



## DEFINIÇÃO DE NÍVEL DE SERVIÇO PARA SITUAÇÃO DE CRISE NO TRANSPORTE AÉREO OFFSHORE UTILIZANDO O MÉTODO AHP – ANALYTIC HIERARCHIC PROCESS

Eduardo Belmonte Möller<sup>1,2</sup>  
Marcilene de Fátima Dianin Vianna<sup>1,3</sup>  
Dalessandro Soares Vianna<sup>1,4</sup>  
Edwin Benito Mitacc Meza<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Fluminense, Instituto de Ciência e Tecnologia  
Rua Recife, s/n – Jardim Bela Vista – CEP: 28890-000 – Rio das Ostras, RJ – Brasil

<sup>2</sup>eduardobmoller@gmail.com, <sup>3</sup>marcilenedianin@id.uff.br,  
<sup>4</sup>dalessandrovianna@id.uff.br, <sup>5</sup>emitacc@id.uff.br

### RESUMO

O dimensionamento de aeronaves para transporte aéreo *offshore* necessita considerar situações de crise devido a problemas climáticos que frequentemente ocorrem. Para definir o nível de serviço de crise aceitável, é utilizado neste estudo o método AHP – *Analytic Hierarchic Process*. O resultado contém 4 critérios e 5 alternativas, com consistência dentro do permitido. A alternativa de maior prioridade composta é a de nível de serviço em que o cenário é de 1 dia com 3 aeroportos de uma bacia fechados; situação em que a operação do transporte aéreo *offshore* deve recuperar voos transferidos e normalizar as operações em até 5 dias. Para trabalhos futuros, esta aplicação pode servir como base para definição de nível de serviço nas diferentes situações de crise que possam existir, seja em transporte aéreo comercial, greves de transportes rodoviários ou outras situações similares.

**PALAVRAS CHAVE:** Método AHP – *Analytic Hierarchic Process*, Transporte Aéreo *Offshore*, Nível de Serviço para Situação de Crise.

**Tópicos:** ADM – Apoio à Decisão Multicritério; L&T – Logística e Transportes; P&G – PO na Área de Petróleo e Gás.

### ABSTRACT

*Crisis situations need to be considered on aircraft sizing for offshore air transport due to frequent climatic problems. Analytic Hierarchic Process (AHP) method is used in this study to define the acceptable crisis service level. The result is 4 criteria and 5 alternatives, with consistency within the allowed. The highest composite priority alternative is service level where the scenario is 1 day with 3 airports within one basin closed; situation in which the offshore air transport operation must recover transferred flights and normalize operations within 5 days. For further work, this application can serve as a basis for service level crisis on different situations, possibly on commercial air transport, road transport strikes and others.*

**KEYWORDS.** *AHP Method – Analytic Hierarchic Process, Offshore Air Transport, Crisis Service Level.*

**Paper topics:** *ADM – Multicriteria Decision Support; L&T – Logistics and Transport; P & G – OR in Oil and Gas.*



## 1 INTRODUÇÃO

Para possibilitar a atividade econômica de exploração e produção de petróleo em mar no Brasil que, segundo a Agência Nacional do Petróleo [ANP 2017], produziu 2,44 milhões de barris por dia em 2016, é necessária uma logística a qual transporte pessoas de cidades no continente para unidades marítimas, como sondas, plataformas e unidades de manutenção de serviços. Atualmente, o helicóptero é o modal mais utilizado para este fim, apresentando boa eficiência devido à flexibilidade, rapidez e segurança. Contudo, este modal apresenta custos elevados de fretamento, tanto em seus custos fixos (disponibilidade para realizar os voos) quanto nos variáveis (hora de voo e consumo de QAV – querosene de aviação).

Portanto, conforme apontado por Sena e Ferreira Filho [2010], a otimização da rede logística de transporte de pessoas para trabalho em atividade *offshore* apresenta-se como um tema economicamente relevante. Dentro da rede logística necessária para o transporte aéreo de pessoas *offshore*, existe a necessidade da etapa de planejamento da frota, tanto de seu tamanho quanto de sua composição (que modelos devem ser escolhidos para cada missão típica de transporte).

Segundo Rocha [2001], o planejamento da frota é um processo que visa o ajuste de seu dimensionamento para torna-la adequada a uma demanda e a um custo efetivo. O autor também aponta que este dimensionamento muitas vezes engloba decisões que envolvem *trade-offs* de curto e longo prazo, necessitando, portanto, estar alinhado à política e estratégia estabelecida pela companhia. Pode-se acrescentar que o dimensionamento deve atender a determinado nível de serviço de atendimento desta demanda.

Com o baixo preço atual dos barris de petróleo, que entre 2014 e 2015 já variou de 100 a 40 dólares [Investing 2017], a empresa em estudo realiza um trabalho de redução de custos em todas as áreas. Neste contexto, mostra-se necessário que o nível de serviço do transporte aéreo seja redefinido no novo cenário do mercado petrolífero para que possa servir de base a um futuro dimensionamento de frota que o atenda.

Segundo Franke [2004], no cenário de empresas de transporte aéreo comercial, as LCC (*low-cost carriers*) reduzem seus custos ao oferecer o menor nível de serviço possível; enquanto que as companhias tradicionais normalmente gastam mais com suas frotas maiores e maior nível de serviço, que para Franke [2004] abrange conectividade de rotas, flexibilidade de remarcação de passagens e disponibilidade de serviços *premium*, entre outros aspectos. No presente contexto, a empresa estudada objetiva mover-se da filosofia de atendimento das companhias tradicionais para a de LCC, que para Franke [2004], é um serviço confiável, de voos diretos e de interação mínima com os aeroportos. Nesta linha, para Hwang [2002], nível de serviço é definido como a probabilidade de cada consumidor ser atendido.

Uma vez que o nível de serviço abrange questões quantitativas e qualitativas, assim como sua definição resulta em diferentes impactos nas diferentes perspectivas, demanda-se o uso de um método estruturado para auxiliar nesta decisão. Segundo Costa e colaboradores [2014], os métodos de Auxílio Multicritério à Decisão (AMD) começaram a ser adotados na década de 1970. Já para Rodriguez e colaboradores [2013], o AMD se apresenta como uma alternativa para a modelagem de casos em que a subjetividade, incertezas e ambiguidades estejam presentes, pois, ao abrir mão da inflexibilidade dos modelos de otimização, tem-se a possibilidade de incorporar os elementos não numéricos ao modelo – aproximando-o mais da realidade.

Dentre os problemas com múltiplos critérios, o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é o método mais amplamente utilizado e conhecido no auxílio à tomada de decisão na resolução de conflitos negociados, sistematizando diferentes contextos com base matemática e capacidade de avaliar fatores qualitativos e quantitativos, sejam eles tangíveis ou intangíveis [Barbarosoglu e Pinhar 1995; Jansen e colaboradores 2004; Marins e colaboradores 2009; Rodriguez e colaboradores 2013; Belém e colaboradores 2014].

Além de estudo de quantidade de trabalhos de AHP, há aplicações em empresas públicas, privadas e até mesmo no poder público, de variadas formas. Rodriguez e colaboradores [2013] realizam um mapeamento da produção científica no Brasil a respeito da aplicação de Métodos de Auxílio Multicritério à Decisão (AMD) na modelagem de problemas de Planejamento e Controle



da Produção, contemplando 32 artigos, e encontram o resultado de 16 trabalhos (ou 50%) que utilizaram o AHP. Barbarosoglu e Pinhar [1995] aplicam o AHP em uma empresa estatal de saneamento de Istambul (Turquia) para auxiliar na priorização de investimentos, agregando objetivos sociais e políticos à tradicional análise de maximização do lucro econômico. Jansen e colaboradores [2004] aplicam o AHP em uma empresa de médio porte do setor eletro-eletrônico para a escolha de nova fonte de energia térmica, com critérios quantitativos e qualitativos. Belém e colaboradores [2014] dedicam-se a utilizar o AHP para escolher um framework para linguagem de programação PHP a ser utilizada em divisão da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Marins e colaboradores [2009] estudam o AHP no setor público, na prefeitura de Quissamã (RJ, Brasil), priorizando qual alternativa de integração de sistemas de informação é adotada pela prefeitura.

Segundo Hernández e colaboradores [2009], que realizou um estudo aplicado entre a logística reversa e o desempenho empresarial, entre os métodos de múltiplos critérios AHP e ANP (*Analytic Network Process*), o método mais eficiente é o AHP, o qual requer menor quantidade de julgamentos e diminui o consumo do recurso tempo – normalmente importante para o decisor. Saaty [2004] define o ANP como a generalização do AHP.

Há diferentes pesquisas que trabalharam o AHP relacionados com nível de serviço, dimensionamento e transporte aéreo. Almeida [2002] aplicou o método AHP na empresa petrolífera Petrobras para ordenamento de propostas de diferentes modelos de helicópteros, considerando itens de desempenho, conforto e outros, mas sem definir qual é o número de helicópteros necessário. Já Medeau e Gualda [2010] utilizaram o AHP para a priorização de itens em estoques para auxílio na definição de dimensionamento de estoques e nível de serviço, definido como a disponibilidade de produtos. Enquanto isso, Miorando e colaboradores [2008] valeram-se do AHP para a priorização de itens em estoques para auxílio na definição de dimensionamento de estoques e nível de serviço, definido como a disponibilidade de produtos.

Contudo, não foram encontradas pesquisas que cumprissem o objetivo deste trabalho: definir o nível de serviço para situação de crise do transporte aéreo *offshore*. O nível de serviço determina qual é o cenário específico que o transporte aéreo deve estar dimensionado e capaz de atender em períodos de crise. Devido ao grande número de pesquisas na literatura que utilizam com sucesso o AHP, sendo identificado como o principal método multicritério, este trabalho realiza uma pesquisa-ação em uma empresa petrolífera do Brasil utilizando o AHP para definir o nível de serviço a partir deste objetivo.

Na Seção 2, o método AHP é apresentado. Na Seção 3, o nível de serviço aplicado no transporte aéreo *offshore* para situações de crise é aprofundado, enquanto na Seção 4 são apresentados os critérios e alternativas aplicados no trabalho, na Seção 5 os resultados são demonstrados e, finalmente, na seção 6 a conclusão é exposta.

## 2 AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO - AHP

Saaty [1977] propõe o método AHP como uma forma de modelar problemas complexos através de hierarquias que estimulam a participação e interação entre as pessoas interessadas na decisão. Destaca que o método fornece a oportunidade de um envolvimento maior dos decisores tanto na estruturação quanto no processo de solução dos problemas. Também salienta que os julgamentos não são probabilisticamente independentes entre si – sua consistência precisa ser avaliada. Por isso, o método prevê uma análise de consistência e a revisitação dos julgamentos quando a consistência é inadequada.

Saaty [1990] escreve que a tarefa mais criativa no processo de tomada de decisão é a escolha dos fatores que são importantes para aquela decisão. Também diz que o processo de hierarquizar a decisão serve a dois propósitos: prover uma visão geral dos relacionamentos complexos que a decisão envolve e também ajudar o decisor a avaliar se as questões de cada nível são da mesma ordem de magnitude, para que possa comparar com acurácia os diferentes elementos.



O método AHP fornece soluções para múltiplas alternativas em função de diferentes critérios, que na maior parte dos casos são conflitantes [Cavalcante e Almeida 2004; Costa e colaboradores 2014]. Para Belém e colaboradores [2014], é importante ressaltar que o decisor tem influência das suas próprias experiências, paradigmas, pré-julgamentos e de pessoas com quem tem relação nos diferentes níveis hierárquicos. Desta forma, ao utilizar os julgamentos das pessoas, são adicionados mais elementos de complexidade do que é diretamente explícito em uma primeira leitura dos resultados da aplicação do AHP.

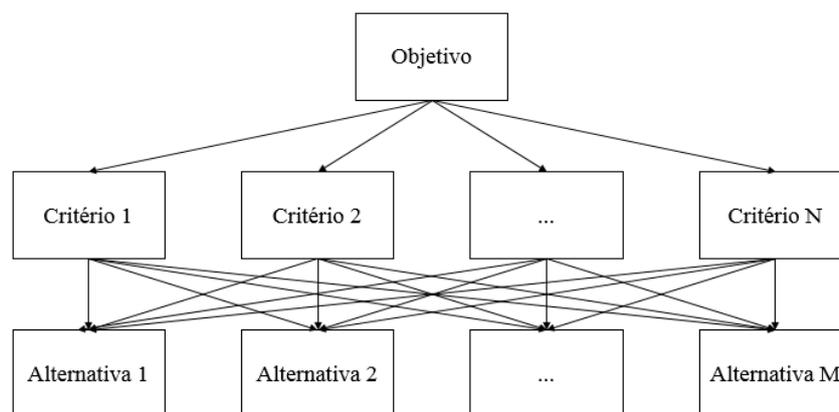
Segundo Saaty [2004], vive-se com a contradição de que é preciso consistência para capturar conhecimento sobre o mundo; porém, ao mesmo tempo, é preciso aceitar alterações e desconstruções nas pré-avaliações, para o caso de novas informações requererem que ideias sejam repensadas, mudando o que parecia ser o correto anteriormente. Segundo ele, a inconsistência precisa ter um espaço suficiente para tornar possível a mudança no entendimento consistente, mas apenas até o ponto em que preserva uma consistência de raciocínio – chegando no valor de 10% de inconsistência.

Segundo Saaty [1980], o método AHP engloba 7 etapas, detalhadas na sequência em adaptação de suas definições.

## 2.1 Construir a hierarquia de decisão

Consiste na decomposição do problema em uma hierarquia, composta no mínimo de um objetivo, critérios e alternativas – conforme exemplo da Figura 1.

Figura 1: Hierarquia de decisão no método AHP.



Fonte: [Adaptado de Saaty 1980].

## 2.2 Comparar os elementos da hierarquia

Etapa em que se estabelece a prioridade entre os elementos, baseado na escala fundamental de Saaty [1980] através da matriz de comparação. Nesta etapa, são comparados os critérios entre si (Tabela 1), que depois são normalizados.

Para completar a matriz de comparações  $A$  ( $n$  linhas x  $n$  colunas, onde  $n$  é o número de critérios), é necessário dispor os critérios nas linhas e colunas para então responder à pergunta: qual é a importância do Critério  $i$  em relação ao Critério  $j$ ? E qual é a importância do Critério  $j$  em relação ao Critério  $i$ ? O valor de cada cruzamento é a razão entre a resposta da primeira pergunta e a resposta da segunda pergunta. Na diagonal principal, quando se compara um critério com ele mesmo, todos os valores são 1. Nos demais, são valores normalmente menores ou maiores do que 1. A Tabela 2 demonstra como são dispostas as comparações.



Tabela 1: Escala Fundamental de Saaty.

Valor	Importância	Descrição
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Condições intermediárias

Fonte: [Adaptado de Saaty 1980].

Tabela 2: Matriz de Comparações.

	Critério 1	Critério 2	Critério ...	Critério n
Critério 1	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$
Critério 2	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$
Critério ...	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$
Critério n	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$	$a_{ij} / a_{ji}$

Fonte: [Adaptado de Saaty 1980].

### 2.3 Estabelecer prioridade relativa de cada critério

Nesta etapa, os resultados da Matriz de Comparações são normalizados conforme (1); para depois se obter os valores das prioridades dos critérios conforme (2).

$$a \text{ normalizado}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum^j a_{ij}} \quad (1)$$

$$W_i = \frac{1}{n} * \sum^i a_{ij} \text{ normalizado} \quad (2)$$

### 2.4 Avaliar a consistência das prioridades relativas

Calcula-se a Razão de Consistência (RC) para medir os resultados em relação a outros juízos completamente aleatórios. Se o RC supera 0,1 (10%), os julgamentos são considerados não confiáveis por estarem demasiado próximos da aleatoriedade, conforme explicado anteriormente. Para se obter os valores são utilizadas as equações (3), (4) e (5).

$$A * W = \lambda \max * W \quad (3)$$

$$IC = \frac{\lambda \max - n}{n-1} \quad (4)$$

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (5)$$

Os valores de IR são um índice aleatório, calculado para matrizes quadradas de ordem  $n$  de acordo com o número de critérios, conforme a Tabela 3.



Tabela 3: Valores de IR para matrizes quadradas de ordem  $n$ .

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

Fonte: [Saaty 1980].

## 2.5 Construir a matriz de comparação paritária para cada critério

São realizados os julgamentos do conjunto de alternativas em relação a cada critério, normalizando os resultados posteriormente – da mesma forma que os passos descritos nas Seções 2.2 e 2.3. O resultado é Matriz de Comparação Paritária conforme ilustrado na Tabela 4.

Tabela 4: Matriz de Comparação Paritária.

	Critério 1	Critério 2	Critério ...	Critério N
Alternativa 1	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$
Alternativa 2	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$
Alternativa ...	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$
Alternativa N	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$	$a_{norm_{ij}}$

Fonte: [Adaptado de Saaty 1980].

## 2.6 Obter a prioridade composta para as alternativas

Nesta etapa, chega-se ao resultado entre as prioridades das alternativas em relação a cada critério e os pesos de cada critério, através de (6). O produto final é o vetor de prioridades, que indica quais são as alternativas com os melhores julgamentos finais.

$$\text{Prioridades compostas} = \text{Matriz de Comparação Paritária} * W \quad (6)$$

## 2.7 Escolher a alternativa

De posse das prioridades compostas, a última etapa é a escolha efetiva de qual será a alternativa adotada. Em decisões colegiadas, empates ou diferenças pequenas podem levar a uma decisão diferente da simples escolha da alternativa de maior prioridade composta.

## 3 NÍVEL DE SERVIÇO APLICADO NO TRANSPORTE AÉREO OFFSHORE PARA SITUAÇÕES DE CRISE

Atualmente, a empresa tem uma definição de nível de serviço no transporte aéreo *offshore* de forma agregada. O principal indicador é o ITPAX – índice de transferência de passageiros –, que representa quantos passageiros tiveram seus voos transferidos de um dia para outro em função da impossibilidade de o transporte aéreo cumprir sua programação. Os motivos estão identificados e são medidos no sistema ERP da empresa e avaliados mensalmente.

Outro indicador de nível de serviço é o IPTA – índice de pontualidade do transporte aéreo. Da mesma forma que o ITPAX, os atrasos têm códigos de motivos de atrasos cadastrados no sistema, e estes são medidos e avaliados. Agregando estes dois indicadores há o IETA – índice de excelência do transporte aéreo –, que representa quantos passageiros não foram impactados no período em análise. Não impactados significa que não foram transferidos e não tiveram atrasos.

Na hierarquia de indicadores da empresa o ITPAX está acima do IPTA e do IETA. Os motivos identificados são que a transferência gera um impacto maior para a operação – que não efetiva a troca de turma no dia planejado, impactando o cronograma de atividades dos especialistas que embarcam – e um maior custo, devido a horas extra dos profissionais que não desembarcam no dia planejado e despesas de hospedagem adicionais dos que não embarcam.

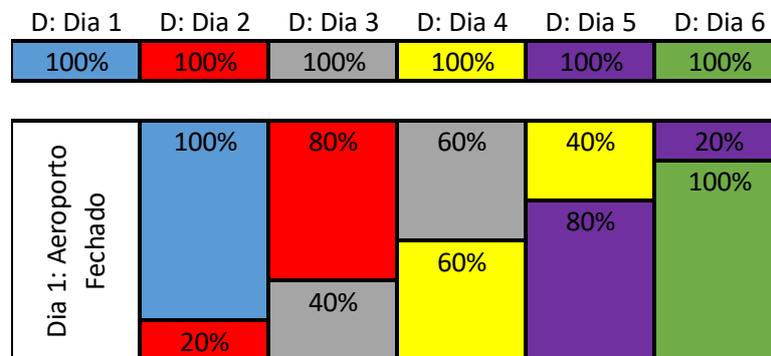
Ao estudar os resultados históricos e apreciações da equipe de análise de desempenho, percebe-se que os meses em que o ITPAX tem os piores resultados são os meses em que há problemas climáticos. A empresa conhece e tem um padrão de operação para os momentos de crise, que ocorrem quando um ou mais aeroportos permanecem sem voos por um ou mais dias inteiros.



Os profissionais são transportados segundo uma lógica FIFO (*First in, First Out*): o voo transferido há mais tempo é o priorizado, enquanto os voos mais atuais são atendidos apenas após a regularização do transporte dos voos de dias anteriores.

A Figura 2 representa esta lógica FIFO aplicada ao transporte aéreo para a alternativa de regularizar a demanda D de transporte de um dia de um aeroporto fechado em 5 dias. A parte superior da Figura 2 demonstra como seria a operação regular: 100% da demanda de cada dia sendo atendida no próprio dia demandado. A parte inferior informa que no dia 1 o aeroporto permaneceu fechado e nenhuma demanda foi atendida. Seguindo a lógica FIFO, no dia 2, a prioridade de atendimento é a demanda do dia 1. Depois de atendida 100% da demanda do dia 1, houve capacidade para atender 20% da demanda do dia 2. No mesmo raciocínio, no dia 3, atende-se os 80% faltantes do dia 2 e 40% do dia 3. Seguindo a Figura 2, no dia 6 a demanda foi regularizada: 20% restante do dia 5 e 100% da necessidade de transporte do dia.

Figura 2: Recuperação de voos transferidos segundo lógica FIFO.



Fonte: elaborado pelo autor.

Esta recuperação de voos é considerada essencial na atividade do transporte aéreo. Durante o período de recuperação de voos, como a demanda aumenta ao somar a demanda regular à demanda atrasada de dias anteriores, a frota necessária para absorver a demanda adicional é superior à frota para a demanda regular. Como os problemas climáticos e fechamento de aeroportos são recorrentes e variados, a empresa precisa estar preparada para estas situações de crise. Cabe ressaltar que na época de definição deste nível de serviço a empresa não trabalha com contratação temporária de aeronaves – apenas com contratos de períodos de 5 anos.

Apesar do conhecimento desta variabilidade e da necessidade de estar preparado para o período de crise, não há um cenário específico no qual o transporte aéreo deve estar preparado para enfrentar. Além de este cenário não estar definido, o dimensionamento da frota aérea tem alguns parâmetros que incluem margens de confiança que incrementam a frota – mas sem relação direta com algum cenário específico de crise. O resultado é que há uma frota adicional para momentos de crise, mas não é conhecida que crise exata é esta.

#### 4 CRITÉRIOS E ALTERNATIVAS APLICADAS

Os critérios foram definidos a partir de reuniões com especialistas. Foram considerados aspectos tanto de visão da área que realiza o transporte dos profissionais que trabalham embarcados quanto da área que necessita do serviço de transporte para poder desempenhar o seu trabalho. Foram levantados quatro critérios, dos quais um tem característica subjetiva e os demais podem ter seus valores calculados. Contudo, como o método AHP consiste de comparações par a par realizadas por pessoas, a mesma diferença numérica pode ter uma importância maior para um julgador do que para outro. Os critérios são apresentados na Seção 5.4.1.

Já as alternativas foram selecionadas de acordo com a realização de cálculos, análise histórica e reuniões entre os especialistas. Foram consideradas dentro do domínio de opções que a empresa



considera aceitável, mesmo que haja outras de menor custo ou de melhor nível de serviço. As alternativas são apresentadas na Seção 5.4.2. Cada alternativa significa que a frota deve estar dimensionada e a operação deve estar devidamente preparada para a situação de crise em que há  $x$  aeroportos da bacia completamente fechados (sem a realização de voos) por  $y$  dias completos. A totalidade dos voos transferidos ao longo dos dias deve estar integralmente recuperada em até  $z$  dias. A Seção 5.4.3 demonstra a estrutura hierárquica do objetivo proposto.

#### 4.1 Descrição dos Critérios

- Critério 1 – Passageiros com transferências. Impacto em termos de quantos passageiros são transferidos durante o período de crise por motivos climáticos.
- Critério 2 – Dificuldades operacionais nas unidades marítimas. Gravidade dos problemas operacionais nas unidades marítimas em função da demora para regularizar a troca de turma.
- Critério 3 – Abrangência de ocorrências: percentual descoberto pela alternativa. Percentil histórico de ocorrências que não é coberto pelo nível de serviço definido de cada alternativa.
- Critério 4 – Custo de aeronaves para recuperação. Cálculo do valor a ser gasto com aeronaves que compõem a frota para recuperar os voos não realizados nos períodos de aeroportos fechados.

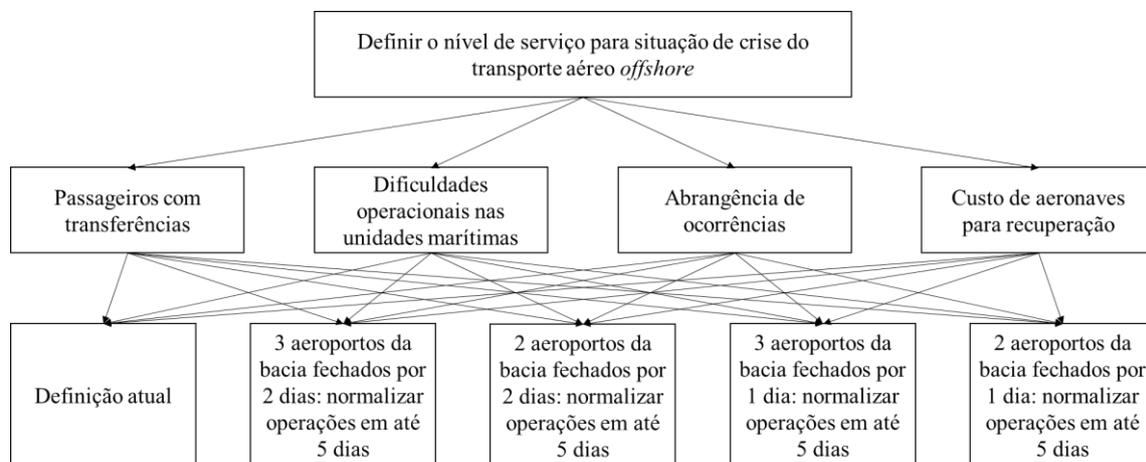
#### 4.2 Alternativas

- Alternativa 1 – Definição vigente de dimensionamento a partir de indefinição clara de nível de serviço para recuperação de voos durante períodos de crise.
- Alternativa 2 – Considera 3 aeroportos da bacia fechados por 2 dias completos com prazo máximo de 5 dias para a recuperação de voos e normalização das operações.
- Alternativa 3 – Considera 2 aeroportos da bacia fechados por 2 dias completos com prazo máximo de 5 dias para a recuperação de voos e normalização das operações.
- Alternativa 4 – Considera 3 aeroportos da bacia fechados por 1 dia completo com prazo máximo de 5 dias para a recuperação de voos e normalização das operações.
- Alternativa 5 – Considera 2 aeroportos da bacia fechados por 1 dia completo com prazo máximo de 5 dias para a recuperação de voos e normalização das operações.

#### 4.3 Estrutura Hierárquica do Objetivo proposto

A Figura 3 representa de forma esquemática qual é a hierarquia do método AHP aplicada no presente trabalho. A primeira linha representa o objetivo, a segunda os critérios e a terceira as alternativas.

Figura 31: Estrutura hierárquica do objetivo proposto.



Fonte: elaborado pelo autor.



## 5 RESULTADOS

Na revisão da literatura foi possível identificar dificuldades dos pesquisadores em conseguir a consistência necessária nos julgamentos. A maior dificuldade apontada ocorre quando é necessário repetir entrevistas para atingir o resultado final de forma consistente. De forma a evitar estes percalços, nesta pesquisa é realizada uma reunião de julgamento com todos os especialistas e gestores envolvidos na definição de nível de serviço do Transporte Aéreo Offshore. Mesmo com diferenças hierárquicas e de conhecimentos generalistas e especialistas, houve argumentação dos participantes (tanto por parte dos especialistas quanto dos gestores) até que se chegasse a um consenso para cada julgamento. Na primeira parte da reunião, é realizada a comparação paritária entre os critérios. Os resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Matriz de comparação paritária e prioridades relativas.

Critérios		Critérios				Prioridades Relativas
		C1	C2	C3	C4	
Critérios	C1	1	1/2	1/3	1/4	9,7%
	C2	2	1	1/2	1/3	16,4%
	C3	3	2	1	1	33,7%
	C4	4	3	1	1	40,1%
	Σ	10,0	6,5	2,8	2,6	100,0%

Fonte: elaborado pelo autor.

Analisando os resultados da Tabela 5, que contém tanto os julgamentos de cada critério quanto as prioridades relativas, chega-se à priorização do critério Custo de Aeronaves para Recuperação; seguido pelo critério Abrangência de Ocorrências. Os dois critérios somados correspondem a 73,8% da prioridade relativa dos critérios, representando quase três quartos da importância para o julgamento. Na sequência, há o critério Dificuldades Operacionais nas Unidades Marítimas, seguido de Passageiros com Transferências.

Os julgamentos da Tabela 5 são determinados e a razão de consistência é avaliada na mesma reunião pelos motivos explicados anteriormente. A avaliação é de que o processo provavelmente é facilitado desta forma, em reunião única. A razão de consistência final dos julgamentos da Tabela 5 resultou em 1,18%, abaixo do máximo de 10% estabelecido por Saaty [1980].

Após a etapa de avaliação da razão de consistência, é iniciada a etapa de julgamento das alternativas, que consistiu na segunda parte da reunião com especialistas e gestores. Assim como na primeira parte da reunião, foram determinados os julgamentos e avaliações de acordo com os argumentos pró e contra de cada alternativa; tendo inclusive ocorrido alterações de julgamentos em função das discussões. Ao final, o grupo reunido considerou que os julgamentos representam bem as prioridades de cada alternativa em relação a cada critério. Na sequência são apresentadas as Tabelas de 6 a 9 – todas as alternativas sendo comparadas em relação a cada critério. A1 representa a Alternativa 1; A2 a Alternativa 2 e assim sucessivamente.

Avaliando-se as alternativas para cada critério, fica claro que as melhores alternativas no critério de custos estão entre as piores nos demais critérios. Na própria reunião de julgamento, estes resultados já eram esperados. As razões de consistência das Matrizes de Comparação Paritária dos critérios 1 a 4, foram, respectivamente, 1,55%, 2,51%, 0,34% e 1,07%; sendo todas dentro do limite máximo de 10% estabelecido por Saaty [1980]. Para considerar todos os aspectos dos julgamentos, abrangendo as alternativas e critérios, é realizada a avaliação da Prioridade Composta das Alternativas, que é apresentada na Tabela 10.



Tabela 6: Matriz de Comparação Paritária do Critério 1 – Passageiros com transferências.

	A1	A2	A3	A4	A5	Prioridade
A1	1	2	3	4	5	41,8%
A2	1/2	1	2	3	4	26,4%
A3	1/3	1/2	1	1	3	14,2%
A4	1/4	1/3	1	1	2	11,3%
A5	1/5	1/4	1/3	1/2	1	6,3%

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 7: Matriz de Comparação Paritária do Critério 2 – Dificuldades operacionais nas unidades marítimas.

	A1	A2	A3	A4	A5	Prioridade
A1	1	2	3	3	4	39,5%
A2	1/2	1	2	2	3	23,9%
A3	1/3	1/2	1	1	2	13,3%
A4	1/3	1/2	1	1	4	16,2%
A5	1/4	1/3	1/2	1/4	1	7,1%

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 8: Matriz de Comparação Paritária do Critério 3 – Abrangência de ocorrências.

	A1	A2	A3	A4	A5	Prioridade
A1	1	1	2	2	5	31,3%
A2	1	1	2	2	4	30,0%
A3	1/2	1/2	1	1	3	16,3%
A4	1/2	1/2	1	1	3	16,3%
A5	1/5	1/4	1/3	1/3	1	6,1%

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 9: Matriz de Comparação Paritária do Critério 4 – Custo de aeronaves para recuperação.

	A1	A2	A3	A4	A5	Prioridade
A1	1	1	1	0	0	4,5%
A2	1	1	1	0	0	4,5%
A3	2	2	1	0	0	7,2%
A4	8	8	7	1	1	40,4%
A5	9	9	8	1	1	43,4%

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 10: Prioridade Composta das Alternativas.

Alternativa	Prioridades Compostas
A4	25,40%
A1	22,90%
A5	21,30%
A2	18,40%
A3	12,00%

Fonte: elaborado pelo autor.



Finalmente, é realizado o produto das prioridades das alternativas com os pesos de cada critério, indicando os julgamentos finais. A maior prioridade composta é a da Alternativa 4 (A4), com o resultado de 25,4%. Na sequência, as maiores prioridades são as alternativas 1, 5, 2 e 3. Na reunião de julgamentos, ao se deparar com estes resultados, durante a etapa final do método – a seleção da alternativa escolhida – a alternativa de maior prioridade, a 4, é definida pelo grupo e pelo gestor de hierarquia mais alta presente como a nova proposta de nível de serviço do transporte aéreo *offshore*, o qual é validado posteriormente no último nível hierárquico de decisão. Portanto, a frota de aeronaves da empresa estudada deve estar dimensionada e a operação deve estar devidamente preparada para a situação de crise em que há 3 aeroportos da bacia completamente fechados (sem a realização de voos) por 1 dia completo. A totalidade dos voos transferidos ao longo dos dias deve estar integralmente recuperada e a operação normalizada em até 5 dias.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho aplica o método multicritério à decisão AHP na resolução de um problema prático de uma empresa petrolífera que é definir o nível de serviço para situação de crise do transporte aéreo *offshore*. Este nível de serviço serve principalmente para definição de cenário base para dimensionamento de aeronaves da empresa petrolífera, servindo também para controle de se o nível de serviço é atendido em períodos de crise ou não.

Aplicando-se todas as etapas do método, verificou-se consistência dentro do limite máximo de 10% definido por Saaty [1980]. A escolha do nível de serviço significa que a frota deve estar dimensionada e a operação deve estar devidamente preparada para a situação de crise definida pelo método aplicado. A alternativa escolhida foi a Alternativa 4, que considera 3 aeroportos da bacia fechados por 1 dia completo com prazo máximo de 5 dias para a recuperação de voos e normalização das operações.

Sugere-se que este nível de serviço definido pelo método AHP seja aplicado na empresa petrolífera no dimensionamento de aeronaves e no controle de processo. Para trabalhos futuros, esta aplicação também pode servir como base para definição de nível de serviço nas diferentes situações de crise que possam existir, seja em transporte aéreo comercial, greves de transportes rodoviários ou outras situações similares.

## REFERÊNCIAS

Almeida, P. P. (2002). Aplicação do Método AHP – Processo Analítico Hierárquico – à Seleção de Helicópteros para Apoio Logístico à Exploração e Produção de Petróleo “Offshore”. 101 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ANP – Agência Nacional do Petróleo (2017). Produção Nacional de Petróleo e LGN (barris equivalentes de petróleo). Web page. [http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/DADOS\\_ESTADISTICOS/Producao\\_Petroleo\\_LGN/Producao\\_Petroleo\\_bep.xls](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/DADOS_ESTADISTICOS/Producao_Petroleo_LGN/Producao_Petroleo_bep.xls). Acessado em: 17-02-2017.

Barbarosuglu, G., Pinhas, D. (1995). Capital Rationing in the Public Sector Using the Analytic Hierarchy Process. *The Engineering Economist*, v. 40, n. 4, p.315-341.

Belém, P. H. A., Souza, A. N., Meza, E. B. M., Vianna, D. S. (2014) Escolha de um Framework para a Linguagem de Programação PHP Através do Método AHP Clássico. In *Anais do X Congresso Nacional de Excelência em Gestão*. v.10, n.1, p. 1-13.

Cavalcante, C. A. V., Almeida, A. T. (2005). Modelo multicritério de apoio a decisão para o planejamento de manutenção preventiva utilizando PROMETHEE II em situações de incerteza. *Pesquisa Operacional*, v. 25, n. 2, p.279-296.

Costa, J. J., Lima, T. J. B., Meza, E. B. M., Tammela, I. (2014). Uso do Método AHP Clássico para Auxiliar na Escolha de um Novo Curso Superior em um Campus da UFF no Interior. *Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p.1-12.



Franke, M. (2004). Competition between network carriers and low-cost carriers—retreat battle or breakthrough to a new level of efficiency? *Journal Of Air Transport Management*, v. 10, n. 1, p.15-21.

Hernández, C. T., Augusto, F., Marins, F. A. S., Rocha, P. (2009). Utilização do AHP e do ANP para Avaliar a Relação entre a Logística Reversa e o Desempenho Empresarial: Um Estudo no Setor Automotivo Brasileiro. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Porto Seguro, v. 41, n. 1, p.1812-1823.

Hwang, H. (2002) Design of supply-chain logistics system considering service level. *Computers & Industrial Engineering*, v. 43, n. 1-2, p.283-297.

Investing. Petróleo Brent Futuros. Disponível em: <<https://br.investing.com/commodities/brent-oil>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

Jansen, L. K. C., Shimizu, T., Jansen, J. U. (2004). Uma análise de investimentos considerando fatores intangíveis. In *Anais do XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção*, Florianópolis, v. 14, n. 1, p.2256-2263.

Marins, C. S., Souza, D. O., Barros, M. S. (2009). O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais: Um Estudo de Caso. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Porto Seguro, v. 41, n. 1, p.1778-1788.

Medau, J. C., Gualda, N. D. F. (2010). Análise do Nível de Serviço Oferecido aos Usuários pelo Terminal de Passageiros do Aeroporto de São Paulo – Congonhas. In *Anais do XXIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*. v.24, n.1, p.1-13.

Miorando, F. R., Lemos, F. O., Fogliatto, F.S. (2008). Modelagem estocástica de estoques utilizando o Processo Analítico Hierárquico para definição de nível de serviço. In *Anais do XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. v.15, n.1, p. 2290-2301.

Rocha, P. P. F. (2001). Modelo de dimensionamento de frota de helicópteros para um sistema de distribuição física de pessoas voltado às atividades offshore de exploração de produção de uma bacia petrolífera: estudo de caso. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Rodriguez, D. S. S., Costa, H. G., Carmo, L. F. R. R. S. (2013). Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil. *Gestão & Produção*, v. 20, n. 1, p.134-146.

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, v. 15, n. 3, p.234-281.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.

Saaty, T. L. (1990), How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, v. 48, n. 1, p.9-26.

Saaty, T. L. (2004). Decision making - the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, v. 13, n. 1, p.1-35.

Sena, N. S., Ferreira Filho, V. J. M. (2010). Localização de Aeroportos para Transporte de Pessoas para Atividades de Exploração e Produção de Petróleo Offshore. *Simpósio de Transporte Aéreo*, Manaus, p.1-16.