

# **A Utilização do método AHP para traçar, como ferramenta para o auxílio a decisão de um candidato, a escolha de um curso de engenharia**

Andreia Mingroni Besteiro      Giovani Paiva      Valeria Miucciato      Jomar Bueno

Orientador: Prof. Dr. Valério A. P. Salomon

Universidade Estadual Paulista - UNESP

## **Resumo**

O presente artigo tem como finalidade traçar um auxílio para a escolha de um curso de engenharia por um estudante em fase de decisão para curso de graduação nesta área. As opções de escolha de curso de graduação serão limitadas a três engenharias, a civil, de materiais e de produção mecânica. Todas dentro de um mesmo campus da Universidade Estadual Paulista, localizada no campus de Guaratinguetá.

A determinação das engenharias se deve a serem as mais diferenciadas dentro do campus, fazendo a menor interface possível dentre as engenharias lecionadas no campus em questão.

Essas simplificações são utilizadas somente para demonstrar e validar o modelo proposto neste artigo. Pode-se, utilizando o mesmo raciocínio, avaliar cursos de áreas diferentes, com critérios diferentes dos propostos, adaptando o método à necessidade de cada tomador de decisão.

Para auxiliar na decisão é utilizado, neste artigo, o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), onde os critérios são relacionados hierarquicamente, e são moldados e avaliados de acordo com a percepção do tomador de decisão.

**Palavras-chave:** AHP. Hierarquia. Decisão. Curso de Graduação. Engenharia.

## **1 INTRODUÇÃO**

Quando assuntos humanos são tratados, é nítida a dificuldade de classificação das características quanto à necessidade de estudá-los analiticamente. Esse é o caso do estudo presente nesse trabalho, que usará o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para auxiliar na decisão de um estudante na escolha de um curso de graduação em engenharia, levando em consideração os diferentes perfis encontrados atualmente nos profissionais e estudantes de engenharia e um cenário provável para o futuro dessa profissão.

Segundo Saaty, nossas vidas são o somatório de nossas decisões. Seja na esfera dos negócios ou na vida pessoal. A forma como as decisões são realizadas é tão importante

quanto o que será decidido. Decidir pela escolha acadêmica de maneira muito rápida pode ser desastroso e demorar muito pode significar perder oportunidades. De qualquer forma, a escolha precisa ser feita. E uma abordagem sistêmica e compreensiva é necessária para a tomada de decisão.

Para estudar de maneira pouco influenciável pelo ambiente em que está inserido, a análise dos fatores escolhidos para a formulação desse problema apropriar-se-á de uma ferramenta de valor útil para resolver problemas complexos, onde um modelo matemático é complexo ou impossível de ser utilizado, e também reduz a complexidade das soluções existentes bem como possibilita o acesso a uma teoria de controle, encontrado nos Métodos de Análise Hierárquica.

Dentre os fatores que influenciam a tomada de decisão proposta neste artigo deve-se ter ciência do ambiente em que está inserido tanto o tomador de decisão quanto as escolhas possíveis.

Portanto, como definição de engenharia tem-se a de Smith: “Engenharia é a arte profissional de aplicação da ciência para a conversão ótima dos recursos naturais para o benefício do homem.” Se, como Lewis, definirmos ciência como “a busca da verdade através da observação e da experimentação” [SCHNAID, 2001].

Neste início de milênio, uma nova civilização está emergindo na chamada era pós-industrial, trazendo consigo novos estilos de vida; uma nova economia, profundas mudanças profissionais e conflitos políticos de outras naturezas. Esses fatores influenciam tanto o tomador de decisão quanto as perspectivas encontradas nas diferentes áreas da engenharia. Diz-se desta nova civilização que o capital intelectual passa a ser sua força motriz. Imagens e idéias passam a constituir-se no bem de maior valor agregado. Pensadores e cientistas políticos, como por exemplo: Domenico di Masi redefine os paradigmas do mundo trabalho, incluindo neles a criatividade, o lazer e a humanização como itens necessários e simultâneos à eficiência. Sugerem que nesta nova sociedade o engenheiro tradicional vem perdendo seu espaço, à medida que a venda de conceitos gera recursos superiores à venda de bens e mercadorias [SCHNAID, 2001].

O perfil do engenheiro deve estar de acordo com o perfil do aluno que pretende seguir esta profissão. O mercado de trabalho passou por diversas modificações ao passar das décadas. No período entre as décadas de 1970 e 1980, esperava-se desses profissionais apenas o conhecimento técnico adquirido na graduação, já entre as décadas de 1980 e 1990 agregou-se ao conhecimento técnico a necessidade desses profissionais analisarem e solucionarem problemas de forma eficiente, a partir desse período, até os dias atuais, é cada vez mais nítido que além de todas as características anteriores os engenheiros devem deter o controle integrado de processos, com pleno domínio de técnicas auxiliares como a informática e estatística, fazendo com que os alunos dos cursos de engenharia transformassem todo o volume de dados absorvidos, e muitas vezes desconexos, durante a formação, tornar após ela, em informação útil e conectada.

Entre outros pré-requisitos, exige-se dos profissionais, além do seu lado técnico, conhecimento em áreas distintas, como finanças, economia, psicologia, *marketing*, entre

outras. Porém, hoje em dia, é dada maior importância para os profissionais que detenham características de liderança, criatividade, perfil empreendedor, facilidade de trabalhar em equipe; com diversas formas de conflitos e pressões. Além de abrangente percepção do cenário que está inserido e de oportunidades, correlacionar pensamentos e atividades distintas para resolução de novos problemas, entre outras.

Sendo assim, as escolas de engenharia também passaram por adaptações, reformulando seus cursos tradicionais e inserindo alterações às grades curriculares e também alternativas de formação aos seus alunos.

No presente artigo, será analisada a Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, campus da Universidade Estadual Paulista, que detém cinco cursos distintos de engenharia: civil, de materiais, de produção mecânica, elétrica e mecânica, esta última tanto em período integral, quanto em período noturno.

É nítida a adequação da faculdade à atualização do mercado de trabalho. Fundada na década de 60, apenas com o curso de engenharia mecânica integral, a faculdade passou por diversas adaptações tanto em sua grade curricular quanto nos cursos oferecidos. Dentre os mais novos estão os cursos de Engenharia de Produção Mecânica (início em 1996) e o de Engenharia de Materiais (início em 2003). Além disso, devido à maior demanda, o número de vagas do curso de engenharia de produção mecânica aumentou no ano de 2004 de 20 para 30 vagas, sendo este um dos indicadores de aceitação do mercado de trabalho desses profissionais.

Entre outras diferenças nas universidades, há a preocupação cada vez maior em criar espaço para que o aluno possa desenvolver suas habilidades de exposição de idéias, autoconfiança e domínio de público, demonstrado, principalmente, na execução de trabalhos em equipes e apresentação dos mesmos.

Tendo em vista os fatores já estabelecidos acima, quando a atenção é voltada diretamente à escolha de um curso de graduação, tem-se como primeiro obstáculo procurar um perfil profissional que mais se adeque ao perfil do estudante, a Universidade também deve atender a pré-requisitos impostos pelo estudante para auxiliar na escolha do curso de graduação que este realizará.

A busca por um perfil profissional é subjetiva, por tanto este fator não será analisado diretamente. Entende-se, para o método utilizado, que o estudante está decidido em graduar engenharia, e este apenas terá como opção três delas. As engenharias escolhidas para estudo estão presentes em um mesmo campus da Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada em Guaratinguetá. Este é mais um fator que não perturbará na decisão pelo curso, visto que os cursos de um mesmo campus estão alinhados em relação à qualidade. Por tanto, as três variedades de curso escolhidos para exemplo de aplicação do modelo são: Engenharia Civil, Engenharia de Materiais e Engenharia de Produção Mecânica. Mais um fator de escolha por esses cursos é que os mesmos detem a maior variabilidade possível dentro do campus, havendo a menor interface possível dentre os cursos oferecidos no campus.

Para auxiliar na decisão do estudante na escolha do curso que graduará, será utilizado o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Este método, dentre os utilizados para auxílio à tomada de decisão, é de fácil compreensão e análise, podendo facilmente ser adequado às pretensões do estudante. O método permite que fatores aparentemente não comparáveis possam ser comparados, pois se atribui valor de importância par a par para cada um dos critérios escolhidos na análise do objetivo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 AHP (Analytic Hierarchy Process)

O AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é um método eficaz para a tomada de decisão, pois ele identifica a melhor opção dentro das alternativas possíveis e ajuda na determinação de prioridades, considerando aspectos quantitativos e qualitativos. Através da redução de decisões complexas a decisões comparativas par a par. O AHP se divide em estruturação, julgamentos e síntese dos resultados.

O tomador de decisões, para aplicar o AHP, define o objetivo geral e, assim, seleciona os atributos para alcançar a meta. Os elementos deverão estar estruturados hierarquicamente. Comparado a uma árvore, à medida que se afasta da raiz (objetivo), temos fatores mais específicos, e os mais extremos (as folhas) representam os fatores ou critérios de avaliação. Assim, quanto mais genéricos forem os atributos, mais altos eles deverão estar na hierarquia. As alternativas ficam na base da árvore, abaixo do último nível de atributos. Esse arranjo permite fazer com que seja possível para o tomador de decisão focalizar cada parte e todo o complexo problema, com isso obter prioridades através de uma simples comparação par a par baseada nos dados obtidos pelo usuário.

A grande vantagem do método AHP é permitir que o usuário atribua pesos relativos para múltiplos critérios, ou múltiplas alternativas para um dado critério, de forma intuitiva, ao mesmo tempo em que realiza uma comparação par a par entre os mesmos. Isso permite que, mesmo quando duas variáveis são incomparáveis, com os conhecimentos e a experiência das pessoas, pode-se reconhecer qual dos critérios é mais importante (SAATY, 1991).

Primeiramente devem-se definir os critérios que serão comparados para auxiliar na escolha das alternativas. Com os critérios definidos, monta-se a Matriz de Prioridades de Critérios, tendo como base a regra sugerida por (SAATY, 1991): preenche-se a matriz comparando-se os critérios que aparecem na coluna da esquerda em relação às características que aparecem na linha superior. Para simplificação chamaremos os critérios de C1 e C2, por tanto, se os critérios a serem comparados, C1 e C2, forem iguais em importância, coloca-se o valor 1; se C1 for um pouco mais importante do que C2, colocar-se o valor 3; se C1 for muito mais importante do que C2, coloca-se o valor 5; se C1 for claramente ou muito fortemente mais importante do que C2, coloca-se o valor 7; se C1 for absolutamente mais importante do que C2, coloca-se o valor 9. Qualquer relação entre os critérios C1 e C2 intermediária às relações de importância apresentadas, deve ser dado o valor intermediário correspondente.

Um elemento é igualmente importante quando comparado com ele próprio, isto é, onde a linha 1 encontra a coluna 1, na posição (1,1), coloca-se 1. Logo, a diagonal principal de uma matriz deve consistir em 1. Se os valores são obtidos comparando-se C1 com C2, quando há a comparação de C2 com C1 na matriz os valores são, por tanto, os recíprocos apropriados 1, 1/3, ..., ou 1/9 (SAATY, 1991).

A Figura 1 apresenta um modelo de Matriz de Prioridades para facilitar a apresentação de como é realizada a comparação entre os critérios.

A alteração dos pesos de cada critério é realizada dividindo-se os elementos de cada coluna pela soma daquela coluna (normalização), e posteriormente somando-se os elementos em cada linha resultante e dividindo-se esta soma pelo número de elementos na linha (SAATY, 1991).

Critérios	C1	C2	C3	C4
C1	1			
C2		1		
C3			1	
C4				1
Soma				

Figura 1: Modelo de Matriz de Prioridades de Critérios

Para verificar a consistência da Matriz de Prioridades dos Critérios, multiplica-se a mesma pelo vetor peso e obtém-se a Matriz de Consistência (SAATY, 1998), com os elementos  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  e  $w_4$ .

O Resultado da Consistência (RC) (Equação 1) é determinado através da divisão do índice de consistência (CI) pelo índice RI (Equação 2).

$$RC = CI / RI \quad (1) \text{ (SAATY, 1998)}$$

$$CI = (\lambda_{\text{máx}} - n) / (n - 1) \quad (2) \text{ (SAATY, 1998)}$$

Onde RI é um índice tabelado em função de n (número de critérios), conforme Tabela 01.

O  $\lambda_{\text{máx}}$  é um índice que relaciona os critérios da Matriz de Consistência e os pesos dos critérios. A Equação 3 apresenta o cálculo do  $\lambda_{\text{máx}}$ .

Tabela 01: Valores de RI para Matrizes Quadradas de ordem n, segundo Saaty.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51

$$\lambda_{\text{máx}} = 1 / n \times \sum (\text{critério Matriz Consistência} / \text{peso do critério}) \quad (3)$$

(SAATY, 1998).

Se RC for inferior a 0,1 o grau de consistência é satisfatório, mas se RC for superior a 0,1 podem existir sérios problemas de inconsistência e o método AHP não deverá ser utilizado (SAATY, 1991).

As Matrizes de Prioridade para os Processos, após a verificação do grau de consistência, são determinadas da mesma maneira que a Matriz de Prioridade foi determinada.

Os escores dos processos para cada critério, após a construção das Matrizes de Priorização para os Processos, são determinados dividindo-se os elementos de cada coluna pela soma daquela coluna (normalização). Determina-se o escore total dos processos, com os escores para cada critério, multiplicando o escore médio dos critérios pelo peso de cada critério.

### 3 MODELO ESTUDADO

A partir da proposta inicial deste trabalho de auxiliar na decisão de um estudante para um curso de engenharia, serão considerados fatores ligados a expectativa e características atuais de mercado e procura pelos cursos de graduação, especificamente de engenharia no campus da UNESP em Guaratinguetá.

Como objetos de estudo têm-se os fatores apresentados na árvore de hierarquia mostrada na Figura 02. Os fatores escolhidos são salário, tempo médio para o término de formação e a relação candidato vaga no vestibular. Entre as engenharias, são estudadas as de produção mecânica, civil e de materiais.

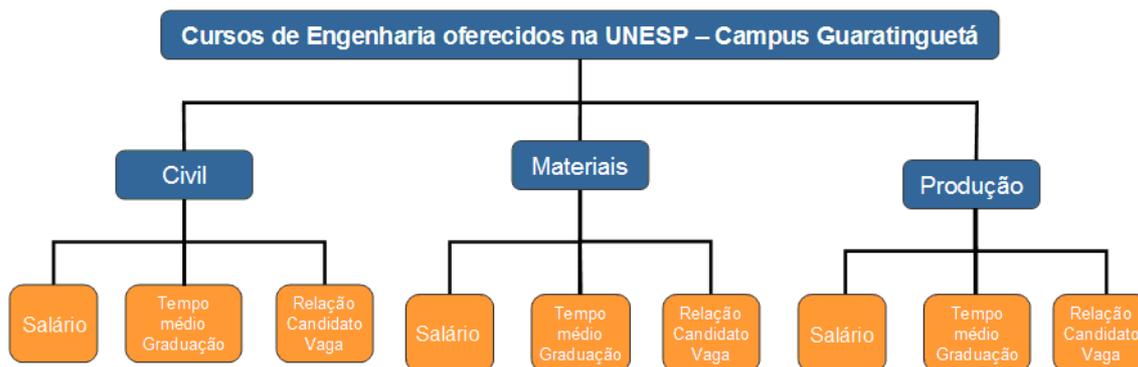


Figura 02: Árvore de Hierarquia

Foram considerados os fatores apresentados na árvore hierárquica (salário, tempo médio de graduação e relação candidato vaga), pois estes são de fácil acesso para um estudante em fase de escolha para um curso de graduação. Além do mais, com esses fatores tem-se como ponderar uma expectativa de futuro para o curso escolhido. Por exemplo, quanto maior a

relação candidato vaga, maior é o reconhecimento do curso e da universidade, e pode ser entendido como promissora a expectativa do futuro dessa profissão.

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir da escolha dos critérios para hierarquizar o problema, ou seja, a escolha entre cursos de engenharia, o tornamos mais palpável para análise e estudo.

Para iniciar a aplicação do método AHP no auxílio da decisão proposta, analisam-se os critérios escolhidos, dando pesos para cada um deles, de acordo com a importância que é dada para cada um destes, na visão de um estudante em fase de escolha de carreira.

Conforme mostra a Tabela 02, é analisado cada um dos critérios, sendo estes comparados par a par, após essa avaliação é possível estimar a partir da média geométrica das linhas da matriz de comparação de critérios, gerando a matriz w, visualizada na Tabela 03.

	Salário	Tempo	Relação C/V
Salário	0,755	0,811	0,533
Tempo	0,151	0,162	0,400
Relação C/V	0,094	0,027	0,067

Tabela 02: Matriz de comparação dos critérios

<b>W</b>
0,6996
0,2377
0,0627

Tabela 03: Média geométrica da matriz de comparação de critérios

Para medir a coerência entre os julgamentos dados, é determinado o autovalor máximo, o  $\lambda_{max}$  pelo produto de um vetor obtido com a soma das colunas da matriz de comparação dos critérios por w. Os resultados da equação característica são mostrados na Tabela 04.

	2,389551816	
<b>AW = <math>\lambda</math> x W</b>	0,75369256	= Eq Característica
	0,189747294	

Tabela 04: Determinação da equação característica

<b><math>\lambda</math></b>	3,204530379	
<b>CI = <math>(\lambda - n)/(n - 1)</math></b>	0,10226519	= índice de Coerência
<b>Ri</b>	0,5800	n = 3 = critérios de decisão (Tabela Saaty)
<b>CR = Ci / Ri</b>	0,176319293	= Razão de Coerência

Tabela 05: Matrizes para o cálculo da coerência

Para os julgamentos serem considerados coerentes, é necessário calcular o índice de coerência e a razão de coerência, seguindo dados sugeridos por Saaty. Se o resultado da

razão de coerência for um valor menor que 0,2, segundo Saaty os julgamentos podem ser considerados coerentes. Sendo assim, os julgamentos dados para a matriz na Tabela 02 é coerente, pois o valor da razão de coerência calculado é de 0,176, como pode ser visto na Tabela 05.

É realizada uma matriz de julgamento para cada um dos critérios, e segue-se uma sequência de cálculos. Na Tabela 06 são mostrados os valores pesquisados para cada um dos critérios em cada uma das engenharias. Esses valores apenas são somados.

Na Tabela 07 é realizada a normalização desses valores, para que todos tenham a mesma ordem de grandeza. O critério salário é um atributo direto, pois quanto maior seu valor, mais atrativo é o curso, porém tanto o tempo médio para a formação, quanto a relação candidato vaga, são atributos indiretos, pois quanto maior seus valores, menor é a atratividade do curso para o candidato.

Chega-se, então, à Tabela 09, em que é mostrado o somatório ponderado de todos os critérios, gerando a matriz de valores que serão utilizados para a verificação e análise da escolha do curso de engenharia.

	Eng Materiais	Eng Civil	Eng Produção	Somatório
Salário	5.576,49	5.476,85	6.141,05	17.194,39
Tempo Médio	5,78	7,35	5,35	18,48
RC/V	11,9	15,8	32,9	60,60

Tabela 06: Valores extraídos para os critérios considerados

Matriz A	Salario	TM	RCV	Somatório
Eng Mat	0,324	3,196	5,092	1,00
Eng Civ	0,319	2,515	3,835	9,17
Eng Pdr	0,357	3,455	1,842	10,77
	1,000	9,165	10,770	

W	0,6996	0,2377	0,0627
---	--------	--------	--------

Tabela 07: Normalização dos valores extraídos para os critérios considerados

Normalizando		
Salario	TM	RCV
0,324	0,349	0,473
0,319	0,274	0,356
0,357	0,377	0,171

Tabela 08: Normalização dos critérios considerados

<b>Matriz A</b>	Salario	TM	RCV	Somatório
Eng Mat	0,2269	0,0829	0,0296	0,339
Eng Civ	0,2228	0,0652	0,0223	0,310
Eng Pdr	0,2499	0,0896	0,0107	0,350

Tabela 09: Normalização, harmonização e vetor de prioridade

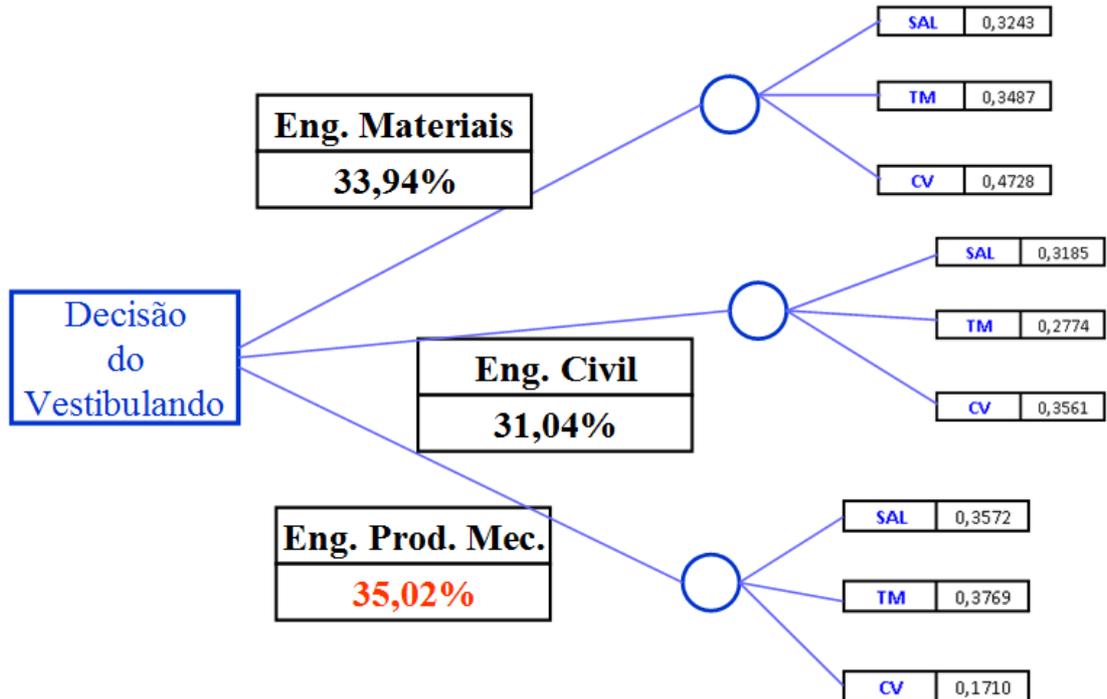


Figura 03: Árvore de decisão.

Na Figura 03, tem-se a árvore de decisão, esta facilita a visualização dos resultados para cada um dos cursos de engenharia e também para os valores dados para cada um dos critérios nessas engenharias.

Segundo a análise dos resultados obtidos, mesmo com uma maior relação candidato vaga, a escolha pela engenharia de produção mecânica se mostrou a melhor opção, pois a possibilidade de se encontrar melhores salários é mais atrativa dentre os demais critérios analisados. A isso se soma o menor tempo médio de formação encontrado também na engenharia de produção mecânica.

Portanto com o método AHP temos uma indicação da melhor engenharia dentre as propostas para os critérios utilizados e pesos dados para cada um deles de acordo com a visão de um estudante.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo apresentado neste artigo é de grande importância, visto que confirma que o método AHP é eficiente para auxiliar na tomada de decisão de assuntos diversos.

Além disso, justifica a utilização do mesmo por ser de fácil adaptação ao cenário que será montado, além de entre os outros métodos de auxílio à tomada de decisão, o AHP ser de relativa fácil montagem e compreensão de seus resultados.

Este método também é totalmente adaptável às necessidades do tomador de decisões, a qualquer momento, o mesmo pode adaptar os critérios, e os pesos dados a cada um deles.

A maior importância é que os métodos de auxílio à decisão não dão a resposta certa para o caminho que o tomador de decisão deve seguir, ele apenas indica uma solução para um cenário montado pelo próprio tomador de decisão.

A análise de sensibilidade pode nos mostrar, por tanto, até que ponto uma das alternativas é mais viável ou vantajosa que outra. Pois há regiões onde cada uma das alternativas é mais vantajosa perante as demais.

Portanto, pode-se afirmar, nesse estudo realizado, que para os critérios utilizados e os pesos atribuídos para cada um deles, no cenário atual e a perspectiva da engenharia no país e de cada uma das engenharias dentro da universidade em questão e também no mercado de trabalho, que o método AHP nos indica e auxilia que a melhor alternativa é de graduar o curso de engenharia de produção mecânica.

## **REFERÊNCIAS**

Arquivos VUNESP, relação candidato vaga, dos anos de 1998 até 2009.

Dados divulgados pela secretaria Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.

BHUSHAN, N., K.; “Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process”, 2001.

COSTA, H.G.; “Auxílio Multicritério à Decisão: método AHP”, Artigo, ABEPRO, 2006.

LEWIS, E. , <http://www.vf.k12.mo.us/cccb1/sld017.htm>

NOSEL, M.M., REBELATTO, D.A.N.; “O perfil do engenheiro Segundo as empresas”, Artigo, Cobenge, 2001.

PASA, C.R.R., SANTOS, C.H.; “Uma proposta para o perfil do engenheiro de produção”, Artigo, UNIVATES.

SAATY, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hil.

SAATY, T.L.; “Método de Análise Hierárquica”, Livro, São Paulo, Editora Makron, 1991.

SALOMON, V.A.P.; “Desempenho da modelagem do auxílio à decisão por múltiplos critérios na análise do planejamento e controle da produção”, Tese, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

SCHNAID, F., BARBOSA, F.F., TIMM, M.I.; “O perfil do engenheiro ao longo da história”, Artigo, Cobenge, 2001.

SMITH, R.J., BUTLER, B.R.; “Engineering as a Career”, 1983.