

## O AHP COMO AUXÍLIO À ESCOLHA DE SMARTPHONES: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES ANALÍTICAS

Marcos Felipe Gallo Veríssimo (UNIFESO) – marcosfelipe14@gmail.com  
Fernando Luiz Goldman (UNIFESO) – fernandogoldman@yahoo.com.br

### Resumo

Este artigo apresenta resultados de aplicação do modelo multicritério de apoio à decisão AHP. O objetivo geral é explorar como diferentes formas de considerar o critério “Custo” podem alterar a decisão. Os objetivos específicos são: exemplificar uma seleção de *smartphones*; mostrar a mesma tomada de decisão usando outra hierarquia; e analisar benefícios das análises de consistência e de sensibilidade. O tema é atual, mesmo com o crescimento das pesquisas em computação cognitiva, pois ainda são os seres humanos, carentes de apoio à decisão, os principais fatores de diferenciação competitiva entre as empresas. A pesquisa justifica-se, pois a literatura sobre o tema tem sido pouco efetiva em superar a ênfase na tomada de decisão como escolha de uma alternativa, deixando de se aprofundar no uso do AHP como um modelo matemático. Conclui-se que o critério “Custo” demanda cuidados especiais e que diferentes formas de considerá-lo podem influenciar o resultado da decisão.

**Palavras-Chaves:** AHP, Simulação, Modelagem, Processo Decisório, Custo/Benefício

### 1. Introdução

Decisões permeiam o cotidiano de todos, podendo ser pequenas escolhas, como qual automóvel comprar, ou, até mesmo, grandes tomadas de decisão a nível empresarial, como qual projeto implementar, ou que fornecedor escolher. Em um mundo extremamente dinâmico e competitivo, a correta utilização de modelos multicriteriais de apoio à decisão (MCDA) pode tornar-se um diferencial competitivo.

Por outro lado, as crescentes necessidades de respostas rápidas e processamento de informações, a qualquer hora e lugar, tornam imprescindível a utilização de aparelhos celulares no mundo corporativo. Assim, uma empresa, após definir critérios e alternativas, pode utilizar um MCDA para ajudar a escolher o smartphone mais adequado de ser adquirido para seu quadro de funcionários. O uso de um MCDA – no presente caso, o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) – associado ao uso de uma ferramenta digital – uma planilha

eletrônica – mais do que permitir a simples escolha de uma alternativa, pode se mostrar um fator de aprimoramento dos Processos Decisórios, devido às facilidades de modelagem e simulações. Deve-se estar atento às dificuldades sobre como lidar com o critério “Custo”.

Este artigo relata uma pesquisa cujo objetivo geral é explorar como diferentes formas de considerar o critério “Custo” podem alterar uma decisão. Os objetivos específicos são: i) apresentar um exemplo de seleção de *smartphones*, utilizando o AHP, com uma planilha eletrônica; ii) mostrar a mesma tomada de decisão usando outra hierarquia, considerando o “Custo” de forma diferente; e iii) analisar os benefícios da análise de consistência e da Análise de Sensibilidade.

O tema da pesquisa se mostra atual na medida que mesmo com o crescimento das pesquisas em computação cognitiva, ainda são os seres humanos, carentes de apoio à decisão, os principais fatores de diferenciação competitiva entre as empresas.

A pesquisa justifica-se, pois a ampla literatura produzida sobre o tema tem sido pouco efetiva em superar a ênfase na tomada de decisão como escolha de uma alternativa, deixando de se aprofundar no uso do AHP como um modelo matemático, que possibilita simulações.

O desenvolvimento do presente artigo faz-se em seis seções, incluindo esta **Introdução**. A segunda, **Aspectos metodológicos**, qualifica a pesquisa descrita quanto aos métodos e meios empregados. A terceira, **Referencial teórico**, traz os argumentos que fundamentam a pesquisa. A quarta, **Aplicação do AHP**, mostra a aplicação do modelo estudado em um problema hipotético, porém baseado em um caso real. A quinta, **Resultados e discussão**, exhibe e examina os resultados obtidos. Por fim, a sexta seção, **Considerações finais**, traz limitações da pesquisa, sugestões para pesquisas futuras e uma conclusão sucinta.

## **2. Aspectos metodológicos**

Este artigo descreve uma pesquisa teórico-conceitual, que se caracteriza como aplicada, qualitativa e exploratória, trazendo em seu desenvolvimento a aplicação de um modelo matemático-psicológico consagrado – o AHP – e discussões pertinentes a sua utilização, com auxílio de uma planilha eletrônica facilmente disponível.

Todos os cálculos foram realizados com o *software* MICROSOFT® EXCEL®, que é suficiente e de fácil utilização para a aplicação do modelo AHP. Para o exemplo de aplicação descrita neste artigo foi usada uma única planilha, com células contendo fórmulas simples, de acordo com o passo-a-passo proposto por Saaty (1990), largamente conhecido, cuja descrição

detalhada, além de ser já bastante documentada, fugiria ao escopo desse artigo. Portanto, pressupõe-se que o leitor conheça minimamente a aplicação do AHP.

Como é bem sabido, o processo de normalização, usado neste artigo, de cálculo bem mais prático, possui resultados extremamente próximos aos obtidos com o cálculo algébrico do autovetor matricial, sendo perfeitamente adequado ao tipo de precisão requerido em problemas do tipo discutido aqui. Todas as referências do caso real foram suprimidas, resguardando-se assim a identidade da empresa onde se origina o caso estudado e os possíveis fornecedores.

A linha de pesquisa seguida é a de Processos Decisórios da Engenharia de Produção, sendo empreendida uma revisão de literatura pertinente, considerando fontes de boa reputação acadêmica, tais como artigos publicados em periódicos e anais de seminários, ambos com avaliação cega pelos pares, teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso, além de livros de autores de reconhecido prestígio acadêmico, recentes ou seminais, propiciando o seguinte **Referencial teórico**, que traz os argumentos que fundamentam a pesquisa.

### 3. Referencial teórico

De acordo com Maldonado (2005, p. 77), o “... conceito de decisão (do latim *de-cidere*, “separar, cortar”) indica um processo de redução das possibilidades de ação e, como tal, representa um dos núcleos mais problemáticos da racionalidade ocidental”. Para Salomon (2004, p. 1), no âmbito gerencial, “as decisões tendem a ser cíclicas, repetindo-se em intervalos de tempo, ora predeterminados, ora incertos”. Já para Bazerman e Moore (2010, p.1-2), os seres humanos, ao longo de sua vida desenvolvem processos cognitivos de forma inconsciente, ou seja, “estes processos levam a tomadas de decisões, por vezes até automáticas, mas sem haver a consciência de tudo que está por traz daquela escolha” (PACHECO, 2015, p. 22).

Estes processos cognitivos são as heurísticas, palavra que, de acordo com o Dicionário do Aurélio Online (c2008-2017), tem, entre outros, o seguinte significado: “método[s] que pretende[m] levar a inventar, descobrir ou a resolver problemas”. Já para Corazza e Fracalanza (2004, p. 132), as heurísticas podem ser definidas como “... regras e procedimentos que são expressão de uma racionalidade confinada aos limites cognitivos dos agentes envolvidos, lidando com informações apenas imperfeitamente disponíveis”. Segundo Nelson e Winter (1982 apud CORAZZA; FRACALANZA, 2004, p. 132), a heurística é “fundamentada em conhecimentos humanos limitados e acumulados ao longo do tempo, os

quais, embora não estejam voltados à obtenção de soluções ótimas ou maximizadoras, permitem a geração de inovações”.

O fato é que, como é bem sabido, as Tecnologias da Informação e das Comunicações (TIC) e o fenômeno da Globalização vêm trazendo profundas mudanças no Processo Decisório (PACHECO, 2015, p. 15), que – após os avanços obtidos na segunda metade do século XX, a partir das ideias de “satisficing” de Herbert Simon, reconhecendo que as decisões se dão sob condições de Racionalidade Limitada e Incerteza Knightniana (GOLDMAN, 2013, p. 33) – vê-se agora confrontado com novos elementos, tais como "*machine learning*", "*causal inference*", "Internet das Coisas (IoT)" e o imenso volume de dados, estruturados e não estruturados, conhecidos como "*Big Data*" (GRIMMER, 2015).

Chiavegatto Filho (2015, p. 326) define o *Big Data* como “uma quantidade de dados suficientemente grande que leve a uma mudança nas formas tradicionais de análise de dados”, demandando novos métodos e ferramentas para a tomada de decisões e impactando os negócios no dia a dia. Grimmer (2015, p. 80) destaca que a análise de *Big Data*, por exemplo, “não é apenas uma questão de resolver problemas computacionais, mesmo que aqueles que trabalhem com *Big Data* na indústria venham principalmente das ciências naturais ou campos computacionais”.

Em linha com Mintzberg et al. (1976 apud LIMA, LOPES E ENSSLIN, 2011, p. 83-84), que – referindo-se ao processo de tomada de decisões – alertam para o fato de que “existe uma tendência dos decisores dedicarem mais tempo na etapa da resolução dos problemas do que na etapa de definição dos mesmos”, Grimmer (2015, p. 80) destaca que “para que a análise de *Big Data* forneça realmente respostas aos maiores problemas da sociedade, deve-se reconhecer que se trata tanto de ciência social quanto de ciência da computação”, havendo assim a necessidade de mais pesquisa em Engenharia de Produção, buscando captar o papel que estes novos elementos vão desempenhar no Processo Decisório da chamada Indústria 4.0.

Buscando superar as heurísticas no enfrentamento das tomadas de decisões, uma das principais ferramentas dentro da Engenharia de Produção ainda é a Pesquisa Operacional (PO), uma disciplina surgida durante a Segunda Grande Guerra Mundial, que se desenvolveu pós-guerra no setor industrial da Grã-Bretanha e em organizações civis e militares nos EUA, onde desde 1950 passa a ser utilizada para o apoio à decisão em problemas relacionados à alocação eficiente de recursos. (PINTO, 2008, p.13)

“A PO viabiliza o controle e a conquista de soluções ótimas ou as melhores possíveis pelo tomador de decisões” (PINTO, 2008, p.18), com técnicas, tais como Programação Linear, Programação Dinâmica, Otimização de Redes, Programação não Linear etc. (TAHA, 2008, p. 2), entretanto, Almeida (2011, p. 16) classifica tais métodos como “métodos clássicos [de PO]”, pois geralmente são utilizados quando “apenas uma variável-objetivo é relevante” ou “quando todos os objetivos podem ser representados pela mesma unidade de medida, o que nem sempre ocorre” (PACHECO, 2015, p. 26). Segundo Taha (2008, p. 2), “alguns modelos matemáticos [...] podem ser tão complexos que é impossível resolvê-los por quaisquer algoritmos de otimização disponíveis”.

Por outro lado, há problemas gerenciais, usualmente de nível hierárquico mais elevado, em que muitas vezes o uso de métodos clássicos de PO não é possível (ALMEIDA, 2011, p. 16). Os MCDA “surtem então, como um campo da PO, também com a função de auxiliar as empresas em seus processos de tomada de decisão” (PACHECO, 2015, P. 26).

Almeida (2011, p. 11) define um problema de decisão multicritério como quando:

[...] há pelo menos duas alternativas de ação para escolher e esta escolha é conduzida pelo desejo de se atender a múltiplos objetivos, muitas vezes conflitantes entre si. Estes objetivos estão associados às consequências da escolha pela alternativa a ser seguida. A estes objetivos são associadas variáveis que os representam e permitem a avaliação de cada alternativa, com base em cada objetivo. Estas variáveis podem ser chamadas de critérios, atributos ou dimensões.

Dentre os modelos MCDA, o AHP, sendo aditivo e compensatório, é largamente conhecido e vem sendo pesquisado e questionado durante os últimos, aproximadamente, quarenta anos (PACHECO; GOLDMAN, 2016a, p. 5). Desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970 nos EUA (SHIMIZU, 2006, p. 278), “foi pioneiro na chamada Escola Americana, permitindo combinar dados qualitativos e quantitativos num só problema; por esses motivos, tem aplicação em várias áreas” (PACHECO; GOLDMAN, 2016a, p. 5).

Pacheco e Goldman (2016b, p. 3) destacam que, “usualmente, pouca atenção é dada aos benefícios da simulação e da Análise de Sensibilidade ao se utilizar o AHP”, conquanto esse modelo possibilite, através de simulações diversas, uma Análise de Sensibilidade, capaz de responder a questionamentos do tipo “e se?”.

Como o uso da facilidade de simulação e da Análise de Sensibilidade do AHP é normalmente deixada em segundo plano, dando-se atenção à simples escolha de uma das alternativas, “é comum a referência a ele [o AHP] como um método (um passo-a-passo) e não como um modelo que realmente é” (PACHECO; GOLDMAN, 2016b, p. 3).

Deve-se destacar que “existem no mercado alguns programas, como AUTOMAN, Criterium, Expert Choice, HIPRE3+ e NCIC que implementam o AHP e provêm a simplificação do processo de avaliação e a execução dos cálculos matriciais e dos índices de consistência” (VILAS BOAS, 2005, p. 64).

Em especial, o sistema IPÊ, versão 1.0, foi desenvolvido pela Universidade Federal Fluminense (UFF), com o objetivo de implementar o algoritmo do AHP. Esse sistema foi testado pela UFF em diferentes situações. Nos testes de validação, diferentes hierarquias foram construídas e testadas. Esses testes incluíram hierarquias com até três níveis de subcritérios e com até 10 elementos em um mesmo nível da hierarquia. (COSTA, 2004)

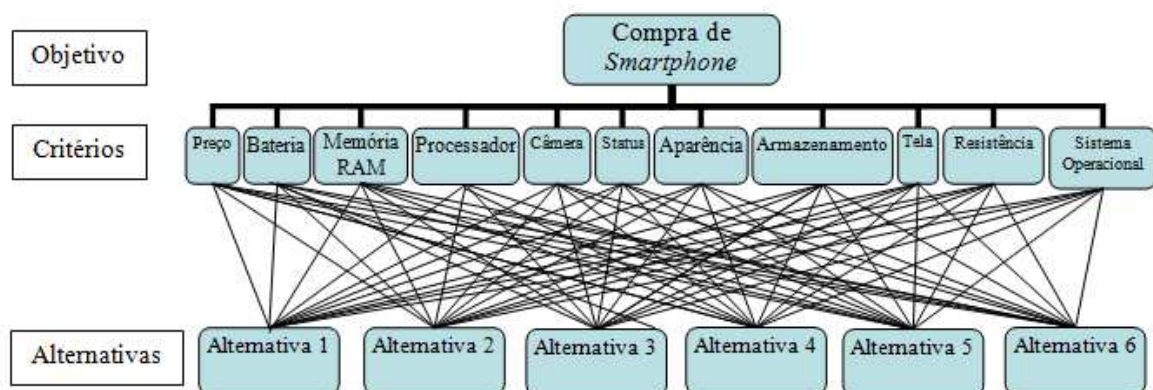
Apesar da praticidade do uso desses programas especializados, para escolha de uma alternativa, a aplicação analisada neste artigo usa uma planilha eletrônica, facilmente disponível e também de fácil implementação, de forma a possibilitar uma abordagem mais didática e acessível a qualquer um que queira usar o modelo AHP.

#### 4. Aplicação do AHP

Uma empresa, denominada MF Engenharia (nome fictício), deseja adquirir novos *smartphones* para seus colaboradores. Para tal, ela lista alguns critérios que os aparelhos devem atender. A empresa utiliza o modelo AHP na seleção da melhor alternativa para compra. Os critérios estabelecidos são os seguintes: custo, bateria, memória RAM, processador, câmera, *status*, aparência, armazenamento, tela, resistência e sistema operacional. Após pesquisa no mercado, seis alternativas são selecionadas para análise.

No primeiro momento, o problema é decomposto de forma hierárquica, em uma árvore de decisão, com um único nível de critérios, como pode ser observado na Figura 1.

**Figura 1:** Árvore de decisão inicial



O Quadro 1 apresenta as alternativas selecionadas pelo decisor e suas respectivas características.

**Quadro 1:** Alternativas x Critérios

Smartphone	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Alternativas	Custo	Bateria	Memória RAM	Processador	Câmera	Status	Aparência	Armazenamento	Tela	Resistência	Sistema Operacional
Alternativa 1	R\$ 3.999,90	1960 mAh	2 GB	Quad-Core 2 GHz	12 mp	Extremamente alto	Bonito	32 GB	4,7"	Alta	iOS 10
Alternativa 2	R\$ 3.869,10	2750 mAh	2 GB	Dual Core 1.8 GHz	12 mp	Muito alto	Bonito	16 GB	5,5"	Média	iOS 9
Alternativa 3	R\$ 2.499,99	3000 mAh	4 GB	Processador Octa Core Quad 2.3 GHz + Quad 1.6 GHz	12 mp	Alto	Bonito	32 GB	5,1"	Média/alta	Android 6.0 Marshmallow
Alternativa 4	R\$ 2.949,99	3600 mAh	4 GB	Octa Core Quad 2.3 GHz + Quad 1.6 GHz	12 mp	Muito Alto	Muito bonito	32 GB	5,7"	Média/alta	Android 6.0 Marshmallow
Alternativa 5	R\$ 3.599,10	2600 mAh	4 GB	Quad-core Qualcomm Snapdragon 820	13 mp	Alto	Bonito	64 GB	5,5"	Média	Android Marshmallow 6.0.1
Alternativa 6	R\$ 2.869,99	3760 mAh	4 GB	Processador Octa Core 2.0 GHz	21 mp	Médio/Alto	Bonito	64 GB	5,4"	Muito alta	Android 5.1 Lollipop

Utilizando-se a Escala Fundamental de Saaty, Quadro 2, através de entrevistas com o gerente da empresa, coletam-se os julgamentos de comparação dos critérios entre si e das alternativas entre si em relação aos critérios. Com eles são montadas as matrizes de Comparações Pareadas que dão origem à Matriz de Decisão, em conformidade com Saaty (1990, 2008), Shimizu (2006) e Costa (2002).

**Quadro 2** – Escala fundamental de Saaty

Importância	Definição	Explicação
1	Importância equivalente	Ambas contribuem igualmente
3	Importância levemente maior	Análise mostra que critério é levemente mais importante que o outro
5	Importância consideravelmente maior	Análise mostra que critério é maior que outro
7	Importância muito maior	Análise mostra que critério é muito mais importante que o outro
9	Importância extremamente maior	Análise mostra que critério é extremamente mais importante que o outro
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários	Quando comparações apresentam valores intermediários nas comparações

Fonte: Adaptado de Pacheco & Goldman (2016b, p. 5)

## 5. Resultados e discussão

A Tabela 1 mostra a Matriz de Comparação Pareada dos critérios.

O número de julgamentos necessário à comparação de  $n$  critérios é dado pela expressão  $n(n-1)/2$ . Como no caso analisado há 11 critérios, isto faz com o número de julgamentos para comparar par a par os critérios seja igual a 55.

**Tabela 1** – Matriz de Comparação Pareada dos critérios

Critério X Critério	Custo	Bateria	Memória RAM	Processador	Câmera	Status	Aparência	Armazenamento	Tela	Resistência	Sistema Operacional
Custo	1	1/9	6	6	8	7	8	6	8	1	9
Bateria	5	1	8	6	7	1	1	9	7	1	4
Memória Ram	1/6	1/8	1	1	5	1	2	1	1	1/9	1
Processador	1/6	1/6	1	1	5	1	2	1	1	1/9	1
Câmera	1/8	1/7	1/5	1/5	1	1/4	1/2	1/7	1/2	1/7	1/2
Status	1/7	1	1	1	4	1	1	1/2	7	1	7
Aparência	1/8	1	1/2	1/2	2	1	1	3	7	1	6
Armazenamento	1/6	1/9	1	1	7	2	1/3	1	5	1/7	3
Tela	1/8	1/7	1	1	2	1/7	1/7	1/5	1	1/9	1/2
Resistência	1	1	9	9	7	1	1	7	9	1	8
Sistema Operacional	1/9	1/4	1	1	2	1/7	1/6	1/3	2	1/8	1
Soma	8,1290	5,0496	29,7000	27,7000	50,0000	15,5357	17,1429	29,1762	48,5000	5,7440	41,0000

A Tabela 2 mostra os pesos dos critérios, obtidos através do processo de normalização.

**Tabela 2** – Normalização e obtenção dos pesos

Critério X Critério	Custo	Bateria	Memória RAM	Processador	Câmera	Status	Aparência	Armazenamento	Tela	Resistência	Sistema Operacional	Peso (%)
Custo	0,1230	0,0220	0,2020	0,2166	0,1600	0,4506	0,4667	0,2056	0,1649	0,1741	0,2195	21,86%
Bateria	0,6151	0,1980	0,2694	0,2166	0,1400	0,0644	0,0583	0,3085	0,1443	0,1741	0,0976	20,78%
Memória Ram	0,0205	0,0248	0,0337	0,0361	0,1000	0,0644	0,1167	0,0343	0,0206	0,0193	0,0244	4,50%
Processador	0,0205	0,0330	0,0337	0,0361	0,1000	0,0644	0,1167	0,0343	0,0206	0,0193	0,0244	4,57%
Câmera	0,0154	0,0283	0,0067	0,0072	0,0200	0,0161	0,0292	0,0049	0,0103	0,0249	0,0122	1,59%
Status	0,0176	0,1980	0,0337	0,0361	0,0800	0,0644	0,0583	0,0171	0,1443	0,1741	0,1707	9,04%
Aparência	0,0154	0,1980	0,0168	0,0181	0,0400	0,0644	0,0583	0,1028	0,1443	0,1741	0,1463	8,90%
Armazenamento	0,0205	0,0220	0,0337	0,0361	0,1400	0,1287	0,0194	0,0343	0,1031	0,0249	0,0732	5,78%
Tela	0,0154	0,0283	0,0337	0,0361	0,0400	0,0092	0,0083	0,0069	0,0206	0,0193	0,0122	2,09%
Resistência	0,1230	0,1980	0,3030	0,3249	0,1400	0,0644	0,0583	0,2399	0,1856	0,1741	0,1951	18,24%
Sistema Operacional	0,0137	0,0495	0,0337	0,0361	0,0400	0,0092	0,0097	0,0114	0,0412	0,0218	0,0244	2,64%
Soma	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	100%

A Tabela 3 indica os valores de  $A \times \hat{w}$  (vetor soma) e o Vetor de Consistência.



**Tabela 3 – Vetor Soma e Vetor de Consistência**

<b>Critério X Critério</b>	<b>Peso (%)</b>	<b>Vetor Soma</b>	<b>Vetor de Consistência</b>
<b>Custo</b>	21,86%	3,1921	14,5994
<b>Bateria</b>	20,78%	3,1807	15,3036
<b>Memória Ram</b>	4,50%	0,6265	13,9300
<b>Processador</b>	4,57%	0,6351	13,8909
<b>Câmera</b>	1,59%	0,2161	13,5745
<b>Status</b>	9,04%	1,1155	12,3394
<b>Aparência</b>	8,90%	1,1524	12,9543
<b>Armazenamento</b>	5,78%	0,7398	12,7982
<b>Tela</b>	2,09%	0,2711	12,9683
<b>Resistência</b>	18,24%	2,5202	13,8167
<b>Sistema Operacional</b>	2,64%	0,3368	12,7469
Soma	100%	13,9864	

Os valores obtidos para o  $\lambda$  máx (média aritmética da coluna do Vetor de Consistência), o Índice de Consistência (CI), o Índice Randômico (RI) e a Relação de Consistência (CR), são mostrados na tabela 4, apresentando os resultados do teste de consistência.

**Tabela 4 – Vetor Teste de Consistência**

<b><math>\lambda</math> máx</b>	<b>CI</b>	<b>RI</b>	<b>CR</b>
13,5384	0,2538	1,51	0,17

Com os cálculos de consistência, é possível observar que os julgamentos definidos pelo decisor apresentam uma inconsistência inaceitável. Sendo assim, fez-se necessário revisar os julgamentos, a fim de obter uma inconsistência aceitável ( $CR < 0,1$ , segundo Saaty (1990, 2008)).

As tabelas 5, 6 e 7 apresentam os julgamentos revisados pelo decisor para os critérios, a normalização e a obtenção dos pesos correspondentes.

**Tabela 5** – Matriz de Comparação Pareada dos critérios

Critério X Critério	Custo	Bateria	Memória RAM	Processador	Câmera	Status	Aparência	Armazenamento	Tela	Resistência	Sistema Operacional
<b>Custo</b>	1	1/9	6	6	8	7	4	4	4	1/2	6
<b>Bateria</b>	5	1	6	5	7	4	1	6	7	1	4
<b>Memória Ram</b>	1/6	1/6	1	1	5	1	2	1	1	1/9	1
<b>Processador</b>	1/6	1/5	1	1	2	1	1	1	1	1/9	1
<b>Câmera</b>	1/8	1/7	1/5	1/2	1	1/4	1/2	1/7	1/2	1/7	1/2
<b>Status</b>	1/7	1/4	1	1	4	1	1	1	3	1/5	5
<b>Aparência</b>	1/4	1	1/2	1	2	1	1	2	5	1/4	2
<b>Armazenamento</b>	1/4	1/6	1	1	7	1	1/2	1	5	1/7	3
<b>Tela</b>	1/4	1/7	1	1	2	1/3	1/5	1/5	1	1/9	1/2
<b>Resistência</b>	2	1	9	9	7	5	4	7	9	1	9
<b>Sistema Operacional</b>	1/6	1/4	1	1	2	1/5	1/2	1/3	2	1/9	1
<b>Soma</b>	9,5179	4,4302	27,7000	27,5000	47,0000	21,7833	15,7000	23,6762	38,5000	3,6802	33,0000

**Tabela 6** – Normalização e obtenção dos pesos

Critério X Critério	Custo	Bateria	Memória RAM	Processador	Câmera	Status	Aparência	Armazenamento	Tela	Resistência	Sistema Operacional	Peso (%)
<b>Custo</b>	0,1051	0,0251	0,2166	0,2182	0,1702	0,3213	0,2548	0,1689	0,1039	0,1359	0,1818	17,29%
<b>Bateria</b>	0,5253	0,2257	0,2166	0,1818	0,1489	0,1836	0,0637	0,2534	0,1818	0,2717	0,1212	21,58%
<b>Memória Ram</b>	0,0175	0,0376	0,0361	0,0364	0,1064	0,0459	0,1274	0,0422	0,0260	0,0302	0,0303	4,87%
<b>Processador</b>	0,0175	0,0451	0,0361	0,0364	0,0426	0,0459	0,0637	0,0422	0,0260	0,0302	0,0303	3,78%
<b>Câmera</b>	0,0131	0,0322	0,0072	0,0182	0,0213	0,0115	0,0318	0,0060	0,0130	0,0388	0,0152	1,89%
<b>Status</b>	0,0150	0,0564	0,0361	0,0364	0,0851	0,0459	0,0637	0,0422	0,0779	0,0543	0,1515	6,04%
<b>Aparência</b>	0,0263	0,2257	0,0181	0,0364	0,0426	0,0459	0,0637	0,0845	0,1299	0,0679	0,0606	7,29%
<b>Armazenamento</b>	0,0263	0,0376	0,0361	0,0364	0,1489	0,0459	0,0318	0,0422	0,1299	0,0388	0,0909	6,04%
<b>Tela</b>	0,0263	0,0322	0,0361	0,0364	0,0426	0,0153	0,0127	0,0084	0,0260	0,0302	0,0152	2,56%
<b>Resistência</b>	0,2101	0,2257	0,3249	0,3273	0,1489	0,2295	0,2548	0,2957	0,2338	0,2717	0,2727	25,41%
<b>Sistema Operacional</b>	0,0175	0,0564	0,0361	0,0364	0,0426	0,0092	0,0318	0,0141	0,0519	0,0302	0,0303	3,24%
<b>Soma</b>	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	100%

**Tabela 7 – Vetor Soma e Vetor de Consistência**

Critério X Critério	Peso (%)	Vetor Soma	Vetor de Consistência
<b>Custo</b>	17,29%	2,2476	13,0003
<b>Bateria</b>	21,58%	2,9343	13,5966
<b>Memória Ram</b>	4,87%	0,5988	12,2901
<b>Processador</b>	3,78%	0,4763	12,5963
<b>Câmera</b>	1,89%	0,2255	11,9042
<b>Status</b>	6,04%	0,7243	11,9873
<b>Aparência</b>	7,29%	0,8695	11,9340
<b>Armazenamento</b>	6,04%	0,7170	11,8630
<b>Tela</b>	2,56%	0,3153	12,3278
<b>Resistência</b>	25,41%	3,2657	12,8517
<b>Sistema Operacional</b>	3,24%	0,3877	11,9609
Soma	100%	12,7621	

Após o novo julgamento, pode-se perceber que o critério resistência passa a ter maior peso que os demais, seguido pelos critérios bateria e preço.

A tabela 8 mostra o cálculo de CR após novos julgamentos. O valor de 0,09 indica inconsistência aceitável, possibilitando prosseguir com o problema.

**Tabela 8 – Vetor Teste de Consistência**

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
12,3920	0,1392	1,51	0,09

Os mesmos cálculos são realizados nas comparações pareadas das alternativas perante cada critério, com os valores de CR estando dentro do desejado, porém não serão detalhados neste artigo por concisão. Os resultados consolidados são apresentados na Matriz de Decisão da Tabela 9.

**Tabela 9: Matriz de Decisão**

Smartphone	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	Total
Alternativas	Custo	Bateria	Memória RAM	Processador	Câmera	Status	Aparência	Armazenamento	Tela	Resistência	Sistema Operacional	
Pesos	0,1729	0,2158	0,0487	0,0378	0,0189	0,0604	0,0729	0,0604	0,0256	0,2541	0,0324	1,0000
Alternativa 1	0,0913	0,0533	0,0556	0,0961	0,1111	0,3319	0,1732	0,1133	0,0648	0,1294	0,3331	0,1206
Alternativa 2	0,0913	0,0966	0,0614	0,0459	0,1111	0,1946	0,1732	0,0470	0,1735	0,0471	0,1960	0,0934
Alternativa 3	0,2891	0,1396	0,2458	0,2566	0,1111	0,1076	0,1258	0,1133	0,1474	0,0799	0,1087	0,1540
Alternativa 4	0,1881	0,2910	0,2458	0,2566	0,1111	0,1946	0,2933	0,1133	0,2048	0,0799	0,1087	0,1881
Alternativa 5	0,0980	0,1285	0,2458	0,0882	0,1111	0,1076	0,1536	0,3065	0,2048	0,0471	0,1841	0,1215
Alternativa 6	0,2422	0,2910	0,2458	0,2566	0,4444	0,0638	0,0810	0,3065	0,2048	0,6167	0,0693	0,3272

Analisando a Matriz de Decisão acima, pode-se constatar que, dentro dos critérios e alternativas escolhidos, a melhor escolha é a Alternativa 6.

Contudo, observa-se que o custo dos aparelhos em questão é volátil, podendo variar de acordo com o tempo, lançamento de novos modelos, preço do dólar, crises econômicas e promoções sazonais. Assim, considera-se adequado reavaliar o problema sem adotar o custo como critério. Visando refinar os julgamentos do decisor, é adotada uma nova hierarquia, na qual os critérios estabelecidos anteriormente são distribuídos em subcritérios, de acordo com suas afinidades. O problema é então hierarquizado conforme Quadro 3.

**Quadro 3:** Divisão em subcritérios

Critério	Subcritério
Desempenho	Bateria
	Memória RAM
	Processador
	Sistema Operacional
	Armazenamento
Status	-
Físico	Câmera
	Tela
	Aparência
	Resistência

Chega-se assim à Matriz de Comparação Pareada da Tabela 10.

**Tabela 10** – Matriz de Comparação Pareada dos critérios

Critério X Critério	Desempenho	Físico	Status
<b>Desempenho</b>	1	1	5
<b>Físico</b>	1	1	5
<b>Status</b>	1/5	1/5	1
<b>Total</b>	<b>2,2000</b>	<b>2,2000</b>	<b>11,0000</b>

Utilizando o mesmo processo anterior, normaliza-se a Matriz de Comparação Pareada e realizam-se os cálculos para obtenção do CR, a fim de verificar a consistência dos novos julgamentos.

**Tabela 11** – Normalização e obtenção dos pesos, vetor soma e vetor de consistência

Critério X Critério	Desempenho	Físico	Status	Peso dos Critérios	Vetor Soma	Vetor de Consistência
<b>Desempenho</b>	0,4545	0,4545	0,4545	45,4545%	1,3636	3,0000
<b>Físico</b>	0,4545	0,4545	0,4545	45,4545%	1,3636	3,0000
<b>Status</b>	0,0909	0,0909	0,0909	9,0909%	0,2727	3,0000
<b>Soma</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>100%</b>		

A Tabela 12 mostra os valores usados no cálculo de CR.

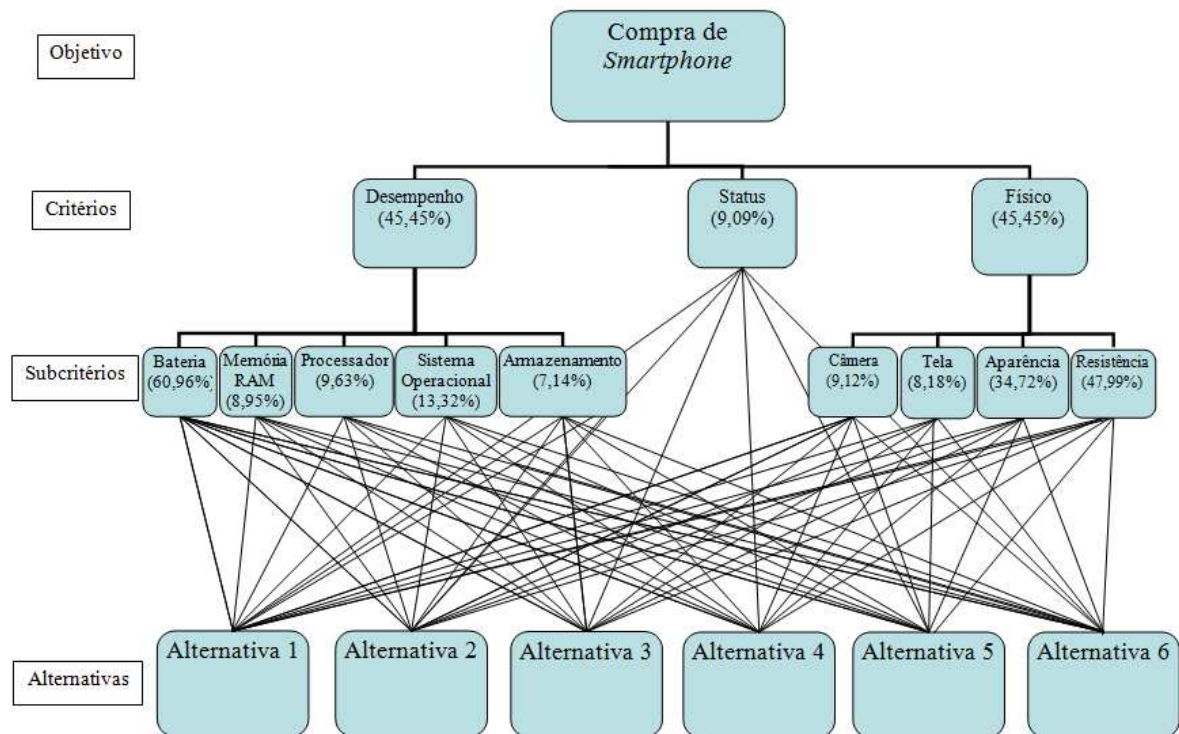
**Tabela 12** – Cálculo de consistência

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
3,00	0,00	0,58	0,00

Ao contrário do primeiro modelo, este apresenta CR=0, logo, os julgamentos estão feitos de maneira totalmente consistente. Com o mesmo procedimento calculam-se os desempenhos dos subcritérios, porém não serão detalhados neste artigo por concisão.

Com a nova hierarquia, executa-se o cálculo dos desempenhos dos subcritérios e alternativas, chegando-se aos resultados mostrados na Figura 2 e na Tabela 13.

**Figura 2:** Árvore de decisão



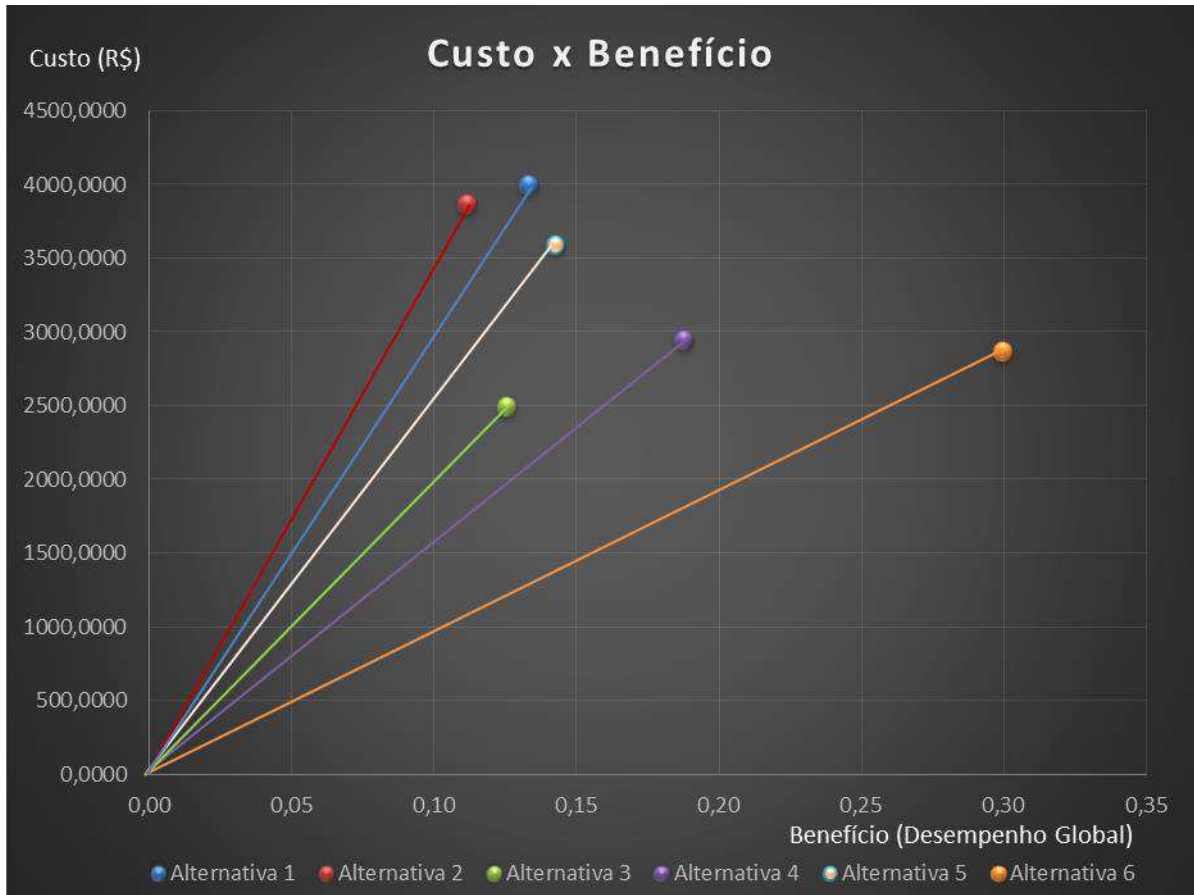
**Tabela 13:** Matriz de Decisão

	Critérios		Desempenho (45,45%)				Status (9,09%)	Físico (45,45%)				Total	
	Subcritérios	Pesos	Bateria (60,96%)	Memória RAM (8,95%)	Processador (9,63%)	Sistema Operacional (13,32%)	Armazenamento (7,14%)	Status (9,09%)	Câmera (9,12%)	Tela (8,18%)	Aparência (34,72%)		Resistência (47,99%)
	Custo (R\$)		0,2771	0,0407	0,0438	0,0605	0,0325	0,0909	0,0415	0,0372	0,1578	0,2181	1,0000
Alternativas	3999,9000	Alternativa 1	0,0371	0,0556	0,0961	0,3331	0,1133	0,3319	0,1111	0,0648	0,1732	0,1294	0,1333
	3869,1000	Alternativa 2	0,0994	0,0556	0,0459	0,1960	0,0470	0,1946	0,1111	0,1735	0,1732	0,0471	0,1116
	2499,9900	Alternativa 3	0,1371	0,2222	0,2566	0,1087	0,1133	0,1076	0,1111	0,1474	0,1258	0,0799	0,1257
	2949,9900	Alternativa 4	0,2284	0,2222	0,2566	0,1087	0,1133	0,1946	0,1111	0,2048	0,2933	0,0799	0,1874
	3599,1000	Alternativa 5	0,1873	0,2222	0,0882	0,1841	0,3065	0,1076	0,1111	0,2048	0,1536	0,0471	0,1424
	2869,9900	Alternativa 6	0,3107	0,2222	0,2566	0,0693	0,3065	0,0638	0,4444	0,2048	0,0810	0,6167	0,2996

Assim como no cálculo anterior, a alternativa 6 continua apresentando melhor desempenho global, havendo redução de 0,3272 para 0,2996, porém podendo ser considerada ainda uma escolha robusta.

Como nesta hierarquia não se considera o custo nos critérios, faz-se necessário realizar uma análise da relação “custo / benefício”, entre o custo de cada aparelho e o desempenho global, conforme a Figura 3, que mostra que a alternativa 6, de melhor desempenho no modelo AHP, seria também a de menor relação Custo/Benefício.

**Figura 3:** Gráfico “Custo x Benefício”



Este artigo se propõe também a analisar o “e se?”. E se os julgamentos forem feitos de outra forma, dando maior importância a outro critério? Como isso afeta o desempenho final das alternativas? Aqui, por concisão, será feita apenas um tipo de Análise de Sensibilidade, aumentando-se a importância dado pelo decisor ao critério “*Status*”.

Para tanto, faz-se necessário realizar um novo julgamento dos critérios, desta vez, dando grau 2 de importância, na escala de Saaty, para o critério “*Status*” em relação aos outros dois critérios. As tabelas 14, 15 e 16 mostram, respectivamente, julgamentos, normalização, obtenção dos pesos, vetor soma ponderada, vetor de consistência e demais procedimentos necessários para o cálculo do CR.

**Tabela 14:** Matriz de Comparação Pareada dos Critérios

Critério X Critério	Desempenho	Físico	Status
<b>Desempenho</b>	1	1	1/2
<b>Físico</b>	1	1	1/2
<b>Status</b>	2	2	1
<b>Total</b>	4	4	2

**Tabela 15:** Normalização e obtenção dos pesos

Critério X Critério	Desempenho	Físico	Status	Peso dos Critérios
<b>Desempenho</b>	0,2500	0,2500	0,2500	25%
<b>Físico</b>	0,2500	0,2500	0,2500	25%
<b>Status</b>	0,5000	0,5000	0,5000	50%
<b>Total</b>				100%

**Tabela 16:** Cálculo de Consistência

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
3,0000	0,0000	0,58	0,00

Novamente, pode-se observar que o CR apresentou valor 0, permitindo dar continuidade ao problema. A Tabela 17 mostra a nova Matriz de Decisão.

**Tabela 17:** Matriz de Decisão

	Critérios		Desempenho (25%)				Status (50%)		Físico (25%)			Total	
	Custo (R\$)	Pesos	Bateria (60,96%)	Memória RAM (8,95%)	Processador (9,63%)	Sistema Operacional (13,32%)	Armazenamento (7,14%)	Status (50%)	Câmera (9,12%)	Tela (8,18%)	Aparência (34,72%)		Resistência (47,99%)
<b>Alternativas</b>	R\$ 3.999,90	Alternativa 1	0,03707	0,05556	0,09611	0,33313	0,11329	0,33185	0,11111	0,06478	0,17319	0,12937	0,22266
	R\$ 3.869,10	Alternativa 2	0,09941	0,05556	0,04595	0,19601	0,04702	0,19458	0,11111	0,17351	0,17319	0,04709	0,14892
	R\$ 2.499,99	Alternativa 3	0,13712	0,22222	0,25659	0,10872	0,11329	0,10761	0,11111	0,14741	0,12580	0,07989	0,11755
	R\$ 2.949,99	Alternativa 4	0,22844	0,22222	0,25659	0,10872	0,11329	0,19458	0,11111	0,20476	0,29328	0,07989	0,19066
	R\$ 3.599,10	Alternativa 5	0,18726	0,22222	0,08818	0,18411	0,30655	0,10761	0,11111	0,20476	0,15358	0,04709	0,12674
	R\$ 2.869,99	Alternativa 6	0,31069	0,22222	0,25659	0,06930	0,30655	0,06377	0,44444	0,20476	0,08096	0,61667	0,19350

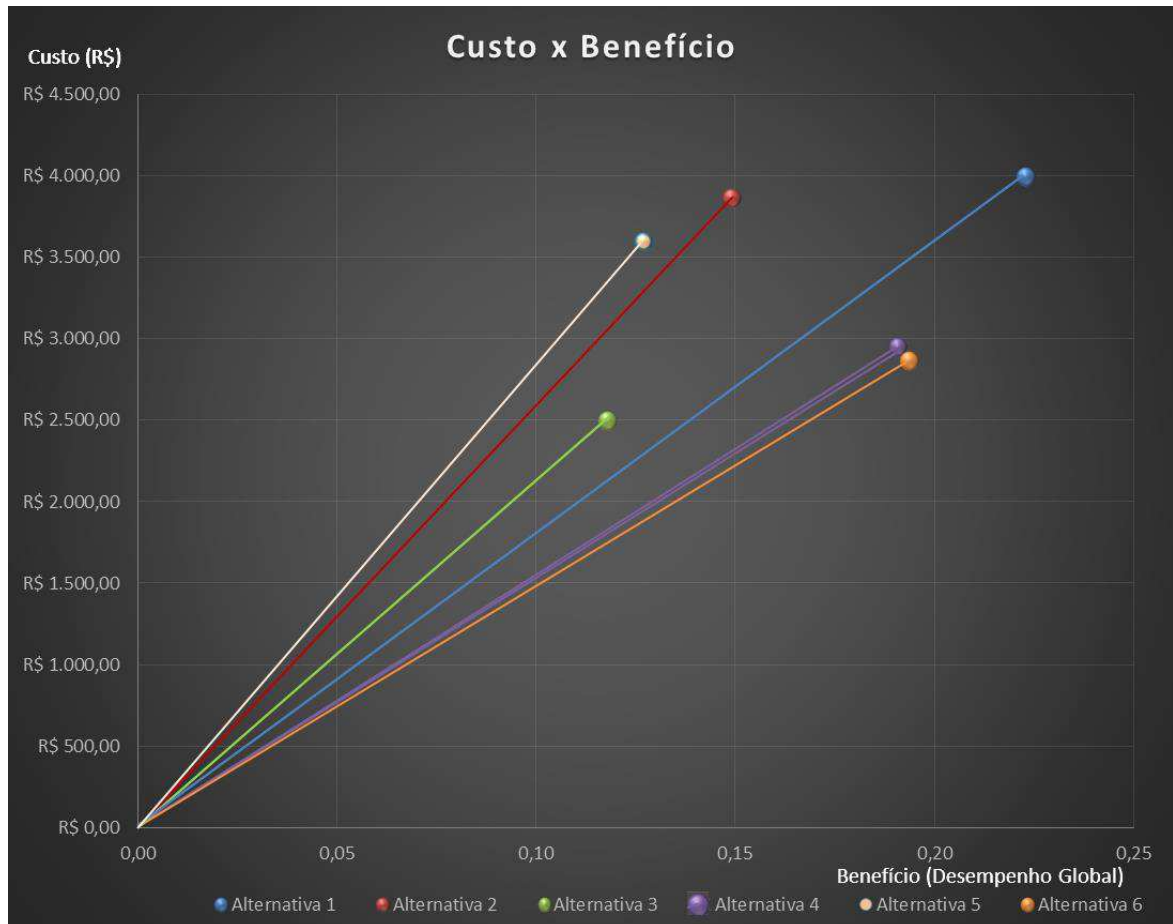
Percebe-se que a Alternativa 1 passa a apresentar o maior desempenho global, porém, faz-se necessário realizar nova análise “custo/ benefício”, a fim de verificar qual deve ser a alternativa escolhida.

Após analisar o gráfico da Figura 4, pode-se observar que a Alternativa 6 deve ser a alternativa escolhida, pois a reta traçada desde a origem até o ponto que a representa tem – visivelmente – menor inclinação que as demais, pois esta alternativa tem um custo relativamente baixo – embora não o menor – que seus concorrentes e um desempenho global elevado – embora também não o maior.



Os cálculos mostram que a Alternativa 6 possui menor coeficiente angular, sendo, portanto, ainda a melhor alternativa a ser escolhida.

**Figura 4:** Gráfico “Custo x Benefício”



### Considerações finais

Naturalmente, o presente artigo sofre limitações comuns a longas pesquisas conceituais sintetizadas em poucas linhas, porém, a partir de seu caráter exploratório, é possível desdobrar propostas para pesquisas futuras, entre as quais se destacam aprofundamentos no uso do modelo estudado e nas análises apresentadas.

Conclui-se que o critério “Custo” demanda cuidados especiais e que diferentes formas de considerá-lo podem influenciar o resultado da decisão. Deve ser destacado, que o decisor, no exemplo descrito, atribuiu importância relativamente baixa ao critério “Custo” na hierarquia inicial (17,29%). Há uma larga faixa que vai desde uma decisão onde se desconsideram outros critérios, atribuindo-se ao custo 100% de importância, aos raros casos em que os custos podem ser desconsiderados, atribuindo-se-lhes 0% de importância. Porém, em geral, o peso

atribuído ao critério “Custo” tem forte influência na determinação da alternativa de maior prioridade, exceto em abordagens em que a qualidade exigida dos demais fatores não permite se limitar a tomada de decisão aos aspectos financeiros. Nestes casos, a importância dos outros desempenhos, entendidos como benefícios, crescem em relação aos custos.

O artigo mostra ainda a importância e os benefícios da análise de consistência, muitas vezes desconsiderada, e da Análise de Sensibilidade. Merece destaque o fato dos primeiros julgamentos terem apresentado uma inconsistência inaceitável.

Por fim, a discussão empreendida mostra que considerar os custos financeiros de modo separado, numa análise custo/benefício, pode ser uma boa prática. Porém, determinar uma forma única de considerar o critério “Custo” ao hierarquizar qualquer problema no AHP, não é viável, devendo-se sempre levar em conta os valores e as preferências do decisor, sua subjetividade, fazendo-se uma análise caso a caso.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. T. **O Conhecimento e o Uso de Métodos Multicritério de Apoio a Decisão**. 2 ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2011. 234p.
- BAZERMAN, M. H.; MOORE, D. **Processo Decisório**. 7.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 319 p.
- CHIAVEGATTO FILHO A. D. P. Uso de big data em saúde no Brasil: perspectivas para um futuro próximo. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 325-332, abr-jun 2015.
- COSTA, H. G. **Introdução ao método de análise hierárquica**: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói: UFF, 2002. 104p.
- COSTA, H. G. **IPÊ 1.0**: Guia do Usuário. Niterói: UFF, 2004.
- DICIONÁRIO DO AURÉLIO ONLINE – Dicionário de Português. C2008-2017. **Significado da palavra heurística**. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/heuristica>>. Acesso em 20 de jan. de 2017.
- GOLDMAN, F. L. **A Dinâmica da Criação do Conhecimento Organizacional**: um estudo sobre inovação no Sistema Eletrobrás. 2013. 243f. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- GRIMMER J. We are all social scientists now: how big data, machine learning, and causal inference work together. **Political Science & Politics**, v. 48, n. 1, p. 80-83, 2015.
- LIMA, M. V. A. de; LOPES, A. L. M.; ENSSLIN, L. Reflexões sobre a validação do processo de apoio à decisão. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, Itajubá, v.9, n. 2, p. 81-93, Jul. 2011.
- MALDONADO, M. Decisões que a Razão Desconhece. **Scientific American Brasil**, v. 3, n. 33, p. 76-82, 2005.
- PACHECO, M. C. R. **Modelos multicriteriais de apoio à decisão**: o método AHP como auxílio à seleção de fornecedores em uma confecção. 2015. 80 f. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Centro Universitário Serra dos Órgãos, Teresópolis. 2015.

PACHECO, M. C. R.; GOLDMAN, F. L. Modelos multicriteriais de apoio à decisão: o método AHP como auxílio à seleção de fornecedores em uma confecção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 36., 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABEPRO, 2016a.

\_\_\_\_\_. O AHP como um modelo matemático: uma análise de sensibilidade simples. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA (SEGeT), 13., 2016, Resende. **Anais...** Resende: AEDB, 2016b.

PINTO, K. R. **Aprendendo a decidir com a pesquisa operacional**: modelos e métodos de apoio à decisão. 2.ed. Uberlândia: UDUFU, 2008. 160 p.

SAATY, T.L. How to make a decision : The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operations Research**, v. 48, n.1, p. 9-26, 1990.

\_\_\_\_\_. Decision making with the analytic hierarchy process, **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p.83–98, 2008.

SALOMON, V. A. P. **Desempenho da Modelagem do Auxílio à Decisão por Múltiplos Critérios na Análise do Planejamento e Controle da Produção**. 107f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SHIMIZU, T. **Decisão nas Organizações**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006. 419p.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional**. 8.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 346 p.

VILAS BOAS, C. L. **Modelo multicritérios de apoio à decisão aplicada ao uso múltiplo de reservatórios**: estudo da barragem do ribeirão João Leite. 2006. 158f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.