

# O AHP como um modelo matemático: uma análise de sensibilidade simples

**Mylena Cristina Rezende Pacheco**  
mylenacrp@hotmail.com

**Fernando Luiz Goldman**  
fernandogoldman@yahoo.com.br  
UNIFESO

**Resumo:** Somos todos fundamentalmente decisores e os decisores hoje se percebem imersos em contextos de incerteza knightiniana e racionalidade limitada não podendo ser maximizadores perfeitos. Muita ênfase vem sendo dada na literatura sobre empresas à decisão em si. Os métodos clássicos de Pesquisa Operacional 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. Assim, os diferentes modelos da Análise de Decisão Multi Critério são importantes ferramentas da Pesquisa Operacional e entre eles se destaca o Processo Analítico Hierárquico, um modelo aditivo compensatório. No entanto, usualmente, pouca atenção é dada aos benefícios da simulação e da análise de sensibilidade ao se utilizar o AHP, daí ser comum a referência a ele como um método e não como um modelo que realmente é. Este artigo tem como objetivo geral apresentar um exemplo da análise de sensibilidade na resolução de um problema real de decisão usando o modelo AHP, com a utilização de uma planilha eletrônica não dedicada. Este artigo descreve uma pesquisa de caráter teórico-conceitual, que se caracteriza como qualitativa e exploratória, trazendo em seu desenvolvimento a aplicação de um modelo matemático já existente e discussões pertinentes a sua utilização na análise de sensibilidade de uma tomada de decisão com auxílio de uma planilha eletrônica. Conclui-se pela viabilidade da utilização do AHP – associado a uma planilha eletrônica de fácil acesso, sem depender de nenhum software proprietário – não só como um método composto de passos bem definidos, que levam a uma tomada de decisão, mas principalmente como um modelo matemático, que propicia variações e análise de sensibilidade, fácil de aplicar e capaz de propiciar ao decisor, mais do que verificar a robustez de sua decisão, aprender e aperfeiçoar seu processo decisório.

**Palavras Chave: AHP - Multicritério - Processo Decisório - Sensibilidade - Simulação**

## 1. INTRODUÇÃO

Como destaca Saaty (2008, p. 83), “somos todos fundamentalmente decisores”. Hoje, os decisores se percebem imersos em contextos de incerteza knightiniana e racionalidade limitada (GOLDMAN, 2013, p. 33), não podendo ser maximizadores perfeitos, pois “em função de sua experiência pregressa e de limitações cognitivas, se deixam guiar pelas rotinas construídas” (CORAZZA; FRACALANZA, 2004, p. 129-130). Para Bazerman e Moore (2010, p. 7) ainda há outros limitadores (tempo, custo ou a própria percepção e inteligência dos próprios decisores).

Muita ênfase vem sendo dada na literatura sobre empresas à decisão em si. Almeida (2011, p. 16) afirma que os “métodos clássicos de Pesquisa Operacional” (PO) 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. Assim, os diferentes modelos da Análise de Decisão Multi Critério (MCDA) são importantes ferramentas da PO e entre eles vem se destacando o Processo Analítico Hierárquico (AHP – do inglês Analytic Hierarchy Process), um modelo aditivo compensatório (PACHECO, 2015).

O AHP foi desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970 nos EUA (SHIMIZU; 2006, p. 278). Foi pioneiro na Escola Americana no que diz respeito aos problemas de decisão que envolvem múltiplos critérios (REIS; LÖBLER, 2012, p.400), permitindo combinar dados qualitativos e quantitativos num só problema (ABREU; et al, 2000, p. 262) e por esses motivos tem tido aplicação em várias áreas.

No entanto, usualmente, pouca atenção é dada aos benefícios da simulação e da Análise de Sensibilidade ao se utilizar o AHP, daí ser comum a referência a ele como um método (um passo-a-passo) e não como um modelo que realmente é.

Este artigo tem como objetivo geral apresentar um exemplo da Análise de Sensibilidade na resolução de um problema de decisão usando o modelo AHP, com a utilização de uma planilha eletrônica não dedicada e facilmente disponível.

O desenvolvimento do artigo faz-se em cinco seções, incluída esta **Introdução**. A segunda, **Aspectos metodológicos**, qualifica a pesquisa descrita quanto aos métodos e meios empregados. A terceira, **Exemplo de aplicação do AHP**, mostra a aplicação do modelo estudado em um problema de tomada de decisão. A quarta, **Resultados e discussão**, apresenta e analisa os resultados obtidos. A quinta, **Considerações finais**, traz limitações da pesquisa, sugestões para pesquisas futuras e uma conclusão sucinta.

## 2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este artigo descreve uma pesquisa de caráter teórico-conceitual, que se caracteriza como qualitativa e exploratória, trazendo em seu desenvolvimento a aplicação de um modelo matemático já existente e discussões pertinentes a sua utilização na Análise de Sensibilidade de uma tomada de decisão 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 um passo-a-passo proposto por Saaty (1990), largamente conhecido, cuja descrição detalhada, além de ser já bastante documentada, fugiria ao escopo desse artigo.

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 do discutido aqui.

### 3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO AHP

Para Análise de Sensibilidade com a utilização de uma planilha eletrônica não dedicada será apresentada a resolução de um problema fictício de decisão usando o modelo AHP, como segue.

Uma empresa fictícia, denominada doravante pelo nome XPTO, utiliza o modelo AHP para seleção dos fornecedores de determinado material. Este artigo exemplificará a utilização do modelo AHP para escolha do fornecedor, considerando os seguintes critérios: Qualidade, Preço, Condições de pagamento, Frete e Prazo de entrega.

A decomposição hierárquica proposta para o problema descrito acima pode ser visualizada através da árvore de decisão da Figura 1.

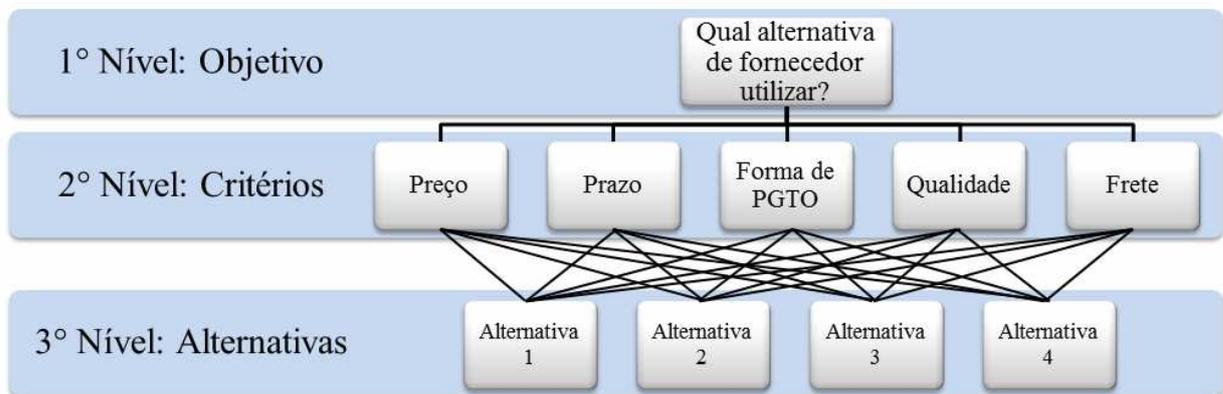


Figura 1: Árvore de decisão do problema descrito

A partir de entrevistas, com o representante do setor de compras da XPTO, por exemplo, seria possível coletar os dados pertinentes à percepção do decisor em relação aos critérios considerados na compra.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de julgamentos necessário à comparação de  $n$  critérios, como é bem sabido, é dado pela expressão  $n(n-1)/2$ . Como no caso presente teremos  $n=5$  critérios, isto faz com o número de julgamentos para comparar par a par os critérios seja igual a 10.

Após a primeira percepção descrita pelo decisor hipotético, deve ser utilizada a Escala Fundamental de Saaty, no Quadro 1, para comparar, par a par, os critérios utilizados para esta seleção e os resultados dos dez julgamentos podem ser vistos na Tabela 1.

**Quadro 1: Escala Fundamental de Saaty**

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

Fonte: Adaptado de Saaty (1990)

**Tabela 1: Variações de julgamentos para Análise de Sensibilidade**

Comparações	Valor original	Variações
Qualidade-Preço	1	1
Qualidade-Forma de PGTO	3	3
Qualidade-Frete	3	3
Qualidade-Prazo	5	5
Preço-Forma de PGTO	5	5
Preço-Frete	3	3
Preço-Prazo	5	5
Forma de PGTO-Frete	1	1
Forma de PGTO-Prazo	2	2
Frete-Prazo	1	1

A partir dos julgamentos iniciais do decisor é montada uma primeira Matriz de Comparações Pareadas dos critérios, como mostrado na Tabela 2. Deve ser observado que os cálculos devem ser feitos a partir da coluna “Variações”.

**Tabela 2: Matriz de Comparações Pareadas dos critérios**

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo
Qualidade	1	1	3	3	5
Preço	1	1	5	3	5
Forma de PGTO	1/3	1/5	1	1	2
Frete	1/3	1/3	1	1	1
Prazo	1/5	1/5	1/2	1	1
Soma	2,8667	2,7333	10,5000	9,0000	14,0000

Os pesos atribuídos para cada critério, obtidos através do processo de normalização estão mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3: Normalização e obtenção dos pesos**

Crítérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Média	Peso (%)
Qualidade	0,3488	0,3659	0,2857	0,3333	0,3571	0,3382	33,82%
Preço	0,3488	0,3659	0,4762	0,3333	0,3571	0,3763	37,63%
Forma de PGTO	0,1163	0,0732	0,0952	0,1111	0,1429	0,1077	10,77%
Frete	0,1163	0,1220	0,0952	0,1111	0,0714	0,1032	10,32%
Prazo	0,0698	0,0732	0,0476	0,1111	0,0714	0,0746	7,46%
Soma	1	1	1	1	1	1	100,00%

Nota-se que os critérios Preço e Qualidade foram avaliados como tendo grande e equivalente importância, enquanto os demais obtiveram pesos de menor importância.

A Tabela 4 mostra os elementos da análise de Consistência.

**Tabela 4: Vetor Soma e Vetor de Consistência**

Crítérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Peso (%)	Vetor Soma	V. Consistência
Qualidade	1	1	3	3	5	33,82%	1,7203	5,0871
Preço	1	1	5	3	5	37,63%	1,9358	5,1447
Forma de PGTO	1/3	1/5	1	1	2	10,77%	0,5482	5,0881
Frete	1/3	1/3	1	1	1	10,32%	0,5237	5,0745
Prazo	1/5	1/5	1/2	1	1	7,46%	0,3746	5,0198
Soma	2,8667	2,7333	10,5000	9,0000	14,0000	1,0000	5,1026	

Os valores obtidos para a média aritmética da coluna do Vetor de Consistência ( $\lambda$  máx), o Índice de Consistência (CI), o Índice Randômico (RI) e a Relação de Consistência (CR), estão registrados na Tabela 5, finalizando, o teste de consistência:

**Tabela 5: Teste de Consistência**

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
5,0829	0,0207	1,1200	0,0185

Através do teste de consistência realizado pôde-se constatar que a comparação pareada do decisor obteve uma Relação de Consistência de 0,0185, que atende ao requisito de Saaty de que uma inconsistência aceitável deve ser menor ou igual a 0,1.

Ao comparar de forma pareada, cada alternativa de fornecedor em relação ao critério Qualidade, segundo o julgamento do hipotético decisor, foram obtidas as seguintes matrizes:

**Tabela 6: Matriz de Comparações Pareadas dos fornecedores: Critério Qualidade**

Qualidade	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	1/2	1	3
Alternativa 2	2	1	1	3
Alternativa 3	1	1	1	9
Alternativa 4	1/3	1/3	1/9	1
Soma	4,3333	2,8333	3,1111	16,0000

**Tabela 7: Normalização e desempenho dos fornecedores: Critério Qualidade**

Qualidade	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Média	Peso (%)
Alternativa 1	0,2308	0,1765	0,3214	0,1875	0,2290	22,90%
Alternativa 2	0,4615	0,3529	0,3214	0,1875	0,3309	33,09%
Alternativa 3	0,2308	0,3529	0,3214	0,5625	0,3669	36,69%
Alternativa 4	0,0769	0,1176	0,0357	0,0625	0,0732	7,32%
Soma	1	1	1	1	1	100,00%

O novo teste de consistência pode ser visualizado nas Tabelas 8 e 9.

**Tabela 8: Vetor Soma e Vetor de Consistência: Critério Qualidade**

Qualidade	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Peso (%)	Vetor Soma	V. Consistência
Alternativa 1	1	1/2	1	3	22,90%	0,9810	4,2829
Alternativa 2	2	1	1	3	33,09%	1,3754	4,1572
Alternativa 3	1	1	1	9	36,69%	1,5856	4,3214
Alternativa 4	1/3	1/3	1/9	1	7,32%	0,3006	4,1067
Soma	4,3333	2,8333	3,1111	16,0000	100,00%	4,2426	

**Tabela 9: Teste de Consistência: Critério Qualidade**

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
4,2171	0,0724	0,9000	0,0804

A CR se mostrou aceitável.

O desempenho dos fornecedores em relação ao Critério Preço, segundo o julgamento do hipotético decisor, pode ser verificado na Tabela 10 e 11 e a respectiva Análise de Consistência nas Tabelas 12 e 13.

**Tabela 10: Matriz de Comparações Pareadas dos fornecedores: Critério Preço**

Preço	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	7	1/5	7
Alternativa 2	1/7	1	1/9	1
Alternativa 3	5	9	1	9
Alternativa 4	1/7	1	1/9	1
Soma	6,2857	18,0000	1,4222	18,0000

**Tabela 11: Normalização e desempenho dos fornecedores: Critério Preço**

Preço	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Média	Peso (%)
Alternativa 1	0,1591	0,3889	0,1406	0,3889	0,2694	26,94%
Alternativa 2	0,0227	0,0556	0,0781	0,0556	0,0530	5,30%
Alternativa 3	0,7955	0,5000	0,7031	0,5000	0,6246	62,46%
Alternativa 4	0,0227	0,0556	0,0781	0,0556	0,0530	5,30%
Soma	1,0000	1,0000	1	1	1	100,00%

**Tabela 12: Vetor Soma e Vetor de Consistência: Critério Preço**

Preço	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Peso (%)	Vetor Soma	V. Consistência
Alternativa 1	1	7	1/5	7	26,94%	1,1362	4,2178
Alternativa 2	1/7	1	1/9	1	5,30%	0,2139	4,0360
Alternativa 3	5	9	1	9	62,46%	2,9253	4,6832
Alternativa 4	1/7	1	1/9	1	5,30%	0,2139	4,0360
Soma	6,2857	18,0000	1,4222	18,0000	100,00%	4,4893	

**Tabela 13: Teste de Consistência: Critério Preço**

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
4,2432	0,0811	0,9000	0,0901

O teste de consistência para o desempenho dos quatro fornecedores perante o critério preço foi satisfatório obedecendo ao requisito:  $0,0901 \leq 0,10$ .

Para o critério Forma de PGTO, foram feitas as seguintes comparações:

**Tabela 14: Matriz de Comparações Pareadas dos fornecedores: Critério Forma de PGTO**

Forma de PGTO	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	5	3	8
Alternativa 2	1/5	1	1	1
Alternativa 3	1/3	1	1	1
Alternativa 4	1/8	1	1	1
Soma	1,6583	8,0000	6,0000	11,0000

**Tabela 15: Normalização e desempenho dos fornecedores: Critério Forma de PGTO**

Forma de PGTO	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Média	Peso (%)
Alternativa 1	0,6030	0,6250	0,5000	0,7273	0,6138	61,38%
Alternativa 2	0,1206	0,1250	0,1667	0,0909	0,1258	12,58%
Alternativa 3	0,2010	0,1250	0,1667	0,0909	0,1459	14,59%
Alternativa 4	0,0754	0,1250	0,1667	0,0909	0,1145	11,45%
Soma	1,0000	1,0000	1	1	1	100,00%

**Tabela 16: Vetor Soma e Vetor de Consistência: Critério Forma de PGTO**

Forma de PGTO	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Peso (%)	Vetor Soma	V. Consistência
Alternativa 1	1	5	3	8	61,38%	2,5964	4,2299
Alternativa 2	1/5	1	1	1	12,58%	0,5089	4,0458
Alternativa 3	1/3	1	1	1	14,59%	0,5908	4,0494
Alternativa 4	1/8	1	1	1	11,45%	0,4629	4,0433
Soma	1,6583	8,0000	6,0000	11,0000	100,00%	4,1590	

**Tabela 17: Teste de Consistência: Critério Forma de PGTO**

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
4,0921	0,0307	0,9000	0,0341

Para o critério Frete, foram feitas as seguintes comparações, segundo o julgamento do hipotético decisor e as respectivas Análises de Consistência:

**Tabela 18: Matriz de Comparações Pareadas dos fornecedores: Critério Frete**

Frete	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	6	3	9
Alternativa 2	1/6	1	1/7	1
Alternativa 3	1/3	7	1	9
Alternativa 4	1/9	1	1/9	1
Soma	1,6111	15,0000	4,2540	20,0000

**Tabela 19: Normalização e desempenho dos fornecedores: Critério Frete**

Frete	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Média	Peso (%)
Alternativa 1	0,6207	0,4000	0,7052	0,4500	0,5440	54,40%
Alternativa 2	0,1034	0,0667	0,0336	0,0500	0,0634	6,34%
Alternativa 3	0,2069	0,4667	0,2351	0,4500	0,3397	33,97%
Alternativa 4	0,0690	0,0667	0,0261	0,0500	0,0529	5,29%
Soma	1,0000	1,0000	1	1	1	100,00%

**Tabela 20: Vetor Soma e Vetor de Consistência: Critério Frete**

Frete	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Peso (%)	Vetor Soma	V. Consistência
Alternativa 1	1	6	3	9	54,40%	2,4199	4,4486
Alternativa 2	1/6	1	1/7	1	6,34%	0,2555	4,0292
Alternativa 3	1/3	7	1	9	33,97%	1,4414	4,2437
Alternativa 4	1/9	1	1/9	1	5,29%	0,2145	4,0528
Soma	1,6111	15,0000	4,2540	20,0000	100,00%	4,3314	

**Tabela 20A: Teste de Consistência: Critério Frete**

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
4,1935	0,0645	0,9000	0,0717

Para o critério Prazo de Entrega, foram feitas as seguintes comparações, segundo o julgamento do hipotético decisor:

**Tabela 21: Matriz de Comparações Pareadas dos fornecedores: Critério Prazo**

Prazo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	7	1	7
Alternativa 2	1/7	1	1/5	2
Alternativa 3	1	5	1	5
Alternativa 4	1/7	1/2	1/5	1
Soma	2,2857	13,5000	2,4000	15,0000

**Tabela 22: Normalização e desempenho dos fornecedores: Critério Prazo**

Prazo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Média	Peso (%)
Alternativa 1	0,4375	0,5185	0,4167	0,4667	0,4598	45,98%
Alternativa 2	0,0625	0,0741	0,0833	0,1333	0,0883	8,83%
Alternativa 3	0,4375	0,3704	0,4167	0,3333	0,3895	38,95%
Alternativa 4	0,0625	0,0370	0,0833	0,0667	0,0624	6,24%
Soma	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	100,00%

**Tabela 23: Vetor Soma e Vetor de Consistência: Critério Prazo**

Prazo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Peso (%)	Vetor Soma	V. Consistência
Alternativa 1	1	7	1	7	45,98%	1,9042	4,1410
Alternativa 2	1/7	1	1/5	2	8,83%	0,3567	4,0388
Alternativa 3	1	5	1	5	38,95%	1,6028	4,1153
Alternativa 4	1/7	1/2	1/5	1	6,24%	0,2501	4,0094
Soma	2,2857	13,5000	2,4000	15,0000	100,00%	4,1137	

**Tabela 24: Teste de Consistência: Critério Prazo**

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
4,0761	0,0254	0,9000	0,0282

A matriz de decisão, a seguir, mostra o peso atribuído a cada critério, o desempenho das alternativas (fornecedores) em relação a cada critério e o desempenho global (Resultado) que corresponde ao somatório das multiplicações entre o peso de cada critério e o respectivo desempenho das alternativas naquele Critério:

**Tabela 25: Desempenho final dos fornecedores (Matriz de Decisão)**

	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Resultado
Pesos	33,82%	37,63%	10,77%	10,32%	7,46%	
Alternativa 1	22,90%	26,94%	61,38%	54,40%	45,98%	33,54%
Alternativa 2	33,09%	5,30%	12,58%	6,34%	8,83%	15,85%
Alternativa 3	36,69%	62,46%	14,59%	33,97%	38,95%	43,89%
Alternativa 4	7,32%	5,30%	11,45%	5,29%	6,24%	6,71%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Dessa forma, ao aplicar o Modelo AHP para a seleção de fornecedores, o melhor desempenho foi da alternativa 3 com 43,89%; que, comparativamente com os demais desempenhos 33,54%, 15,85% e 6,71% das alternativas 1, 2 e 4 respectivamente, pode ser considerado um resultado robusto neste primeiro momento.

O tipo de Análise de Sensibilidade empregado neste trabalho é o de alterações dos pesos relativos dos critérios, como descrito a seguir.

1ª Simulação: A comparação entre o critério Qualidade e os demais, foi alterada considerando o critério Qualidade um pouco mais importante em todos os casos. As demais comparações permanecem iguais.

A Tabela 26 mostra os julgamentos originais e as variações propostas para a Análise de Sensibilidade:

**Tabela 26: Variações de julgamentos para Análise de Sensibilidade**

Comparações	Valor original	Variações
Qualidade-Preço	1	6
Qualidade-Forma de PGTO	3	5
Qualidade-Frete	3	5
Qualidade-Prazo	5	6
Preço-Forma de PGTO	5	5
Preço-Frete	3	3
Preço-Prazo	5	5
Forma de PGTO-Frete	1	1
Forma de PGTO-Prazo	2	2
Frete-Prazo	1	1

Vale destacar que com a montagem aqui proposta basta substituir os valores da coluna variações na Tabela 26 (que corresponde à Tabela 1) para obter de forma rápida e simples (automática) uma nova solução para o problema. As Tabelas 27 e 28 mostram a nova Matriz de Comparações Pareadas obtida a partir dos novos julgamentos e o resultado do respectivo teste de consistência. Deve ser observado que os novos cálculos apresentados nas tabelas a seguir foram feitos na mesma planilha inicial.

**Tabela 27: Matriz de Comparações Pareadas dos Critérios**

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo
Qualidade	1	6	5	5	6
Preço	1/6	1	5	3	5
Forma de PGTO	1/5	1/5	1	1	2
Frete	1/5	1/3	1	1	1
Prazo	1/6	1/5	1/2	1	1
Soma	1,7333	7,7333	12,5000	11,0000	15,0000

**Tabela 28: Teste de Consistência**

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
5,4012	0,1003	1,1200	0,0895

O resultado final pode ser visto na Tabela 29.

**Tabela 29: Desempenho final dos fornecedores (Matriz de Decisão)**

	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Resultado
Pesos	52,15%	24,63%	8,91%	7,92%	6,39%	
Alternativa 1	22,90%	26,94%	61,38%	54,40%	45,98%	31,30%
Alternativa 2	33,09%	5,30%	12,58%	6,34%	8,83%	20,75%
Alternativa 3	36,69%	62,46%	14,59%	33,97%	38,95%	41,00%
Alternativa 4	7,32%	5,30%	11,45%	5,29%	6,24%	6,96%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

2ª Simulação: Nesta simulação o critério Preço teve maior importância em relação aos demais. Os novos julgamentos, a nova Matriz de Comparações Pareadas e o respectivo teste de consistência são vistos nas Tabelas 30, 31 e 32, respectivamente.

**Tabela 30: Variações de julgamentos para Análise de Sensibilidade**

Comparações	Valor original	Variações
Qualidade-Preço	1	1/5
Qualidade-Forma de PGTO	3	3
Qualidade-Frete	3	3
Qualidade-Prazo	5	5
Preço-Forma de PGTO	5	7
Preço-Frete	3	5
Preço-Prazo	5	7
Forma de PGTO-Frete	1	1
Forma de PGTO-Prazo	2	2
Frete-Prazo	1	1

**Tabela 31: Matriz de Comparações Pareadas dos Critérios**

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo
Qualidade	1	1/5	3	3	5
Preço	5	1	7	5	7
Forma de PGTO	1/3	1/7	1	1	2
Frete	1/3	1/5	1	1	1
Prazo	1/5	1/7	1/2	1	1
Soma	6,8667	1,6857	12,5000	11,0000	16,0000

**Tabela 32: Teste de Consistência**

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
5,2028	0,0507	1,1200	0,0453

O novo peso de cada critério, bem como o desempenho final dos fornecedores pode ser visto na Tabela 33.

**Tabela 33: Desempenho final dos fornecedores (Matriz de Decisão)**

	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Resultado
Pesos	21,79%	55,47%	8,58%	8,01%	6,15%	
Alternativa 1	22,90%	26,94%	61,38%	54,40%	45,98%	32,39%
Alternativa 2	33,09%	5,30%	12,58%	6,34%	8,83%	12,28%
Alternativa 3	36,69%	62,46%	14,59%	33,97%	38,95%	49,01%
Alternativa 4	7,32%	5,30%	11,45%	5,29%	6,24%	6,32%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

3ª Simulação: A última simulação considerou o critério Forma de Pagamento com grande importância em relação aos outros critérios, como mostra a Tabela 34. A Matriz de Comparações Pareadas dos Critérios e a respectiva análise de consistência também podem ser visualizadas nas Tabelas 35 e 36.

**Tabela 34: Variações de julgamentos para Análise de Sensibilidade**

Comparações	Valor original	Variações
Qualidade-Preço	1	1
Qualidade-Forma de PGTO	3	1/2
Qualidade-Frete	3	3
Qualidade-Prazo	5	5
Preço-Forma de PGTO	5	1/5
Preço-Frete	3	3
Preço-Prazo	5	5
Forma de PGTO-Frete	1	5
Forma de PGTO-Prazo	2	7
Frete-Prazo	1	1

**Tabela 35: Matriz de Comparações Pareadas dos Critérios**

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo
Qualidade	1	1	1/2	3	5
Preço	1	1	1/5	3	5
Forma de PGTO	2	5	1	5	7
Frete	1/3	1/3	1/5	1	1
Prazo	1/5	1/5	1/7	1	1
Soma	4,5333	7,5333	2,0429	13,0000	19,0000

**Tabela 36: Teste de Consistência**

$\lambda$ máx	CI	RI	CR
5,1848	0,0462	1,1200	0,0413

Os pesos alterados para cada critério e o resultado do desempenho dos fornecedores a partir desta simulação são mostrados na Tabela 37.

**Tabela 37: Desempenho final dos fornecedores (Matriz de Decisão)**

	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Resultado
Pesos	21,84%	18,90%	46,95%	6,90%	5,40%	
Alternativa 1	22,90%	26,94%	61,38%	54,40%	45,98%	45,15%
Alternativa 2	33,09%	5,30%	12,58%	6,34%	8,83%	15,05%
Alternativa 3	36,69%	62,46%	14,59%	33,97%	38,95%	31,12%
Alternativa 4	7,32%	5,30%	11,45%	5,29%	6,24%	8,68%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Ao finalizar as três simulações, pôde-se comparar, como mostra a Tabela 38, os pesos obtidos para cada critério em relação ao peso original. Na avaliação original, o critério Preço tinha maior importância, seguido dos critérios: Qualidade, Forma de Pagamento, Frete e Prazo. Na primeira simulação o critério Qualidade teve maior destaque. Na segunda simulação, o critério Preço teve um peso bem maior que os demais, e por fim, na terceira simulação, o maior peso foi do critério Forma de Pagamento.

**Tabela 38: Comparação dos pesos obtidos por simulação**

	Peso original	1ª Simulação	2ª Simulação	3ª Simulação
Qualidade	33,82%	52,15%	21,79%	21,84%
Preço	37,63%	24,63%	55,47%	18,90%
Forma de PGTO	10,77%	8,91%	8,58%	46,95%
Frete	10,32%	7,92%	8,01%	6,90%
Prazo	7,46%	6,39%	6,15%	5,40%

Sendo assim, os desempenhos globais das alternativas (fornecedores), segundo a avaliação original e perante cada simulação, podem ser analisados na Tabela 39.

Tabela 39: Comparação do desempenho dos fornecedores

	Desempenho original	1ª Simulação	2ª Simulação	3ª Simulação
Alternativa 1	33,54%	31,30%	32,39%	45,15%
Alternativa 2	15,85%	20,75%	12,28%	15,05%
Alternativa 3	43,89%	41,00%	49,01%	31,12%
Alternativa 4	6,71%	6,96%	6,32%	8,68%

Para as duas primeiras simulações, a alternativa 3 se manteve com o melhor desempenho; entretanto, ao considerar a Forma de Pagamento com grande importância – situação não comum, mas que pode vir a acontecer em determinado momento a partir de uma série de fatores que influenciam interna e externamente em uma empresa – a alternativa 1 se torna a mais adequada.

Todos os tipos de Análise de Sensibilidade possíveis poderiam ser facilmente empreendidos para o problema em questão, desde que observadas as devidas consistências.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Naturalmente, o presente artigo sofre as limitações comuns à descrição de uma longa pesquisa conceitual que necessita ser sintetizada em poucas linhas. A partir de seu caráter exploratório, é possível desdobrar propostas para pesquisas futuras, entre as quais se destaca a realização de problemas reais para um maior aprofundamento no uso do modelo estudado.

Ao adotar uma planilha eletrônica não dedicada e facilmente disponível em empresas de qualquer porte, reforça-se o caráter de modelo do AHP, viabilizando simulações com a construção de uma única planilha, como a usada aqui, e que sejam resolvidos vários diferentes problemas de tomada de decisão sem a necessidade de laboriosas contas (pelo menos conscientemente), nem de várias planilhas ou *softwares* dedicados.

Conclui-se, assim, pela viabilidade da utilização do AHP – associado a uma planilha eletrônica de fácil acesso, sem depender de nenhum software proprietário – não só como um método composto de passos bem definidos, que levam a uma tomada de decisão, mas, principalmente, como um modelo matemático, que propicia simulações e Análise de Sensibilidade, fácil de aplicar e capaz de propiciar ao decisor, mais do que verificar a robustez de sua decisão, aprender e aperfeiçoar seu processo decisório.

## REFERÊNCIAS

ABREU, L. M. de; GRANEMANN, S. R.; GARTNER, I.; BERNARDES, R. S. Escolha de um Programa de Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano: Aplicação do Método AHP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.257-262, 2000. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2015.

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.

CORAZZA, R. I.; FRACALANZA, P. S. Caminhos do pensamento neo-schumpeteriano: para além das analogias biológicas. **Nova Economia**, v. 14, n. 2, p. 127-155, Mai./Ago., 2004.

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.



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.

REIS, E. dos; LÖBLER, M. L. O Processo Decisório Descrito pelo Indivíduo e Representado nos Sistemas de Apoio à Decisão. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 397-417, Mai/Jun. 2012. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rac/v16n3/v16n3a05.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

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, **Int. J. Services Sciences**, v. 1, n. 1, p.83-98, 2008.

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