

ANÁLISE MULTICRITÉRIO DAS CONDIÇÕES FÍSICAS DE PISTAS DE POUSO E DECOLAGEM

Ítalo Ponte Der Hovannessian Mota, Universidade Federal do Ceará italoponte@gmail.com
Francisco Heber Lacerda de Oliveira, Universidade de Fortaleza heberoliveiracivil@gmail.com
José Ciro Pinheiro Neto, Universidade Federal do Ceará ciropinheiro1992@gmail.com
Marcos Fábio Porto de Aguiar, Universidade de Fortaleza e Instituto Federal de Educação
Tecnológica do Ceará marcosfpa@hotmail.com

RESUMO

O presente artigo procura abordar a importância dos aspectos físicos das pistas de pouso e decolagem para a segurança das operações que podem vir a comprometê-las, pois priorizar atividades de manutenção e reabilitação (M&R) com a finalidade de manter as condições físicas dos pavimentos em estado favorável a segurança das operações requer muita experiência por parte dos gestores de aeroportos. Para isso foi feita uma pesquisa com profissionais da área com o objetivo de transcrever o entendimento destes, a respeito da importância das condições físicas das pistas de pouso e decolagem para a segurança das operações, e assim elaborar uma ordem de prioridade para esta.

Palavras-chave: Método de Análise Hierárquica, Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários, Tomada de Decisão.

ABSTRACT

This paper seeks to address the importance of the physical aspects of the landing and takeoff for the safety of operations that may compromise them because prioritize maintenance activities and rehabilitation (M&R) with the purpose of maintaining the physical condition of floors in a favourable state of security operations requires a lot of experience on the part of the manager of the airport. For it was made a research with professionals in the field in order to transcribe the understanding of these, about the importance of physical conditions of takeoff and landing for the safety of operations, and thus establish an order of precedence for this.

Keywords: Analytic Hierarchy Process , Airport Pavement Management Systems, Decision Making.

1. INTRODUÇÃO

Visando uma melhor gestão para a infraestrutura aeroportuária, procurou-se fazer o reconhecimento das condições físicas do pavimento e suas influências para a segurança das operações, assim o presente estudo pretende tornar mais eficiente as tomadas de decisão, principalmente quando os gestores não possuem todos os dados técnicos necessários para definir a alocação de recursos para atividades de manutenção e reabilitação (M&R).

Foram empregados conhecimentos do Método de Análise Hierárquica - MAH (*Analytic Hierarchy Process* - AHP), que é um método que auxilia as tomadas de decisão, para elaborar um modelo de priorização de condições, comparando as condições de aderência, com as condições estruturais e funcionais das pistas de pouso e decolagem. Para isso, foi feita uma pesquisa com especialistas na área, em busca do conhecimento deles a respeito das condições citadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O atrito é um dos parâmetros de maior importância sobre a condição física de um pavimento. Conforme Fernandes (2010), este recebe uma maior atenção pelas entidades aeroportuárias, já que, os pavimentos das pistas devem proporcionar boa resistência à derrapagem em todos os tipos de condições climáticas. Sendo assim, os parâmetros que influenciam a resistência à derrapagem dos pavimentos molhados devem ser observados e quantificados, tais como: a profundidade de textura, acúmulo de borracha, o estado sinalização diurna (marcas), depressões e desprendimento de material. Tendo em consideração que a inspeção visual não é suficiente para aferir estes parâmetros, deve-se programar ensaios que o façam. ANAC (2012), proporciona ajuda na frequência e procedimentos a levar a cabo nas campanhas de medição de atrito.

Os sistemas de gerenciamento segundo Causim (2001), são instrumentos que permitem o planejamento adequado dos serviços de manutenção de um pavimento. A manutenção é necessária porque a contínua utilização do pavimento favorece o aparecimento de defeitos superficiais, cujo reparo deve ser executado o mais cedo possível. O estado superficial de um pavimento flexível revela, em função do tipo de defeito visível e da sua frequência de ocorrência, o seu estado estrutural e/ou funcional. Dependendo do momento em que se pretenda desenvolver o processo de reabilitação do pavimento, torna-se necessária o emprego de diferentes técnicas que resultam em diferentes graus de intervenção no pavimento existente.

Segundo a Associação Americana de Rodovias Estaduais e Transportes Oficiais (Association of American State Highway and Transportation Officers – AASHTO), os sistemas de gerência de pavimentos incluem atividades e decisões relacionadas a concepção e manutenção das vias. A implementação é considerada completa quando a gerência de pavimentos passa a fazer parte da rotina do processo de gestão, e a agência passa a utilizar a gerência de pavimentos para tomar decisões importantes, incluindo decisões de financiamento. (AASHTO, 1997)

Conforme Almeida (2006), um sistema consiste de um conjunto de componentes que interagem entre si e são afetados por fatores externos. Um Sistema de Gerência de Pavimentos – SGP apresenta como componentes principais o planejamento, projeto, construção, manutenção,

avaliação e pesquisa, e tem como fatores externos a disponibilidade orçamentária e as políticas administrativas.

Um Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários – SGPA na opinião de Fernandes (2010), é essencialmente um sistema de informação, como tal, o seu elemento de maior importância é a base de dados. Nela encontram-se reunidos todos os dados referentes à infraestrutura e ao seu estado num determinado momento.

De acordo com Shahin (1995), os benefícios a seguir foram enunciados por várias agências onde fora implementado SGPs: fornecer os dados necessários para os legisladores e gestores para determinação do orçamento; maximizar o retorno sobre o investimento do orçamento disponível para atividades de M&R; criar um plano de prioridades de 5 anos; estabelecer os requisitos mínimos da condição; identificar as áreas que necessitam de manutenção; justificar projetos de M&R; e critério para a distribuição do orçamento disponível entre várias redes.

Segundo a Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos (Federal Aviation Administration – FAA), historicamente, as maiorias das decisões de gestores de aeroportos a respeito das atividades de Manutenção e Reabilitação (M&R), têm sido baseadas na necessidade imediata ou na experiência, quando deveriam ser feitos planejamentos técnicos de longo prazo ou a utilização de dados documentados. Essas abordagens não têm permitido os gestores de aeroportos evoluírem no quesito otimização de recursos em relação as estratégias de M&R por eles utilizadas. (FAA, 2006)

Para Gomes (2001), existe um campo do conhecimento chamado Pesquisa Operacional, concebido na época da Segunda Guerra Mundial. Dentro da Pesquisa Operacional, apareceram as metodologias de Apoio Multicritério à Decisão, na década de 70. Desde sua concepção, a Pesquisa Operacional serve para ajudar as pessoas a estruturar e analisar processos de tomada de decisão.

São diversos os métodos existentes que se utilizam das metodologias multicritério segundo Almeida (2006). Na escola americana os principais métodos são: Teoria da Utilidade Multiatributo - MAUT (Multi Attribute Utility Theory) e o Método de Análise Hierárquica - MAH (Analytic Hierarchy Process - AHP). Na escola francesa os principais métodos são: ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Réalité) e o PROMÉTHÉE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations). Podem ainda ser citados os métodos: MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), o TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), o ANP (Analytic Network Process) e o FDA (Fuzzy Decision Approach).

As metodologias de Apoio Multicritério à Decisão utilizam muitas ferramentas da psicologia quantitativa, que lida com processos cognitivos e escalas, para expressar a preferência com relação a aspectos totalmente subjetivos, segundo Saaty (1990) e Gomes (2001). Foram os estudiosos da psicologia quantitativa que descobriram que a melhor escala é aquela que termina em sete mais ou menos dois, ou seja, nove – (7 mais 2) - ou cinco – (7 menos 2), conforme descrito na Tabela 1. Com isso evitam-se as armadilhas comuns em questionários. A ancoragem - que é quando as notas ficam ancoradas em subintervalos da escala - é uma delas. Para quebrar esse efeito, quando se gera

um formulário de pesquisa aplica-se a ele escalas de um até sete ou até nove. Isso é conhecido pelos psicólogos desde os anos 50.

Tabela 1 - Escala Fundamental de números absolutos.

Valor Atribuído (A_{ij})	Significado na Coluna
1	Os elementos apresentam o mesmo grau de importância no alcance do objetivo
3	Um elemento é um pouco mais importante do que o outro para o alcance do objetivo
5	Um elemento é muito mais importante do que o outro para o alcance do objetivo
7	Um elemento é muitíssimo mais importante do que o outro para o alcance do objetivo
9	Um elemento é extremamente mais importante do que o outro para o alcance do objetivo
2, 4, 6, 8	Valores de importância intermediária

Fonte: Saaty (2008)

O maior benefício do MAH é a simplificação do problema em partes menores, que permite um maior domínio da situação como um todo, sintetizando a experiência e conhecimento do tomador de decisão através dos vetores de suas preferências, apontando a melhor alternativa segundo Nunes Junior (2006). Esta vantagem deve ser respaldada por uma sólida experiência e conhecimento do tomador de decisão a respeito do problema decisório. O despreparo do tomador de decisão pode levar a uma hierarquia mal estruturada, indicando uma alternativa errônea como a melhor solução para o problema. Neste caso a utilização de um especialista no assunto seria a ideal, pois a sua experiência seria imprescindível para viabilizar o AHP.

Segundo Nascimento (2010), o MAH organiza o problema de decisão em hierarquia, onde no primeiro nível está o objetivo global; seguido pelos critérios, no segundo nível; pelos subcritérios, no terceiro e pelas alternativas no último.

Os agentes tomadores de decisão possuem geralmente, pontos de vista divergentes e diferentes juízos de valor, afirma Soares (2006). Os métodos multicritérios de análise de decisão aparecem como uma ferramenta à gestão dos sistemas de transportes, onde as diversas variáveis envolvidas, um grande número de dados, interações e objetivos referentes a essas diversidades sejam avaliados de forma integrada, mostrando que a percepção da necessidade de mudanças pode ser atribuída a um processo de tomada de decisão, refletindo, de maneira suficientemente estável, o juízo de valores dos decisores.

3. MÉTODOS, CRITÉRIOS, RESULTADOS E ANÁLISES PARA PRIORIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES FÍSICAS DE PISTAS DE POUSO E DECOLAGEM

No presente trabalho, seguiu-se a sequência estabelecida pelo MAH, que consiste em: estruturar o problema, definir e hierarquizar os critérios e indicadores, comparar par-a-par os critérios

pertencentes a um mesmo grupo, calcular a consistência lógica, determinar as prioridades e analisar as alternativas. Para isso foi utilizando um *software* chamado *Expert Choice* com o objetivo de simplificar os cálculos, uma vez que este já os faz.

3.1. Definição dos Critérios

Na definição do MAH, verifica-se que a determinação dos critérios deve ser realizada a partir da opinião de especialistas, conforme Almeida (2006). Para este trabalho foram levadas em conta considerações de Oliveira (2009) e acrescentados mais dois critérios de avaliação que se referem também as condições superficiais de uma pista de pouso e decolagem. Estes critérios podem ser observados na Figura 1.

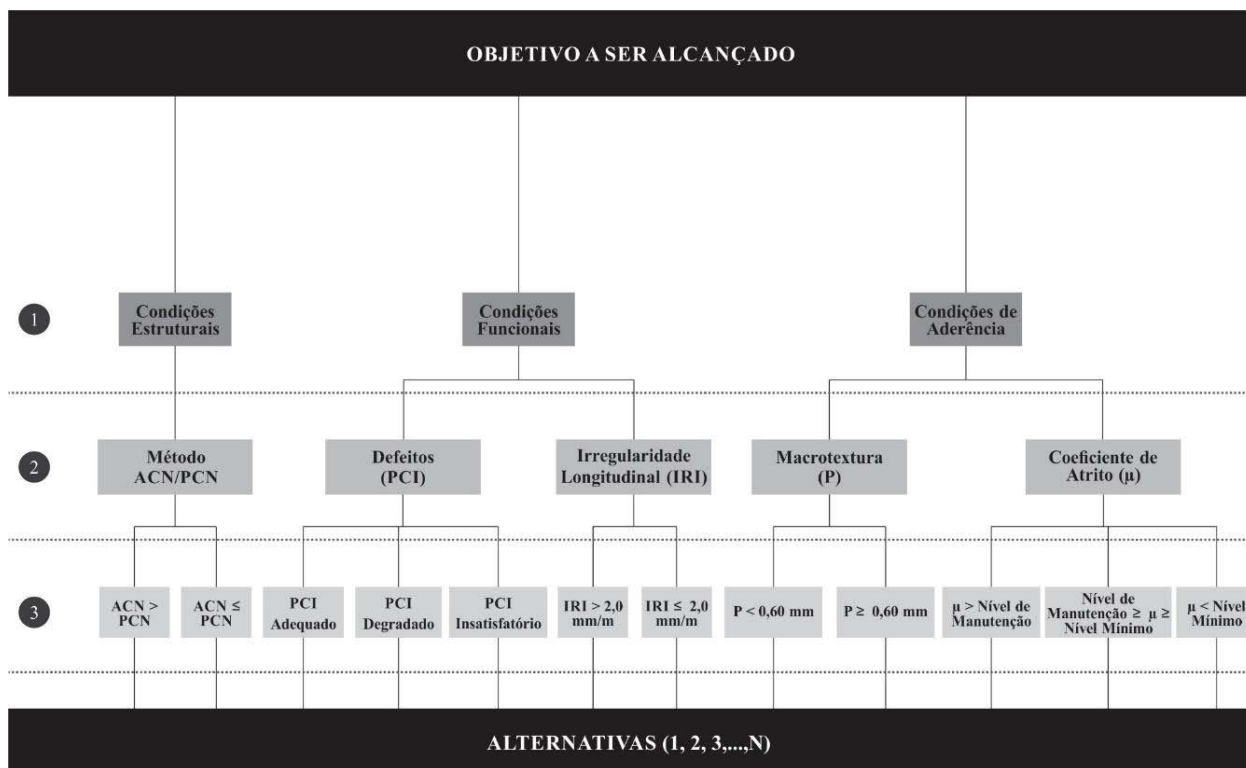


Figura 1 – Estrutura da MAH elaborada

3.2. Realização das comparações par a par

Para realização das comparações par a par, foi elaborado um questionário com base no modelo desenvolvido no trabalho de Almeida (2006). Nesse questionário estão presentes as comparações par-a-par entre os critérios de um mesmo grupo, onde fornecem opções aos entrevistados para atribuir importâncias relativas entre os mesmos, também contém as instruções para o correto preenchimento e uma avaliação onde o entrevistado pode deixar suas críticas, registrando a qualidade do mesmo em uma escala que vai de ótimo a ruim.

O modelo exposto na Figura 2 foi enviado aos entrevistados, onde houveram críticas quanto a complexidade. Então, foram inseridas explicações sobre os temas, concedendo maior compreensão

da estrutura, dando uma nova forma de visualizar o questionário. A Figura 3 ilustra os itens inseridos no questionário.


 FUNDAÇÃO EDSON QUEIROZ UNIVERSIDADE DE FORTALEZA ENSINANDO E APRENDENDO		FICHA DE AVALIAÇÃO				
		Nome: _____		Data: _____		
		Cargo: _____		Orgão/Empresa: _____		
<p>» Em cada linha é analisado um parâmetro em função de dois critérios. Se o critério 1 for mais importante, marque a coluna A com o número correspondente ao grau de importância, de acordo com a legenda. Se o escolhido for o critério 2, marque a coluna B. Se ambos apresentarem a mesma importância, assinale um X na coluna do meio. (apenas uma coluna por linha deve ser marcada)</p> <p>» As comparações devem ser avaliadas analisando-se a influência dos itens para o funcionamento de uma pista de pouso e decolagem do ponto de vista da <u>segurança das operações</u>.</p>						
Nº	No que se diz respeito	Col. A	Meio	Critério 2	Col. B	Caso um item seja preferível, use a pontuação a seguir para indicar o grau dessa importância
01	Método ACN/PCN	ACN > PCN		ACN ≤ PCN		Legenda: <input checked="" type="checkbox"/> > Não há diferença de importância (Coluna do meio) <input type="checkbox"/> 2 > A diferença de importância é muito pequena <input type="checkbox"/> 3 > O elemento é pouco mais importante <input type="checkbox"/> 4 > Importância Intermediária (Entre 3 e 5) <input type="checkbox"/> 5 > Elemento é muito mais importante <input type="checkbox"/> 6 > Importância Intermediária (Entre 5 e 7) <input type="checkbox"/> 7 > O elemento é muitíssimo mais importante <input type="checkbox"/> 8 > Importância Intermediária (Entre 7 e 9) <input type="checkbox"/> 9 > O elemento é extremamente mais importante ----- ACN = Aircraft Classification Number (Número de Classificação da Aeronave) PCN = Pavement Classification Number (Número de Classificação do Pavimento) PCI = Pavement Condition Index (Índice de Condição do Pavimento) IRI = International Roughness Index (Índice Internacional de Rugosidade) P = Profundidade da Macrotextura
02	Defeitos (PCI)	PCI Adequado		PCI Degradado		
03	Defeitos (PCI)	PCI Adequado		PCI Insatisfatório		
04	Defeitos (PCI)	PCI Degradado		PCI Insatisfatório		
05	Irregularidade Longitudinal (IRI)	IRI > 2,0 mm/m		IRI ≤ 2,0 mm/m		
06	Macrotextura (P)	P < 0,60 mm		P ≥ 0,60 mm		
07	Coefficiente de Atrito (μ)	μ > Nível de Manutenção		Nível de Manutenção ≥ μ ≥ Nível Mínimo		
08	Coefficiente de Atrito (μ)	μ > Nível de Manutenção		μ < Nível Mínimo		
09	Coefficiente de Atrito (μ)	Nível de Manutenção ≥ μ ≥ Nível Mínimo		μ < Nível Mínimo		
10	Condições Funcionais	Defeitos (PCI)		Irregularidade Longitudinal (IRI)		
11	Condições de Aderência	Macrotextura (P)		Coefficiente de Atrito (μ)		
12	Ao funcionamento de uma pista de pouso e decolagem do ponto de vista da segurança das operações	Condições Estruturais		Condições Funcionais		
13	Ao funcionamento de uma pista de pouso e decolagem do ponto de vista da segurança das operações	Condições Estruturais		Condições de Aderência		
14	Ao funcionamento de uma pista de pouso e decolagem do ponto de vista da segurança das operações	Condições Funcionais		Condições de Aderência		
<p>» Na sua opinião, a estrutura de critérios adotada nesse trabalho é:</p> <p><input type="radio"/> RUIM <input type="radio"/> REGULAR</p> <p><input type="radio"/> BOA <input type="radio"/> ÓTIMA</p>						
<p>» Quais critérios você acha que está faltando nesse modelo?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>						

Figura 2 - Primeira estrutura do questionário adotada. Fonte: Adaptado de Oliveira (2014)

13	Ao funcionamento de uma pista de pouso e decolagem do ponto de vista da segurança das operações	Condições Estruturais	Condições de Aderência	
14	Ao funcionamento de uma pista de pouso e decolagem do ponto de vista da segurança das operações	Condições Funcionais	Condições de Aderência	

Observações:

ACN = Aircraft Classification Number (Número de Classificação da Aeronave): é o número que indica o efeito relativo de uma aeronave com uma determinada carga sobre um pavimento;

PCN = Pavement Classification Number (Número de Classificação do Pavimento): é o número que expressa a capacidade de resistência de um determinado pavimento para operações sem restrições;

IRI = International Roughness Index (Índice Internacional de Irregularidade): é um índice que quantifica os desvios/irregularidade longitudinal da superfície do pavimento em relação à de projeto;

P = Macrotextura: formada pelo conjunto ligante e agregados, proporciona maior drenagem da água presente na superfície dos pavimentos, reduzindo a tendência dos pneus das aeronaves de experimentar o fenômeno da aquaplanagem;

PCI = Pavement Condition Index (Índice de Condição do Pavimento): de Muito Bom a Excelente, a condição funcional pode ser classificada como 'Adequada'; Bom, a condição funcional é de pavimento em estado 'Degradado'; e de Regular a Pêssimo, a condição funcional do pavimento é definido como 'Insatisfatório'.

» Na sua opinião, a estrutura de critérios adotada nesse trabalho é:

ÓTIMA BOA REGULAR RUIM

» Quais critérios você acha que está faltando nesse modelo?

```

graph LR
    CE[Condições Estruturais] --- ACN[Método ACN/PCN]
    CF[Condições Funcionais] --- PCI[Defeitos (PCI)]
    CF --- IRI[Irregularidade Longitudinal (IRI)]
    CA[Condições de Aderência] --- P[Macrotextura (P)]
    CA --- mu[Coeficiente de Atrito (μ)]
    
```

Figura 3 - Nova estrutura do questionário. Fonte: Adaptado de Oliveira (2014)

Obeve-se o total de 24 entrevistas onde 21 foram preenchidas por especialistas em aeroportos e 3 por professores da área de pavimentação e/ou aeroportos. Esses profissionais entrevistados ainda puderam contribuir com a estrutura do formulário de pesquisa classificando sua estrutura em ótimo, bom, regular e ruim, e tiveram espaço para deixar sugestões e realizar críticas.

Essas sugestões e críticas retiradas dos formulários a respeito dos critérios abordados e de sua estrutura, foram listadas a seguir.

- a. Foi questionado a estrutura do questionário, onde fora considerada óbvia em relação aos julgamentos a serem feitos nas comparações par a par;
- b. Houveram sugestões para inserir a definição dos critérios;
- c. Foi sugerido o acréscimo de critérios, como sinalização horizontal e vertical/luminosa;
- d. Foi sugerido levar em consideração o sistema FOQA (*Flight Operation Quality Assurance*), uma vez que esse sistema auxilia o piloto dando informações das condições da pista durante as operações de pouso e a decolagem; e
- e. Foi levantado o questionamento de um aspecto subjetivo, que seria a importância de o aeroporto possuir duas pistas de pouso de decolagem, favorecendo a segurança das operações em momentos de manutenção.

3.3. Resultados Obtidos

Após alimentar os questionários contidos no *software Expert Choice* individualmente para cada entrevistado, foi feita então a combinação desses valores gerando um só formulário. Todo esse processo ocorre de forma automática e ao final dele são extraídas as informações dos pesos para cada critério de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Pesos parciais gerados para cada critério.

Nível	Critério	Peso Parcial
1	Condições Estruturais	0,113
2	Método ACN/PCN	1,000
3	ACN > PCN	0,220
3	ACN ≤ PCN	0,780
1	Condições Funcionais	0,276
2	Defeitos (PCI)	0,746
3	PCI Adequado	0,733
3	PCI Degradado	0,203
3	PCI Insatisfatório	0,064
2	Irregularidade Longitudinal (IRI)	0,254
3	IRI > 2,0 mm/m	0,153
3	IRI ≤ 2,0 mm/m	0,847
1	Condições de Aderência	0,612
2	Macrot textura (P)	0,330
3	P < 0,60 mm	0,125
3	P ≥ 0,60 mm	0,875
2	Coefficiente de Atrito (μ)	0,670
3	μ > Nível de Manutenção	0,727
3	Nível de Manutenção ≥ μ ≥ Nível Mínimo	0,204
3	μ < Nível Mínimo	0,069

Os critérios do terceiro nível, são os critérios mensuráveis, para o alcance do objetivo. A Figura 4 mostra a saída de dados do *software Expert Choice* para esses critérios.

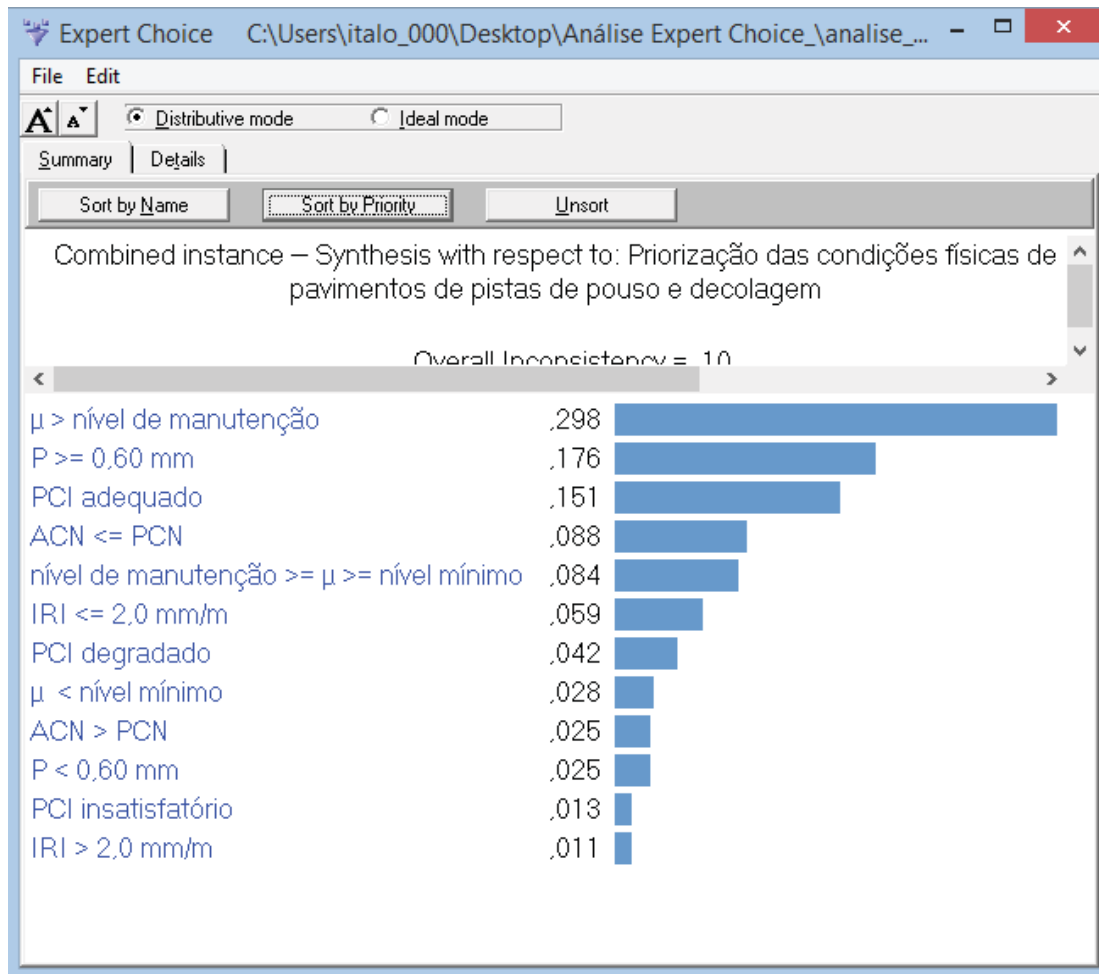


Figura 4 - Saída de dados do *software Expert Choice*

3.4. Análise dos Resultados

Com os resultados obtidos a partir da saída de dados do *software Expert Choice*, torna-se possível apontar qual dos critérios avaliados possui uma maior importância para manter a segurança das operações de pistas de pouso e decolagem, levando em consideração a opinião dos 24 entrevistados e os critérios estudados.

Sendo assim foi elaborada a representação gráfica com o resultado e a porcentagem correspondentes a cada critério para uma melhor compreensão desses valores, esta pode ser observada na Figura 5.

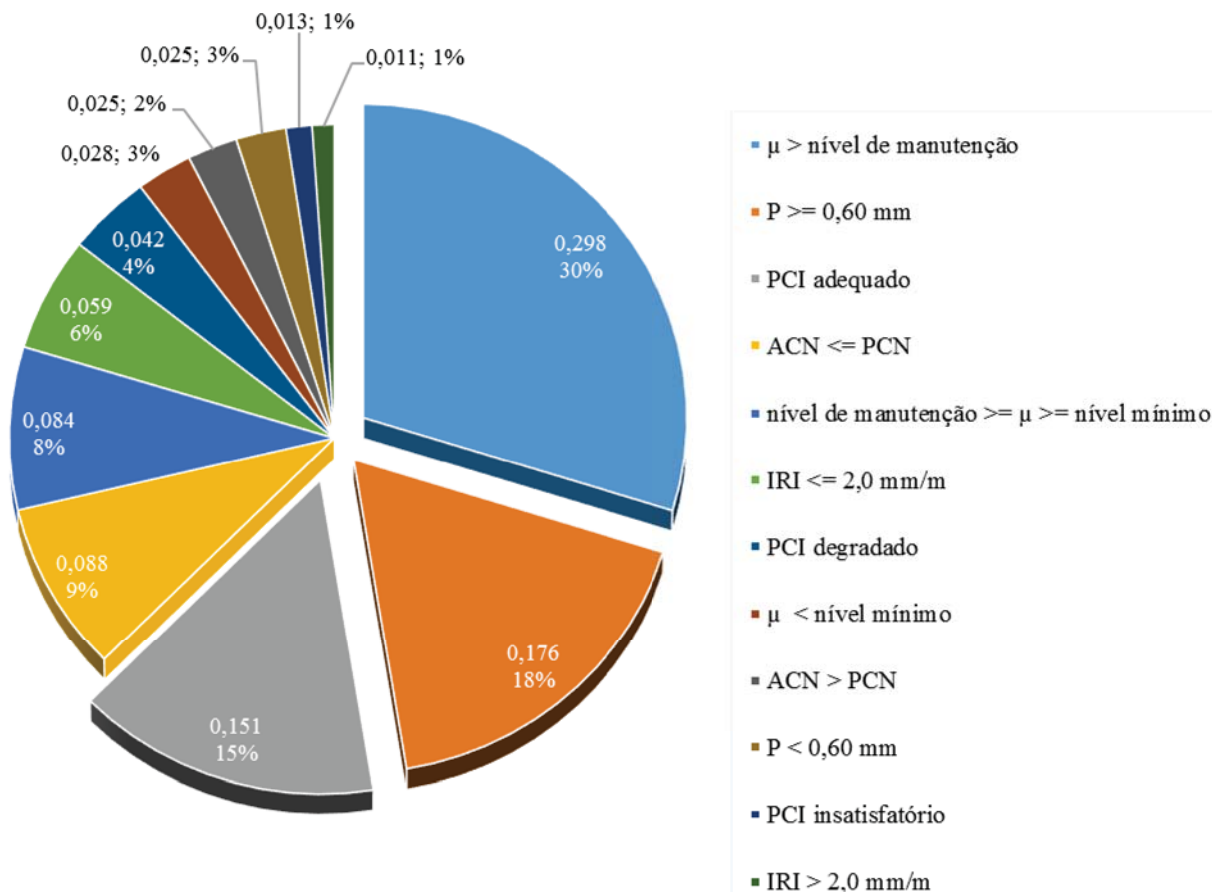


Figura 5 - Análise gráfica dos critérios apresentados na Figura 4

Analisando os valores da Figura 5, pode-se concluir que de 12 critérios apresentados, dois deles, que seriam $\mu > \text{nível de manutenção}$ (30%) e $P \geq 0,60 \text{ mm}$ (18%), representam somados 48% do peso global de relevância quando se tratando do funcionamento de uma pista de pouso e decolagem do ponto de vista da segurança das operações de acordo com os 24 entrevistados.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados encontrados simularam um cenário em que as condições de aderência foram consideradas as mais importantes, sendo as condições funcionais as de segunda maior importância e, por último, as estruturais. Vale reiterar que estes resultados são considerados válidos apenas para as respostas dos 24 profissionais entrevistados e os critérios selecionados, que podem ser vistos na Figura 1.

As recomendações apresentadas a seguir têm como propósito dar continuidade e ampliar os estudos iniciados neste trabalho.

- a. Sugere-se ampliar o questionário, acrescentando critérios sugeridos pelos profissionais entrevistados, tais como: sinalização horizontal e sinalização vertical;

- b. Aumentar a quantidade de entrevistas e buscar diversificar a área de atuação dos entrevistados almejando melhores resultados;
- c. Aplicar estratégias de manutenção e reabilitação (M&R) aos critérios estudados; e
- d. Aplicar custos a estratégias de M&R.

Dissertações:

ALMEIDA, Ricardo Venescau de Oliveira. (2006) **Concepção de Modelos de Avaliação de Condições de Rolamento e Indicação de Priorização de Vias como Etapas de um Sistema de Gerência de Vias não Pavimentadas**. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

CAUSIM, Patrícia Bolsonaro. Estudo de um Sistema de Gerencia de Pavimentos para Cidades de Pequeno e Médio Porte. 2001. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

FERNANDES, Cristina Isabel Cachado dos Santos Henriques. (2010) **Sistemas de Gestão de Pavimentos Aeroportuários Caracterização e Aplicabilidade**: Caracterização e Aplicabilidade. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010.

GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro. **Tomadas de Decisão são Facilitadas com Modelos Matemáticos**. 2001. Disponível em:

<<http://www.comciencia.br/entrevistas/modelagem/autran.htm>>. Acesso em: 18 out. 2014.

NASCIMENTO, Leila Paula Alves da Silva. **Aplicação do Método AHP com as Abordagens Ratings e BOCR: Projeto F-X2**. 2010. 150 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2010.

NUNES JUNIOR, Luiz Fernando. **Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios**: Pesquisa-Ação sobre o Método AHP em Pequenas Empresas. 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Contabilidade e Administração, Departamento de Economia, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2006.

OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de. (2009) **Proposição de Estratégias de Manutenção de Pavimentos Aeroportuários Baseadas na Macrot textura e no Atrito: Estudo de Caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza**. 2009. 203 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de. (2014) **Exame de Qualificação da Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Departamento em Engenharia de Transportes. Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SAATY, Thomas Lorie. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**. Genebra, p. 83-98. mar. 2008.

SAATY, Thomas Lorie. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**. North-holland, p. 9-26. 1990.

SHAHIN, Mohamed y. **Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots**. London: Chapman & Hall, 1995. 450 p.

SOARES, Ubiratan Pereira. **Procedimento para a Localização de Terminais Rodoviários Interurbanos, Interestaduais e Internacionais de Passageiros**. 2006. 343 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

Normas:

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. RBAC N° 153: Aeródromos – Operação, Manutenção e Resposta à Emergência. Brasília: ANAC, 2012. 88 p.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. E1889-97: Standard Guide for Pavement Management Implementation. Pennsylvania: Astm International, 1997. 4 p.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **ADVISORY CIRCULAR 150/5380-7A**: Airport Pavement Management Program. Washington: U.s. Department Of Transportation, 2006. 15 p.