Produção de Petróleo “Offshore”

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 28 de novembro de 2002.




Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Sérgio Ronaldo Granemann, Dr.
Orientador (UCB)

Prof. Carlos Manuel Taboada Rodrigues, Ph. D.
(UFSC)



Prof. Macul Chraim, Dr.
(UFSC)

Aos meus pais:
Manoel Gomes de Almeida
(in memoriam)
e Conceição Pereira de Almeida.

Agradecimentos

À Petrobrás e à Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de crescimento.

Ao meu orientador, Professor Dr Sérgio Ronaldo Granemann, pelo inestimável apoio.

A todos os docentes que ministraram as aulas do curso, pela dedicação e competência.

Aos meus familiares e a todas as pessoas amigas que ofereceram estímulo na transposição dessa etapa.

Aos companheiros:

Álvaro Brazil Protásio
Armando Oscar Cavanha Filho
Carlos Augusto Arentz Pereira
Manoel Furloni
Paulo Cezar Bayer Candal
Pedro Henrique de Oliveira Caldas

pelo importante apoio prestado.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	x
Resumo	xii
Abstract	xiii

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Justificativa do Trabalho	1
1.2 - Objetivos	4
1.2.1 - Geral	4
1.2.2 - Específicos	4
1.3 - Limitações	5
1.4 - Metodologia	5
1.5 - Estrutura do Trabalho	6

CAPÍTULO 2 - MODELO DE SELEÇÃO DE HELICÓPTEROS BASEADO NA RELAÇÃO CUSTO VERSUS DESEMPENHO

2.1 - Introdução	7
2.2 - Considerações quanto ao Desempenho dos Helicópteros	8
2.3 - Considerações quanto à Regulamentação Aeronáutica	12
2.4 - Modelos de Helicópteros de Médio Porte	14
2.4.1 - Introdução	14
2.4.2 - Modelo Bell 212	15
2.4.3 - Modelo Bell 412 SP	16
2.4.4 - Modelo Sikorsky 76 A	17
2.4.5 - Modelo Eurocopter Dauphin 2 (SA 365 N)	18
2.5 - Especificação de Helicópteros para Fins de Contratação	20
2.6 - Elaboração do Método de Comparação entre Propostas	22

CAPÍTULO 3 - APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

3.1 - Introdução	32
3.2 - Métodos Multicritérios	32
3.3 - O Método AHP	34

CAPÍTULO 4 - ESTUDO DE CASO: ORDENAMENTO DE PROPOSTAS DE HELICÓPTEROS PARA JULGAMENTO DE LICITAÇÃO

4.1 - Introdução	46
4.2 - Aplicação do Método AHP	46
4.2.1 - “Software” de Apoio Utilizado	46
4.2.2 - Atributos ou Critérios – Definições e Justificativas das Escolhas	47
4.2.3 - Alternativas	49
4.2.4 - Estrutura da Hierarquia	51
4.2.5 - Resultados Obtidos	52
4.2.6 - Análise dos Resultados	55
4.3 - Aplicação do Método de Custo versus Desempenho	59
4.3.1 - Execução dos Cálculos	59
4.3.2 - Resultados Obtidos	60
4.3.3 - Análise dos Resultados	60
4.4 - Comparação entre os Resultados Obtidos pelos Dois Métodos	61

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO 63**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** 66

ANEXO I - Dados de “Performance” Necessários aos Cálculos de Custo versus Desempenho

ANEXO II - Cálculo dos Tempos de Vôo e Consumos de Combustível para Quatro Modelos de Helicópteros em Três Missões Típicas

ANEXO III - Cálculo do Número de Passageiros na Missão 110 IFR para os Modelos de Helicópteros do Estudo de Caso

ANEXO IV - Gráficos das Pontuações Obtidas para Critérios e Alternativas na Aplicação do AHP

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Fotografia de um helicóptero Bell 212	16
Figura 2.2 - Fotografia de um helicóptero Bell 412	17
Figura 2.3 - Fotografia de um helicóptero Sikorsky 76	18
Figura 2.4 - Fotografia de um helicóptero Dauphin 2, SA 365	19
Figura 4.1 - Estrutura da Hierarquia para Aplicação do Método AHP	51
Figura 4.2 - Gráfico de Análise de Sensibilidade com Ênfase em Custo e Desempenho	57
Figura 4.3 - Gráfico de Análise de Sensibilidade com Ênfase em Idade e Horas Totais Voadas	57
Figura 4.4 - Gráfico de Análise de Sensibilidade com Ênfase em Equipamentos Adicionais e Capacidade de Bagagens	58
Figura 4.5 - Gráfico de Análise de Sensibilidade com Equivalência entre Todos os Seis Critérios	58

Figuras do Anexo IV

Figura A4.1 - Gráfico de Critérios – Entrevistado Alfa
Figura A4.2 - Gráfico de Critérios – Entrevistado Bravo
Figura A4.3 - Gráfico de Critérios – Entrevistado Charlie
Figura A4.4 - Gráfico de Critérios – Entrevistado Delta
Figura A4.5 - Gráfico de Critérios – Entrevistado Echo
Figura A4.6 - Gráfico de Critérios – Entrevistado Foxtrot
Figura A4.7 - Gráfico de Critérios – Entrevistado Golf
Figura A4.8 - Gráfico de Critérios – Entrevistado Hotel
Figura A4.9 - Gráfico de Critérios – Entrevistado India
Figura A4.10 - Gráfico de Critérios – Entrevistado Juliet
Figura A4.11 - Gráfico de Alternativas – Entrevistado Alfa
Figura A4.12 - Gráfico de Alternativas – Entrevistado Bravo
Figura A4.13 - Gráfico de Alternativas – Entrevistado Charlie
Figura A4.14 - Gráfico de Alternativas – Entrevistado Delta

Figura A4.15 - Gráfico de Alternativas – Entrevistado Echo

Figura A4.16 - Gráfico de Alternativas – Entrevistado Foxtrot

Figura A4.17 - Gráfico de Alternativas – Entrevistado Golf

Figura A4.18 - Gráfico de Alternativas – Entrevistado Hotel

Figura A4.19 - Gráfico de Alternativas – Entrevistado India

Figura A4.20 - Gráfico de Alternativas – Entrevistado Juliet

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Planilha de Aplicação do Método de Comparação entre Propostas de Helicópteros, com Base na Relação Custo versus Desempenho	30
Tabela 3.1 - Escala de Julgamentos de Saaty	38
Tabela 4.1 - Alternativas para o Estudo de Caso	50
Tabela 4.2 - Pontuações para os Seis Critérios	52
Tabela 4.3 - Somatórios das Classificações dos Critérios	53
Tabela 4.4 - Pontuações para as Quatro Alternativas	54
Tabela 4.5 - Somatórios das Classificações das Alternativas	55
Tabela 4.6 - Planilha de Aplicação do Método Custo versus Desempenho no Estudo de Caso	59
Tabela 4.7 - Resultados das Aplicações dos Métodos AHP e Custo versus Desempenho no Ordenamento das Alternativas	61

Tabelas do Anexo I

Tabela A1.1 - Peso Máximo de Decolagem Limitado por Temperatura (ao Nível do Mar) para o Modelo Bell 212

Tabela A1.2 - Peso Máximo de Decolagem Limitado por Temperatura (ao Nível do Mar) para o Modelo Bell 412 SP

Tabela A1.3 - Peso Máximo de Decolagem Limitado por Temperatura (ao Nível do Mar) para o Modelo Sikorsky 76 A

Tabelas do Anexo II

Tabela A2.1 - Planilha de Cálculo dos Tempos de Vôo e Consumos de Combustível para os Modelos Bell 212 e Bell 412SP nas Três Missões Típicas do Atual Método de Comparação entre Propostas de Helicópteros

Tabela A2.2 - Planilha de Cálculo dos Tempos de Vôo e Consumos de Combustível para os Modelos Sikorsky 76A e SA 365N nas Três Missões Típicas do Atual Método de Comparação entre Propostas de Helicópteros

Tabelas do Anexo III

Tabela A3.1 - Planilha de Cálculo dos Tempos de Vôo e Consumos de Combustível na Missão 110 IFR

Tabela A3.2 - Planilha de Cálculo do Número de Passageiros na Missão 110 IFR

RESUMO

O presente trabalho propõe um modelo para seleção de helicópteros destinados à prestação de apoio logístico às atividades de exploração e produção de petróleo “offshore”, com base no método AHP (“Analytic Hierarchy Process”), Processo Analítico Hierárquico. O modelo é aplicável a contextos logísticos similares ao da Bacia de Campos, com uma frota de helicópteros operando no regime de “pool”, no qual cada aeronave voa, por mês, um número de horas próximo a um limite máximo definido, e a empresa contratante pode, a qualquer tempo, aumentar ou reduzir o número de aeronaves da frota, para ajustá-lo às variações de demanda.

O método de seleção atualmente em uso pela Petrobrás, baseado na relação custo versus desempenho, é apresentado e discutido. O método AHP emerge como preferível para utilização no novo modelo, como resultado de uma pesquisa bibliográfica sobre os vários métodos multicritérios de apoio à decisão. Um estudo de caso é então exposto, simulando uma concorrência para contratação de helicópteros, na qual quatro tipos de aeronaves são apresentados. O novo modelo, com base no método AHP, e o modelo atual, baseado na relação custo versus desempenho, são utilizados separadamente. Os resultados são comparados, e as diferenças entre eles são analisadas.

As duas principais vantagens do novo modelo são a diversificação dos critérios de julgamento, de acordo com a atual tendência dos especialistas, e o “trade-off” entre os custos e o nível de serviço, favorecendo a modernização tecnológica da frota de helicópteros e o aumento da confiança dos passageiros no transporte aéreo. Conclui-se que o novo modelo, baseado no método AHP, é válido para aplicações práticas.

ABSTRACT

The present dissertation proposes a model for the selection of helicopters, for providing logistic support to the offshore oil exploration and production activities, based on the AHP (Analytic Hierarchy Process) method. The model applies to logistic contexts similar to the existing in the Campos Basin, with a fleet of helicopters operating in the pool regime, in which each aircraft flies, monthly, a number of hours near a maximum defined limit, and the contractor can, at any time, increase or reduce the number of the fleet aircraft, to adjust it to the demand variations.

The selection model which is currently used by Petrobras, based on the cost versus performance ratio, is exposed and discussed. The AHP method emerges as preferable to be used in the new model, as the result of a bibliographic research on the several multicriteria methods for decision assistance. A case study is then exposed, simulating a bid for contracting helicopters, in which four types of aircraft are presented. The new model, based on the AHP method, and the current model, based on the cost versus performance ratio, are separately used. The results are compared, and the differences between them are analyzed.

The two main advantages of the new model are the diversification of the judgement criteria, in accordance with the present trend of the experts, and the trade-off between the costs and the service level, inducing the technological modernization of the helicopter fleet and the increase of the passengers' confidence on the air transport. The conclusion is that the proposed model, based on the AHP method, is valid for practical applications.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa do Trabalho

Na atividade de exploração e produção de petróleo no ambiente marítimo (“offshore”), os helicópteros constituem uma ferramenta logística de ampla utilização em todas as regiões produtoras do mundo, incluindo Mar do Norte, Golfo do México, Oriente Médio, África, Sudeste da Ásia e América do Sul.

Considerando que esse modal de transporte é reconhecidamente dispendioso, as decisões quanto à escolha das aeronaves devem tomar-se dentro de critérios cuidadosos de avaliação de custos, em confronto com os resultados.

Na Bacia de Campos, onde se concentra a maior parte da produção de petróleo do Brasil, registra-se uma expressiva atividade logística de apoio por helicópteros, a maioria dos quais vinculados a contratos de afretamento entre as empresas de transporte aéreo e a Petrobrás.

Operam atualmente na Bacia de Campos cerca de 80 unidades marítimas (número variável em função das atividades exploratórias), incluindo plataformas fixas e flutuantes de perfuração e produção, além de navios destinados ao lançamento de tubulações flexíveis submarinas, a operações de produção, armazenamento e descarregamento de óleo e a outras atividades especializadas.

Essas unidades situam-se a distâncias, a partir da principal base de apoio terrestre, na faixa de 60 a 120 milhas náuticas.

O apoio logístico que se faz necessário, englobando o transporte de pessoal, combustível, produtos químicos destinados às operações nos poços, alimentação, água potável e industrial, peças de reposição dos equipamentos e uma ampla

variedade de outros itens, envolve a utilização de cerca de 120 embarcações de apoio e cerca de 40 helicópteros.

O transporte aéreo se aplica principalmente ao pessoal, atendendo a uma demanda que já se aproxima de 40.000 passageiros por mês (computando-se os percursos de ida e de volta).

A seleção dos helicópteros, por meio de licitações, tem-se pautado por um método no qual se calcula o custo do transporte de uma unidade de peso, ao longo de missões típicas representativas da realidade operacional, em média ponderada. Esse cálculo é executado para cada helicóptero ofertado pelas empresas operadoras, levando em conta os indicadores numéricos de desempenho (publicados nos manuais dos fabricantes) e os preços cotados. Cabe observar que as diferenças de desempenho existentes entre os vários modelos de helicópteros disponíveis no mercado são a principal razão para que se adote esse critério misto.

A operação dos helicópteros em regime de "pool", conforme ocorre na Baía de Campos, se caracteriza pela existência de uma frota relativamente numerosa, numa determinada base, com utilização próxima ao limite máximo recomendável de horas de vôo por mês, por aeronave.

Nessas condições, quando uma variação da demanda de transporte induz a um aumento ou redução do número de helicópteros da base, o número de horas voadas por mês tende a se manter próximo ao limite máximo recomendável, configurando uma utilização otimizada dos equipamentos.

Os parâmetros de aferição de desempenho dos helicópteros são vários, incluindo velocidade, autonomia, número de assentos para passageiros, peso transportável de carga (interna ou externamente), que por sua vez, é afetado pelo consumo

específico de combustível e pelo peso máximo de decolagem, entre outras variáveis.

No método de seleção atualmente empregado pela Petrobrás, são estabelecidas missões típicas, com definição das distâncias, níveis de vôo, temperaturas e todas as demais informações necessárias ao cálculo do tempo de vôo e da carga paga a ser transportada em cada missão, para cada helicóptero.

Para esses cálculos, são utilizadas tabelas técnicas baseadas nas curvas de “performance” publicadas pelos fabricantes dos diversos modelos de aeronaves.

Utilizando-se o número máximo recomendável de horas voadas mensais, o que é característico do regime de “pool”, calcula-se então a carga paga mensal, para cada helicóptero, e, em seguida, é feito o cruzamento com os preços cotados pelas empresas licitantes, combinados por meio de uma fórmula estabelecida na formulação do modelo. Daí se obtém o custo por unidade de peso transportada, que vem a ser o elemento final de comparação, definindo o ordenamento das propostas.

Não obstante os bons resultados alcançados pela Petrobrás na seleção das aeronaves que compõem a frota, pela aplicação desse método ao longo dos anos, registra-se atualmente uma tendência a ampliar a abrangência da sua aplicação, de modo que outros atributos de comparação sejam considerados, além do custo e do desempenho nas missões típicas. Essa tendência tem sido manifestada nas opiniões de pessoas experientes nas atividades de contratação e gerência de transporte aéreo “offshore”, bem como nas opiniões expressas pelos usuários regulares dos helicópteros.

Os novos atributos seriam, entre outros, o ano de fabricação, as horas totais voadas, a capacidade de transporte de bagagens, alguns itens ligados ao conforto dos passageiros, como por exemplo o nível de absorção do ruído e a

disponibilidade de ar condicionado, e, finalmente, a utilização de novos equipamentos relacionados à segurança de vôo (além dos já exigidos pela legislação aeronáutica). Para incluir esses novos atributos e fazê-los interagir com desempenho e preços, não é suficiente trabalhar apenas com a análise de custo versus desempenho. A incorporação de elementos quantitativos e qualitativos ao problema, esses últimos dificilmente monetarizáveis, limita a análise por essa ferramenta. A nova situação criada configura um problema de decisão ancorado por múltiplos critérios. Os métodos multicritérios de apoio à decisão emergem no caso como solução plausível para o tratamento do problema.

No presente trabalho, é utilizado particularmente o AHP ("Analytic Hierarchy Process"), Processo Analítico Hierárquico (Saaty, 1982).

Com base no AHP, partindo-se da atual metodologia e acrescentando-se os vários novos atributos de comparação, pretende-se chegar a um modelo para comparação entre propostas de contratação de helicópteros destinados à operação em regime de "pool".

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Avaliar um processo para a seleção de helicópteros destinados ao apoio logístico às atividades de exploração e produção de petróleo "offshore", em regime de "pool", com base no método AHP - Processo Analítico Hierárquico.

1.2.2 Específicos

Apresentar e discutir o modelo atual de seleção de helicópteros para a Bacia de Campos, fundamentado na análise de custo versus desempenho.

Efetuar um estudo de caso, com base na realidade operacional da Bacia de Campos e nos dados de desempenho dos modelos de helicópteros disponíveis no mercado, de modo a comparar os resultados da aplicação do modelo utilizado atualmente e do modelo proposto.

1.3 Limitações

O modelo a ser proposto tem como premissa a operação dos helicópteros em regime de “pool”, conforme a característica da Bacia de Campos. Nesse regime, o número de helicópteros da frota é variável com a demanda, e existem nos contratos cláusulas de dispensa e reativação para prover essa flexibilidade. O parâmetro indicador da necessidade de aumento ou redução da frota é o número médio de horas de vôo mensais por helicóptero. Quando esse número se afasta, para mais ou para menos, do limite estabelecido para a utilização otimizada das aeronaves, decide-se aumentar ou diminuir respectivamente o quantitativo da frota.

Deve-se, portanto, considerar como limitação do presente trabalho a sua aplicabilidade apenas ao regime de “pool”, num cenário logístico similar ao da Bacia de Campos.

1.4 Metodologia

A elaboração do presente trabalho envolveu as seguintes etapas:

- a) Pesquisa bibliográfica sobre estudos teóricos para seleção de equipamentos de transporte e sobre métodos multicritérios de apoio à decisão.

- b) Definição de critérios e alternativas, com base nas opiniões de 20 especialistas em contratação e gerenciamento de transporte aéreo no apoio logístico “offshore”.
- c) Estudo de caso, com a aplicação do AHP, envolvendo a participação de 10 especialistas.
- d) Utilização do software “Expert Choice for Windows”, para auxílio no processo de tomada de decisão.
- e) Cálculo do custo versus desempenho dos helicópteros apresentados como alternativas.
- f) Análise comparativa entre os resultados obtidos pelo método atual e pelo AHP.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho compõe-se de cinco capítulos, sendo o primeiro introdutório.

No segundo, há uma apresentação e discussão do modelo atual, com suas vantagens e desvantagens, bem como as razões da atual tendência à diversificação dos atributos para aferição dos equipamentos ofertados.

No terceiro capítulo, há uma revisão bibliográfica referente aos métodos multicritérios de apoio à decisão, com ênfase no AHP.

No quarto capítulo, é apresentado o estudo de caso, com a aplicação do método AHP e também a do custo versus desempenho, seguindo-se a comparação entre os resultados obtidos.

O quinto e último capítulo destina-se à conclusão.

2 MODELO DE SELEÇÃO DE HELICÓPTEROS BASEADO NA RELAÇÃO CUSTO VERSUS DESEMPENHO

2.1 Introdução

Este capítulo se destina à apresentação e discussão do modelo atualmente empregado de seleção de helicópteros para apoio logístico às atividades de exploração e produção de petróleo, em particular no caso da Bacia de Campos.

A utilização de critérios baseados no conceito de custo versus benefício para comparação entre helicópteros, nas licitações, decorre principalmente das diferenças de desempenho entre os vários modelos existentes no mercado, compatíveis com as especificações emitidas pela empresa contratante. Se, por hipótese, o equipamento X é 10% mais caro que o seu concorrente Y, mas pode gerar 20% a mais em desempenho no contexto operacional a ser suprido, então a simples comparação entre os seus preços não conduziria os julgadores à melhor escolha, evidenciando a necessidade de critérios mistos.

Quando se estabeleceu na Petrobrás o atual critério de custo versus desempenho para a seleção de helicópteros, a tarefa apresentou dificuldades, em função dos seguintes fatores (que ainda prevalecem):

- a) os indicadores numéricos de desempenho dos vários modelos de helicópteros são diversificados e inter-relacionados;
- b) as distâncias da principal base às plataformas são muito variadas;
- c) a legislação aeronáutica brasileira impõe diferentes exigências quanto a alternativa e reserva de combustível para vôo visual e por instrumentos.
- d) há também limitações legais quanto a peso e dimensões dos helicópteros, em função da resistência estrutural e dimensões dos helipontos das unidades marítimas.

No caso em estudo, o dos helicópteros de médio porte, que constituem mais de 80% das aeronaves a serviço da Petrobrás na Bacia de Campos, aplica-se o conceito de operação em regime de “pool”, caracterizado pela existência de uma frota relativamente numerosa, onde cada aeronave voa um número próximo ao limite máximo recomendável de horas por mês, considerado atualmente como 120.

Esse limite foi estabelecido com base na prática operacional, de modo a tornar compatíveis a utilização otimizada dos helicópteros e a estrita observância dos procedimentos de manutenção estabelecidos pelos fabricantes, garantindo a segurança de vôo.

Dentro dessa lógica, quando o número médio de horas voadas mensais da frota tende a se afastar de 120, para mais ou para menos, em função das variações da demanda de transporte aéreo, esse dado funciona como sinalização quanto à necessidade de aumentar ou diminuir, respectivamente, o número de helicópteros afretados, providência que, após tomada, resulta na normalização do processo.

O fato de cada helicóptero voar aproximadamente o mesmo número de horas que os demais, naquele contexto, serviu como ponto de partida para o estabelecimento de um método de seleção, com base na idéia de comparar quanto cada um poderia fornecer, em termos de desempenho operacional, ao longo de 120 horas de vôo, em confronto com o seu custo mensal.

2.2 Considerações quanto ao Desempenho dos Helicópteros

Ao analisar-se o desempenho de um helicóptero destinado ao apoio logístico “offshore”, deve-se levar em conta, entre outros parâmetros:

- a) as velocidades de cruzeiro e subida do modelo em análise, as quais influenciam os seus tempos de vôo nas várias etapas;
- b) a quantidade de assentos disponíveis para passageiros;
- c) o peso máximo de decolagem do modelo, que pode variar com a temperatura ambiente e algumas outras condicionantes de operação;
- d) o peso básico operacional, que pode variar inclusive entre dois helicópteros do mesmo modelo, dependendo da configuração interna de cada um;
- e) os consumos específicos de combustível do modelo em vôo de cruzeiro e em subida, os quais influenciam o peso de combustível que o helicóptero deverá transportar por missão;
- f) a autonomia de vôo, diretamente relacionada ao consumo de combustível e à capacidade dos tanques (sendo importante observar que a necessidade de tanques adicionais, dependendo da missão e do modelo de helicóptero, pode reduzir o número de assentos disponíveis para passageiros).

Para efeito de um método de seleção, assume particular importância o conceito de carga paga, ou seja, o peso de tudo o que o helicóptero pode transportar, numa determinada missão, a serviço do seu usuário (e que, portanto, não inclui o peso dos tripulantes e do combustível). Esse conceito se relaciona de perto com os de peso máximo de decolagem (PMD), e peso básico operacional (PBO), conforme expostos a seguir.

O PMD, entendido como o peso máximo admissível da aeronave ao iniciar uma operação de vôo, é calculado com base nas cartas de "performance" publicadas pelo fabricante, levando em conta a resistência estrutural do helicóptero, bem como sua potência disponível, e as condições atmosféricas do local de operação. Para aeronaves equipadas com dois motores, tendo em vista a segurança operacional, o PMD também leva em conta a capacidade de a aeronave se manter em vôo, sem perda de altitude, e sem entrar portanto em situação de emergência, no caso de sofrer pane em um dos motores, considerando-se que o outro permaneça em funcionamento.

No estudo da “performance” de decolagem dos helicópteros, existem dois efeitos aerodinâmicos que exercem particular influência: um deles é o efeito de solo¹ e o outro é a sustentação de deslocamento². Ambos afetam o cálculo do PMD, tornando-o variável com as condições de operação. Além disso, a temperatura e a altitude geográfica são variáveis importantes porque ambas influenciam a densidade do ar. Para os helicópteros em operação “offshore”, é importante o cálculo do PMD limitado pela capacidade de manter o vôo pairado, porque, pela inexistência de pista numa plataforma, torna-se inviável uma decolagem corrida.

A legislação em vigor, RBHA (Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica) nº 135, exige que uma aeronave de dois motores, quando operando em condições IFR (“Instrument Flight Rules”), vôo por instrumentos, transportando passageiros em ambiente “offshore”, tenha a capacidade de se manter em vôo com apenas um dos motores funcionando, à altitude de 2000 pés, e mantendo uma razão de subida mínima de 50 pés por minuto. Esse fator também é necessariamente levado em conta no cálculo do PMD dos helicópteros que atendem às plataformas.

A altitude geográfica não tem influência significativa na operação “offshore” porque os helipontos das plataformas ficam muito pouco acima do nível do mar, em termos de densidade atmosférica, porém a temperatura, em combinação com os

1 - Quando o helicóptero está em vôo pairado próximo ao solo, o ar impulsionado pelas pás, ao atingir o terreno, é defletido para fora e para cima, formando uma camada com maior densidade, comprimida entre o rotor e o solo. Essa camada mais densa faz com que as pás desenvolvam maior sustentação, e esse fenômeno é denominado efeito de solo.

2 - A sustentação de deslocamento é a parcela de sustentação adicional que o rotor desenvolve quando o helicóptero se desloca a partir de uma certa velocidade, por aumento da eficiência aerodinâmica das pás, e que portanto não existe durante o vôo pairado. Por causa desse fenômeno, um helicóptero necessita de menos potência para decolar a partir de uma pista (decolagem corrida) do que para decolar de uma área restrita, como, por exemplo, uma clareira de selva ou um heliponto de plataforma de produção de petróleo.

demais fatores expostos, tem influência no cálculo do PMD da maior parte dos modelos de helicópteros.

O peso básico operacional (PBO) é definido como o peso vazio do helicóptero, acrescido dos óleos lubrificantes e hidráulicos necessários, combustível residual (que não pode ser drenado dos tanques), equipamentos de salvamento e sobrevivência, mais os tripulantes necessários, considerando-se, para efeito de planejamento, cada tripulante pesando 170 libras.

O PBO é diferente para cada aeronave, mesmo em se tratando de helicópteros do mesmo modelo, podendo variar em função de acessórios, aviônicos adicionais, detalhes de acabamento, e pela própria impossibilidade natural de dois equipamentos com razoável complexidade terem exatamente o mesmo peso.

A carga paga (c), constituída de tudo o que se pode transportar no helicóptero, a serviço do seu usuário, é equivalente ao PMD subtraído do PBO e do combustível necessário à missão:

$$c = \text{PMD} - \text{PBO} - \text{combustível}$$

Na maioria dos modelos de helicópteros, é inviável operar, simultaneamente, com plena ocupação dos assentos de passageiros e plena utilização da capacidade dos tanques de combustível, pois, se isso fosse feito, o PMD seria excedido.

Desse modo, no planejamento das missões, é adotada uma solução de compromisso entre a distância a ser percorrida (que influi diretamente na quantidade de combustível necessária) e o número de passageiros a ser transportado. Nesses cálculos, percebe-se uma diferenciação entre os modelos de helicópteros, observando-se que alguns têm maior capacidade de transporte do que outros, numa dada missão.

Na operação em regime de “pool” da Bacia de Campos, cada helicóptero tende a voar um número de horas aproximadamente igual ao dos demais, no período de um mês. Daí se observa que os modelos mais velozes, com tempos de vôo mais curtos por missão, tendem a executar um número maior de missões mensais, transportando um número maior de passageiros, ou de carga equivalente, o que também constitui um importante fator de diferenciação entre os modelos.

No cálculo dos tempos de vôo, para efeito de planejamento, tornam-se importantes os conceitos de velocidade de cruzeiro, velocidade de subida e razão de subida. A razão de subida (medida em pés por minuto) determina o tempo que o helicóptero levará para atingir o nível de vôo estabelecido para a missão, deixando então de voar na velocidade de subida (mais baixa) e passando a voar na velocidade de cruzeiro, ou seja, a velocidade normal de operação em vôo nivelado. As velocidades de subida e de cruzeiro são características de cada modelo de helicóptero, enquanto a razão de subida é padronizada pelos órgãos controladores de vôo.

2.3 Considerações quanto à Regulamentação Aeronáutica

No que se refere à elaboração de um método de seleção de helicópteros para apoio logístico às unidades marítimas, alguns aspectos da regulamentação aeronáutica em vigor no Brasil tornam-se relevantes.

Conforme o exposto, a quantidade de combustível necessária a uma missão tem influência direta na carga paga transportável. E essa quantidade de combustível pode variar de modo significativo em função das condições meteorológicas do vôo, considerando que a regulamentação aeronáutica estabelece os requisitos para que um vôo se realize por procedimentos visuais ou por instrumentos, bem como as quantidades mínimas de combustível a bordo em cada uma das situações.

Quando em VMC ("visual meteorological conditions"), condições meteorológicas visuais, o voo pode ser planejado e executado em VFR ("visual flight rules"), regras de voo visual. Nos voos em VFR, o helicóptero deve estar abastecido, no mínimo, com o combustível necessário para voar da origem ao destino e mais 20 minutos em regime de cruzeiro, como reserva de segurança.

Quando em IMC ("instrument meteorological conditions"), condições meteorológicas por instrumentos, o voo deve ser obrigatoriamente planejado e executado em IFR ("instrument flight rules"), regras de voo por instrumentos. Nos voos em IFR, o helicóptero deve estar abastecido, no mínimo, com o combustível necessário para voar da origem ao destino, mais o necessário para voar do destino a uma alternativa (obrigatoriamente declarada no plano de voo) e para voar mais 30 minutos em regime de cruzeiro, como reserva de segurança.

Observa-se portanto que, em condições meteorológicas que obriguem ao planejamento de voo em IFR, o peso do combustível a bordo se torna bem maior, reduzindo-se em consequência a carga paga transportável.

A regulamentação brasileira também é rigorosa quanto às limitações impostas aos helipontos das plataformas e navios, no que se refere aos pesos e dimensões máximos admissíveis dos helicópteros que neles possam operar. Essas limitações são definidas em função da resistência estrutural, formato geométrico e dimensões de cada heliponto. Já houve exemplos de plataformas que operavam, em outros países, com helicópteros do porte do Sikorsky 61N (comprimento, com ambos os rotores girando, de 22,20m) e, ao chegarem ao Brasil, tiveram seus helipontos homologados para operarem, no máximo, com helicópteros do porte do Bell 212, com 17,46m.

Ao se estabelecerem especificações e métodos de julgamento para as aeronaves, é necessário um estudo prévio dos helipontos da área a ser atendida, para que

não sejam contratados helicópteros que excedam as limitações impostas pela regulamentação.

2.4 Modelos de Helicópteros de Médio Porte

2.4.1 Introdução

Os quatro principais modelos de helicópteros de médio porte que têm participado das licitações para o atendimento à Bacia de Campos são o Bell 212, o Bell 412SP, o Sikorsky 76A e o Eurocopter Dauphin 2 (SA 365N).

Existe a expectativa da apresentação de novos modelos nas próximas licitações, embora os mais comentados, na literatura técnica e no meio aeronáutico, sejam apenas evoluções dos três últimos citados: Bell 412EP, Sikorsky 76C+ e Eurocopter EC 155. O único modelo de médio porte com projeto inteiramente novo, a entrar em operação nos próximos anos, no apoio logístico “offshore”, deverá ser o AB 139, ainda em fase de ensaios de vôo, e com previsão de ser fabricado em série na Itália pelo consórcio Agusta / Bell.

Em 1996, uma das empresas com maior experiência no atendimento à Bacia de Campos anunciou a intenção de obter, junto às autoridades aeronáuticas, a homologação de modelos de helicópteros russos para operação no Brasil, mas, pouco tempo depois, a empresa encerrou suas atividades, e nenhuma outra mostrou interesse pelo assunto.

Os novos modelos, quando forem oferecidos em concorrências para afretamento, deverão apresentar inovações tecnológicas em termos de conforto para os passageiros, melhor ergonomia para os tripulantes, aviônicos mais sofisticados e dispositivos relacionados com a segurança de vôo, com destaque para o TCAS (“Traffic Alert and Collision Avoidance System”) e seus refinamentos. Mas, em

termos de desempenho, na medida em que é aferido pelo atual método, com ênfase nos tempos de vôo e nas cargas pagas transportadas, eles terão pouco a acrescentar aos melhores modelos atuais, tendendo a perderem as concorrências em função dos seus custos mais altos.

A adoção de um método multicritério de julgamento, como por exemplo o AHP, seria uma opção para que os novos modelos, apesar do acréscimo em custo, tivessem real possibilidade de competir com os mais antigos.

Segue-se uma resumida apresentação dos quatro principais modelos de helicópteros de médio porte que já participaram dos processos de concorrência para atendimento à Bacia de Campos. Os dados de "performance" necessários aos cálculos de custo versus desempenho referentes a esses quatro modelos compõem o Anexo 7.1 ao presente trabalho.

2.4.2 Modelo Bell 212

Desenvolvido a partir do Bell 205 (Huey), que foi largamente empregado na guerra do Vietnã, o 212 se diferencia do antecessor por ser equipado com dois motores a turbina, ao invés de um, além das inovações tecnológicas naturais para um projeto mais recente. Utilizado nas versões civil e militar, e já tendo inclusive integrado a frota de transporte presidencial nos Estados Unidos, o Bell 212 teve seu maior destaque como helicóptero de apoio logístico às plataformas de petróleo nas diversas regiões produtoras do mundo. Na Petrobrás ele foi, durante algum tempo, o helicóptero de médio porte mais numeroso da frota de apoio "offshore". No entanto, por sua velocidade mais baixa que as dos modelos mais modernos e por seu nível de vibração em vôo, gerando desconforto nos percursos mais longos, ele vem ultimamente perdendo a preferência dos usuários.

Figura 2.1: Fotografia de um helicóptero Bell 212



(Fonte: Banco de imagens da Petrobrás)

Sua cabine, com portas de acesso corrediças, comporta, além dos dois pilotos, treze passageiros. O compartimento de bagagens fica situado no cone de cauda. Seu fabricante é a empresa Bell Helicopter Textron, de Fort Worth, Estados Unidos.

2.4.3 Modelo Bell 412 SP

Os helicópteros designados como Bell 412 e seus derivados (412SP, 412HP e 412EP) constituem evoluções do projeto do Bell 212, diferenciando-se principalmente pelo rotor principal com quatro pás, ao invés de duas, com a redução do nível de vibração, e pelo emprego de motores e caixas de transmissão mais modernos, tudo resultando no incremento do desempenho, em termos de velocidade e peso máximo de decolagem. Utilizado em vários países no apoio logístico "offshore" e também como helicóptero de polícia (fotografado sobrevoando o Pentágono logo após o atentado de setembro de 2001), o 412 vem operando na Bacia de Campos com bons resultados, tanto na relação custo versus desempenho quanto nos indicadores de segurança de voo.

Figura 2.2: Fotografia de um helicóptero Bell 412



(Fonte: Portal do fabricante Bell Helicopter Textron, na Internet)

Sua configuração interna de cabine é similar à do 212, com assentos para dois pilotos e treze passageiros, e seu compartimento de bagagens se situa no cone de cauda. Seu fabricante também é a empresa Bell Helicopter Textron, de Fort Worth, Estados Unidos.

2.4.4 Modelo Sikorsky 76 A

Ao contrário dos modelos do fabricante Bell, já citados, o Sikorsky 76A não resultou da evolução de uma aeronave militar, tendo sido concebido, desde o início, para uso civil. O projeto inicial já foi alvo de uma série de evoluções (76A+, 76A++, 76B, 76C, 76C+), mas o S 76A se destaca por sua relação custo versus desempenho.

Figura 2.3: Fotografia de um helicóptero Sikorsky 76



(Fonte: Portal do fabricante Sikorsky Aircraft, na Internet)

No início de suas operações a serviço da Petrobrás, um S 76A sofreu um acidente que resultou na morte de todos os seus ocupantes, e isso causou uma tendência de rejeição ao modelo por parte dos usuários. No entanto, após descoberta e sanada a falha de projeto que ocasionou o acidente, o S 76A voltou a inspirar confiança aos passageiros, sendo atualmente o helicóptero mais numeroso da Bacia de Campos. Empregado em muitos países no apoio logístico “offshore” e também como helicóptero executivo, o S 76A é utilizado pela Petrobrás na configuração para dois pilotos e doze passageiros. Seu compartimento de bagagens situa-se atrás da cabine. Seu fabricante é a empresa Sikorsky Aircraft, de Stratford, Estados Unidos.

2.4.5 Modelo Eurocopter Dauphin 2 (SA 365N)

Único modelo de médio porte de fabricação francesa a ter operado a serviço da Petrobrás, Dauphin se destaca por sua velocidade, a mais alta entre as dos helicópteros que já atenderam à Bacia de Campos. Outra característica marcante

desse modelo é o rotor de cauda embutido, tipo “fenestron”, que proporciona um nível de ruído mais baixo que os dos helicópteros equipados com rotores de cauda convencionais, além de diminuir o risco de acidentes no solo, por contato entre pessoas e as pás.

Figura 2.4: Fotografia de um helicóptero Dauphin 2, SA 365



(Fonte: Portal do fabricante Eurocopter, na Internet)

O Dauphin tem operado em vários países, no apoio logístico “offshore” e como helicóptero executivo. No Brasil, a versão executiva é utilizada por governos estaduais, e a versão militar, conhecida pelo nome de Pantera, é empregada pelo Exército. A configuração para apoio “offshore” tem assentos para dois pilotos e onze passageiros, mas o fabricante já está produzindo um modelo mais espaçoso, conhecido como EC 155, com lugares para dois pilotos e doze passageiros. O compartimento de bagagens fica situado no cone de cauda. Seu fabricante é a empresa Eurocopter, de Marignane, França.

2.5 Especificação dos Helicópteros para Fins de Contratação

Para contornar o problema da escolha conflitiva entre os atributos das aeronaves, o primeiro passo, adotado no âmbito da Petrobrás, foi o desenvolvimento de uma especificação para helicópteros de médio porte, com as seguintes finalidades:

- a) estabelecer os requisitos mínimos de desempenho a serem atendidos pelos modelos que fossem apresentados;
- b) desclassificar exemplares de helicópteros que, mesmo sendo de modelos aceitáveis, apresentassem pesos básicos operacionais muito elevados, em detrimento da carga paga;
- c) compatibilizar os helicópteros a serem contratados com as limitações dos helipontos das plataformas a serem atendidas, quando fosse o caso.

Essa especificação assumiu o seguinte formato básico, sujeito às adaptações que se fizessem necessárias em cada processo de contratação (Petrobrás, 1990):

Helicóptero biturbina de médio porte, equipado para voo IFR, com capacidade nominal de transporte a partir de 11 passageiros, exceto tripulantes, capacidade mínima estrutural no gancho para 1.500 kg de carga externa, e em conformidade com a relação de equipamentos em anexo.

Peso máximo de decolagem estrutural não superior a 6.000 kg.

Ano de fabricação não anterior a 1979.

Requisitos de autonomia:

A) "Offshore"

Autonomia suficiente para o helicóptero, equipado para voo IFR, em velocidade de cruzeiro, transportando durante toda a missão uma carga

paga não inferior a 571 kg, voar desde a base até uma plataforma situada à distância de 105 milhas náuticas, pousar, retornar à base e seguir para uma alternativa situada a 50 milhas náuticas da base, com reserva de combustível suficiente para voar mais 30 minutos em regime de cruzeiro. Nível de vôo: 4.000 pés AP no percurso de ida e 3.000 pés AP nos percursos de volta e para a alternativa. Temperatura: 25°C ao nível do mar. Pressão atmosférica padrão.

B) "Onshore"

Autonomia suficiente para o helicóptero, equipado para vôo IFR, transportando carga paga externa não inferior a 1.000 kg, voar desde a base até um ponto situado à distância de 10 milhas náuticas, à velocidade de 50 kt, deixar a carga no destino e retornar à base, à velocidade de cruzeiro, com reserva de combustível suficiente para voar mais 20 minutos em regime de cruzeiro. Nível de vôo: 1.000 pés AP nos percursos de ida e de volta. Temperatura: 35°C ao nível do mar. Pressão atmosférica padrão.

Essa especificação é utilizada na etapa de análise técnica das propostas. A inclusão do requisito de autonomia "onshore" se deve ao fato de que, mesmo no caso de uma contratação para atendimento à Bacia de Campos, existe a possibilidade de, durante a vigência do contrato, o helicóptero vir a ser transferido para a operação na Amazônia, em apoio às sondas helitransportáveis.

A verificação do atendimento aos requisitos especificados é efetuada para cada aeronave cotada, tomando-se por base as tabelas de dados técnicos referentes a cada modelo de helicóptero (Anexo I), elaboradas por empresa de assessoria aeronáutica, com base nas curvas de "performance" dos manuais de vôo, emitidos pelos fabricantes e homologados pelos órgãos governamentais reguladores e fiscalizadores da aviação civil (FAA, dos Estados Unidos, CAA, da Inglaterra, DAC, do Brasil, e seus congêneres).

2.6 Elaboração do Método de Comparação entre Propostas

O método de comparação entre propostas, formulado posteriormente à especificação, teve por modelo a realidade operacional da Bacia de Campos.

A premissa básica para a concepção de um modelo de comparação aplicável a um regime de “pool” é a utilização de cada helicóptero no limite máximo recomendado de horas de vôo mensais (atualmente considerado como 120) e com a ocupação máxima permissível dos assentos para passageiros, respeitando-se as limitações de carga paga por missão. Essa premissa, mesmo não correspondendo rigorosamente à realidade, constitui a meta da programação dos vôos no regime de “pool”, o que a torna conceitualmente válida.

A partir dessa premissa, estabelecem-se missões de vôo típicas, as quais são definidas e ponderadas em função de dados operacionais da base a ser atendida, viabilizando o emprego dos parâmetros de aferição de desempenho dos helicópteros.

No caso da Bacia de Campos, foram estabelecidas três missões típicas, representativas das distâncias mais longas, medianas e mais curtas, optando-se respectivamente pelos valores de 105, 80 e 60 milhas náuticas entre a base e a plataforma a ser atendida. A modalidade de vôo foi escolhida como IFR (vôo por instrumentos) na missão mais longa e VFR (vôo visual) nas outras duas, por maior probabilidade. A distância da base à alternativa, na missão IFR, foi escolhida como de 50 milhas náuticas, por ser, aproximadamente, a distância em linha reta entre Macaé e Campos (RJ). As altitudes foram fixadas em coerência com o Manual de Planejamento, que, por sua vez, é baseado na regulamentação aeronáutica, para esse aspecto, e as temperaturas de acordo com as categorias de operação.

O modelo prevê que se calculem:

- a carga paga que um helicóptero transportaria ao longo de cada missão típica;
- quantas missões típicas de cada espécie o helicóptero executaria voando 120 horas;
- o peso em libras que o helicóptero transportaria por mês ao longo de cada missão típica;
- o custo mensal do helicóptero;
- o custo por libra transportada ao longo de cada missão típica;
- e, finalmente, o custo por libra médio ponderado (C_L), elemento final de comparação entre os helicópteros, considerando-se os pesos 40, 45 e 15, respectivamente, para as missões mais longa, mediana e mais curta (pesos estabelecidos com base em dados operacionais, e passíveis de reavaliação periódica).

No que se refere ao cálculo do custo mensal de cada helicóptero, etapa intermediária do critério, cabe observar que uma planilha de preços típica, elaborada pela Petrobrás para contratação de helicópteros, pede a cotação de seis preços:

Item 1 - Fixo mensal "offshore" - Importância fixa a ser paga mensalmente à empresa contratada, para remunerar a disponibilidade integral do helicóptero afretado, quando nas operações de apoio às unidades marítimas de exploração e produção de petróleo.

Item 2 - Fixo mensal "onshore" - Importância fixa a se paga mensalmente à empresa contratada, para remunerar a disponibilidade integral do helicóptero afretado, quando nas operações de apoio às sondas helitransportáveis, em ambiente de selva.

Item 3 - Hora voada "offshore" - Importância a ser paga em correspondência a cada hora voada pelo helicóptero, quando nas operações de apoio às unidades

marítimas de exploração e produção de petróleo, computando-se também as frações de hora.

Item 4 - Hora voada "onshore" - Importância a ser paga em correspondência a cada hora voada pelo helicóptero, quando nas operações de apoio às sondas helitransportáveis, em ambiente de selva, computando-se também as frações de hora.

Item 5 - Guincho de resgate - Importância fixa a ser paga mensalmente pela disponibilidade de um guincho de salvamento, em condições de ser instalado a bordo do helicóptero para atendimento a operações de emergência.

Item 6 - Tripulação extra - Importância fixa a ser paga mensalmente pela disponibilidade de uma tripulação extra, de sobreaviso para operações de salvamento noturnas.

Os itens 5 e 6 são de utilização opcional em cada contrato, porque, numa base de operações, basta que exista 1 helicóptero provido de guincho de resgate e tripulação extra (ou, no máximo, 2), ficando sua escolha a cargo da gerência local.

Quando um helicóptero é contratado para o atendimento à demanda de uma área "offshore", como por exemplo a Bacia de Campos, os preços dos itens 2 e 4 não são levados em conta no método de julgamento. No entanto, considerando-se a possibilidade (mesmo remota) de que a aeronave venha a ser transferida durante o contrato para o atendimento à Amazônia, é estabelecido um limite percentual máximo para a diferença de preços entre os itens 1 e 2 (fixos mensais), bem como entre os itens 3 e 4 (horas voadas), para evitar a cotação de eventuais sobrepreços nos itens 2 e 4 por parte de empresas licitantes.

Analogamente, embora poucos helicópteros venham a ser providos com guincho de resgate e tripulação extra, os itens 5 e 6 são incluídos no método, com

ponderação de 20% cada um (com base em probabilidade de utilização) para evitar eventuais sobrepreços.

Para o cálculo das cargas pagas ao longo das missões, a primeira etapa é o cálculo dos tempos de vôo e consumos de combustível. Para isso, são utilizadas as tabelas técnicas do Manual de Planejamento, já mencionado, bem como as informações das licitantes sobre cada aeronave cotada, incluindo-se o peso básico operacional (PBO), que é uma particularidade de cada helicóptero, variando inclusive entre exemplares do mesmo modelo.

O cálculo de carga paga, para cada helicóptero, e em cada missão, é efetuado em função do PMD e do PBO, segundo a relação exposta no item 2.2, Considerações quanto ao Desempenho dos Helicópteros.

Durante a etapa de elaboração do método, constatou-se que, para alguns modelos de helicópteros, a carga paga calculada pode ser maior que a capacidade de transporte de passageiros da aeronave (entendida como o produto do número de assentos disponíveis para passageiros pelo peso padronizado de um passageiro e sua bagagem).

Para sanar essa lacuna, foi decidido limitar a carga paga, no máximo, para efeito de cálculo, à capacidade de transporte de passageiros do helicóptero.

O número de assentos disponíveis para passageiros, num helicóptero, pode variar entre as missões típicas, dependendo da necessidade do uso dos tanques de combustível adicionais, o que implica, em certos casos, a remoção de assentos. Essa observação se aplica ao Bell 212, ao Bell 412 SP e a alguns outros modelos, devendo-se consultar as tabelas técnicas quanto à capacidade dos tanques de combustível de cada helicóptero, em comparação com o combustível necessário a cada missão, e quanto à capacidade de cada tanque adicional e o número de assentos que ele exclui da aeronave, quando é o caso.

Na única missão típica IFR, a informação da distância da base à alternativa influencia o cálculo do combustível (conforme previsto na regulamentação aeronáutica), mas não influencia o cálculo do tempo de vôo, considerado apenas o de ida e volta.

Os cálculos previstos no método envolvem a utilização, direta ou indireta, dos diversos parâmetros de aferição de desempenho dos helicópteros: peso máximo de decolagem, com suas possíveis variações, taxas de consumo de combustível nos regimes de cruzeiro e de subida, capacidade dos tanques de combustível "standard" e adicionais, número de assentos para passageiros, velocidades de cruzeiro e de subida referentes a cada modelo, bem como o peso básico operacional, explicitado por aeronave.

Quando, portanto, são calculados o tempo de vôo e a carga paga por missão típica, essas duas grandezas são funções de todos os mencionados parâmetros e resumem, em termos práticos, o que se pode obter de um helicóptero na rotina operacional.

Sendo o custo por libra médio ponderado (C_L) um quociente, calculado em função do custo mensal e da carga paga transportável ao longo de um mês, conclui-se que nem sempre o C_L mais baixo corresponde ao custo mensal mais baixo, podendo uma aeronave mais cara classificar-se melhor que outra mais barata, desde que seu desempenho seja melhor o bastante para que seu custo por unidade de peso transportada seja mais baixo.

O modelo, assim estabelecido, assumiu o seguinte enunciado, para efeito de divulgação às empresas operadoras licitantes, sujeito às adaptações que se fizessem necessárias em cada processo de contratação (Petrobrás, 1990):

COMPARAÇÃO ENTRE PROPOSTAS

1. Considerando-se uma determinada missão típica (discriminada a seguir), o modelo de helicóptero proposto e o peso básico operacional informado pela licitante, consultam-se as tabelas técnicas (elaboradas por consultoria técnica, com base nos manuais dos fabricantes) e calculam-se o tempo de voo (t) e a carga paga (c) correspondentes à missão.
 - 1.1. A carga paga (c), para efeito dos cálculos posteriores, fica limitada, no máximo, ao produto do número de assentos disponíveis para passageiros no modelo e versão do helicóptero cotado (a) pelo peso padronizado de um passageiro e sua bagagem (180 libras). Nos casos em que o valor calculado da carga paga (c) é maior que o produto 180 x a, considera-se que $c = 180 \times a$.
2. Considerando-se uma utilização de 120 horas voadas por mês, divide-se 120 pelo tempo de voo da missão típica (t) e obtém-se o número de missões que o helicóptero deverá voar por mês (n), obrigatoriamente inteiro, desprezando-se a parte decimal.
3. Multiplica-se a carga paga a ser transportada numa missão típica (c) pelo número mensal de missões (n) e obtém-se a carga total a ser transportada pelo helicóptero num mês ($c \times n$).
4. Soma-se o valor do fixo mensal "offshore" com 20% do valor do fixo mensal correspondente a um guincho de salvamento, com 20% do valor do fixo mensal correspondente a uma tripulação IFR extra e com 120 multiplicado pelo valor da hora voada "offshore", e obtém-se o custo mensal do helicóptero (C) para efeito de aplicação do critério.
5. Divide-se o custo mensal do helicóptero (C) pela carga total a ser transportada pelo helicóptero num mês ($c \times n$) e obtém-se o custo por libra transportada ao longo de uma missão típica (C_L):

$$C_L = \frac{C}{c \times n}$$

5.1. O cálculo de C_L é efetuado separadamente para três missões típicas:

1ª - Voar, em IFR, em regime de cruzeiro, desde a base até uma plataforma situada à distância de 105 milhas náuticas, pousar e retornar à base, com reserva de combustível suficiente para voar, em regime de cruzeiro, até uma alternativa situada a 50 milhas náuticas da base e para voar, em regime de cruzeiro, mais 30 minutos. Nível de voo: 4.000 pés AP no percurso de ida e 3.000 pés AP nos percursos de volta e para a alternativa. Temperatura: 25°C ao nível do mar. Pressão atmosférica padrão.

2ª - Voar, em VFR, em regime de cruzeiro, desde a base até uma plataforma situada à distância de 80 milhas náuticas, pousar e retornar à base, com reserva de combustível suficiente para voar, em regime de cruzeiro, mais 20 minutos. Nível de voo: 4.000 pés AP no percurso de ida e 3.000 pés AP no de volta. Temperatura: 30°C ao nível do mar. Pressão atmosférica padrão.

3ª - Voar, em VFR, em regime de cruzeiro, desde a base até uma plataforma situada à distância de 60 milhas náuticas, pousar e retornar à base, com reserva de combustível suficiente para voar, em regime de cruzeiro, mais 20 minutos. Nível de voo: 4.000 pés AP no percurso de ida e 3.000 pés AP no de volta. Temperatura: 30°C ao nível do mar. Pressão atmosférica padrão.

6. Extrai-se a média ponderada entre os três valores calculados, com os pesos 40, 45 e 15, respectivamente, para os C_L da 1ª, da 2ª e da 3ª missão.

7. Considera-se como de menor preço a proposta que apresente a mais baixa média ponderada entre os três valores de C_L .

Um exemplo de planilha utilizada para aplicação do método num processo de concorrência é exposto na tabela a seguir. Os nomes de empresas e as matrículas e números de série dos helicópteros mencionados são fictícios. A ordem de

grandeza das informações de peso básico operacional e de todos os itens de preços é compatível com os dados obtidos em licitações recentemente realizadas pela Petrobrás.

Para o preenchimento da planilha, as informações fornecidas pelas empresas licitantes são:

- nome da empresa;
- matrícula do helicóptero;
- número de série;
- modelo;
- PBO "offshore";
- preço do fixo mensal "offshore";
- preço da hora voada "offshore";
- preço do guincho de resgate;
- preço da tripulação IFR extra.

As informações baseadas nas tabelas técnicas, elaboradas por empresa de assessoria aeronáutica, para cada missão típica, são:

- PMD;
- consumo de combustível;
- tempo de vôo;
- número de assentos disponíveis.

As tabelas técnicas referentes aos quatro modelos de helicópteros da planilha compõem o Anexo I, e as etapas de cálculo necessárias ao preenchimento dos campos consumo de combustível e tempo de vôo, das três missões típicas, para os quatro modelos de helicópteros, estão expostas no Anexo II.

Os campos restantes da planilha mostram os cálculos de aplicação do método, seguindo passo a passo o enunciado divulgado.

Tabela 2.1:
Planilha de Aplicação do Método de Comparação entre Propostas de Helicópteros,
com Base na Relação Custo versus Desempenho

a) Início

Empresa Matrícula Nº de série	Modelo	Missão	PMD (lb)	Comb (lb)	Tempo de voo (h)	Nº de assentos	PBO "offshore" (lb)	Carga paga (lb)	Limite de carga paga (lb)	Carga paga efetiva (lb)	Nº de missões mensais
Lima B3-VPP 69867	S 76A	105 IFR	10.500	1.407	1,69	12	7.034,0	2.059,0	2.160,0	2.059,0	71
		80 VFR	10.500	895	1,30	12		2.571,0	2.160,0	2.160,0	92
		60 VFR	10.500	726	0,99	12		2.740,0	2.160,0	2.160,0	121
Quebec M7-PQX 25407	BH 412SP	105 IFR	11.888	1.950	1,78	13	7.711,5	2.226,5	2.340,0	2.226,5	67
		80 VFR	11.861	1.228	1,36	13		2.921,5	2.340,0	2.340,0	88
		60 VFR	11.861	987	1,03	13		3.162,5	2.340,0	2.340,0	116
November K8-KF7 53012	S 76A	105 IFR	10.500	1.407	1,69	12	7.043,0	2.050,0	2.160,0	2.050,0	71
		80 VFR	10.500	895	1,30	12		2.562,0	2.160,0	2.160,0	92
		60 VFR	10.500	726	0,99	12		2.731,0	2.160,0	2.160,0	121
Zulu X8-RCY 84421	SA 365N	105 IFR	8.820	1.312	1,54	11	6.010,0	1.498,0	1.980,0	1.498,0	77
		80 VFR	8.820	831	1,18	11		1.979,0	1.980,0	1.979,0	101
		60 VFR	8.820	675	0,90	11		2.135,0	1.980,0	1.980,0	133
Romeo K9-PPL 25016	BH 412SP	105 IFR	11.888	1.950	1,78	13	7.730,0	2.208,0	2.340,0	2.208,0	67
		80 VFR	11.861	1.228	1,36	13		2.903,0	2.340,0	2.340,0	88
		60 VFR	11.861	987	1,03	13		3.144,0	2.340,0	2.340,0	116
Quebec M2-ZZJ 32965	BH 412SP	105 IFR	11.888	1.950	1,78	13	7.652,0	2.286,0	2.340,0	2.286,0	67
		80 VFR	11.861	1.228	1,36	13		2.981,0	2.340,0	2.340,0	88
		60 VFR	11.861	987	1,03	13		3.222,0	2.340,0	2.340,0	116
Zulu H9-HH7 34188	BH 212	105 IFR	11.200	2.061	2,15	11	7.210,0	1.929,0	1.980,0	1.929,0	55
		80 VFR	11.200	1.302	1,65	13		2.688,0	2.340,0	2.340,0	72
		60 VFR	11.200	1.042	1,25	13		2.948,0	2.340,0	2.340,0	96

b) Continuação

Carga mensal (lb)	Fixo mensal "offshore" (R\$)	Hora voada "offshore" (R\$)	Guincho de resgate (R\$)	Tripulação IFR extra (R\$)	Custo mensal (R\$)	Custo por libra em cada missão (R\$ / lb)	Pesos	Custo por libra médio ponderado (R\$ / lb)	Classificação
146.189,0 198.720,0 261.360,0	213.660,00	2.340,00	3.015,00	31.800,00	501.423,00	3,4300	40	2,7952	1
2,5233						45			
1,9185						15			
149.175,5 205.920,0 271.440,0	208.100,00	2.550,00	3.010,00	32.100,00	521.122,00	3,4933	40	2,8241	2
2,5307						45			
1,9198						15			
145.550,0 198.720,0 261.360,0	213.900,00	2.385,00	3.030,00	32.080,00	507.122,00	3,4842	40	2,8331	3
2,5519						45			
1,9403						15			
115.346,0 199.879,0 263.340,0	184.000,00	2.230,00	3.100,00	26.200,00	457.460,00	3,9660	40	2,8769	4
2,2887						45			
1,7371						15			
147.936,0 205.920,0 271.440,0	225.000,00	2.530,00	3.040,00	31.500,00	535.508,00	3,6199	40	2,9141	5
2,6006						45			
1,9728						15			
153.162,0 205.920,0 271.440,0	235.900,00	2.560,00	3.000,00	34.000,00	550.500,00	3,5942	40	2,9449	6
2,6734						45			
2,0281						15			
106.095,0 168.480,0 224.640,0	191.000,00	2.080,00	3.010,00	29.150,00	447.032,00	4,2135	40	3,1779	7
2,6533						45			
1,9900						15			

Pelo exame dos dados da planilha, observa-se que uma aeronave mais cara pode, em alguns casos, classificar-se melhor que outra mais barata, desde que seu desempenho seja melhor o bastante para que a sua relação custo versus desempenho suplante a da concorrente.

A utilização dessa sistemática de julgamento, ao longo dos anos, trouxe bons resultados em termos de otimização da frota de helicópteros em serviço na Bacia de Campos.

A desvantagem do modelo, no entanto, é a impossibilidade de inclusão de outros atributos, como por exemplo o tempo de fabricação e o estado de conservação dos equipamentos. Um helicóptero fabricado em 1980 e com 20.000 horas totais voadas seria comparado em pé de igualdade com outro fabricado em 1995 e com 5.000 horas totais.

Da mesma forma, um helicóptero que trouxesse inovações tecnológicas relativas à segurança de voo (além das exigidas pela legislação aeronáutica em vigor) seria comparado em pé de igualdade com outro bem mais antigo e que não as apresentasse.

O atual método também não pode incluir as preferências apuradas entre os usuários regulares do transporte aéreo sobre itens como a capacidade dos bagageiros, o nível de absorção de ruído, o maior ou menor nível vibração (item que se relaciona com a tendência ao enjôo a bordo), a sensação de maior ou menor segurança nas decolagens a partir das plataformas, em função das diferenças de performance entre os vários modelos, e todas as demais queixas ou elogios regularmente externados pelos passageiros.

O adoção de métodos multicritérios de apoio à decisão, com a possibilidade da inclusão de novos atributos, tenderia a aprimorar o processo de seleção dos helicópteros.

3 APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

3.1 Introdução

Os métodos multicritérios de apoio à decisão se moldam adequadamente às situações em que nem todos os dados de um problema prático podem ser quantificados, por medição ou estimativa. Tais situações são freqüentes nos processos decisórios das empresas e dos governos, onde os problemas são geralmente complexos e envolvem fatores numerosos, alguns de natureza qualitativa, e que não podem ser desprezados, em razão da sua importância.

3.2 Métodos Multicritérios

São conhecidas três principais linhas de atuação, nessa área, para problemas com número finito de alternativas (Ehrlich, 1996; Gomes, Gomes, Almeida, 2002): o método MAUT (Multi-Attribute Utility Theory), de emprego dificultado pelo seu rigor teórico, o AHP (Analytic Hierarchy Process), de uso mais largamente disseminado, e uma série de métodos de origem europeia englobados pela sigla MCDA (Multi-Criteria Decision Aid), dos quais se destacam o Electre (Élimination et Choix Traduisant la Réalité), já desenvolvido em várias versões, o Promethee (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) e o Gaia (Geometrical Analysis for Interactive Assistance).

Cada um desses métodos envolve um diferente processo de modelagem, ou seja, uma representação simplificada da realidade, por meio da qual se procura identificar e destacar os elementos mais importantes para a tomada de decisão. Num processo de modelagem, substitui-se a abrangência da realidade pelo poder de análise e de experimentação. Segundo Ehrlich (1996), os elementos de um modelo são:

- 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.

Por meio do modelo, pretende-se analisar diferentes cenários – de uma forma que seria impossível no contexto global da realidade –, obter elementos para a tomada de decisão e verificar a estabilidade dos resultados, quando de uma análise de sensibilidade. 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.

No processo de escolha do método a ser empregado na solução de um problema específico, devem-se levar em conta (Dodgson, Spackman, Pearman, Phillips, 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 para auditoria;
- Disponibilidade de software, se necessário.

Tendo em vista esses fatores, além da maior disseminação no meio empresarial, quando comparado aos demais métodos, a escolha, no caso presente, recaiu sobre o AHP (Analytic Hierarchy Process).

3.3 O Método AHP

O método AHP, de nome traduzido para o português como Processo Analítico Hierárquico, foi desenvolvido na década de 1970, nos Estados Unidos, por Thomas L. Saaty e seus colaboradores. A idéia básica foi a decomposição do problema por hierarquias, seguida da síntese pela identificação de relações através da escolha consciente. Uma hierarquia é definida pelo autor como uma abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais de seus componentes e seus impactos no sistema total (Saaty, 1991).

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 tomar a sintetizá-los (Schmidt, 1995).

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

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. E, durante a sua aplicação, alternam-se etapas de cálculo e etapas de diálogo, havendo uma intervenção direta e contínua dos decisores e de outros na construção da solução, e não somente na definição do problema.

O problema é analisado através da construção de níveis hierárquicos, ou seja, para se ter uma visão global de uma realidade complexa, o problema é decomposto em fatores. Esses fatores são decompostos em um novo nível de fatores, e assim por diante. Os elementos, previamente selecionados, são organizados numa hierarquia descendente, ficando os objetivos finais no topo e os vários resultados possíveis no nível mais baixo. O AHP parte do geral para o mais particular e concreto (Schmidt, 1995).

A aplicação do método AHP envolve três etapas:

- 1ª - Estruturação da hierarquia;
- 2ª - Julgamentos comparativos;
- 3ª - Síntese das prioridades.

A estruturação da hierarquia assume graficamente a forma de um diagrama de árvore invertida, composto pelos níveis:

- 1º - Meta da decisão;
- 2º - Critérios;
- 3º - Subcritérios (se houver);
- 4º - Alternativas.

Nessa fase o método permite aos decisores a modelagem do problema em forma de estrutura, mostrando as relações entre a meta a ser atingida, os critérios, que exprimem os objetivos, e as alternativas, que envolvem a decisão. Essa modelagem exige que os decisores participem direta e ativamente do processo.

Segundo Saaty (1991), não existe, na prática, um conjunto de procedimentos para gerar objetivos, critérios e atividades. É natural escolherem-se objetivos para decompor a complexidade de um sistema. Usualmente estuda-se a literatura, para obter um enriquecimento de idéias, e realiza-se uma sessão livre de "brainstorm", a fim de listar todos os conceitos importantes, sem qualquer relação de ordem. Tenta-se manter em mente que os objetivos finais precisam estar no topo da hierarquia, mantendo-se o escalonamento dos demais níveis.

O fato de existirem similaridades entre problemas faz com que um pesquisador experiente não se defronte com uma tarefa inteiramente nova ao estruturar uma hierarquia. O desafio é tornar-se familiarizado com idéias e conceitos já conhecidos das pessoas que vivem em contato com o sistema (Saaty, 1991).

A construção da hierarquia requer conhecimento e experiência na área do problema, sendo natural haver divergências entre pessoas na sua formulação. Um grupo de decisores trabalhando em conjunto pode, no entanto, chegar a um consenso, o que tende a gerar o comprometimento de todos os participantes com a solução encontrada (Granemann e Gartner, 1996).

A fase de julgamentos envolve a comparação par a par entre os critérios e também entre os subcritérios, se houver. Segundo Vargas (1990), os julgamentos devem pautar-se pelos quatro axiomas a seguir expostos:

Axioma 1: Comparação recíproca

O tomador de decisão deve ser capaz de fazer comparações e manifestar a força de suas preferências. A intensidade dessas preferências deve satisfazer a condição de reciprocidade: se A é x vezes mais preferível que B, então B é $1/x$ vezes mais preferível que A.

Caso esse axioma não seja satisfeito, isso indica que a pergunta usada não é clara, e devem ser reavaliados os julgamentos ou os níveis da hierarquia.

Axioma 2: Homogeneidade

As preferências são representadas pelo princípio de uma escala limitada.

Caso esse axioma não seja satisfeito, isso indica que os elementos que estão sendo comparados não são homogêneos, e os grupos precisam ser reformulados. Se os elementos a serem comparados não pertencem a um grupo homogêneo, eles podem ser ordenados em diferentes grupos e comparados com elementos da mesma ordem de magnitude. Se o decisor não pode fornecer uma boa resposta, então a pergunta não é significativa ou as alternativas não são comparáveis. Comparabilidade significa homogeneidade.

Axioma 3: Independência

Quando as preferências são declaradas, assume-se que os critérios são independentes das propriedades das alternativas.

Esse axioma implica que os pesos do critério devem ser independentes das alternativas consideradas.

Axioma 4: Expectativa

Para a proposta de tomar uma decisão, supõe-se que a estrutura hierárquica esteja completa.

Se esse axioma não for satisfeito, então o decisor não está usando todos os critérios e/ou todas as alternativas aplicáveis ou necessários para encontrar suas expectativas racionais, e assim a decisão é incompleta.

Para efeito dos julgamentos, Saaty estabelece uma escala de 9 níveis, partindo do princípio de que a percepção humana não consegue distinguir mais do que 7 (mais ou menos 2) níveis diferentes. A escala é exposta a seguir (Saaty, 1991):

Tabela 3.1: Escala de Julgamentos de Saaty

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.
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i	Uma designação razoável.
Racionais	Razões resultantes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, para completar a matriz.

As comparações, por meio das quais cada critério é confrontado com todos os outros, assumem a forma de matrizes quadradas, conforme o modelo a seguir:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

(Granemann e Gartner, 1996)

As matrizes devem atender às seguintes condições:

$a_{ij} > 0$ (todos os elementos positivos)

$a_{ii} = 1$ (todos os elementos da diagonal principal iguais a 1, por comparação entre iguais)

$a_{ij} = 1/a_{ji}$ (propriedade das matrizes recíprocas)

O número de julgamentos necessários para a composição de cada matriz é $n(n-1)/2$, onde n é o número de critérios, coincidente com o de linhas e o de colunas.

A etapa seguinte consiste nos cálculos de normalização (obtenção de soma de pesos igual a 1), os quais resultam na obtenção de autovetores de prioridades, expressando as importâncias relativas de cada critério. Segundo Saaty (1991), os cálculos de normalização podem ser efetuados por vários diferentes métodos, e, pela quantidade de trabalho envolvido, torna-se indispensável a utilização de recursos computacionais. O método mais recomendado consiste em elevar a matriz a potências arbitrariamente altas, dividindo-se a soma de cada linha pela soma dos elementos da matriz. Esse processo deve ser repetido até que o

resultado normalizado da última operação seja bem próximo do resultado da operação precedente.

A integridade dos julgamentos é testada através de uma grandeza definida como razão de consistência (RC). Os conceitos de consistência e inconsistência baseiam-se na idéia de que, quando se tem uma quantidade básica de dados, todos os outros podem ser deduzidos logicamente a partir deles. Se, por exemplo, sabe-se que a atividade A_1 é 3 vezes mais dominante que a atividade A_2 , e também que a atividade A_1 é 6 vezes mais dominante que a atividade A_3 , daí pode ser deduzida a relação de dominância entre as atividades A_2 e A_3 . Se essa relação é diferente de 2, pela opinião expressa dos julgadores, isso reflete a inconsistência da matriz (Saaty, 1991).

A inconsistência ocorre freqüentemente nos problemas práticos, em razão da subjetividade dos julgamentos, sejam eles realizados por várias pessoas ou por apenas uma. Para a sua quantificação, foi definida, com base em conceitos estatísticos, a grandeza denominada razão de consistência. O limite máximo de aceitação da RC é 0,10 (ou 10%). Caso ela se situe acima desse limite, os decisores devem rever seus julgamentos, de modo a reduzi-la a uma faixa aceitável, o que envolve um maior refinamento na coleta de informações.

Uma vez obtidos os autovetores expressando a importância relativa dos critérios, e também dos subcritérios se for o caso, aplica-se um processo inteiramente análogo para se estabelecerem as preferências pelas alternativas em cada critério. Tendo-se as importâncias relativas dos critérios e os níveis de preferência das alternativas, efetua-se a valoração global, segundo o método da soma ponderada, pela equação

$$V(a) = \sum_{j=1}^n p_j v_j(a)$$

sujeita às condições

$$\sum_{j=1}^n p_j = 1$$

$$0 < p_j < 1 \quad (j = 1, \dots, n)$$

onde

$V(a)$ \Rightarrow valor global da estimativa analisada;

p_j \Rightarrow importância relativa do critério j ;

v_j \Rightarrow nível de preferência da alternativa analisada no critério.

Embora de aplicação relativamente simples, o AHP tem um sólido embasamento teórico (Pereira, 1999), fundamentado em conceitos de cálculo matricial e estatística. O método tem sido aplicado a uma ampla variedade de problemas práticos, 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 e Gartner, 1996; Orofino, 1996).

Na área de transporte, foi publicado no *Journal of Advanced Transportation* (Canadá) o artigo *Evaluating Goals and Impacts of Two Metro Alternatives by the AHP* (Mouette e Fernandes, 1996), com a seleção da alternativa para a terceira linha do metrô de São Paulo (Brasil), abrangendo desde os aspectos técnicos e financeiros até os impactos sociais e ambientais.

Na área financeira, pode ser citado o artigo *Análise Hierárquica em Análise de Investimentos* (Montevechi e Pamplona, 1997), onde é mostrado como quantificar opiniões de especialistas, o que é necessário em decisões de investimento, mas de difícil execução. É demonstrada a aplicação do método para decisão entre alternativas que se mostram próximas pelos métodos usuais, como Valor Presente ou Valor Anual, mas onde benefícios intangíveis, como por exemplo status junto ao cliente ou percepção de risco, podem ser analisados de forma sistematizada.

Na área de educação, há o artigo *Using the Analytic Hierarchy Process in Engineering Education* (Drake, 1998), onde o autor demonstra como os

professores de engenharia podem beneficiar-se do método para perceber até que ponto os alunos entendem os objetivos de um exercício e os méritos de cada alternativa de solução. São citados exemplos de exercícios aplicados, como a seleção de um método de monitoramento do desgaste de uma bomba hidráulica e a seleção de um método de proteção contra choques elétricos.

Em pesquisa agrícola, há o artigo *Capacity Building in Agricultural Biotechnology Research - Choosing the Best Investment Option for Uganda* (Braunschweig, Enyaru, Kyetere, Saimo, Sengooba, 2000), onde são analisadas as possibilidades de escolha entre as opções de investimento para aumentar a capacidade de pesquisa de biotecnologia agrícola em Uganda, África, com a necessidade de infra-estrutura e de profissionais bem treinados, face a um orçamento declinante.

Em solução de conflitos, há o artigo *Resolving Conflict in the Korean Peninsula* (Azis, Isard, 1998), onde o método é empregado na análise de opções de gerenciamento do conflito entre as Coreias do Norte e do Sul, detalhando os custos e os benefícios de um processo de pacificação e posterior cooperação entre as partes, sob os pontos de vista político, econômico e social.

Em produção de petróleo, há o artigo *Multicriteria Decision-Making in Strategic Reservoir Planning* (Denney, 2000), onde se aplica o método para decidir quanto à melhor seqüência de desenvolvimento de uma série de reservatórios dentro de um mesmo campo petrolífero, diante de critérios estratégicos, envolvendo a engenharia de petróleo e a análise de custos face às previsões do comportamento do preço de mercado do óleo cru. O estudo também abrange a escolha da melhor opção de desenvolvimento para cada reservatório em separado, levando em conta critérios estratégicos e táticos.

Em gerenciamento de recursos hídricos, há o artigo *Evaluating Management Strategies in Paraguaçu River Basin by Analytic Hierarchy Process* (Srdjevic, Medeiros, Srdjevic, Schaer, 2002), onde o método é aplicado à escolha entre três

planos de gerenciamento, num horizonte de 40 anos, para as águas da Bacia do Rio Paraguaçu (Bahia, Brasil), abrangendo uma área de 55 000 km², espalhada por 84 municípios, com cerca de dois milhões de habitantes. As águas são utilizadas para consumo humano e animal e para irrigação, havendo o objetivo de aumento do fluxo na parte baixa, para fins ecológicos.

Em crédito bancário, há o artigo Customer Credit Scoring Model Using Analytic Hierarchy Process (Kang, Shin, 2000), onde, considerando o momento crítico de mudança no mercado financeiro da Coréia do Sul, com a abertura da economia e a tendência à auto-regulação do mercado, é proposto um modelo de pontuação (hierarquização) de clientes, para uso por instituições bancárias, abrangendo os tomadores de empréstimos e seus avalistas. Tendo em vista que a análise envolve fatores objetivos e subjetivos, o AHP foi a ferramenta escolhida, sendo previstos futuros desenvolvimentos sobre o mesmo tema.

Em manutenção industrial, há o artigo An Effective Maintenance System Using the Analytic Hierarchy Process (Labib, O'Connor, Williams, 1998), onde é proposto um modelo de tomada de decisões quanto à manutenção, baseado no AHP. A abordagem determina as ações específicas a serem tomadas, face a condições correntes de trabalho. O primeiro estágio envolve a identificação de critérios, com base nos quais o pessoal de engenharia deseja formular uma decisão ou ação. No segundo, são priorizados os critérios através do método. Finalmente, com base nos critérios, as máquinas são hierarquizadas, de acordo com a sua criticalidade.

Esses exemplos demonstram a multiplicidade de áreas de possível aplicação do método, bem como a sua disseminação pelas mais variadas partes do mundo.

As duas grandes vantagens do método são a facilidade de uso e a capacidade de lidar com julgamentos inconsistentes. As vantagens das hierarquias (Saaty, 1991), são as seguintes:

- A representação hierárquica de um sistema pode ser usada para descrever como as mudanças em prioridades nos níveis mais altos afetam as dos níveis mais baixos.
- As hierarquias dão grandes detalhes de informação sobre a estrutura e as funções de um sistema nos níveis mais baixos, permitindo uma visão geral dos atores e de seus propósitos nos níveis mais altos. Limitações nos elementos de um nível são melhor representadas no nível mais alto seguinte para assegurar sua satisfação.
- Os sistemas naturais montados hierarquicamente, isto é, através de construção modular e montagem final de módulos, desenvolvem-se muito mais eficientemente que os montados de um modo geral.
- As hierarquias são estáveis e flexíveis: estáveis porque pequenas modificações têm efeitos pequenos, e flexíveis porque adições a uma hierarquia bem estruturada não perturbam o desempenho.

Em contrapartida, as seguintes limitações devem ser consideradas (Schmidt, 1995):

- É necessária uma análise cuidadosa para identificar e caracterizar as prioridades dos níveis de hierarquia que afetam o desempenho do objetivo mais alto.
- Há subjetividade na formulação da matriz de referência.
- A priorização dos níveis mais altos da hierarquia deve ser feita com muito cuidado, por ser justamente nessa fase que o consenso se torna indispensável. Essas prioridades dirigirão o resto da hierarquia.
- Em cada nível, deve ser assegurado que os critérios representados são independentes ou, no mínimo, diferentes o bastante.
- As pessoas envolvidas não devem levar excesso de idealismo ou predisposição para liderança, ao se unirem ao trabalho de grupo.
- O método requer procedimento para estruturação dos questionários de preferências.

- Quando o número de alternativas aumenta, o trabalho computacional aumenta sensivelmente.
- É considerável a quantidade de trabalho requerida aos decisores para determinar todos os pares de comparação necessários.

Em resumo, o AHP é um método útil na resolução de problemas complexos, e essa utilidade se destaca nas situações em que aspectos sociais, culturais ou políticos devem ser levados em consideração, e não apenas os aspectos técnicos ou econômico-financeiros (diretamente quantificáveis), o que ressalta sua característica multicriterial.

A maior dificuldade na sua aplicação é a necessidade de um grande número de julgamentos, exigindo uma análise muito cuidadosa nos problemas de maior complexidade. As pessoas envolvidas podem ser levadas ao cansaço, o que pode tornar necessária uma reavaliação dos julgamentos, pela repetição do processo. E fica mais uma vez enfatizada a importância do conhecimento e da experiência das pessoas envolvidas, na área específica do problema em análise.

4 ESTUDO DE CASO: ORDENAMENTO DE PROPOSTAS DE HELICÓPTEROS PARA JULGAMENTO DE LICITAÇÃO

4.1 Introdução

O estudo de caso a ser apresentado simula um processo de concorrência para afretamento de helicópteros destinados ao apoio logístico às unidades marítimas da Bacia de Campos. Nesse processo são cotados quatro helicópteros, representativos dos modelos apresentados no Capítulo 2.

O ordenamento das propostas, do primeiro ao quarto lugar, é exposto inicialmente com a aplicação do método AHP e depois com a aplicação do atual modelo de custo versus desempenho, possibilitando a comparação entre os resultados.

4.2 Aplicação do Método AHP

4.2.1 “Software” de Apoio Utilizado

Na aplicação do método AHP, utilizou-se, como ferramenta de apoio, o programa Expert Choice for Windows (Trial Version 9.047V06), desenvolvido pela empresa Expert Choice Inc, de Pittsburgh, Estados Unidos, fundada por Thomas L. Saaty.

O programa abrange, entre outras funções, a estruturação de um problema, com objetivo, critérios e alternativas, a realização de comparações par a par, e a obtenção de quantificações para os critérios e alternativas, apresentando, em cada etapa, a razão de consistência de cada julgamento efetuado, servindo como indicação da necessidade de revisá-lo, caso o limite de aceitação seja excedido.

4.2.2 Atributos ou Critérios - Definições e Justificativas das Escolhas

A escolha dos critérios, ou atributos, considerados os mais relevantes para esse estudo de caso, baseou-se nas preferências expressas por especialistas em contratação e gerência da atividade de transporte por helicópteros, no apoio logístico às unidades marítimas. Os seis atributos a seguir expostos, bem como suas definições e as justificativas das escolhas, refletem as opiniões coletadas.

1 - Custo

O custo mensal de cada helicóptero é definido, nesse estudo de caso, como a soma de quatro itens:

- a) Preço fixo mensal de afretamento;
- b) 120 vezes o preço da hora voada;
- c) 20% do preço mensal do guincho de salvamento;
- d) 20% do preço mensal de uma tripulação extra.

A importância do custo é inquestionável, por relacionar-se com a viabilidade econômica de qualquer projeto, e, no caso das contratações da Petrobrás, existem dispositivos regulamentares que prevêm a desclassificação das propostas com preços excessivos, em comparação com as previsões orçamentárias.

2 - Desempenho

O desempenho é definido, nesse estudo de caso, pelo número de passageiros que o helicóptero pode transportar por mês, voando 120 horas, em missões típicas de ida e volta, no apoio a unidades situadas a 110 milhas náuticas da costa, com plano de vôo IFR e alternativa a 50 milhas náuticas na etapa de retorno.

O desempenho, assim entendido, mede, com margem de erro aceitável, o serviço a ser efetivamente prestado pelo helicóptero ao longo de um mês, ou seja, o retorno mensal a ser gerado pelo equipamento à empresa contratante do apoio logístico. Conforme exposto no Capítulo 2, esse desempenho depende dos

diversos parâmetros técnicos do modelo de helicóptero, tais como velocidade, consumo específico de combustível, capacidade dos tanques, número de assentos, e outros. Sua importância está diretamente relacionada com a do custo.

3 - Idade do helicóptero

A idade do helicóptero é definida pelo seu ano de fabricação.

Embora se saiba que os componentes críticos das aeronaves têm vida útil limitada, medida em horas de voo, e são substituídos estritamente de acordo com o previsto nos manuais dos fabricantes, a maioria dos especialistas consultados considera importante a idade do helicóptero como atributo de julgamento, tendo em vista que a renovação da frota proporciona menores taxas de indisponibilidade, absorção de novas tecnologias e maior confiança por parte dos usuários.

4 - Número de horas totais voadas

O número de horas totais voadas abrange toda a atividade de voo do helicóptero, desde quando fabricado até o momento da avaliação desse atributo, cabendo observar que a contagem das horas voadas é indispensável para efeito de controle da manutenção.

Dependendo da modalidade de operação, um helicóptero pode acumular um grande número de horas voadas em poucos anos, e, considerando-se que, nas licitações, são apresentadas aeronaves oriundas das mais diversas regiões e condições de operação do mundo, o número de horas totais voadas torna-se um atributo de importância similar à do ano de fabricação, segundo a opinião dos especialistas consultados.

5 - Capacidade de transporte de bagagens

A capacidade de transporte de bagagens é definida pelo volume interno do bagageiro de cada modelo de helicóptero.

Tem-se registrado, nos últimos anos, um incremento na quantidade de profissionais que, ao embarcarem para as unidades marítimas, conduzem equipamentos necessários ao exercício de suas funções, com volumes e formatos que extrapolam a capacidade dos bagageiros de alguns modelos de helicópteros. Isso tem causado transtornos à programação dos vôos e tomou a capacidade de transporte de bagagens um atributo importante de escolha, no cenário atual.

6 - Equipamentos adicionais

São considerados equipamentos adicionais os que não são exigidos pela regulamentação aeronáutica brasileira ou pelos contratos firmados com as empresas de transporte aéreo.

Conforme comentado em capítulo anterior, existem equipamentos adicionais que podem relacionar-se com o conforto dos passageiros, como, por exemplo, ar condicionado ou sistema de isolamento acústico, e outros que podem contribuir para o incremento da segurança de vôo, como o HUMS (“Health and Usage Monitoring System”) e o TCAS (“Traffic Alert and Collision Avoidance System”). Os especialistas consideram que o acréscimo desses equipamentos deve ser incentivado, razão pela qual esse atributo foi incluído entre os mais importantes.

4.2.3 Alternativas

As alternativas são quatro helicópteros representativos dos modelos citados no Capítulo 2: Bell 212, Bell 412SP, Sikorsky 76A e Eurocopter SA 365N. Por já haverem esses modelos operado na Bacia de Campos, suas características já foram observadas na prática pelos decisores, em seus aspectos positivos e negativos.

Os números de série atribuídos aos helicópteros são fictícios. A ordem de grandeza dos dados de custo e desempenho é compatível com a dos dados

registrados numa licitação recente. O número mensal de passageiros foi calculado com base no PBO de cada helicóptero, em combinação com os dados de "performance" do Anexo I, considerando-se a missão estabelecida na definição do atributo desempenho. As planilhas desse cálculo constituem o Anexo III. Os anos de fabricação são representativos do período de produção em série de cada modelo. As horas totais voadas e os equipamentos adicionais foram apropriados aleatoriamente. Segue-se a tabela com os dados referentes aos quatro helicópteros.

Tabela 4.1: Alternativas para o Estudo de Caso

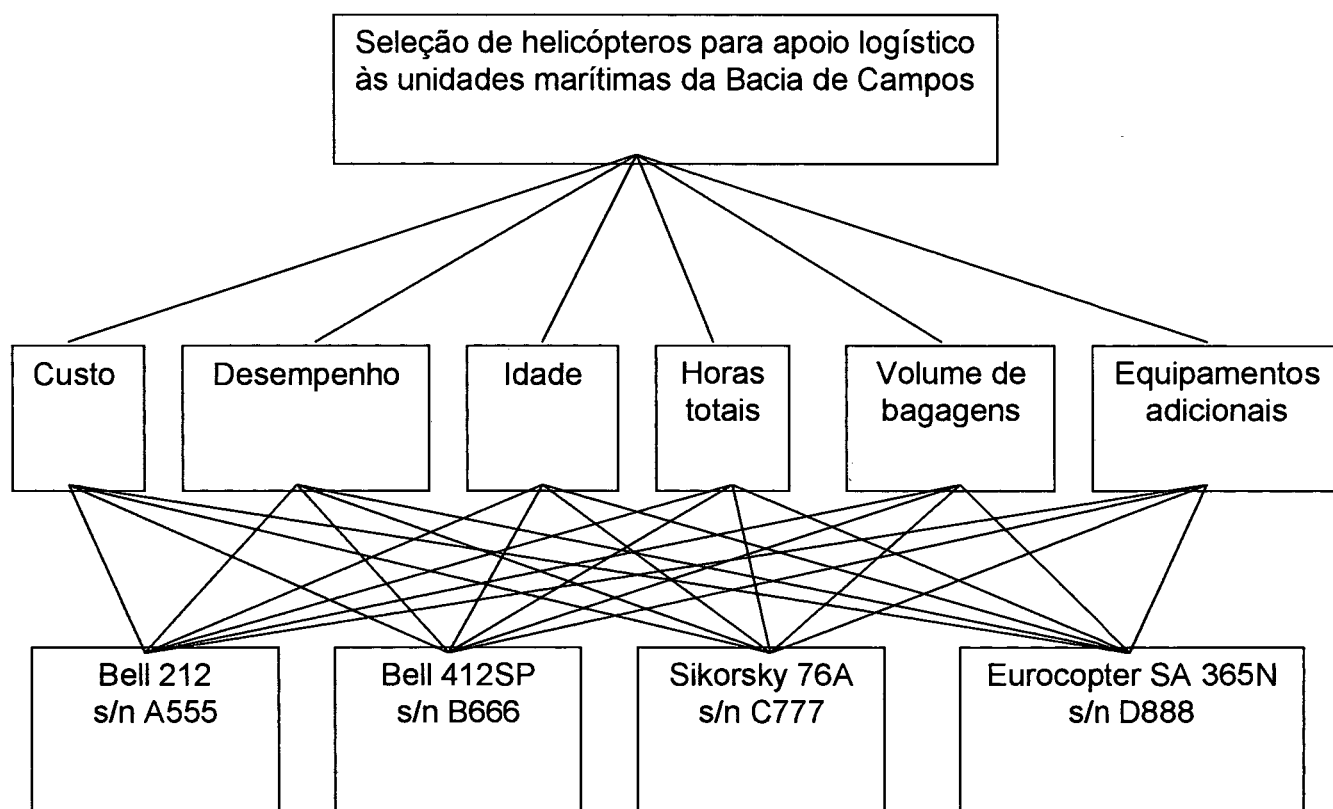
Modelo de helicóptero	Bell 212	Bell 412SP	Sikorsky 76A	SA 365N
Número de série	A555	B666	C777	D888
Preço fixo mensal (R\$)	195.000,00	200.000,00	200.000,00	180.000,00
Preço da hora voada (R\$)	2.100,00	2.600,00	2.300,00	2.000,00
Guincho de resgate (R\$)	3.100,00	3.200,00	3.000,00	2.800,00
Tripulação extra (R\$)	29.000,00	29.500,00	30.000,00	30.800,00
Custo mensal (R\$)	453.420,00	518.540,00	482.600,00	426.720,00
Peso básico operacional (lb)	7.240	7.720	7.050	6.190
Nº de passageiros por mês	1.080	1.534	1.489	1.051
Ano de fabricação	1984	1990	1986	1990
Horas totais voadas	15.210	8.740	9.750	11.530
Volume do bagageiro (m ³)	0,79	0,79	1,08	1,60
Equipamentos adicionais	Isolamento acústico	Ar condicionado	TCAS	HUMS

(dados de custo e desempenho baseados em licitação recente)

4.2.4 Estrutura da Hierarquia

A estrutura está ilustrada a seguir, tendo na linha superior o objetivo, na linha intermediária os critérios de avaliação, e na linha inferior as alternativas:

Figura 4.1: Estrutura da Hierarquia para Aplicação do Método AHP



Os especialistas entrevistados foram dez, escolhidos por sua experiência acumulada, e assim distribuídos:

- três da área de contratação de helicópteros;
- quatro da área de gerência de transporte aéreo;
- três da área de prevenção de acidentes aeronáuticos.

As entrevistas se realizaram pela metodologia do AHP, com o apoio do software Expert Choice for Windows, acompanhando-se permanentemente a razão de consistência dos julgamentos, para refazê-los quando necessário.

4.2.5 Resultados Obtidos

Segue-se uma tabela com as pontuações obtidas pelos seis critérios, na aplicação do AHP, onde cada linha corresponde a um dos especialistas entrevistados (designados pelas letras do alfabeto fonético). A tabela permite observar o quanto é variável a percepção de vários indivíduos, mesmo quando têm níveis equivalentes de conhecimento e experiência, a respeito de um mesmo problema. O conjunto de dez gráficos correspondentes às pontuações de cada entrevistado para os seis critérios está no Anexo IV.

Tabela 4.2: Pontuações para os Seis Critérios

Entrevistado	Custo	Desemp	Idade	Horas tt	Bagagens	Equips ads
Alfa	0,218	0,355	0,120	0,120	0,120	0,068
Bravo	0,033	0,141	0,244	0,244	0,094	0,244
Charlie	0,386	0,262	0,102	0,102	0,102	0,045
Delta	0,138	0,347	0,086	0,235	0,138	0,055
Echo	0,257	0,373	0,049	0,049	0,107	0,166
Foxtrot	0,389	0,260	0,180	0,036	0,048	0,087
Golf	0,053	0,346	0,210	0,053	0,127	0,210
Hotel	0,363	0,228	0,131	0,131	0,074	0,074
India	0,311	0,170	0,170	0,170	0,089	0,089
Juliet	0,054	0,140	0,263	0,263	0,140	0,140

O ordenamento dos critérios baseou-se no número de vezes em que cada um se classificou melhor que os demais, na aplicação do método, o que pode ser facilmente visualizado nos gráficos do Anexo IV. A tabela a seguir mostra quantas vezes cada critério classificou-se em cada colocação, no ordenamento do primeiro ao sexto lugar, na visão dos entrevistados. Observa-se que, na tabela, o somatório das colunas é sempre igual a 10, mas o das linhas é variável, pelo fato de terem ocorrido vários empates entre critérios nas avaliações individuais.

Tabela 4.3: Somatórios das Classificações dos Critérios

	Custo	Desemp	Idade	Horas tt	Bagagens	Equips ads
1º	4	4	2	2		1
2º	2	6	2	2	1	2
3º	2		4	3	6	2
4º	2		1	1	2	4
5º			1	1	1	1
6º				1		

Desses dados resultou o seguinte ordenamento por critério:

- 1º - Desempenho
- 2º - Custo
- 3º - Idade
- 4º - Horas voadas totais
- 5º - Equipamentos adicionais
- 6º - Capacidade de bagagens.

Efetuando-se o somatório dos pesos atribuídos aos critérios na Tabela 4.2, essa colocação fica confirmada:

- 1º - Desempenho: 2,622
- 2º - Custo: 2,202
- 3º - Idade: 1,555
- 4º - Horas voadas totais: 1,403
- 5º - Equipamentos adicionais: 1,178
- 6º - Capacidade de bagagens: 1,039

Em continuidade à aplicação do método, foram compiladas as pontuações das quatro alternativas, no Expert Choice for Windows, para cada entrevistado, e sob a influência dos pesos dos critérios, conforme o exposto na tabela a seguir. O conjunto de dez gráficos correspondentes às pontuações de cada entrevistado para as quatro alternativas está no Anexo IV.

Tabela 4.4: Pontuações para as Quatro Alternativas

Entrevistado	BH 212	BH 412SP	S 76A	SA 365N
Alfa	0,142	0,330	0,241	0,287
Bravo	0,126	0,354	0,188	0,332
Charlie	0,186	0,282	0,230	0,302
Delta	0,134	0,361	0,236	0,270
Echo	0,177	0,261	0,267	0,295
Foxtrot	0,176	0,273	0,232	0,318
Golf	0,140	0,341	0,269	0,250
Hotel	0,176	0,279	0,239	0,306
India	0,157	0,286	0,241	0,315
Juliet	0,105	0,342	0,251	0,302

O ordenamento das alternativas também se baseou inicialmente no número de vezes em que cada uma se classificou melhor que as demais, na aplicação do

método. A tabela a seguir mostra quantas vezes cada alternativa classificou-se em cada colocação, no ordenamento do primeiro ao quarto lugar.

Tabela 4.5: Somatório das Classificações das Alternativas

	BH 212	BH 412SP	S 76A	SA 365N
1º		5		5
2º		4	2	4
3º		1	8	1
4º	10			

Como houve empate entre os posicionamentos das alternativas BH 412SP e SA 365N, a decisão se realizou pela soma das dez pontuações obtidas para cada alternativa na Tabela 4.4, obtendo-se o seguinte ordenamento por alternativa:

- 1ª - BH 412 SP, número de série B666: 3,109
- 2ª - SA 365N, número de série D888: 2,977
- 3ª - S 76A, número de série C777: 2,394
- 4ª - BH 212, número de série A555: 1,519

4.2.6 Análise dos Resultados

Considerando-se que foi pequena a diferença entre as somas das pontuações das alternativas classificadas nos dois primeiros lugares, tomou-se interessante a execução de uma análise de sensibilidade, fazendo variar os pesos dos critérios, a fim de observar as conseqüências sobre o ordenamento final das alternativas.

Durante a etapa de hierarquização dos critérios (Tabela 4.2), dentre os 10 especialistas entrevistados, 6 classificaram o custo e o desempenho como os dois

principais atributos, 2 classificaram o desempenho juntamente com um dos indicadores de uso do helicóptero (idade e horas totais voadas) e 2 priorizaram ambos os indicadores de uso.

Utilizando-se um dos recursos disponíveis no “software” de aplicação do AHP, foi possível, sobre os dados numéricos de cada entrevistado, fazer variar os pesos dos critérios, ora dando ênfase aos dois mais importantes (custo e desempenho), ora aos indicadores de uso (idade e horas totais voadas). Observou-se que, para ambas as situações, a alternativa Bell 412SP confirmou a primeira colocação na grande maioria dos casos.

As únicas situações simuladas, nas quais a alternativa SA 365N assumiu majoritariamente o primeiro lugar, foram:

- a) dando-se ênfase aos critérios equipamentos adicionais e capacidade de bagagens (justamente os dois últimos colocados no ordenamento por parte dos especialistas);
- b) atribuindo-se importância igual a todos os seis critérios.

Considerando-se que essas duas situações contrariam frontalmente a hierarquização de critérios obtida na primeira etapa de aplicação do método (Tabela 4.2), fica seguramente confirmada a classificação do Bell 412SP em primeiro lugar e a do SA 365N em segundo.

Daí se conclui que, no presente estudo de caso, os resultados obtidos pela aplicação do AHP mostraram-se estáveis, quando submetidos à análise de sensibilidade.

Seguem-se quatro gráficos ilustrativos da análise, apenas como exemplos, tendo em vista que a apresentação de todos os quarenta, correspondentes às simulações efetuadas, ocuparia um espaço excessivo e mostraria resultados quase sempre similares.

Figura 4.2: Gráfico de Análise de Sensibilidade com Ênfase em Custo e Desempenho

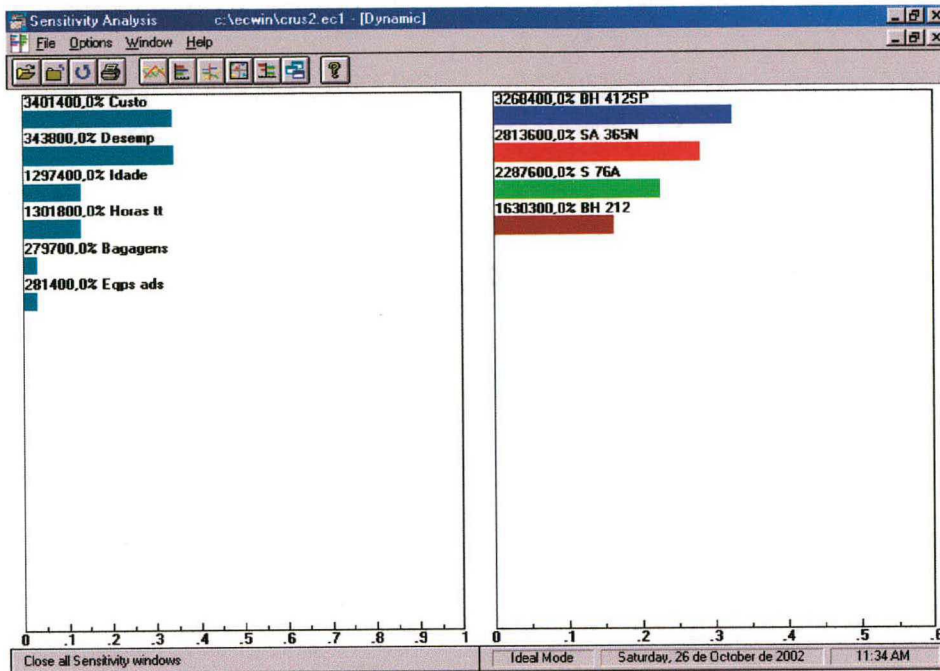


Figura 4.3: Gráfico de Análise de Sensibilidade com Ênfase em Idade e Horas Totais Voadas

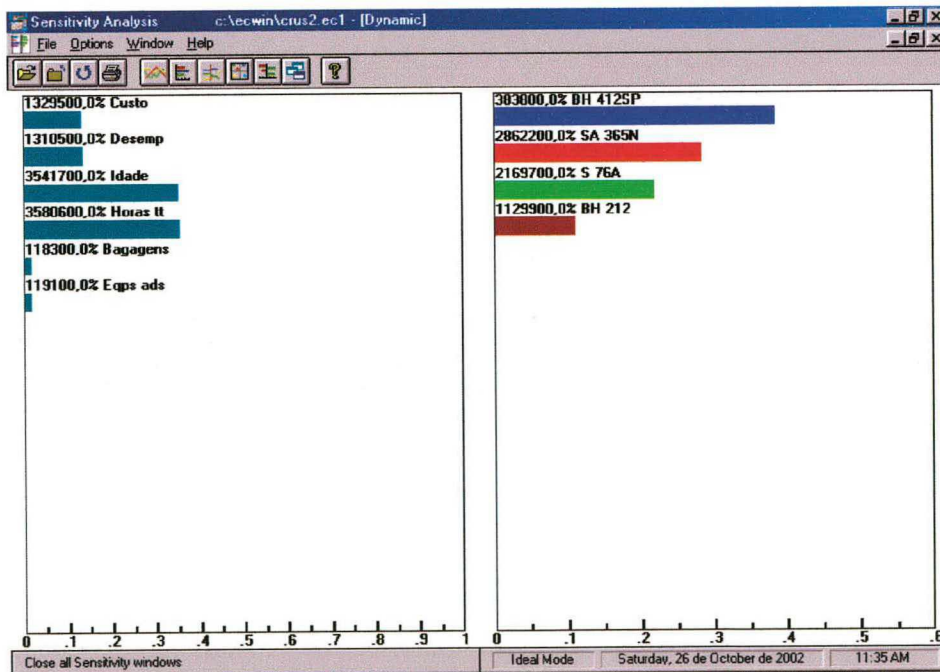


Figura 4.4: Gráfico de Análise de Sensibilidade com Ênfase em Equipamentos Adicionais e Capacidade de Bagagens

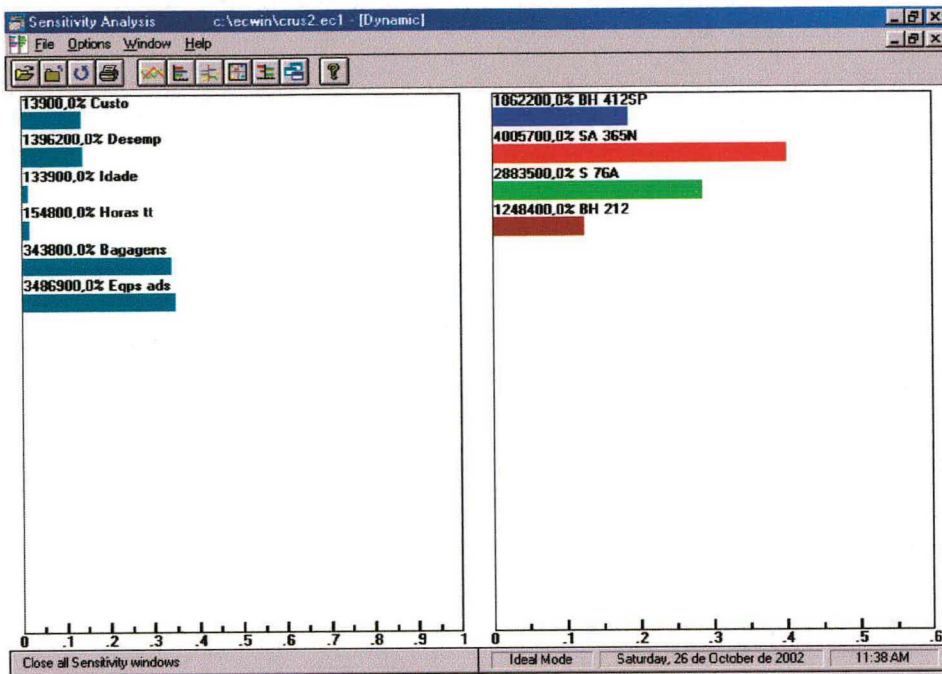
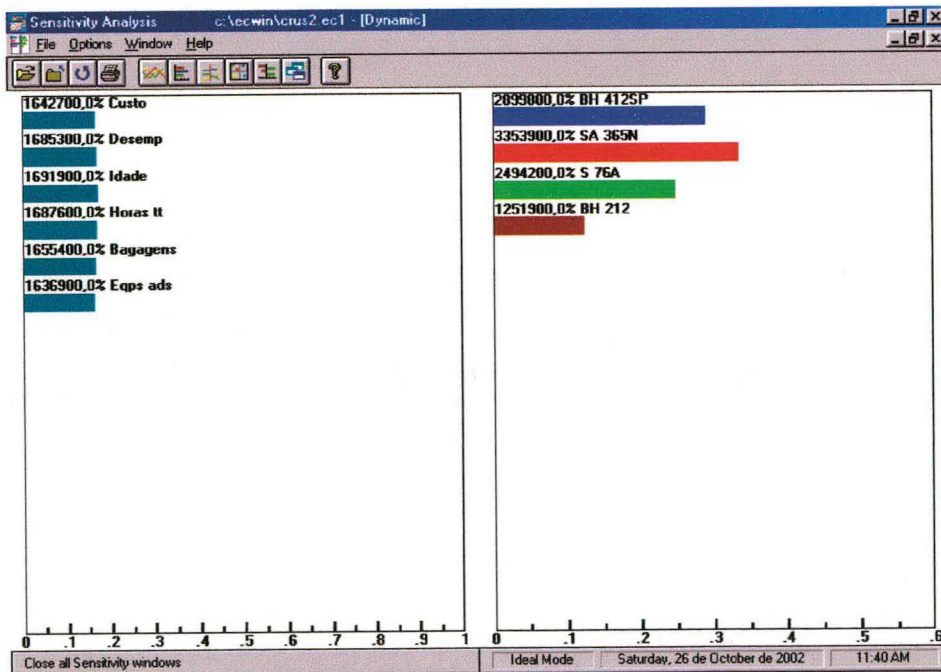


Figura 4.5: Gráfico de Análise de Sensibilidade com Equivalência entre Todos os Seis Critérios



4.3 Aplicação do Método de Custo versus Desempenho

4.3.1 Execução dos Cálculos

Conforme estabelecido no início do capítulo, o estudo de caso inclui o ordenamento das quatro alternativas, primeiramente com a aplicação do AHP, e em seguida com a aplicação do método custo versus desempenho, nos moldes em que é empregado nas licitações da Petrobrás, para que se possam comparar os resultados. Segue-se, portanto, a planilha de aplicação do método atual, utilizando os dados técnicos das alternativas, em combinação com os do Anexo I.

Tabela 4.6: Planilha de Aplicação do Método Custo versus Desempenho no Estudo de Caso

a) Início

Nº de série	Modelo	Missão	PMD (lb)	Comb (lb)	Tempo de voo (h)	Nº de assentos	PBO "offshore" (lb)	Carga paga (lb)	Limite de carga paga (lb)	Carga paga efetiva (lb)	Nº de missões mensais
C777	S 76A	105 IFR	10.500	1.407	1,69	12	7.050,0	2.043,0	2.160,0	2.043,0	71
		80 VFR	10.500	895	1,30	12		2.555,0	2.160,0	2.160,0	92
		60 VFR	10.500	726	0,99	12		2.724,0	2.160,0	2.160,0	121
B666	BH 412SP	105 IFR	11.888	1.950	1,78	13	7.720,0	2.218,0	2.340,0	2.218,0	67
		80 VFR	11.861	1.228	1,36	13		2.913,5	2.340,0	2.340,0	88
		60 VFR	11.861	987	1,03	13		3.154,0	2.340,0	2.340,0	116
D888	SA 365N	105 IFR	8.820	1.312	1,54	11	6.190,0	1.318,0	1.980,0	1.318,0	77
		80 VFR	8.820	831	1,18	11		1.799,0	1.980,0	1.799,0	101
		60 VFR	8.820	675	0,90	11		1.955,0	1.980,0	1.955,0	133
A555	BH 212	105 IFR	11.200	2.061	2,15	11	7.240,0	1.899,0	1.980,0	1.899,0	55
		80 VFR	11.200	1.302	1,65	13		2.658,0	2.340,0	2.340,0	72
		60 VFR	11.200	1.042	1,25	13		2.918,0	2.340,0	2.340,0	96

b) Continuação

Carga mensal (lb)	Fixo mensal "offshore" (R\$)	Hora voada "offshore" (R\$)	Guincho de resgate (R\$)	Tripulação IFR extra (R\$)	Custo mensal (R\$)	Custo por libra em cada missão (R\$ / lb)	Pesos	Custo por libra médio ponderado (R\$ / lb)	Classificação
145.053,0 198.720,0 261.360,0	200.000,00	2.300,00	3.000,00	30.000,00	482.600,00	3,3271	40	2,7006	1
2,4285						45			
1,8465						15			
148.606,0 205.920,0 271.440,0	200.000,00	2.600,00	3.200,00	29.500,00	518.540,00	3,4894	40	2,8155	2
2,5182						45			
1,9103						15			
101.486,0 181.699,0 260.015,0	180.000,00	2.000,00	2.800,00	30.800,00	426.720,00	4,2047	40	2,9849	3
2,3485						45			
1,6411						15			
104.445,0 168.480,0 224.640,0	195.000,00	2.100,00	3.100,00	29.000,00	453.420,00	4,3412	40	3,2503	4
2,6912						45			
2,0184						15			

4.3.2 Resultados Obtidos

Como se observa na planilha, o ordenamento das alternativas, pelo critério de custo versus desempenho, é:

- 1ª - S 76A, número de série C777;
- 2ª - BH 412SP, número de série B666;
- 3ª - SA 365N, número de série D888;
- 4ª - BH 212, número de série A555.

4.3.3 Análise dos Resultados

Os resultados obtidos pelo método custo versus desempenho mostraram-se coerentes com os observados, ao longo dos anos, nas licitações empreendidas pela Petrobrás, nas quais os helicópteros do modelo Sikorsky 76A vêm obtendo, na maioria das vezes, os melhores resultados, tendo-se tornado os mais numerosos da frota de apoio logístico à Bacia de Campos, seguidos pelos do modelo Bell 412SP.

É interessante observar que na Tabela 4.1, onde estão os dados referentes às alternativas para o estudo de caso, o S 76A situa-se em segundo lugar em desempenho (medido pelo número de passageiros transportados por mês) e em terceiro lugar em custo, também mensal. No entanto, extraído-se o quociente entre o custo e o número de passageiros, verifica-se que ele obtém o melhor resultado entre os das quatro alternativas – cabendo lembrar que os dados da Tabela 4.1 são da mesma ordem de grandeza dos de uma licitação recentemente realizada.

Essa tem sido a vantagem competitiva do S 76A, quando submetido ao método de seleção atualmente adotado pela Petrobrás: mesmo não sendo o melhor em custo ou em desempenho (quando esses dois atributos são analisados isoladamente), torna-se o melhor, na maioria dos casos, quando o quociente é extraído.

4.4 Comparação entre os Resultados Obtidos pelos Dois Métodos

Na aplicação dos dois métodos, conforme observado, os ordenamentos das alternativas foram diferentes. Apenas para efeito de visualização, a tabela a seguir mostra os resultados justapostos.

Tabela 4.7: Resultados das Aplicações dos Métodos AHP e Custo versus Desempenho no Ordenamento das Alternativas

Classificação	Método custo versus desempenho	Método AHP
1 ^a	Sikorsky 76A	Bell 412SP
2 ^a	Bell 412SP	Eurocopter SA 365N
3 ^a	Eurocopter SA 365N	Sikorsky 76A
4 ^a	Bell 212	Bell 212

Na comparação, observa-se que o modelo Bell 212 se manteve em quarto lugar, enquanto os modelos Bell 412SP e SA 365N galgaram, cada um deles, uma posição, pela aplicação do método AHP, tornando-se os dois primeiros colocados.

A diferença que mais se destaca na comparação entre os resultados é a classificação do modelo Sikorsky 76A, que deteve o primeiro lugar no método custo versus desempenho e, no entanto, foi duplamente superado no AHP. Nota-se inclusive que, sem a participação do S 76A, as classificações dos demais modelos, pelos dois métodos, teriam sido iguais.

Buscando entender as razões dessa divergência, observa-se que, na aplicação do AHP, os atributos custo e desempenho, embora tenham sido considerados os mais relevantes pelos decisores (Tabela 4.2), foram computados como critérios independentes. A relação entre os dois, na forma de um quociente (que é o elemento de comparação do outro método), não foi considerada como um atributo

em si, quando da etapa de apuração dos critérios que viriam a compor a estrutura da hierarquia, através de consultas a especialistas (Item 4.2.3 e Figura 4.1). Daí se explica o destaque do Bell 412SP (primeiro lugar em desempenho) e do SA 365N (primeiro lugar em custo), quando da aplicação do método AHP.

Além disso, nos dois atributos considerados como de importância intermediária pelos entrevistados (idade e horas totais voadas), verifica-se que o S 76A é suplantado, em idade, pelo Bell 412SP e pelo SA 365N, reforçando as posições de ambos, e que apenas no critério horas totais voadas o S 76A ocupa uma posição intermediária, ainda assim superado pelo Bell 412SP.

O elevado número de horas voadas atribuído, no estudo de caso, ao SA 365N foi um fator importante no desempate a favor do Bell 412SP na aplicação do método multicritério. As vantagens do SA 365N nos atributos equipamentos adicionais e capacidade de bagagens não foram suficientes para reverter seu posicionamento em segundo lugar, face à pequena importância atribuída a esses dois critérios pelos decisores (Tabela 4.2).

A classificação do Bell 212 em último lugar, por ambos os métodos, se deve às limitações naturais de um projeto já antigo em relação aos demais concorrentes, porém, no confronto entre os modelos mais equilibrados entre si, ficou evidenciado que uma avaliação multicritério pode levar a uma abordagem totalmente nova e com resultados diferentes dos tradicionalmente obtidos pela análise de custo versus desempenho.

Sob o ponto de vista logístico, observa-se que a abordagem multicritério, em comparação com a tradicional, viabiliza o “trade-off” entre os custos e o nível de serviço, sendo destacável que, no caso do transporte aéreo de passageiros para as unidades marítimas, o nível de serviço influi sobre a maior ou menor confiança desses usuários na utilização das aeronaves, com reflexos nas suas condições psicológicas no ambiente de trabalho.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho avaliou um modelo para seleção de helicópteros destinados à prestação de apoio logístico às atividades de exploração e produção de petróleo em ambiente “offshore”, em regime de “pool”, com base num método multicritério de apoio à decisão, no caso o AHP, Analytic Hierarchy Process, ou Processo Analítico Hierárquico.

Os resultados obtidos através desse modelo, no estudo de caso realizado, foram diferentes dos que se obtiveram pelo método atualmente em uso pela Petrobrás, o que abre espaço para discussão.

O modelo atual teve suas vantagens e desvantagens expostas no Capítulo 2, onde foi descrito. Em resumo, os principais argumentos a seu favor são a economicidade, os bons resultados já obtidos na prática, a credibilidade conquistada diante do mercado fornecedor de aeronaves e a objetividade. O principal argumento contrário é a não inclusão de outros atributos além do custo e do desempenho, contrariando a atual tendência dos especialistas no sentido da diversificação dos critérios de julgamento.

No caso dos métodos multicritérios, o principal argumento favorável é que eles proporcionariam aos modelos de aeronaves de última geração (incorporando novas tecnologias e maior confiabilidade), condições de concorrerem efetivamente com os que já operam no País, e que já acumulam longo tempo de uso, sendo essa concorrência quase inviável pelo atual método de avaliação, tendo em vista as consideráveis diferenças entre os preços. Isso caracteriza o “trade-off”, viabilizado pela abordagem multicritério, entre os custos e o nível de serviço, o qual, no caso do transporte aéreo, influi diretamente sobre a confiança dos usuários.

A renovação da frota de helicópteros, que resultaria da adoção do modelo proposto, além de proporcionar os benefícios já citados, facilitaria as tarefas de operação e manutenção, contribuindo indiretamente para a segurança de vôo, e teria efeitos positivos na própria imagem da Petrobrás, como contratante do transporte aéreo.

Outro ponto favorável ao modelo avaliado é a captação da pluralidade das visões de um número amplo de especialistas, sugerindo atributos de julgamento que talvez escapassem à visão dos gerentes, enriquecendo o processo de escolha e tornando-o mais representativo do corpo técnico da empresa, argumento aplicável não somente à Petrobrás como a qualquer outra companhia.

Observou-se ainda, no estudo de caso do Capítulo 4, o fato de os resultados obtidos através do método AHP terem-se mostrado estáveis diante da análise de sensibilidade realizada.

Como argumento contrário, viu-se que os especialistas entrevistados tiveram, em geral, dificuldade em efetuarem sucessivas comparações par a par, dentro da sistemática do AHP, sem recaírem em inconsistências acima do limite aceitável, e demonstraram, em alguns casos, impaciência em repetirem as entrevistas, por terem outras tarefas a executar. Daí se deduz que, num processo com uma estrutura hierárquica mais complexa, envolvendo maior número de critérios ou de alternativas, a aplicação do método se tornaria uma tarefa difícil, considerando-se as naturais limitações de prazo para obtenção dos resultados.

Comparando-se os argumentos referentes aos métodos multicritérios, conclui-se que os favoráveis são mais significantes, e que esses métodos constituem uma opção atrativa, no sentido do aprimoramento do processo de seleção de aeronaves para operação no ambiente "offshore". A tendência de renovação da frota de helicópteros, motivada pelo mencionado "trade-off" entre os custos e o nível de serviço, com várias conseqüências positivas, entre as quais se destaca o

bem-estar psicológico dos usuários, constitui o argumento decisivo a favor do modelo avaliado, sob uma visão logística.

O modelo mostrou-se válido, sendo recomendável sua aplicação a situações práticas, com a ressalva da sua limitação ao regime de "pool", em cenários logísticos similares ao da Bacia de Campos. Uma pesquisa bem conduzida sobre os resultados que fossem alcançados, abrangendo os usuários do transporte aéreo, o corpo técnico e as gerências, serviria para avaliar, com isenção de propósitos, a qualidade desses resultados.

O que parece constituir um obstáculo à adoção do modelo é a subjetividade a ele inerente, a qual pode motivar resistências à sua utilização.

No entanto, considerando-se que muitas corporações e também órgãos governamentais, em várias partes do mundo, já têm obtido bons resultados em diversos ramos de atividade pela aplicação dos métodos multicritérios, pode-se vislumbrar como viável, para um futuro próximo, o seu emprego na área de abrangência do presente trabalho. É um assunto a ser explorado e desenvolvido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRCRAFT MANAGEMENT GUIDE - Report nº 65/239, The Oil Industry International E&P Forum, Londres, 1988.

AZIS, I.J., ISARD, W., Resolving Conflict in the Korean Peninsula, Cornell University, 1998.

BELL HELICOPTER TEXTRON, Portal na Internet, www.bellhelicopter.textron.com/, consultado em 2002.

BRAUNSCHWEIG, T., ENYARU, J., KYETERE, D., RUBAHAIO, P., SAIMO, M., SENGGOBA, T., Capacity Building in Agricultural Biotechnology Research, Uganda, 2000.

BRINATI, M.A. e outros, Heurísticas de Roteamento, Rio de Janeiro, 1993.

CALDAS, P. H. O., Estudo de Viabilidade para o Emprego de Helicóptero Baseado em Plataforma Offshore, para Efetuar Operação de Transbordo nas Unidades desse Campo, Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 1999.

CHRISTOPHER, T., Tese de Doutorado, The Development of a Simulation Technique for the Analysis of Helicopter Offshore Operation, University of Glasgow, 1997.

DAC, Departamento de Aviação Civil, Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7565, 1986.

DAC, Departamento de Aviação Civil, Regras Especiais de Tráfego Aéreo para Helicópteros, 1991.

DAC, Departamento de Aviação Civil, Operação de Helicópteros Civis, 1989.

DENNEY, D., Multicriteria Decision-Making in Strategic Reservoir Planning, Journal of Petroleum Technology, Dallas, September 2002.

DODGSON, J., SPACKMAN, M., PEARMAN, A., PHILIPS, L., Department of Transport, Local Government and the Regions, Multi Criteria Analysis: A Manual, Londres, 2001.

DRAKE, P.R, Using the Analytic Hierarchy Process in Engineering Education, International Journal of Engineering Education, Vol. 14, No. 3, Grã-Bretanha, 1998.

- EHRlich, P. J., Modelos Quantitativos de Apoio à Decisão, Revista de Administração de Empresas, São Paulo, jan/jun, 1996.
- EUROCOPTER, Portal na Internet, www.eurocopter.com/, consultado em 2002.
- GOMES, L.F.A.M., GOMES, C.F.S., ALMEIDA, A.T., Tomada de Decisão Gerencial - Enfoque Multicritério, Editora Atlas, São Paulo, 2002.
- GRANEMANN, S. R. e GARTNER, I. R., Seleção de Financiamento para Aquisição de Aeronaves: Aplicação de Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão, Revista Transportes, 1996.
- GUIMARÃES, J., GALVÃO, R.D., Um Procedimento para o Cálculo do Tempo de Vôo de Helicópteros na Bacia de Campos, Rio de Janeiro, 1986.
- GUIMARÃES, J., GALVÃO, R.D., An Algorithm for Helicopter Routing in the Support of Offshore Oil Exploration, Rio de Janeiro, 1987.
- HELIVALUES INC, The Official Helicopter Blue Book, Lincolnshire, EUA 1998.
- KANG, S., SHIN, K., Customer Credit Scoring Model Using Analytic Hierarchy Process, *Inform and Korms*, 2197, Seul, 2000.
- LABIB, A.W., O'CONNOR, R.F., WILLIAMS, G.B., An Effective Maintenance System Using the Analytic Hierarchy Process, *Integrated Manufacturing Systems*, 9/2 (1998), 87 – 98, MCB University Press, Bradford, Grã-Bretanha, 1998.
- MONTEVECCHI, J.A.B., PAMPLONA, E.O., Análise Hierárquica em Análise de Investimentos, Itajubá, 1996.
- MOUETTE, D., FERNANDES, J.F.R., Evaluating Goals and Impacts of Two Metro Alternatives by the AHP, *Journal of advanced Transportation*, Vol. 30, NO. 1, Calgary, Canadá, Spring 1996.
- OROFINO, F. V. G., Aplicação de Um Sistema de Suporte Multicritério – Saaty for Windows – na Gestão de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde – Caso do Hospital Celso Ramos, Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 1996.
- PEREIRA, C. A. A., Priorização de Investimentos em Uma Cadeia Logística Completa, Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 1999.
- PETROBRÁS, Manual de Planejamento de Operações de Transporte Aéreo, Rio de Janeiro, 1990.

PETROBRÁS, Padrão de Especificação de Helicópteros a Serem Contratados, Rio de Janeiro, 1990.

PETROBRÁS, Padrão de Formulação de Critérios de Comparação entre Propostas nas Contratações de Helicópteros, Rio de Janeiro, 1990.

RUSSEL, G.R., Offshore Helicopter Operations, Oilfield Ledburg, Grã-Bretanha, 1998.

SAATY, T.L., Método de Análise Hierárquica, McGraw – Hill, Makron, São Paulo, 1991.

SAUNDERS, G.H., A Dinâmica de Vôo do Helicóptero, Palos Verdes, Califórnia, 1974.

SCHMIDT, A. M. A., Processo de Apoio à Tomada de Decisão, Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 1995.

SIKORSKY AIRCRAFT, Portal na Internet,

www.sikorsky.com/sac/Home/0,3170,CLI1_DIV69_ETI541,00.html, consultado em 2002.

SRDJEVIC, B., MEDEIROS, Y., SRDJEVIC, Z., SCHAER, M., Evaluating Management Strategies in Paraguaçu River Basin by Analytic Hierarchy Process, International Environmental Modelling and Software Society, Lugano, Suíça, 2002.

VARGAS, L. G., An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications, European Journal of Operational Research, v. 48, p. 2-8, 1990.

ANEXO I**Dados de "Performance" Necessários aos Cálculos de Custo versus Desempenho**

(Fonte: Petrobrás, 1990)

1 - Modelo Bell 212

Peso máximo de decolagem estrutural: 11.200 libras.

Tabela A1.1: Peso Máximo de Decolagem Limitado por Temperatura (ao Nível do Mar) para o Modelo Bell 212

Temperatura (°C)	Para manter vôo pairado com efeito de solo	Para manter vôo monomotor a 2.000 pés
Até 31	11.200	11.200
32	11.200	11.154
33	11.200	11.099
34	11.200	11.053
35	11.200	10.996
36	11.200	10.938
37	11.200	10.868
38	11.200	10.808
39	11.200	10.746
40	11.200	10.684

Velocidade de subida: 80 kt TAS
 Velocidade de cruzeiro e descida: 100 kt TAS
 Consumo de subida: 715 lb/h
 Consumo de cruzeiro: 650 lb/h

Consumo de espera:	618 lb/h
Razão de subida e descida:	500 ft/min
Velocidade com carga externa:	30 ou 50 ou 70 kt TAS (dependendo do formato da carga)
Capacidade do gancho de carga:	5.000 lb

Limitações de número de assentos:

Apenas com os tanques standard	13 lugares
Com até 2 tanques auxiliares de 20 galões (US)	13 lugares
Com 1 tanque auxiliar de 20 galões e 1 de 90 galões	11 lugares
Com 2 tanques auxiliares de 90 galões	9 lugares

Combustível máximo permitido:

Tanques standard	1.431 lb
Tanques standard e 1 de 20 galões	1.566 lb
Tanques standard e 2 de 20 galões	1.701 lb
Tanques standard e 1 de 90 galões	2.038 lb
Tanques standard, 1 de 20 galões e 1 de 90 galões	2.173 lb
Tanques standard e 2 de 90 galões	2.646 lb

Comprimento com ambos os rotores girando	17,46 m
--	---------

2 - Modelo Bell 412 SP

Peso máximo de decolagem estrutural (inclusive com carga externa): 11.900 lb.

Tabela A1.2: Peso Máximo de Decolagem Limitado por Temperatura (ao Nível do Mar) para o Modelo Bell 412 SP

Temperatura (°C)	Para manter vôo pairado com efeito de solo	Para manter vôo monomotor a 2.000 pés
Até 23	11.900	11.900
24	11.894	11.900
25	11.888	11.900
26	11.883	11.900
27	11.877	11.900
28	11.872	11.900
29	11.866	11.900
30	11.861	11.900
31	11.855	11.900
32	11.850	11.900
33	11.844	11.900
34	11.838	11.900
35	11.833	11.900
36	11.827	11.900
37	11.822	11.900
38	11.816	11.802
39	11.811	11.698
40	11.805	11.593

Velocidade de subida: 105 kt TAS

Velocidade de cruzeiro e descida: 120 kt TAS

Consumo de subida: 736 lb/h

Consumo de cruzeiro: 722 lb/h

Consumo de espera:	702 lb/h
Razão de subida e descida:	500 ft/min
Velocidade com carga externa:	30 ou 50 ou 70 kt TAS (dependendo do formato da carga)
Capacidade do gancho de carga:	4.500 lb

Limitações de número de assentos:

Apenas com os tanques standard	13 lugares
Com até 2 tanques auxiliares de 20 galões (US)	13 lugares
Com 1 tanque auxiliar de 20 galões e 1 de 81,7 galões	11 lugares
Com 2 tanques auxiliares de 81,7 galões	9 lugares

Combustível máximo permitido:

Tanques standard	2.180 lb
Tanques standard e 1 de 20 galões	2.315 lb
Tanques standard e 2 de 20 galões	2.450 lb
Tanques standard e 1 de 81,7 galões	2.731 lb
Tanques standard, 1 de 20 galões e 1 de 81,7 galões	2.866 lb
Tanques standard e 2 de 81,7 galões	3.283 lb

Comprimento com ambos os rotores girando	17,13 m
--	---------

3 - Modelo Sikorsky 76A

Peso máximo de decolagem estrutural: 10.500 lb.

Tabela A1.3: Peso Máximo de Decolagem Limitado por Temperatura (ao Nível do Mar) para o Modelo Sikorsky 76A

Temperatura (°C)	Para manter vôo pairado com efeito de solo	Para manter vôo monomotor a 2.000 pés
Até 29	10.500	10.500
30	10.500	10.446
31	10.500	10.367
32	10.500	10.287
33	10.500	10.207
34	10.458	10.125
35	10.358	10.044
36	10.257	9.961
37	10.157	9.878
38	10.056	9.794
39	9.956	9.710
40	9.855	9.625

Velocidade de subida:	100 kt TAS
Velocidade de cruzeiro e descida:	128 kt TAS
Consumo de subida:	594 lb/h
Consumo de cruzeiro:	540 lb/h
Consumo de espera:	450 lb/h
Razão de subida e descida:	500 ft/min
Velocidade com carga externa:	30 ou 50 ou 70 kt TAS (dependendo do formato da carga)

Capacidade do gancho de carga:	3.300 lb
Capacidade de combustível sem os tanques externos:	1.898 lb
Número máximo de assentos para passageiros:	12
Comprimento com ambos os rotores girando:	16,00 m

4 - Modelo Eurocopter Dauphin 2 (SA 365N)

Peso máximo de decolagem estrutural (inclusive com carga externa): 8.820 libras.

Sem restrição para vôo pairado com ou sem efeito de solo.

Sem restrição para vôo monomotor a 2.000 pés.

Velocidade de subida:	115 kt TAS
Velocidade de cruzeiro e descida:	140 kt TAS
Consumo de subida:	554 lb/h
Consumo de cruzeiro:	546 lb/h
Consumo de espera:	557 lb/h
Razão de subida e descida:	500 ft/min
Velocidade com carga externa:	30 ou 50 ou 70 kt TAS (dependendo do formato da carga)
Capacidade do gancho de carga:	3.527 lb
Combustível máximo permitido:	
Tanque principal	2.040 lb
Tanque de traslado	827 lb
Tanque auxiliar	313 lb

Número máximo de assentos para passageiros:	11
Comprimento com ambos os rotores girando	13,46 m

ANEXO II**Cálculo dos Tempos de Vôo e Consumos de Combustível para Quatro Modelos de Helicópteros em Três Missões Típicas**

Tabela A2.1: Planilha de Cálculo dos Tempos de Vôo e Consumos de Combustível para os Modelos Bell 212 e Bell 412SP nas Três Missões Típicas do Atual Método de Comparação entre Propostas de Helicópteros

Modelo	Bell 212			Bell 412SP		
	105 IFR	80 VFR	60 VFR	105 IFR	80 VFR	60 VFR
Missão						
Tempo de subida a 4000 pés (h)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Distância percorrida (NM)	10,67	10,67	10,67	14,00	14,00	14,00
Distância restante (NM)	94,33	69,33	49,33	91,00	66,00	46,00
Tempo restante de vôo (h)	0,94	0,69	0,49	0,76	0,55	0,38
Tempo de ida	1,08	0,83	0,63	0,89	0,68	0,52
Tempo de subida a 3000 pés (h)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Distância percorrida (NM)	8,00	8,00	8,00	10,50	10,50	10,50
Distância restante (NM)	97,00	72,00	52,00	94,50	69,50	49,50
Tempo restante de vôo (h)	0,97	0,72	0,52	0,79	0,58	0,41
Tempo de volta (h)	1,07	0,82	0,62	0,89	0,68	0,51
Tempo da missão (h)	2,15	1,65	1,25	1,78	1,36	1,03
Consumo para subida na ida (lb)	95	95	95	98	98	98
Consumo restante na ida (lb)	613	451	321	548	397	277
Consumo para subida na volta (lb)	72	72	72	74	74	74
Consumo restante na volta (lb)	631	468	338	569	418	298
Previsão para alternativa (lb)	325	0	0	301	0	0
Reserva de segurança (lb)	325	217	217	361	241	241
Consumo da missão (lb)	2061	1302	1042	1950	1228	987

Tabela A2.2: Planilha de Cálculo dos Tempos de Vôo e Consumos de Combustível para os Modelos Sikorsky 76A e SA 365N nas Três Missões Típicas do Atual Método de Comparação entre Propostas de Helicópteros

Modelo	S 76 A			SA 365N		
	105 IFR	80 VFR	60 VFR	105 IFR	80 VFR	60 VFR
Missão						
Tempo de subida a 4000 pés (h)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Distância percorrida (NM)	13,33	13,33	13,33	15,33	15,33	15,33
Distância restante (NM)	91,67	66,67	46,67	89,67	64,67	44,67
Tempo restante de vôo (h)	0,72	0,52	0,36	0,64	0,46	0,32
Tempo de ida	0,85	0,65	0,50	0,77	0,60	0,45
Tempo de subida a 3000 pés (h)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Distância percorrida (NM)	10,00	10,00	10,00	11,50	11,50	11,50
Distância restante (NM)	95,00	70,00	50,00	93,50	68,50	48,50
Tempo restante de vôo (h)	0,74	0,55	0,39	0,67	0,49	0,35
Tempo de volta (h)	0,84	0,65	0,49	0,77	0,59	0,45
Tempo da missão (h)	1,69	1,30	0,99	1,54	1,18	0,90
Consumo para subida na ida (lb)	79	79	79	74	74	74
Consumo restante na ida (lb)	387	281	197	350	252	174
Consumo para subida na volta (lb)	59	59	59	55	55	55
Consumo restante na volta (lb)	401	295	211	365	267	189
Previsão para alternativa (lb)	211	0	0	195	0	0
Reserva de segurança (lb)	270	180	180	273	182	182
Consumo da missão (lb)	1407	895	726	1312	831	675

ANEXO III**Cálculo do Número de Passageiros na Missão 110 IFR para os Modelos de Helicópteros do Estudo de Caso**

Tabela A3.1: Planilha de Cálculo dos Tempos de Vôo e Consumos de Combustível na Missão 110 IFR

Modelo	Bell 212	Bell 412SP	S 76 A	SA 365N
Tempo de subida a 4000 pés (h)	0,13	0,13	0,13	0,13
Distância percorrida (NM)	10,67	14,00	13,33	15,33
Distância restante (NM)	99,33	96,00	96,67	94,67
Tempo restante de vôo (h)	0,99	0,80	0,76	0,68
Tempo de ida	1,13	0,93	0,89	0,81
Tempo de subida a 3000 pés (h)	0,10	0,10	0,10	0,10
Distância percorrida (NM)	8,00	10,50	10,00	11,50
Distância restante (NM)	102,00	99,50	100,00	98,50
Tempo restante de vôo (h)	1,02	0,83	0,78	0,70
Tempo de volta (h)	1,12	0,93	0,88	0,80
Tempo da missão (h)	2,25	1,86	1,77	1,61
Consumo para subida na ida (lb)	95	98	79	74
Consumo restante na ida (lb)	646	578	408	369
Consumo para subida na volta (lb)	72	74	59	55
Consumo restante na volta (lb)	663	599	422	384
Previsão para alternativa (lb)	325	301	211	195
Reserva de segurança (lb)	325	361	270	273
Consumo da missão (lb)	2126	2010	1449	1351

Tabela A3.2:
Planilha de Cálculo do Número de Passageiros na Missão 110 IFR

Nº de série	Modelo	PMD (lb)	Comb. (lb)	Tempo de voo (h)	Nº de assentos	PBO offshore (lb)	Carga paga (lb)	Limite de carga paga (lb)	Carga paga efetiva (lb)	Nº de missões mensais	Carga mensal (lb)	Nº de pax
B6666	BH 412SP	11.888	2.010	1,86	13	7.720,0	2.158,0	2.340,0	2.158,0	64	138.112,0	1.534
C7777	S 76A	10.500	1.449	1,77	12	7.050,0	2.001,0	2.160,0	2.001,0	67	134.067,0	1.489
A5555	BH 212	11.200	2.126	2,25	11	7.240,0	1.834,0	1.980,0	1.834,0	53	97.202,0	1.080
D8888	SA 365N	8.820	1.351	1,61	11	6.190,0	1.279,0	1.980,0	1.279,0	74	94.646,0	1.051

ANEXO IV

Gráficos das Pontuações Obtidas para Critérios e Alternativas na Aplicação do AHP

1 - Gráficos de Critérios

Figura A4.1: Gráfico de Critérios – Entrevistado Alfa

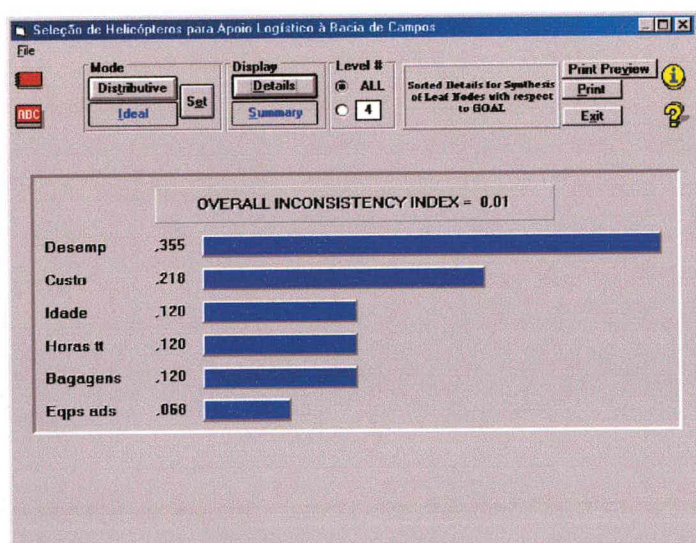


Figura A4.2: Gráfico de Critérios – Entrevistado Bravo

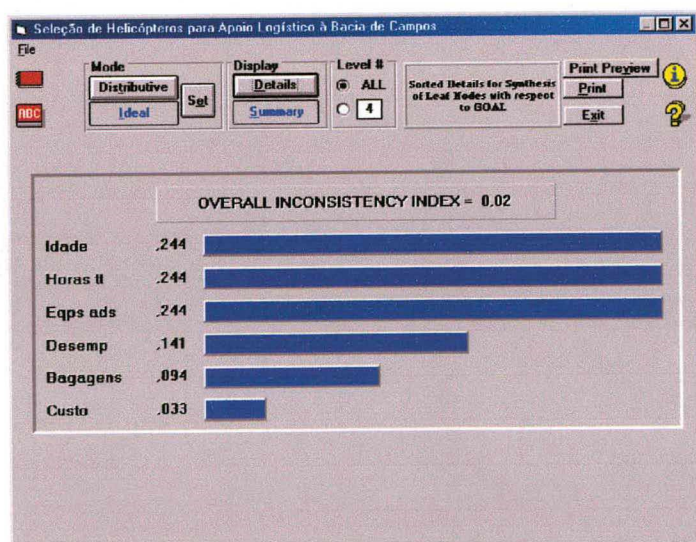


Figura A4.3: Gráfico de Critérios – Entrevistado Charlie

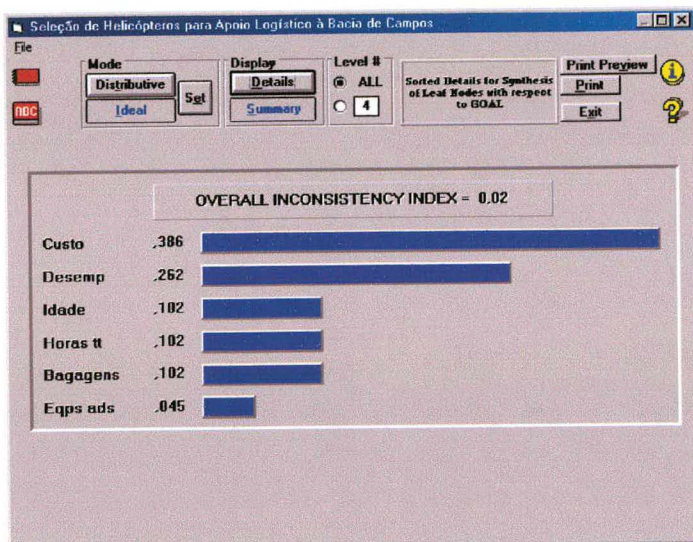


Figura A4.4: Gráfico de Critérios – Entrevistado Delta

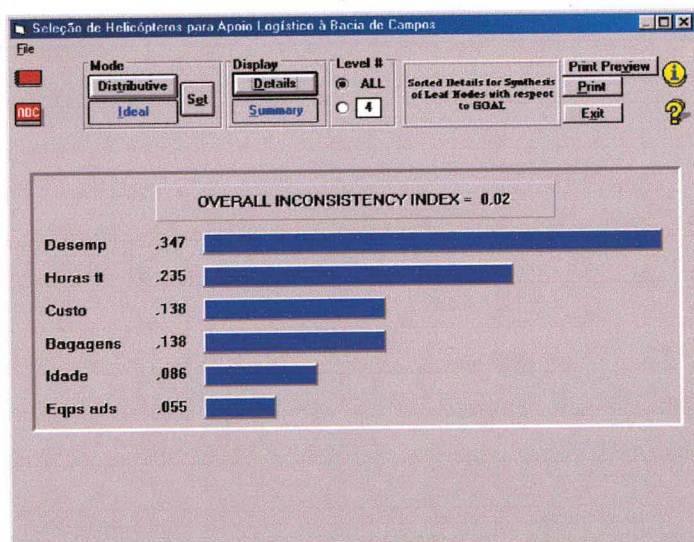


Figura A4.5: Gráfico de Critérios – Entrevistado Echo

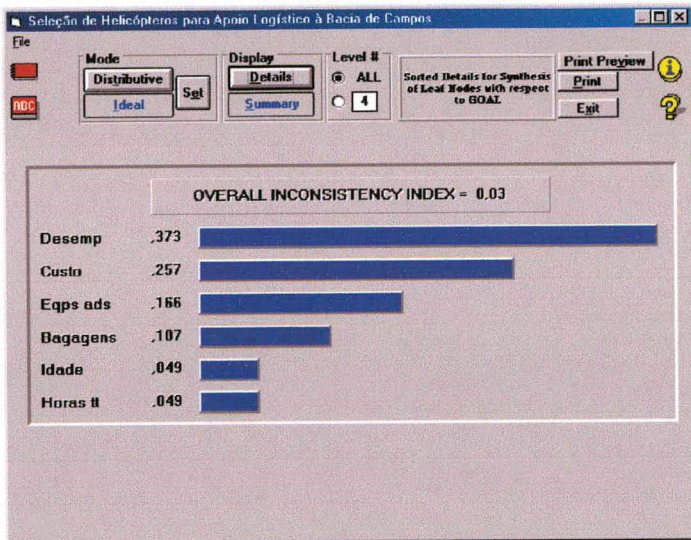


Figura A4.6: Gráfico de Critérios – Entrevistado Foxtrot

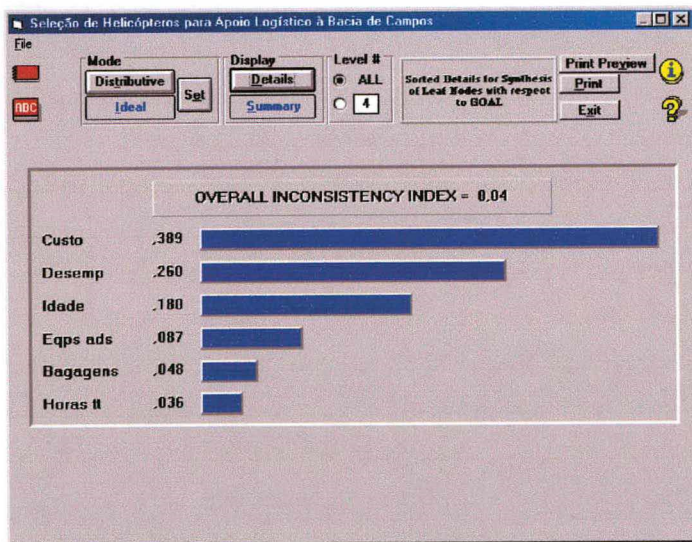


Figura A4.7: Gráfico de Critérios – Entrevistado Golf

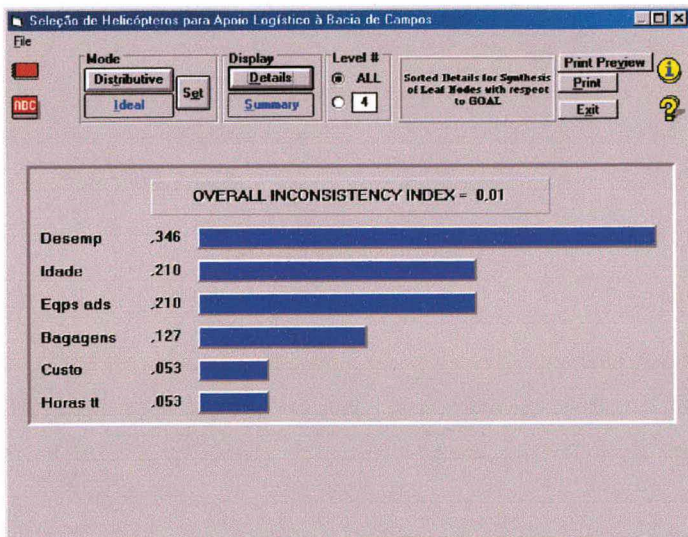


Figura A4.8: Gráfico de Critérios – Entrevistado Hotel

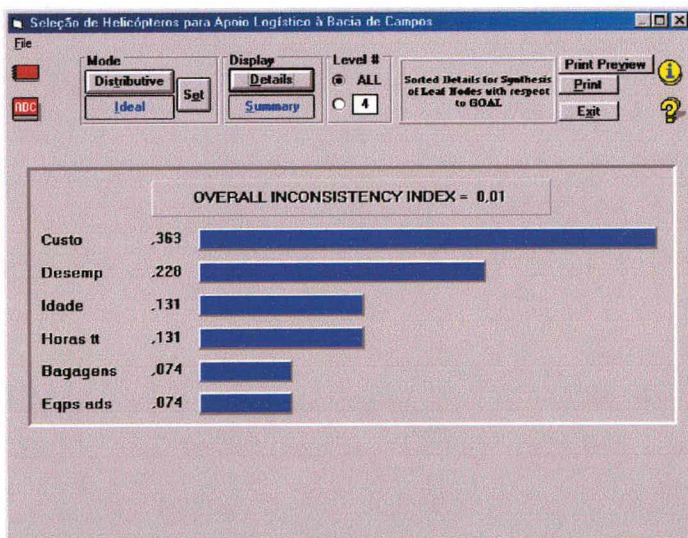


Figura A4.9: Gráfico de Critérios – Entrevistado India

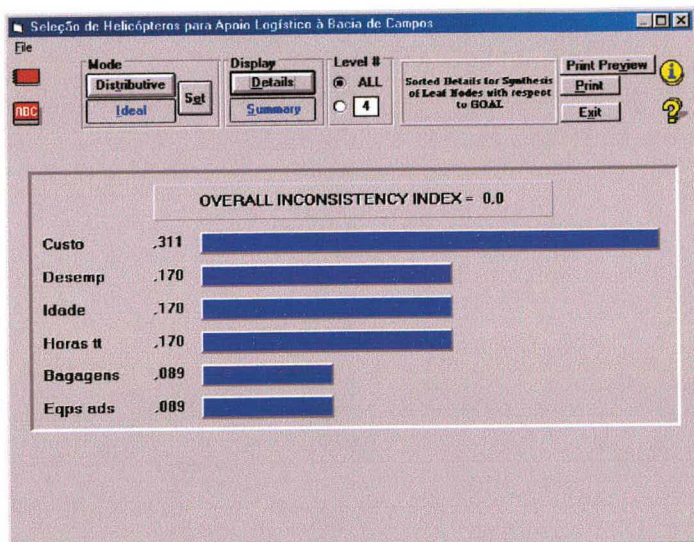
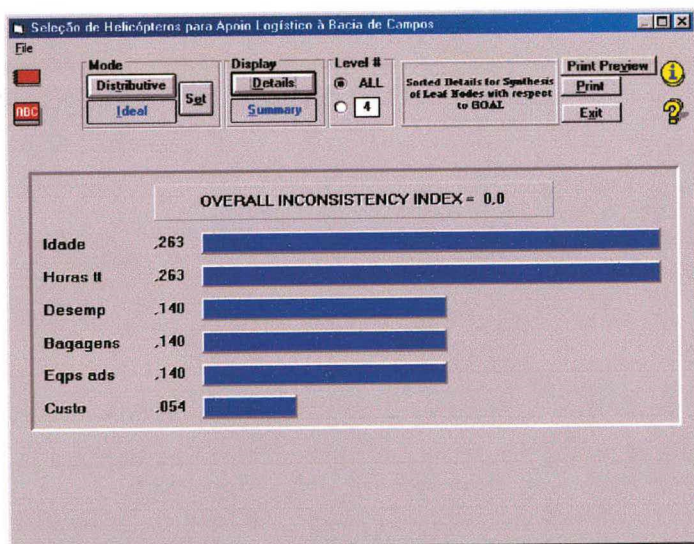


Figura A4.10: Gráfico de Critérios – Entrevistado Juliet



2 - Gráficos de Alternativas

Figura A4.11: Gráfico de Alternativas – Entrevistado Alfa

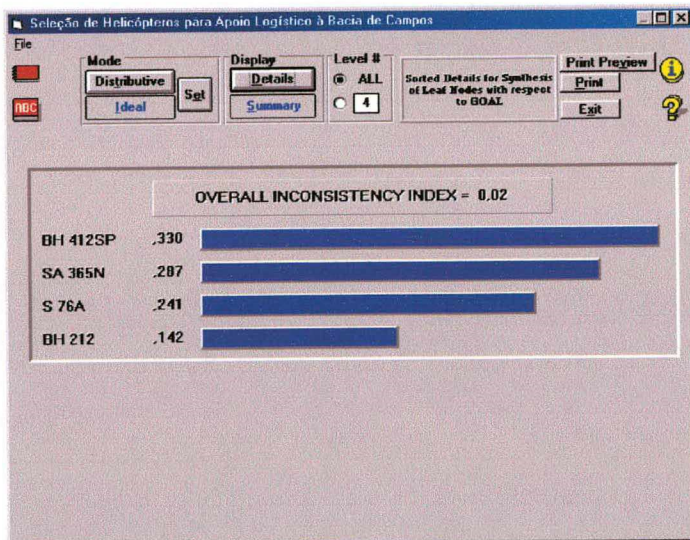


Figura A4.12: Gráfico de Alternativas – Entrevistado Bravo

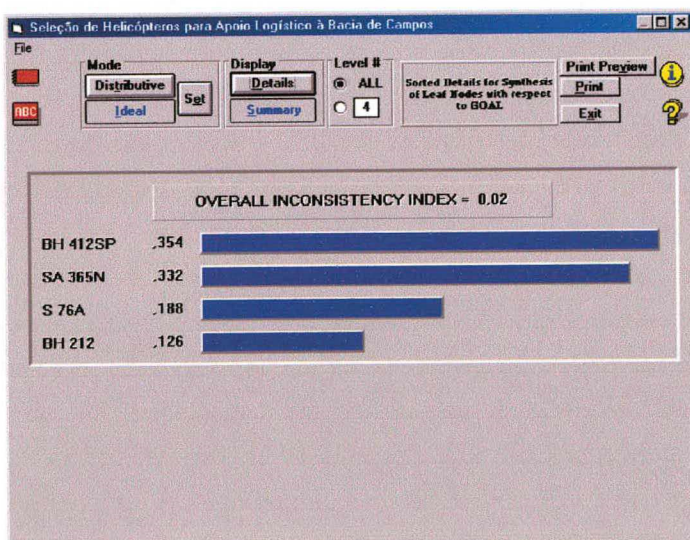


Figura A4.13: Gráfico de Alternativas – Entrevistado Charlie

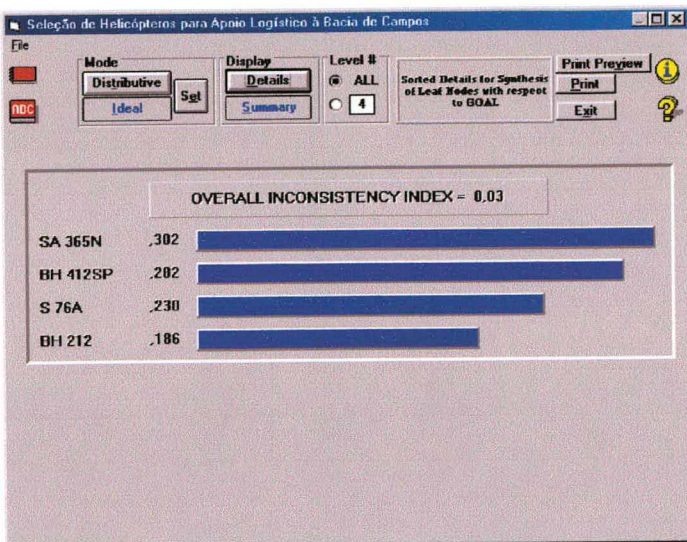


Figura A4.14: Gráfico de Alternativas – Entrevistado Delta

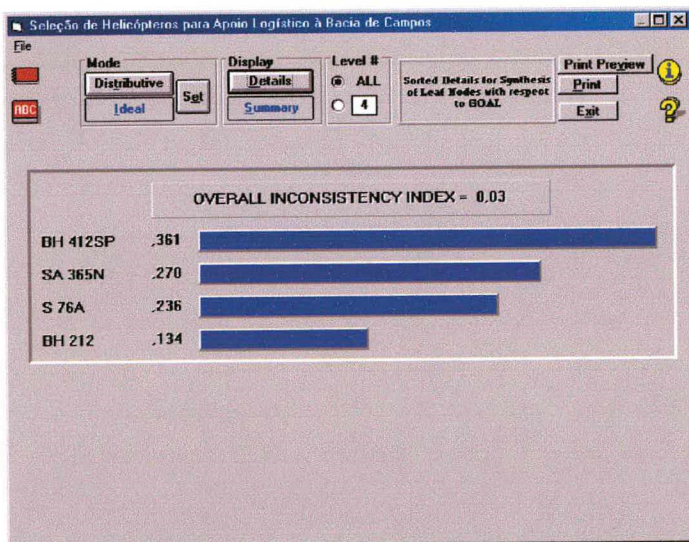


Figura A4.15: Gráfico de Alternativas – Entrevistado Echo

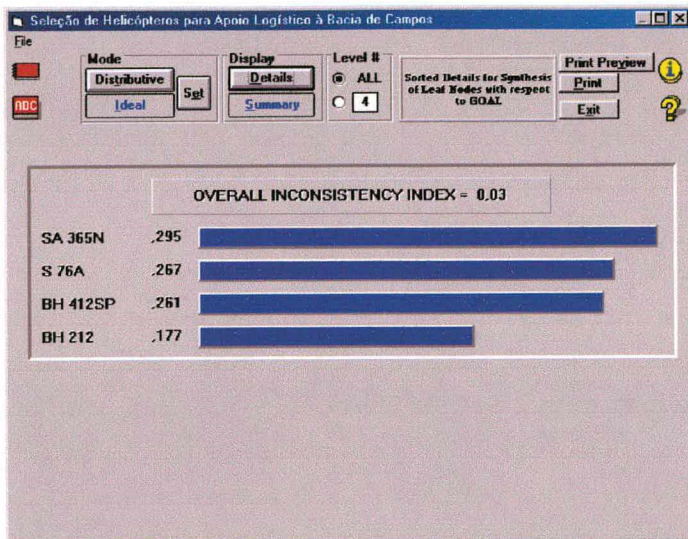


Figura A4.16: Gráfico de Alternativas – Entrevistado Foxtrot

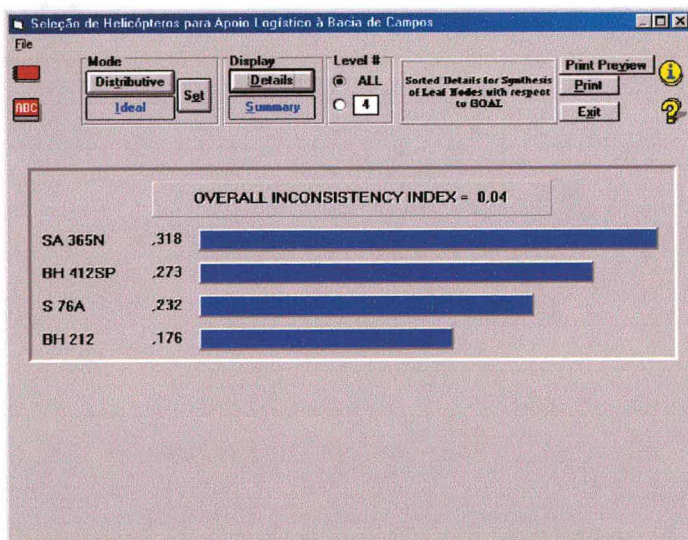


Figura A4.17: Gráfico de Alternativas – Entrevistado Golf

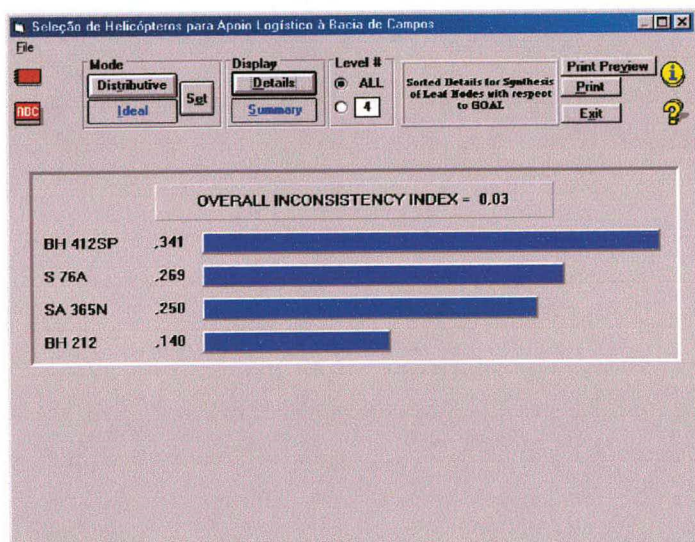


Figura A4.18: Gráfico de Alternativas – Entrevistado Hotel

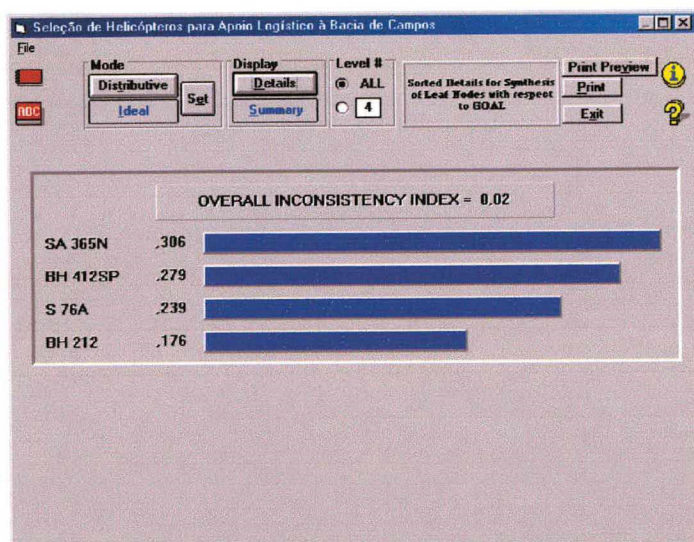


Figura A4.19: Gráfico de Alternativas – Entrevistado India

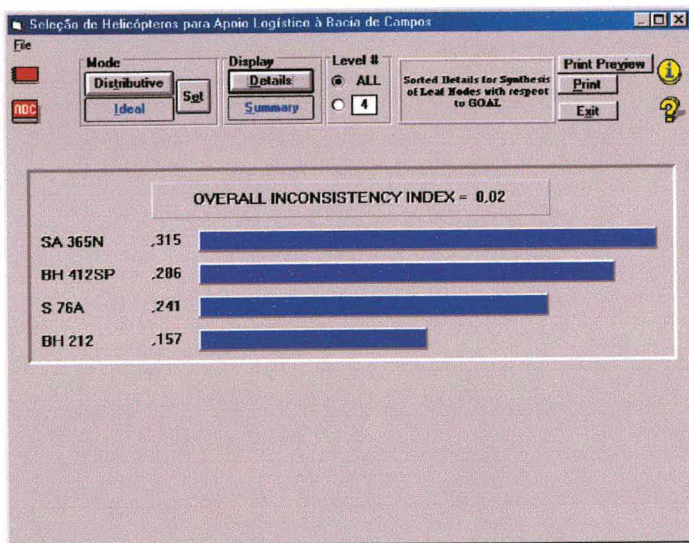


Figura A4.20: Gráfico de Alternativas – Entrevistado Juliet

