

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS**

LUIZ FELIPE BLOCK

**MODELO DE DECISÃO APLICANDO UM MÉTODO MULTICRITÉRIO
DE APOIO À DECISÃO PARA APURAR OS VOTOS DO DESFILE
DAS ESCOLAS DE SAMBA DO RIO DE JANEIRO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2012

LUIZ FELIPE BLOCK

**MODELO DE DECISÃO APLICANDO UM MÉTODO MULTICRITÉRIO
DE APOIO À DECISÃO PARA APURAR OS VOTOS DO DESFILE
DAS ESCOLAS DE SAMBA DO RIO DE JANEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, da Coordenação de Informática, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Msc. Simone de Almeida

PONTA GROSSA

2012



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Diretoria de Graduação e Educação Profissional



TERMO DE APROVAÇÃO

MODELO DE DECISÃO APLICANDO UM MÉTODO MULTICRITÉRIO DE APOIO À
DECISÃO PARA APURAR OS VOTOS DODESFILE DASESCOLAS DE SAMBA
DORIO DE JANEIRO.

por

LUIZ FELIPE BLOCK

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em cinco de junho de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Simone de Almeida
Prof.(a) Orientador(a)

Helyane Bronoski Borges
Membro titular

Marcos Vinicius Fidelis
Membro titular

Helyane Bronoski Borges
Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso

Simone de Almeida
Coordenador(a) do Curso
UTFPR - Campus Ponta Grossa

O termo com as assinaturas encontra-se na coordenação do curso.

Dedico este trabalho à minha família,
pelos momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço a minha orientadora Professora Msc. Simone de Almeida, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

O ambiente complexo em que se vive, hoje em dia, exige novas lógicas, novas formas de enfrentar a variedade múltipla de fatores que intervêm na realização dos nossos objetivos e na coerência das nossas apreciações por forma a tirar conclusões válidas. (BARAÇAS, F. J. F.; MACHADO, J. P. A., 2006)

RESUMO

BLOCK, Luiz Felipe. **MODELO DE DECISÃO APLICANDO UM MÉTODO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO PARA APURAR OS VOTOS DO DESFILE DAS ESCOLAS DE SAMBA DO RIO DE JANEIRO 2012.** 72 Folhas. Trabalho de Conclusão do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

Este trabalho aborda os conceitos de tomada de decisão com apoio multicritério. O referencial teórico mostra a capacidade dos métodos multicritérios no auxílio à tomada de decisão, apresenta as escolas francesa e americana, como também os seus principais métodos. De acordo com as características do problema a ser analisado e a estrutura de preferências dos decisores, o problema configurou-se como sendo uma problemática de escolha que consiste em escolher a melhor alternativa, considerando os critérios identificados dentro do processo de estruturação de problemas. Por isso, definiu-se pela utilização do método AHP para auxiliar na tomada de decisão no estudo de caso que consiste na apuração dos votos do desfile de escolas de samba do Rio de Janeiro de 2012, cujo objetivo da modelagem é chegar a escola que obteve melhor resultado analisando os quesitos de desempate. Na análise do resultado pode-se perceber uma diferença do resultado manual considerando os dez quesitos onde a escola que aparece em primeiro lugar é a Unidos da Tijuca com o resultado da aplicação no software considerando os cinco quesitos de desempate onde a escola Salgueiro aparece em primeiro lugar.

Palavras-chave: Análise Multicritério. Tomada de Decisão. AHP.

ABSTRACT

BLOCK, Luiz Felipe. **BUILDING A MODEL OF DECISION METHOD OF APPLYING A MULTICRITERIA DECISION TO ESTABLISH THE VOTES OF SAMBA SCHOOLS PARADE OF RIO DE JANEIRO 2012.** 72 Leaves. Completion of Course Work Analysis and Systems Development - Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2012.

This paper discusses the concepts of decision making with multicriteria. The theoretical framework shows the ability of advanced methods to aid in decision making, presents American and French schools, as well as their main methods. According to the characteristics of the problem to be analyzed and the preference structure of decision-makers, the problem set up as an issue of choice is to choose the best alternative considering the criteria identified in the process of problem structuring. Therefore, it was defined by using the AHP to assist in decision making in the case study that consists in counting the votes of the parade of samba schools in Rio de Janeiro in 2012, whose goal is to reach the modeling school that has obtained best result when analyzing the questions of a tie. In analyzing the results one can see a difference in the result considering the manual 10 questions where the school that appears first is the Unidos da Tijuca with the result of applying the software considering the five questions of where the Salgueiro school appears in the first place.

Keywords: Multicriteria Analysis. Decision-making. AHP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura hierárquica de tomada de decisão.....	33
Figura 2 - Hierarquia dos critérios para a compra de um carro	38
Figura 3 - Hierarquia dos critérios para a compra de um carro	42
Figura 4 - Tela inicial do software Expert Choice	46
Figura 5 - Inserção dos critérios	47
Figura 6 - Inserção das alternativas	47
Figura 7 - Comparação par a par entre os critérios.....	48
Figura 8 - Comparação par a par entre das alternativas em relação a cada critério. 48	
Figura 9 - Relação das alternativas após a aplicação na ferramenta.....	49
Figura 10 - Objetivo, critérios e alternativas	50
Figura 11 - Inclusão dos decisores.....	50
Figura 12 - Comparação critério x critério decisor 1	51
Figura 13 - Comparação critério x critério decisor 1	51
Figura 14 - Comparação critério x critério decisor 1	52
Figura 15 - Comparação alternativas x alternativas no critério Samba Enredo do decisor 1.....	53
Figura 16 - Comparação alternativas x alternativas no critério Enredo do decisor 1.54	
Figura 17 - Comparação alternativas x alternativas no critério Bateria do decisor 1.54	
Figura 18 - Comparação alternativas x alternativas no critério Harmonia do decisor 1	55
Figura 19 - Comparação alternativas x alternativas no critério Comissão de Frente do decisor 1.....	55
Figura 20 - Sensibilidade dinâmica decisor 1	56
Figura 21 - Comparação alternativas x alternativas no critério Samba Enredo do decisor 2.....	56
Figura 22 - Comparação alternativas x alternativas no critério Enredo do decisor 2.57	
Figura 23 - Comparação alternativas x alternativas no critério Bateria do decisor 2.57	
Figura 24 - Comparação alternativas x alternativas no critério Harmonia do decisor 2	58
Figura 25 - Comparação alternativas x alternativas no critério Comissão de Frente do decisor 2.....	58
Figura 26 - Comparação alternativas x alternativas no critério Comissão de Frente do decisor 2.....	59
Figura 27 - Comparação alternativas x alternativas no critério Samba Enredo do decisor 3.....	59
Figura 28 - Comparação alternativas x alternativas no critério Enredo do decisor 3.60	
Figura 29 - Comparação alternativas x alternativas no critério Bateria do decisor 3.60	
Figura 30 - Comparação alternativas x alternativas no critério Harmonia do decisor 3	61

Figura 31 - Comparação alternativas x alternativas no critério Comissão de Frente do decisor 3.....	61
Figura 32 - Sensibilidade dinâmica do decisor 3.....	62
Figura 33 - Combinação das avaliações par a par de cada decisor.....	62
Figura 34 - Síntese do resultado	63
Figura 35 - Gráfico de performance	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice Randômico.....	37
Tabela 2 - Matriz de comparação dos subcritérios do critério qualidade.....	38
Tabela 3 - Matriz normalizada dos subcritérios do critério qualidade.....	39
Tabela 4 - Matriz de comparação dos critérios do segundo nível	40
Tabela 5 - Matriz de comparação dos critérios do segundo nível	40
Tabela 6 - Matriz de comparação dos subcritérios do critério custos.....	40
Tabela 7 - Matriz de comparação dos subcritérios do critério manutenção	41
Tabela 8 - Matriz de comparação dos subcritérios do critério desempenho	41
Tabela 9 - Matriz de comparação dos subcritérios do critério conforto	41
Tabela 10 - Matriz de comparação dos subcritérios do critério conforto	41
Tabela 11 - Matriz de comparação dos subcritérios do critério confiabilidade	42
Tabela 12 - Alternativa x Pontuação	42
Tabela 13 - Diferença x Escala Saaty	53
Tabela 14 - Diferença resultado do Expert Choice x resultado manual.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Situações básicas de preferências.....	21
Quadro 2 - Escala Fundamental de Saaty	34
Quadro 3 - Estrutura hierárquica do problema	45

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE SIGLAS

ADM	Apoio a decisão multicritério
MAUT	<i>Multiple Attribute Utility Theory</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>

LISTA DE ACRÔNIMOS

MADM	<i>Multiple Attributes Decision Making</i>
------	--

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 MÉTODO DA PESQUISA	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 VISÃO GERAL DA DECISÃO MULTICRITÉRIO	18
2.2 MODELAGEM DE PREFERÊNCIAS	20
2.3 PROBLEMÁTICA DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIOS	21
2.4 MODELOS DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO	22
2.5 FAMÍLIAS DE MÉTODOS.....	23
2.5.1 Métodos de Síntese (Escola Americana).....	23
2.5.2 Métodos de Superação (Escola Francesa).....	27
2.5.3 Métodos Híbridos.....	28
2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	30
3 MÉTODO AHP	32
3.2 ETAPAS DO MÉTODO	32
3.3 EXEMPLO PRÁTICO	37
3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	43
4 APLICAÇÃO DO MÉTODO	44
4.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	44
4.2 FERRAMENTA UTILIZADA	45
4.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP NA ESCOLHA DA ESCOLA DE SAMBA.....	49
4.3.1 Avaliar a importância relativa de cada critério	49
4.3.2 Avaliar as alternativas em relação aos critérios	52
4.3.3 Determinar a avaliação global de cada alternativa	63
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	63
4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	65
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

Hoje com a grande competitividade que ocorre no mercado a decisão que é tomada em qualquer circunstância se torna o grande fator do sucesso e eficiência da empresa. Essa decisão precisa ser tomada sempre que se está diante de um problema que possui mais que uma alternativa para sua solução. Mesmo quando, para solucionar um problema, há apenas uma única ação a tomar, tem-se a possibilidade de tomar ou não essa decisão.

O homem tenta há muitos anos abordar processos complexos de tomada de decisão, utilizando abstrações, heurísticas e raciocínios dedutivos. Até a primeira metade do século XX, por exemplo, utilizava-se basicamente a matemática para a tomada de decisão. Segundo Gomes *et al.* (2004) na década de 50, em razão da experiência obtida pelas Forças Aliadas na abordagem dos problemas logístico-militares surgidos durante a Segunda Guerra Mundial, deu-se ênfase à solução dos problemas usando a então nascente Pesquisa Operacional, originada daquela experiência.

De acordo com o mesmo autor na década de 60 segundo surgiram alguns métodos probabilísticos voltados para a tomada de decisão, os quais foram aplicados em diversos trabalhos técnicos, desenvolvidos até a década passada, mas que estão sendo substituídos por métodos cuja matemática é menos complexa.

Com o crescente número de organizações devotadas ao estudo e a análise de decisões começa a aparecer o então conceito de “Apoio a tomada de decisão com auxílio multicritério”. Rapidamente, instituições de várias áreas criam grupos para “Apoio a tomada de Decisão”, os quais reúnem matemáticos, estatísticos, cientistas da computação, economistas e especialistas em Pesquisa Operacional.

Os métodos multicritérios surgiram nos anos 60 e são puras ferramentas técnicas de apoio à decisão e agregação de valor a informação. Eles servem essencialmente para quantificar as soluções segundo os critérios definidos e escalonados, para priorizar as soluções em ordem crescente de valor, ou gerar um novo subconjunto de soluções alternativas, por meio das preferências e

consequências dos decisores. (GOMES *et al.*, 2002).

Segundo o mesmo autor na década de 70, começaram a surgir os primeiros métodos voltados para os problemas discretos de decisão, no ambiente multicritério ou multiobjetivo, ou seja, métodos que utilizam uma abordagem diferenciada para essa classe de problemas e que passam a atuar sob a forma de auxílio à decisão, não só visando à representação multidimensional dos problemas, mas, também incorporando uma série de características bem definidas quanto a sua metodologia, como por exemplo:

- A análise do processo de decisão ao qual essa metodologia é aplicada, sempre com o objetivo de identificar informações/regiões críticas.
- Melhor compreensão das dimensões do problema.
- A possibilidade de se terem diferentes formulações válidas para o problema.
- A aceitação de que, em problemas complexos, nem sempre as situações devem forçosamente encaixar-se dentro de um perfeito formalismo e, em particular, que estruturas que representam apenas parcialmente a comparabilidade entre as alternativas possam ser relevantes ao processo de auxílio à decisão.
- O uso de representações explícitas de uma estrutura de preferências, em vez de representações numéricas definidas artificialmente, pode muitas vezes ser mais apropriado a um problema de tomada de decisão.

Pode-se notar com essas características que o esforço em se tentar representar a preferência mais fiel possível do decisor, pode não ser totalmente consistente. Portanto, a abordagem do problema de decisão, sob o enfoque do Apoio Multicritério à Decisão, não visa apresentar ao decisor ou aos decisores uma solução para seu problema, elegendo uma única verdade representada pela ação selecionada. Visa, isto sim, como seu nome indica, apoiar o processo decisório, pela recomendação de ações ou cursos de ações a quem vai tomar a decisão.

O apoio multicritério à decisão tem como princípio buscar o estabelecimento de uma relação de preferências (subjetivas) entre as alternativas que esta sendo avaliadas/priorizadas/ordenadas sob influência de vários critérios, no processo de decisão.

A abordagem multicritério tem como característica considerar que:

- Processos decisórios são complexos e neles existem vários atores envolvidos que definem os aspectos relevantes do processo de decisão;
- Cada ator tem a sua subjetividade (juízo de valores);
- Reconhece os limites da objetividade e considera que o problema não está claramente definido, nem bem estruturado.

Neste trabalho é apresentado o conceito de análise de decisão multicritério, suas escolas e métodos. A partir dessa abordagem será detalhado o conceito e funcionamento de um método ADM (apoio a decisão multicritério) e o mesmo será aplicado em um estudo de caso usando uma ferramenta já existente. O principal objetivo deste trabalho é o entendimento do método e sua aplicação e não propriamente a identificação dos critérios de avaliação do problema.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Criar um modelo de decisão aplicando um método de decisão multicritério para apurar os votos do desfile das escolas de samba do Rio de Janeiro.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Revisar os métodos de decisão multicritério classificando-os;
- Identificar os critérios utilizados na avaliação do desfile das escolas de samba do Rio de Janeiro;
- Definir o método de decisão multicritério que melhor atenda ao problema;
- Identificar uma ferramenta informatizada, que suporte o método de

decisão multicritério escolhido;

- Aplicar o método de decisão multicritério ao problema apresentado;
- Comparar os resultados obtidos com a aplicação do método de decisão multicritério aos resultados obtidos por meio da apuração manual.

1.2 JUSTIFICATIVA

No dia a dia há várias decisões a serem tomadas, muitas vezes sem embasamento e sem critério. Devido aos cenários complexos que nos deparamos para a tomada de decisão, torna-se indispensável à análise de multicritérios para que se obtenha a melhor opção para um determinado momento. Esta técnica nos possibilita obter uma possível solução a partir de uma heterogeneidade de fatores que influenciam a decisão.

A análise multicritério estuda formas de auxiliar o homem, neste contexto denominado decisor, a tomar decisões na presença de incertezas e conflitos de interesses. Normalmente, um único ponto de vista é insuficiente para incluir toda a informação necessária e todas as contradições inerentes ao problema. Daí a importância de a análise de decisão considerar vários critérios.

Existem muitos métodos de ADM diferentes, que podem ser recomendados de acordo com as condições encontradas no ambiente da tomada de decisão (análise do contexto, atores e estrutura de preferências associadas ao problema). Em linhas gerais, tais métodos auxiliam na avaliação das alternativas em cada um dos critérios estabelecidos e na avaliação geral das alternativas.

Almeida e Costa (2003) afirmam que o apoio multicritério tem como princípio, buscar o estabelecimento de uma relação de preferências entre as alternativas que estão sendo avaliadas sob a influência de vários critérios. Gomes *et al.* (2004) complementa que o estudo de problemas de decisões, a partir do enfoque multicritério, não objetiva apresentar ao decisor uma solução específica para o problema, mas sim, apoiar o processo de decisão ao recomendar ações ou cursos de ação a quem vai tomar a decisão.

Os métodos ADM podem ser classificados segundo diferentes perspectivas. Muitos autores os classificam segundo a teoria principal em que

se fundamentam. Para uma visão mais detalhada sobre o assunto pode-se consultar Gomes *et al.* (2002).

Segundo uma perspectiva clássica destaca-se duas grandes escolas de pensamento: a Escola Americana, que se baseia em técnicas de agregação multicritério, com critério único de síntese; e a Escola Francesa, que defende a agregação sem critério único de síntese, baseando-se no conceito de relação de superação (ou sobreclassificação). Existem ainda os métodos interativos, alternativos e híbridos, que utilizam os conceitos de ambas as Escolas.

Para Olson (2001), os estudos comparativos entre as diversas modalidades de apoio multicritério à decisão, demonstram que não existe nenhuma metodologia que se destaca, em todos os contextos de decisão envolvendo múltiplos critérios. Um analista de decisão deve possuir conhecimento suficiente para determinar a metodologia mais adequada a ser aplicada, em função das características da decisão que deve ser tomada.

1.3 MÉTODO DA PESQUISA

A pesquisa a ser realizada caracteriza-se por ser de natureza aplicada ou tecnológica, pois ela parte do estudo de teoria da Análise de Decisão Multicritério para fornecer uma análise dos métodos de decisão que são fundamentados sobre estes conceitos.

Com relação aos objetivos, este trabalho pode ser definido como uma pesquisa descritiva, pois se baseia na observação, registro e análise dos dados coletados por meio de levantamento bibliográfico e de uma simulação realizada em um estudo de caso problema.

No que diz respeito aos procedimentos a pesquisa pode ser caracterizada como um estudo de caso, porque para a escolha da solução ADM a ser utilizado, um estudo de caso será desenvolvido para a realização de simulações.

Resumidamente, empregar-se-á o método da revisão bibliográfica na área da Análise e Multicritério no auxílio à tomada de decisão, identificando seus tipos e técnicas. Por meio da revisão, as atividades serão divididas em quatro etapas. A primeira para compreensão da Análise e Multicritério no auxílio à

tomada de decisão, seus tipos e métodos, a segunda compreende a escolha do método a ser aplicado em um problema específico, a terceira etapa consiste na estruturação e modelagem do problema e por fim a última etapa compreenderá na aplicação do método ADM e comparação com o resultado obtido manualmente.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Com base no estudo realizado serão apresentadas as duas escolas de métodos multicritérios, onde se divide na escola francesa e americana. Serão apresentados, no capítulo 2, os métodos existentes em cada escola, como alguns conceitos importantes a cerca do estabelecimento das preferências dos decisores.

De acordo com o referencial teórico, o capítulo 3 discorre sobre o método multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*), o qual será aplicado em um estudo de caso usando uma ferramenta que dê suporte ao método selecionado. O capítulo detalha as etapas previstas pelo método AHP, seus principais artefatos gerados em cada fase.

O capítulo 4 consiste na aplicação do método AHP na apuração dos votos do desfile de escolas de samba do Rio de Janeiro de 2012. Este problema da escolha da escola de samba vencedora do carnaval do Rio de Janeiro deve-se aos critérios já estarem definidos e consolidados, o que facilita a aplicação do modelo gerado, visto que o principal objetivo deste trabalho é o entendimento do método e sua aplicação e não propriamente a identificação dos critérios de avaliação do problema.

O capítulo 5 mostra os resultados obtidos com a aplicação do método de decisão multicritério e os compara com os resultados obtidos por meio da apuração manual.

O capítulo 6 finaliza este trabalho, apresentando as conclusões, bem como possíveis trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo destaca os principais conceitos da Tomada de Decisão Multicritério, como também as suas principais escolas de decisão com apoio multicritério e seus principais métodos. Além disso, também são apresentados os principais agentes do processo decisório e as problemáticas da decisão multicritério.

2.1 VISÃO GERAL DA DECISÃO MULTICRITÉRIO

A abordagem multicritério de apoio à decisão é caracterizada como um conjunto de métodos que buscam tornar claro um problema, no qual as alternativas são avaliadas por múltiplos e conflitantes critérios, auxiliando as pessoas e organizações nas decisões (VINCKE, 1992). A abordagem multicritério não apresenta uma solução ideal para os problemas, mas entre todas as alternativas possíveis de decisão a mais coerente.

Dentro dessa abordagem existem alguns atores no processo decisório que influenciam diretamente na escolha da melhor solução para o problema envolvendo multicritérios. Segundo Acolet (2008), o decisor é um desses participantes, ele é o indivíduo (ou grupo de indivíduos) que tem o poder final e a responsabilidade das consequências da sua decisão. Dado seu juízo de valor e pontos de vista, caberá a esse agente tomar a decisão com base nas recomendações apresentadas. É para o decisor que o modelo de apoio à decisão é desenhado.

Segundo Gomes (2004), o outro integrante do processo decisório é o Facilitador. Ele é, ou são os líderes experientes que devem focar suas atenções na resolução do problema, coordenando os pontos de vista dos decisores, mantendo o decisor motivado e destacando o aprendizado no processo de decisão. Tem como principal função modelar e esclarecer o processo de avaliação que será conduzido à tomada de decisão.

Já o Analista de acordo com Gomes (2004), é ou são os que fazem a análise, auxiliando os integrantes citados acima na estruturação do problema e identificação dos fatores do meio ambiente que influenciam na evolução, solução e configuração do problema.

Dentro do contexto AMD além dos agentes do processo decisório, são tratadas as alternativas e critérios que constituem a estrutura de Apoio Multicritério a Decisão.

Os decisores e analistas trabalham juntos para enumerar o conjunto de ações ou alternativas. Essa é a denominação daquele conjunto que envolve exaustivamente todas as alternativas, reais ou fictícias, e que são realistas para um determinado problema. Segundo a definição de Acolet (2008, p. 19 *apud* ROY, 1985), “uma alternativa A é a representação de uma eventual contribuição à decisão global suscetível”. Cada alternativa introduzida em um modelo deve ter algum sentido, alguma contribuição para o modelo. Uma alternativa não precisa ser factível ou viável para ser considerada alternativa, pois o conjunto de alternativas deve ser exaustivamente composto por todas as alternativas.

Assim, as alternativas podem ser diferenciadas de duas formas: reais versus fictícias e realistas versus irrealistas. As alternativas reais são aquelas resultantes de um projeto existente, que são suscetíveis a serem postas em ação, ao contrário das fictícias que são oriundas de um projeto idealizado, construído na imaginação. Por outro lado, uma alternativa pode ser realista, quando ela é executável, ou, do contrário, irrealista, quando ela não pode ser executada e tem objetivos incompatíveis (ROY, 1985).

De acordo com Boysso (1990), os atributos ou critérios são os caminhos que norteiam as escolhas de alternativas, dadas as preferências do decisor. Essas preferências vão gerar um conjunto de regras que possibilita escolher uma alternativa entre um par destas. O conjunto de regras assim formado são os critérios da decisão.

Independentemente de ser utilizado um método monocritério ou multicritério, o sucesso da tomada de decisão depende de como o critério ou a família de critérios foram construídos. Segundo sua definição, critério é uma ferramenta que permite comparar as alternativas de acordo com um ponto de vista.

Portanto os métodos de apoio multicritério à decisão têm um lado científico, mas ao mesmo tempo, subjetivo, apresentando consigo a capacidade de agregar todas as características consideradas importantes, critérios, alternativas e os próprios agentes de decisão, com objetivo de permitir a transparência e a sistematização do processo referente aos problemas de tomada de decisões (GOMES *et al*, 2004).

Esses métodos são classificados quanto sua natureza para resolução de problemas de seleção, ordenação, classificação ou de descrição. Os métodos de seleção priorizam a melhor seleção dentre as alternativas, já os de ordenação prioriza a melhor ordem dentre as alternativas, os de classificação prioriza a melhor classificação dentre as alternativas seguindo os critérios estipulados e os de descrição priorizam descrever melhor as alternativas para o mais eficaz entendimento.

2.2 MODELAGEM DE PREFERÊNCIAS

A modelagem de preferências tem como objetivo apoiar o processo decisório. Torna-se necessário estabelecer certas condições que possam expressar as preferências do agente de decisão (decisor, facilitador, analista) quando da comparação entre duas ações potenciais. Essas condições são definidas por relações binárias. O Quadro 1 ilustra as situações fundamentais e mutuamente excludentes das preferências do decisor:

Situação	Definição	Propriedades
Indiferença (I)	Existência de razões claras e positivas que se justificam a equivalência entre duas ações.	I : relação reflexiva e simétrica
Estrita Preferência (P)	Existência de razões claras e positivas que se justificam uma preferência significativa em favor de uma das duas ações identificadas.	P : relação assimétrica (não reflexiva)
Fraca Preferência (Q)	Existência de razões claras e positivas que invalidam a estrita preferência em favor de uma das duas ações identificadas, mas que são insuficientes para deduzir uma preferência estrita em favor da outra ação ou indiferença entre as duas ações, não permitindo, desse modo, diferenciar nenhuma das duas situações	Q : relação assimétrica (não reflexiva)

	precedentes.	
Incomparabilidade (R)	Ausência de razões claras e positivas que justificam quaisquer das três situações precedentes.	R : relação simétrica (não reflexiva)

Quadro 1: Situações básicas de preferências

Fonte: Adaptado de Roy (1996)

A combinação das quatro situações fundamentais, descritas no Quadro 1, deu origem a outras situações importantes. Essa combinação permite criar novas situações que refletem melhor o que ocorre na prática com os agentes de decisão. Essas novas situações, resumidas por Gomes *et al.* (2004), são:

- Não-preferência (~): situação em que as alternativas são indiferentes ou incomparáveis para o decisor.
- Preferência (em sentido amplo): o decisor não é capaz de definir se há preferência estrita ou fraca entre duas alternativas.
- Presunção de preferência (J): quando o decisor tem uma preferência fraca por uma alternativa e que, no limite, ela pode chegar à indiferença.
- K-preferência (K): o decisor se depara com uma situação em que ou tem uma preferência estrita por uma alternativa ou identifica uma incomparabilidade entre as alternativas.
- Superação (S): combina três situações (preferência estrita, preferência fraca e indiferença) sem que o decisor seja capaz de distingui-las.

Essa última relação de superação é a situação de preferência usada nos modelos da Escola Francesa, a qual será discutida ainda neste capítulo.

2.3 PROBLEMÁTICA DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIOS

Como afirmado anteriormente, os métodos multicritério existem para esclarecer um problema que podem ser de seleção, ordenação, classificação ou descrição de alternativas. Os Tipos de Problema são normalmente descritos como (ROY, 1985):

- Problema tipo α ($P\alpha$): selecionar a(s) melhor(es) alternativa(s) dado um conjunto de alternativas, esclarecimento da decisão através da escolha de alternativas (o mais restrito possível);

- Problema tipo β ($P \beta$): classificar as alternativas em categorias definidas a priori em função de normas estabelecidas, esclarecimento da decisão por triagem, por meio da alocação das alternativas a categorias previamente definidas;
- Problema tipo γ ($P \gamma$): ordenar as alternativas, esclarecimento da decisão por meio de agrupamento das alternativas (ou parte delas) em classes de equivalência;
- Problema tipo δ ($P\delta$): descrever detalhadamente as alternativas para facilitar o decisor no processo da decisão. É importante notar que esses tipos de problema não são independentes entre si, pois a ordenação das alternativas (Pg) pode ser a base para resolver problemas de seleção da melhor alternativa (Pa) (GOMES *et al.*, 2004)

2.4 MODELOS DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO

O Apoio Multicritério à Decisão propõe visão prescritiva (ou prescritivista) e construtiva (ou construtivista ou aproximação criativa) (ROY, 19977 e 1985) dos problemas. Essa visão seria uma fusão da visão descritiva, que é a visão do mundo como este se apresenta, não emitindo julgamento sobre a realidade descritiva com visão normativa; esta é uma visão do mundo por meio de processos idealizados, que defendem o uso de formulas matemáticas.

Na visão prescritiva fazem-se modelos que são apresentados ao decisor, e este decide se os aceita ou não. A visão construtiva consiste em construir modelos utilizando o processo decisório; a estruturação avança de forma interativa de modo coerente como os objetivos e valores do decisor.

As diferenças entre os modelos são:

Construtivista

- Facilita construir o modelo de preferências dos decisores, para o momento e a situação em estudo, com o objetivo de fazer recomendações;
- Permite o envolvimento dos atores do processo de decisão durante todas as fases do processo de apoio à decisão; as decisões são tradução dos valores dos decisores. Os atores aprendem juntos sobre o problema enfocado;

- Permite levar em conta os aspectos subjetivos do grupo de decisores.

Prescritivista

- Descreve primeiramente um modelo de preferências para depois fazer prescrições com base em hipótese normativas que são validas pela realidade descritiva;
- Restringe o envolvimento dos atores do processo de decisão à estruturação do problema.

O decisor precisa entender suas próprias preferências, e o AMD deve possuir algoritmos e metodologias que tornem confortável ao decisor explicitar essas preferências.

2.5 FAMÍLIAS DE MÉTODOS

Existem vários métodos desenvolvidos para a abordagem e tratamento de problemas com múltiplos critérios. Destacam-se dois grupos representativos de escolas citados na literatura (ALMEIDA e COSTA, 2003; GOMES *et al*, 2004):

- Escola Americana: destaca-se a teoria multiatributo (MAUT- *Multiple Attribute Utility Theory*), AHP, MACBETH, UTA e variações.
- Escola Européia: destaca-se os métodos de sobreclassificação, em especial os da Família ELECTRE e família PROMETHEE.

A escolha do método depende de vários fatores destacando-se as características: do problema analisado, do contexto considerado, da estrutura de preferências do decisor e da problemática em si (ALMEIDA e COSTA, 2003).

2.5.1 Métodos de Síntese (Escola Americana)

A Escola Americana foi a pioneira na aplicação da teoria da utilidade. Alguns historiadores atribuem sua origem ao trabalho desenvolvido por

Bernoulli no século XVIII, onde a essência da teoria da utilidade seria propor que o valor de um item depende de sua utilidade para o indivíduo e não de seu valor monetário. Enquanto o valor monetário do item é único para todos, a utilidade do item depende dos interesses particulares do indivíduo. Entretanto, a contribuição de Bernoulli foi esquecida por um longo tempo. Uma fundamentação axiomática formal para a teoria da utilidade só surgiu em 1944, desenvolvida por Neumann e Morgenstern.

Segundo Parreiras (2006), os temas tomada de decisão e otimização sempre estiveram fortemente interligados. De fato, segundo a teoria da utilidade, os problemas de decisão podem ser modelados matematicamente pela maximização de uma função, chamada função utilidade, teoricamente capaz de representar a utilidade de cada alternativa para o decisor. Através dessa função, é atribuída a cada alternativa uma nota, que permite a ordenação de todas as alternativas, da melhor até a pior. A alternativa preferida, a de maior utilidade é, portanto, aquela que possui a maior nota. Assim, os métodos da Escola Americana caracterizam-se por auxiliar o decisor a construir uma função utilidade conforme suas preferências, baseando-se na teoria axiomática que assegura a existência dessa função.

A teoria americana nos traz vários métodos que seguem rigorosamente a essência da sua teoria, dentre eles destacam-se:

MAUT: o método MAUT (*Multiple Attribute Utility Theory*) incorpora à teoria da utilidade a questão do tratamento de problemas com múltiplos objetivos. Esse método é o único que recebe o nome de teoria, embora algumas vezes seja usado como método e não como uma teoria.

Segundo Gomes *et al.* (2002) o uso do método implica em obter a função analítica ou valores de utilidade por avaliação direta, levando em consideração a estrutura axiomática da teoria, ou seja, avalia se o decisor concorda com as condições estabelecidas pela estrutura, em seguida obtém o valor de utilidade das consequências por um processo de entrevista fundamentado na teoria.

AHP: O AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é uma Metodologia de Auxílio Multicritério à Decisão, proposta por Saaty no final dos anos 60 e que busca tratar de forma simples problemas de escolha complexos. Segundo Ribeiro e

Costa (1999) este método está baseado em três princípios do pensamento analítico:

(a) construção de hierarquias (no AHP o problema é decomposto em níveis hierárquicos, como forma de buscar uma melhor compreensão e avaliação do mesmo);

(b) estabelecer prioridades (o ajuste das prioridades, neste método, fundamenta-se na habilidade do ser humano de perceber o relacionamento entre objetos e situações observadas, comparando pares, à luz de um determinado foco, critério ou julgamentos paritários);

(c) consistência lógica (no AHP é possível avaliar o modelo de priorização construído em termos de sua consistência).

Tais autores mencionam também, que, na construção e utilização de um modelo de estabelecimento de prioridades fundamentado no AHP, são realizadas as seguintes etapas:

- Especificação do foco principal ou objetivo geral que se espera atingir com a classificação;
- Identificação do conjunto de alternativas viáveis para a priorização;
- Identificação do conjunto de critérios relevantes e construção da hierarquia;
- Seleção dos julgadores e definição dos métodos para a obtenção dos julgamentos paritários: é nesta etapa de julgamentos paritários que se avalia a importância de cada critério, e o desempenho de cada alternativa, à luz dos critérios;
- Síntese dos dados obtidos dos julgamentos, calculando-se a prioridade de cada alternativa em relação ao foco principal; e
- Análise de consistência do julgamento, identificando-se o quanto o sistema de classificação é consistente na classificação das alternativas viáveis.

Hoje o método AHP é um dos métodos mais utilizados no Apoio Multicritério à Decisão, ele proporciona uma hierarquia visível dos critérios que compõem a estrutura do problema levantado.

MACBETH: o método MACBETH (*Measuring Attractiveness by Categorical Based Evolution Technique*) foi desenvolvido por Carlos Bana e

Costa e Jean Claude Vansnick em 1994. Ele constrói uma função critério de um ponto de vista fundamental e determina os parâmetros relacionados com a informação, este método tem na interação entre os agentes e o analista de decisão o seu principal diferencial. Trata-se de uma abordagem de análise multicritério de decisão que requer somente julgamentos qualitativos sobre diferenças de valor para ajudar um indivíduo ou um grupo quantificar a atratividade relativa das opções.

Portanto, ele mede o grau de preferência do decisor sobre um conjunto de alternativas e, dessa forma, permite que se verifique inconsistência nos juízos de valores, possibilitando a revisão. Sua maior vantagem, portanto, é interatividade (FERNANDES, 1996).

UTA: segundo Rossoni e Meireles (2011), o método UTA foi proposto pelos pesquisadores Jacquet-Lagrez e Siskos em 1982. Esse método tem a vantagem de permitir a estimação das funções de utilidade aditiva não linear de cada critério presente na análise, e a determinação do valor global de todas as alternativas.

Para que esse método seja implementado é necessário que o decisor forneça uma ordenação de um subconjunto ou do conjunto das alternativas considerando suas preferências, além da matriz de avaliação (matriz que contempla as avaliações das alternativas em relação aos critérios). Para aplicar o método assumem-se as bases axiomáticas da Teoria de Utilidade Multiatributo.

Segundo Gomes *et.al* (2002) o método UTA utiliza um modelo matemático representado por meio de um Problema de Programação Linear que, além das restrições, considera as restrições de não negatividade das variáveis, monotonicidade das funções de utilidade e duas restrições de normalização.

Pode-se perceber que os métodos descritos acima têm como base a essência da escola Americana que é o uso da função utilidade no processo de Apoio Multicritério à Decisão.

2.5.2 Métodos de Superação (Escola Francesa)

De acordo Parreiras (2006) a origem do termo Escola Francesa vem do fato de que o conceito de sobreclassificação e os primeiros métodos a empregá-lo foram desenvolvidos por pesquisadores franceses. Hoje, entretanto, a pesquisa sobre tomada de decisão segundo essa linha de pensamento não está restrita a França. Importantes comparações têm surgido da Europa Ocidental, especialmente da Bélgica.

Conforme Gomes *et al.* (2004) os métodos desenvolvidos na Europa, foram denominados, em seu conjunto, por Escola Francesa de Apoio à Decisão com Múltiplos Critérios, e esses métodos permitem a elaboração de um modelo mais flexível do problema, fugindo da obrigação da comparação entre todas as alternativas que envolvem o problema, possibilitando ao analista não criar uma estrutura hierárquica dos critérios.

De acordo com Parreiras (2006), os métodos de decisão da Escola Francesa caracterizam-se por apresentar dois estágios. No primeiro, são realizadas comparações entre cada alternativa pertencente a A com as demais alternativas. A partir dessas comparações são definidas relações de sobreclassificação entre cada par de alternativas de tal maneira que, dadas a, b e A, se a é pelo menos tão boa quanto b, então pode-se dizer que a sobreclassifica b. No segundo estágio, essas relações são exploradas por meio de um conjunto de diretrizes, tendo como objetivo ordenar as alternativas da melhor para a pior, classificar as alternativas em categorias predefinidas ou obter a melhor alternativa de A. Os métodos mais conhecidos da escola francesa são:

ELECTRE: O método ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*) da sigla em francês para “Tradução da Realidade por Eliminação e Escolha” que produz índices de concordância e de discordância para determinar relações de dominância entre as alternativas e categorizá-las. (FULOP, 2005).

A família de métodos ELECTRE é baseada em relações de superação para decidir sobre a determinação de uma solução, que mesmo sem ser a solução ótima pode ser considerada satisfatória, podendo obter uma

hierarquização das ações. Esta família cujos procedimentos ELECTRE I, II, III IV, IS e ELECTRE TRI se sustentam em três conceitos fundamentais: concordância, discordância e valores-limite, utilizando um intervalo de escala no estabelecimento das relações-de-troca na comparação aos pares das alternativas. (GONÇALVES, 2001).

PROMETHEE: O método PROMETHE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) tem como objetivo proporcionar aos decisores um melhor entrosamento e entendimento da metodologia de apoio à decisão com a qual estarão envolvidos (GARTNER, 2001). O método atua na construção de relações de superação valorizadas, incorporando conceitos e parâmetros que possuem alguma interpretação física ou econômica facilmente compreensível pelo decisor.

De acordo com Gonçalves (2001) esta abordagem faz uso abundante do conceito de falso critério, já que constrói o grau de superação entre cada par de ações ordenadas levando em conta a diferença de pontuação que essas ações possuem a respeito de cada atributo.

Há várias versões do PROMETHEE. Em PROMETHEE I se obtém uma pré-ordem parcial, e no PROMETHEE II pode-se obter uma pré-ordem total considerando os fluxos líquidos de cada alternativa. Outras variantes do método analisam situações mais sofisticadas de decisão, em particular problemas com um componente estocástico. Dessa forma se desenvolvem as versões PROMETHEE III, PROMETHEE IV e PROMETHEE V. (FLAMENT, 1999).

É perceptível que a escola francesa constitui uma gama de métodos que tem como base a essência da mesma, o que torna distinguível a diferença entre as duas principais escolas no Apoio Multicritério à Decisão, uma frisando seu ponto essencial a partir da função utilidade e outra a partir da função de superação entre os critérios.

2.5.3 Métodos Híbridos

Os métodos híbridos são tradicionalmente associados aos métodos que utilizam tanto os conceitos da Escola Americana quanto os da Escola

Francesa. (GOMES *et al.*, 2004). Dentre os principais métodos híbridos destacam-se:

TOMADA DE DECISÃO INTERATIVA E MULTICRITÉRIO (TODIM): o método tem como objetivo ordenar um grupo de alternativas avaliando-as segundo um conjunto de critérios de decisão.

O método necessita que valores da avaliação das alternativas em relação a cada critério sejam numéricos e normalizados. Sendo assim, a avaliação feita através dos critérios qualitativos deve ser transformada para uma escala ordinal, obtendo assim a matriz de avaliação das alternativas. Ambas as avaliações em critérios quantitativos e qualitativos são normalizadas utilizando-se, por exemplo, da divisão da avaliação da alternativa i pela soma das avaliações das alternativas para cada critério, formando a matriz dos valores das alternativas normalizadas $P = [P_{nm}]$, onde n representa o número de alternativas e m o número de critérios.

TEORIA DOS CONJUNTOS APROXIMATIVOS (TCA): a teoria busca extrair padrões com base no conceito de “indiscernibilidade”. Considerando que “indiscernir” significa não conseguir distinguir uma coisa de outra por meio dos sentidos ou da inteligência humana, o que busca a TCA é encontrar todos os objetos que produzem um mesmo tipo de informação, ou seja, que são indiscerníveis. A partir desse conceito é que foram geradas as bases matemáticas desta teoria.

De acordo com Hein e Kroenke (2010) a ideia central da filosofia dos conjuntos aproximativos é que o conhecimento consiste na habilidade de classificar objetos. Ao fazer isso, percebem-se algumas diferenças entre objetos, os quais formam classes de objetos que não são notavelmente diferentes. As classes de objetos indiscerníveis como os blocos básicos (conceitos) são usadas para construir conhecimento sobre um mundo real abstrato. Essa visão do conhecimento é semântica por natureza, onde a granularidade do conhecimento (indiscernibilidade de alguns objetos) é de primordial importância e pode ser usada para definir conceitos-chaves da teoria: aproximação, dependência e redução. A TCA permite que, a partir de uma tabela de informação, dela se derivem regras de decisão que irão constituir o conhecimento construído.

ANÁLISE VERBAL DE DECISÃO: consiste numa família de métodos que são baseados na descrição verbal dos problemas decisórios, utilizando-se a linguagem natural das pessoas. Os métodos de análise verbal de decisão são:

- Orclass: é utilizado na presença de diferentes graus de avaliação onde o objetivo é ordenar as alternativas por categorias.
- Pacom: é recomendado para uso em um número pequeno de alternativas, que sejam muito complexas, sendo necessária uma comparação detalhada e completa.
- Zapros: segundo Moreira (2007) é o método mais utilizado desta família. Seu objetivo é a ordenação das alternativas, o que diferencia dos outros métodos da família. Aplica-se esse método nos casos em que a compreensão da descrição do problema e as regras para resolução de fácil compreensão. Através de decisões verbais apoiadas é realizado um processo de entrevistas e de desenvolvimento lógico, para definição das preferências do decisor.

Portanto, os métodos híbridos são assim chamados devido a mescla das duas essências do Apoio Multicritério à Decisão que é a utilização da função utilidade empregada na escola Americana e o conceito de superação ou sobreclassificação que é presente na escola Francesa.

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentada a visão geral do conceito de Apoio Multicritério à Decisão, seus agentes decisores no processo de tomada de decisão, e também como as alternativas e os critérios são determinados pelos decisores.

Além disso, foram apresentados os principais modelos de preferência que um decisor pode ter, e também descreveu os modelos multicritérios quanto à visão dos problemas. Foram descritas as escolas AMD e seus principais métodos. Com esse estudo é possível afirmar que todo o processo de decisão

é complexo, pois são necessárias várias etapas até o simples ato de escolher a melhor alternativa apresentada para a resolução de um problema.

Devido ao problema em análise neste trabalho tratar de um problema de escolha/seleção de alternativas, o qual é o objetivo principal do método AHP, este será descrito com maior detalhe no capítulo 3, visto ser este o método a ser aplicado ao estudo de caso. Este estudo consiste na apuração dos votos do desfile de escolas de samba do Rio de Janeiro de 2012. Este problema da escolha da escola de samba vencedora do carnaval do Rio de Janeiro deve-se aos critérios já estarem definidos e consolidados, o que facilita a aplicação do modelo gerado, visto que o principal objetivo deste trabalho é o entendimento do método e sua aplicação e não propriamente a identificação dos critérios de avaliação do problema.

3 MÉTODO AHP

Este capítulo apresenta, além da definição e dos principais benefícios obtidos com a utilização do método AHP, as etapas previstas para a implantação do método AHP no apoio à tomada de decisão. Para facilitar o entendimento do método, um exemplo é demonstrado passo a passo.

3.1. DEFINIÇÕES

O método AHP de Auxílio Multicritério à Tomada de Decisão, segundo Saaty (1980), é uma técnica de análise de decisão e planejamento de múltiplos critérios, onde sua aplicação reduz o estudo de sistemas complexos, a uma sequência de comparações aos pares de componentes adequadamente identificados. O método se caracteriza pela capacidade de análise de um problema e propor uma tomada de decisão, por meio da construção de níveis hierárquicos, sendo o problema decomposto em atributos, que são decompostos em um novo nível de atributos.

De acordo com o mesmo autor, o benefício do método é que, como os valores dos julgamentos das comparações paritárias são baseados em experiência, intuição e também em dados físicos, o AHP pode lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de decisão.

3.2 ETAPAS DO MÉTODO

Saaty (1980) divide o método AHP em seis etapas, sendo elas: (I) Definir o objetivo; (II) Definir as alternativas; (III) Definir os critérios relevantes para o problema de decisão; (IV) Avaliar as alternativas em relação aos critérios; (V) Avaliar a importância relativa de cada critério; e (VI) Determinar a avaliação global de cada alternativa.

Clemen (1995) e Hammond, Keeney e Raiffa (2004) apresentam um roteiro para a aplicação do método AHP, conforme descrito a seguir:

- Definição do problema de decisão: onde se faz necessário conhecer os valores do tomador de decisão, identificando assim qual o objetivo que pode ser atingido por meio da solução do problema;
- Decomposição do problema: pesquisar, dividir e estruturar o problema de modo a formar uma estrutura hierárquica, onde se pode verificar o objetivo e os critérios para atingi-los, como representado na Figura 01:

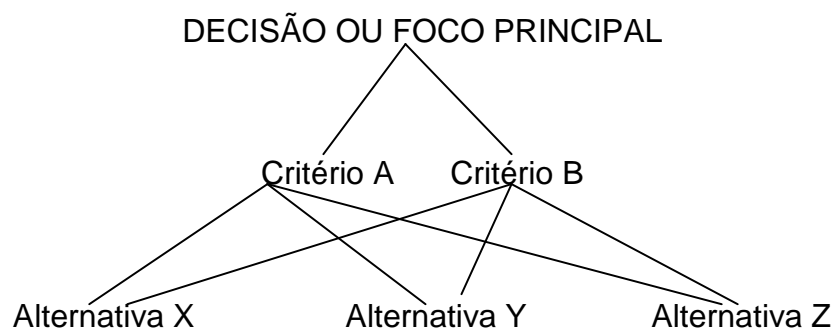


Figura 1: Estrutura hierárquica de tomada de decisão
 Fonte: Adaptado de Casarotto e Kopittke (1998, p. 283)

- Estabelecer prioridades: as prioridades dos critérios são definidas por comparação paritária, em relação ao seu nível hierárquico superior. Este processo é desenvolvido por meio de uma entrevista com os decisores, buscando assim priorizar os critérios com maior peso para atingir o objetivo proposto;
- Síntese: obtida por meio de um processo de combinação e avaliação de prioridades frente os critérios do problema, onde os julgamentos do tomador de decisão, são distribuídos pela hierarquia, e com isso, ao serem julgadas as alternativas, recebem a síntese das preferências do tomador de decisão;
- Análise de sensibilidade: realizada para avaliar a consistência do resultado das alternativas, respeitando cada critério que as compõe. Esta etapa é responsável por apresentar possíveis fragilidades que podem ser geradas ao mudar a prioridade de um critério. Consiste em fazer pequenas mudanças nos pesos das avaliações dos critérios e constatar qual seu impacto no resultado, de modo que, ao encontrar um impacto capaz de

modificar o resultado, o critério que apresentou sensibilidade, deve ser submetido a uma nova análise do decisor, para confirmar sua avaliação.

- **Interação:** nesta etapa, todas as anteriores são repetidas, permitindo assim que a decisão seja revisada com um entendimento melhor do problema, por meio do modelo desenvolvido.

De acordo com Oliveira (2007), o método leva em considerações conhecimentos e experiências dos decisores, onde por meio da quantificação dos valores ponderados pelos mesmos, obtêm os pesos para os fatores considerados. Após a sintetização dos julgamentos determinam-se as prioridades das variáveis, tornando assim a análise qualitativa do problema, mais consistente.

Cada decisor deve fazer uma comparação paritária, de cada elemento em seu nível hierárquico, formando uma matriz quadrada de decisão. Na sequência, o decisor representará sua preferência entre os elementos compostos, a partir de uma escala definida. Posteriormente, será gerada uma matriz quadrática recíproca, denominada Matriz Dominante. (BELDERRAIN E SILVA, 2005)

Ao utilizar o método AHP faz-se necessária a definição das importâncias relativas entre critério, subcritérios e alternativas, para isso deve-se definir uma escala de importância a ser aplicada.

Saaty (1991) apresenta uma escala de importância baseada na escala Likert, que é representada por uma tabela de julgamentos que emprega valores de 1 a 9. Para o autor, esta escala busca capturar a intensidade de uma relação que se apresenta de maneira qualitativa. O Quadro 2 apresenta a escala considerada pelo autor:

Escala Fundamental de Saaty		
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma para 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
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	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Quadro 2: Escala Fundamental de Saaty
Fonte: Adaptado de Saaty (1980)

Após a definição da importância dos critérios, subcritérios e alternativas através do Quadro 2, constrói-se a matriz Dominante. De acordo com Simon e Blume (2004) matrizes são sistemas de equações que representam um agrupamento retangular de números, dispostos em K linhas e N colunas. Qualquer número da matriz é representado por a^{ij} , onde “i” representa linha e “j” coluna, e são denominados de vetores. Segundo Satty (1991), a matriz de comparação é definida por:

$$\mathbf{A} = (a^{ij}) \quad (1)$$

Sendo $i, j = 1, 2, 3 \dots n$

Onde os elementos a_{ij} representam um número que indica a importância de “i” comparando com a importância de “j”. Sendo definido pelas regras:

1. Regra 1: se $a^{ij} = \alpha$, então $a^{ji} = 1/\alpha$, $\alpha \neq 0$;
2. Regra 2: se “i” é julgado como de igual importância a “j”, então $a^{ij} = 1$.

A matriz Dominante é representada por:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Portanto, as posições da diagonal da matriz sempre serão 1, afinal, um elemento é igualmente importante a ele mesmo. Para preencher os outros elementos da matriz fora da diagonal, fazem-se os julgamentos e determina-se a intensidade de importância de acordo com o Quadro 2, que apresenta a escala de comparações empregadas no método. Para as comparações inversas, isto é, na parte inferior esquerda da matriz, colocam-se os valores recíprocos dos da parte superior direita da mesma.

Segundo Silva (2012), a álgebra matricial permite a realização de operações ente matrizes, de modo que o AHP trabalha com matrizes de comparação, por meio da avaliação paritária de um critério frente outro, dando origem a uma matriz quadrática de comparação de importância.

De acordo com o roteiro de Clemen (1995) e Hammond, Keeney e Raiffa (2004), após a definição das importâncias e a construção da matriz Dominante o próximo passo constitui na normalização da matriz, onde calcula-se o vetor de prioridade, e posterior a este passo é calculado o índice de consistência do modelo de decisão que caso não for satisfatório é preciso refazer todos os julgamentos das importâncias feitas pelos atores da decisão.

A atribuição de pesos nas matrizes de prioridades é denominada por Saaty (1991) como o processo de normalização da matriz, onde calcula-se o autovetor que torna-se o vetor de prioridade, que pode ser obtido de três maneiras:

- Mais grosseiro: somam-se os elementos de cada linha e normaliza-se o resultado dividindo cada soma pelo total de todas as somas;
- Melhor: somam-se os elementos em cada coluna e formam-se os recíprocos destas somas;
- Bom: dividem-se os elementos de cada coluna pela soma daquela coluna e somam-se os elementos em cada linha resultante, posteriormente divide esta soma pelo número de elementos da linha.

Em seguida, é necessário identificar a consistência das matrizes, que é exemplificado como o grau de confiabilidade que um conjunto de variáveis pretende medir. (HAIR, *et al.*, 2005). Saaty (1991) afirma que A é consistente se, e somente se $\lambda_{max} \geq n$.

Os valores de a^{ij} não necessariamente precisam ser valores baseados em medidas exatas, mas em julgamento subjetivos. A situação faz com que seus valores tenham um desvio em relação à razão ideal, sendo necessário medir a consistência para verificar se sua proposição é no mínimo aceitável. A consistência deve ser verificada por meio de dois axiomas, sendo o primeiro axioma:

Existem λ_i , $i=1,2,\dots,n$, tal que satisfaça a equação: $Ax = \lambda x$. Onde “x” é um vetor de pesos.

Se a matriz A é consistente, logo os autovalores serão iguais à zero, com exceção do n, o maior valor de λ_i . O segundo axioma considera que: se a diagonal da matriz A for de números com $a^{ij} = 1$, e se A for consistente, pequenas variações de a^{ij} manterão o maior autovalor próximo de N e os

autovalores restantes próximos a zero. Sendo assim, se faz necessário encontrar o autovetor “w” de pesos que satisfaça a equação:

$$Aw = \lambda_{\max} w \quad (3)$$

Para obter o autovetor a partir da equação (3) tem-se:

$$\lambda_{\max} = 1/n \sum_{i=1}^n \frac{Aw_i}{w_i} \quad (4)$$

O autovetor “w” fornece a ordem por nível de importância dos critérios da matriz A, que estará estimando pesos reais aos critérios que estão sendo comparados. Para as comparações de caráter subjetivo, precisa-se avaliar a proximidade entre λ_{\max} e N, para isso precisa-se calcular a razão de consistência, representada pela fórmula:

$$RC = IC/IR \quad (5)$$

Onde:

IC: índice de consistência, representado por $IC = \lambda_{\max} - n / n - 1$

IR: índice randômico, representado por:

Tabela 1: Índice Randômico
Índice Randômico proposto por Saaty

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty (1991)

Pondera-se uma matriz consistente quando o valor da razão é menor que 0,10, caso contrário faz-se necessária uma revisão da matriz.

De acordo com Saaty (1991), para alcançar o objetivo de identificar a alternativa ideal, deve-se observar a ordem final das opiniões dos decisores. A decisão final baseia-se na alternativa que obtenha a maior pontuação, onde o cálculo realizado por meio da multiplicação dos pesos de cada critério relaciona a alternativa indicada.

3.3 EXEMPLO PRÁTICO

Nesta seção é descrito um exemplo prático para melhor entendimento da aplicação do método AHP. O exemplo consiste na escolha para a compra

de um carro entre três alternativas: carro 1, carro 2, carro 3. O objetivo global consiste em comprar um bom carro. Os critérios que têm impacto sobre o objetivo global correspondem a **custo** e **qualidade**. O decisor subdividiu custo em: **preço** e **manutenção**; enquanto a qualidade foi subdividida em: **desempenho**, **conforto**, **serviço técnico** e **confiabilidade**. A hierarquia foi subdividida conforme ilustrado na Figura 2:

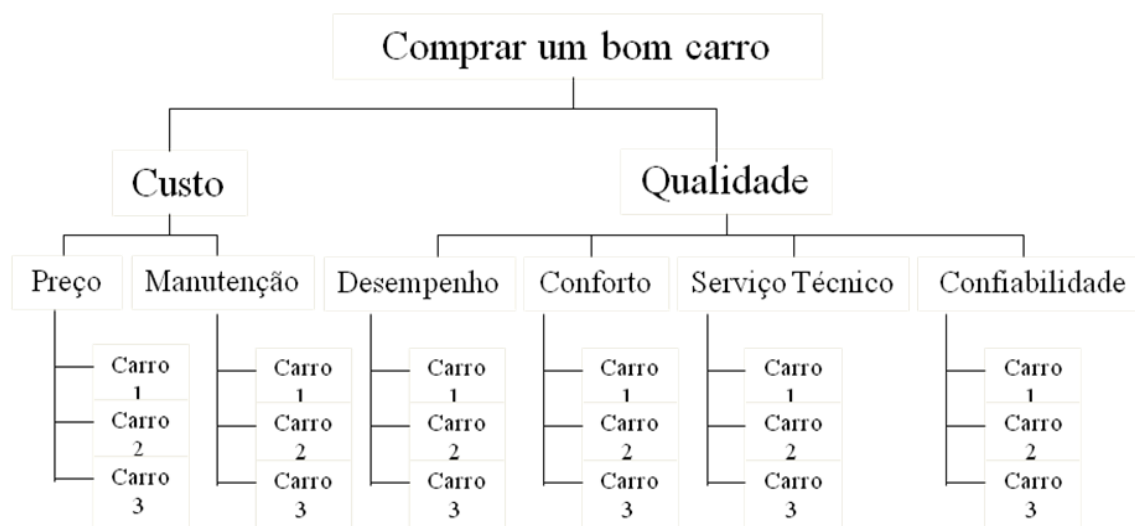


Figura 2: Hierarquia dos critérios para a compra de um carro
Fonte: Almeida (2008)

Depois de construída a hierarquia, é necessário preencher as matrizes dominantes, nas quais são comparadas, par a par usando a Escala Fundamental, as alternativas em relação a cada critério e os critérios de um determinado nível em relação ao critério do nível imediatamente superior. Portanto, na Tabela 2 obtem-se a comparação dos subcritérios do critério qualidade.

Tabela 2: Matriz de comparação dos subcritérios do critério qualidade

Critério	Desempenho	Conforto	Serviço Técnico	Confiabilidade
Desempenho	1	2	5	3
Conforto	1/2	1	3	3
Serviço Técnico	1/5	1/3	1	2
Confiabilidade	1/3	1/3	1/2	1

Fonte: Almeida (2008)

Após a comparação feita entre os subcritérios do critério qualidade, determina-se a soma das colunas para normalizar os julgamentos de cada subcritério, e posteriormente foram definidas suas prioridades.

Subcritério Desempenho: $1+1/2+1/5+1/3=61/30$

Subcritério Conforto: $2+1+1/3+1/3=11/3$

Subcritério Serviços Técnicos: $9+1/2=19/2$

Subcritério Confiabilidade: 9

Tabela 3: Matriz normalizada dos subcritérios do critério qualidade

Critério	Desempenho	Conforto	Serviço Técnico	Confiabilidade
Desempenho	30/61 (1/(61/30))	6/11	10/19	3/9
Conforto	15/61	3/11	6/19	3/9
Serviço Técnico	6/61	1/11	2/19	2/9
Confiabilidade	10/61	1/11	1/19	3/9

Fonte: Almeida (2008)

A matriz normalizada foi determinada através da divisão de cada comparação com a soma das colunas de cada subcritério. Após a normalização dos subcritérios determinam-se as prioridades dos mesmos, como será mostrado abaixo:

Desempenho: $(30/61+6/11+10/19+3/9)/4 = 0,4742$

Conforto: $(15/61+3/11+6/19+3/9)/4 = 0,2919$

Serviço Técnico: $(6/61+1/11+2/19+2/9)/4 = 0,1292$

Confiabilidade: $(10/61+1/11+1/19+1/9) = 0,1047$

Com as prioridades definidas o cálculo da Razão de Consistência (RC) é definido através da equação (3).

$$A_w = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 5 & 3 \\ 1/2 & 1 & 3 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,4742 \\ 0,2919 \\ 0,1292 \\ 0,1047 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,0181 \\ 1,2307 \\ 0,5307 \\ 0,4247 \end{bmatrix}$$

Matriz dos subcritérios Prioridades A_w

Aplicando a fórmula (4) obtêm-se λ_{\max} igual:

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[Aw_i]}{w_i} = \frac{1}{4} \left(\frac{2,0181}{0,4742} + \frac{1,2307}{0,2919} + \frac{0,5307}{0,1292} + \frac{0,4247}{0,1047} \right) = 4,1590$$

Segundo a equação $IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ obtêm-se:

$$IC = (4,1590 - 4) / (4 - 1) = 0,053$$

Dado que $n = 4$ e o índice aleatório, IR, associado à matriz dominante é 0,90, temos o valor de RC através da equação (5):

$$RC = \frac{IC}{IR} = \frac{0,053}{0,90} = 0,0589 < 0,10$$

Portanto, a inconsistência dos juízos emitidos pelo decisor é aceitável, pois o RC foi menor que 0,10. Agora será apresentado a comparação dos critérios do segundo nível, que consiste no julgamento entre Qualidade x Custos.

Tabela 4: Matriz de comparação dos critérios do segundo nível

Critério	Custos	Qualidade
Custos	1	5
Qualidade	1/5	1

Fonte: Almeida (2008)

Obtêm-se as ponderações 0,8333 para os custos e 0,1667 para Qualidade, definindo assim a prioridade dos critérios.

Tabela 5: Matriz de comparação dos critérios do segundo nível

Critério	Preço	Manutenção
Preço	1	2
Manutenção	1/2	1

Fonte: Almeida (2008)

Obtêm-se as ponderações as ponderações 0,6667 para o Preço e 0,3333 para Manutenção, definindo assim a prioridade dos subcritérios. Serão então realizadas pelo decisor comparações entre as prioridades de cada alternativa em relação a cada subcritério.

	Carro 1	Carro 2	Carro 3
Carro 1	1	1/3	2
Carro 2	3	1	6
Carro 3	1/2	1/6	1

Tabela 6: Matriz de comparação dos subcritérios do critério custos

Fonte: Almeida (2008)

Obteve-se a seguinte ordem de prioridade das alternativas segundo o critério preço: 0,6667 para o carro 2, 0,2222 para o carro 1 e 0,1111 para o carro 3.

Tabela 7: Matriz de comparação dos subcritérios do critério manutenção

	Carro 1	Carro 2	Carro 3
Carro 1	1	5	3
Carro 2	1/5	1	1/3
Carro 3	1/3	3	1

Fonte: Almeida (2008)

A ordem de prioridade das alternativas segundo o critério Manutenção: 0,6333 para o carro 1, 0,2605 para o carro 3 e 0,1062 para o carro 2.

Tabela 8: Matriz de comparação dos subcritérios do critério desempenho

	Carro 1	Carro 2	Carro 3
Carro 1	1	1/3	1/2
Carro 2	3	1	1/2
Carro 3	4	2	1

Fonte: Almeida (2008)

A ordem de prioridade das alternativas segundo o critério Desempenho: 0,5571 para o carro 3, 0,3202 para o carro 2 e 0,1227 para o carro 1.

Tabela 9: Matriz de comparação dos subcritérios do critério conforto

	Carro 1	Carro 2	Carro 3
Carro 1	1	1/2	2
Carro 2	2	1	4
Carro 3	1/2	1/4	1

Fonte: Almeida (2008)

A ordem de prioridade das alternativas segundo o critério Conforto: 0,5714 para o carro 2, 0,2857 para o carro 1 e 0,1429 para o carro 3.

Tabela 10: Matriz de comparação dos subcritérios do critério conforto

	Carro 1	Carro 2	Carro 3
Carro 1	1	2	1/3
Carro 2	1/2	1	1/5
Carro 3	3	5	1

Fonte: Almeida (2008)

A ordem de prioridade das alternativas segundo o critério Serviço Técnico: 0,6479 para o carro 3, 0,2299 para o carro 1 e 0,1222 para o carro 2.

Tabela 11 Matriz de comparação dos subcritérios do critério confiabilidade

	Carro 1	Carro 2	Carro 3
Carro 1	1	2	1/3
Carro 2	1/2	1	1/5
Carro 3	3	5	1

Fonte: Almeida (2008)

A ordem de prioridade das alternativas segundo o critério Confiabilidade: 0,6687 para o carro 1, 0,2431 para o carro 2 e 0,0882 para o carro 3. Com todas as comparações feitas, os pesos atribuídos aos critérios e as alternativas são apresentados na figura 03.

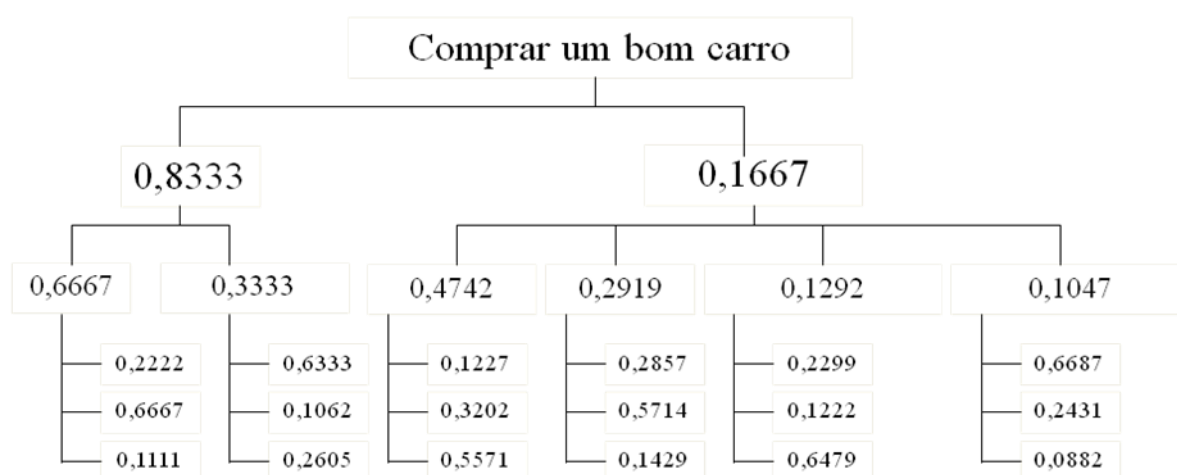


Figura 3: Hierarquia dos critérios para a compra de um carro
Fonte: Almeida (2008)

Para se obter os valores finais de cada alternativa, deve-se multiplicar todos os pesos obtidos em cada passo e os resultados dos diferentes passos devem ser somados. Assim, no caso do carro 1, a pontuação final é obtida da seguinte forma:

$$\text{Pontuação} = 0,8333 \cdot 0,6667 \cdot 0,2222 + 0,8333 \cdot 0,3333 \cdot 0,6333 + 0,1667 \cdot 0,4742 \cdot 0,1227 + 0,1667 \cdot 0,2919 \cdot 0,2857 + 0,1667 \cdot 0,1292 \cdot 0,2299 + 0,1667 \cdot 0,1047 \cdot 0,6687 = \mathbf{0,3396}$$

Procedendo da mesma forma para as outras alternativas, pode-se obter a pontuação a seguir na tabela 12.

Tabela 12: Alternativa x Pontuação

Alternativa	Pontuação
Carro 1	0,3396
Carro 2	0,4599
Carro 3	0,2006

Fonte: Almeida (2008)

Segundo essa análise, a recomendação dada ao decisor seria a compra do carro 2, pois de acordo com Saaty (1991) a melhor alternativa será a qual possuir a maior pontuação seguindo toda a aplicação do método AHP.

3.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentado o método AHP, seu conceito e as etapas previstas para sua implantação no apoio à tomada de decisão. Para facilitar melhor o entendimento do método foi descrito um exemplo passo a passo onde foi possível demonstrar todas as etapas percorridas que o método proporciona para o AMD.

O método proporciona ao decisor uma comparação paritária entre os critérios para escolher a melhor dentre as alternativas apresentadas, foi possível notar isso com maior facilidade no exemplo da compra do melhor carro apresentada na seção 3.3.

Com o estudo sobre o AHP é possível defender que ele ajuda todos os envolvidos no processo decisório a entenderem o problema da mesma forma e ao mesmo tempo permite visualizar os inter-relacionamentos entre os critérios. Já por outro lado uma desvantagem do método é a quantidade de trabalho requerido aos decisores, para determinar todos os pares de comparação necessários em um processo que requeira muitos critérios.

No próximo capítulo será aplicado o método AHP no estudo que consiste na apuração dos votos da escola de samba do Rio de Janeiro de 2012.

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Este capítulo tem como objetivo a aplicação do método AHP no estudo de caso da apuração do desfile das escolas de samba do Rio de Janeiro de 2012, apontando a vencedora de acordo com a aplicação do método utilizando a ferramenta *Expert Choice* versão 11.5.

A aplicação do método AHP no estudo de caso obedecerá as etapas previstas pelo método que são apresentadas a seguir.

4.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O problema consiste na aplicação do método AHP com o auxílio da ferramenta *Expert Choice* versão 11.5 para chegar a melhor alternativa dentre as escolas de samba do Rio de Janeiro no desfile de 2012 com base nos quesitos considerados mais importantes segundo a LIESA (Liga das Escolas de Samba).

O resultado do desfile é composto por 4 notas por quesito sendo a menor descartada, essa nota varia de 9 a 10 pontos. Para o desenvolvimento e aplicação da ferramenta no estudo de caso foram tomadas como base as três notas válidas dos decisores (juízes) do desfile.

O problema foi estruturado da seguinte seguinte seguindo as etapas do AHP:

- Definir e estruturar o problema: como dito anteriormente o problema envolve o estudo de caso do desfile das escolas de samba do Rio de Janeiro no ano de 2012. Como objetivo da modelagem do problema tem-se: escolha da escola com melhor desempenho com base nos critérios mais importantes considerados pela LIESA.
- Definir o conjunto de critérios que serão utilizados para avaliar as alternativas. Os critérios foram definidos a partir da relação de quesitos que a LIESA toma como avaliação das escolas de samba. Para fins do estudo foram selecionados os 5 principais quesitos considerados pela Liga das Escolas de Samba como critérios e todas as escolas que desfilaram no Rio

de Janeiro em 2012 como critérios do problema. O Quadro 3 mostra o objetivo do problema, os critérios e as alternativas.

- Definir os critérios relevantes para o problema de decisão: Samba Enredo, Enredo, Bateria, Harmonia e Comissão de Frente;

OBJETIVO
Escolha da escola com melhor desempenho com base nos quesitos de desempate
CRITÉRIOS
Bateria Samba-Enredo Harmonia Enredo Comissão de Frente
ALTERNATIVAS
Renascer de Jacarepaguá Portela Imperatriz Leopoldinense Mocidade Independente de Padre Miguel Porto da Pedra Beija-Flor Vila Isabel São Clemente União da Ilha Salgueiro Mangueira Unidos da Tijuca Grande Rio

Quadro 3: Estrutura hierárquica do problema
Fonte: Autoria própria

As etapas a seguir são desenvolvidas na seção 4.3:

- Avaliar as alternativas em relação aos critérios;
- Avaliar a importância relativa de cada critério; e
- Determinar a avaliação global de cada alternativa.

4.2 FERRAMENTA UTILIZADA

A ferramenta utilizada para aplicação do método AHP é o *Expert Choice*. Um sistema de análise, síntese e justificação das decisões e avaliações complexas. O *Expert Choice* ajuda a estruturar um problema (de forma a concentrar os seus elementos), para recolher as suas preferências, e para sintetizar e combinar todos os ensaios, a fim de priorizar as alternativas claramente do melhor ao pior.

Expert Choice permite incorporar tanto fatores qualitativos quanto quantitativos e, em seguida, combiná-los. As técnicas de análise de decisão têm aumentado a sua popularidade na tomada de decisão nas organizações. A sua popularidade advém da sua capacidade para ajudar a tomar melhores decisões. Utilizado em várias organizações com uma ampla variedade de aplicações, incluindo:

- Alocação de recursos;
- Avaliação do pessoal;
- Formular estratégias de marketing;
- Festão da produção;
- Avaliação de fornecedores;
- Facilitação da decisão em grupo; e Seleção de alternativas.

Embora a ferramenta não possa garantir a resposta certa, ela apresenta uma alternativa baseada nos conceitos do método AHP. A ferramenta é produzida pela IBM PC que se baseia no Processo de Análise Hierárquica de decisão multicritério. Ela possibilita incluir o objetivo global da estrutura hierárquica do problema como é mostrado na figura 4.

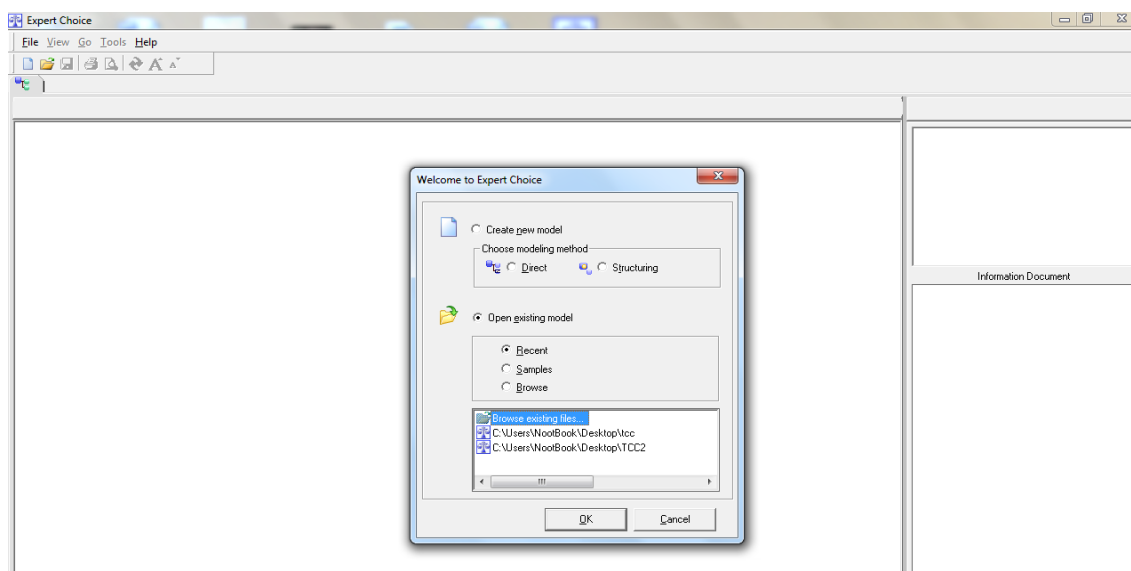


Figura 4: Tela inicial do software Expert Choice
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Após a inclusão do objetivo global do problema clica-se com o botão direito do mouse sob o objetivo da modelagem para inserir os critérios definido para o problema, como mostrado na figura 5.

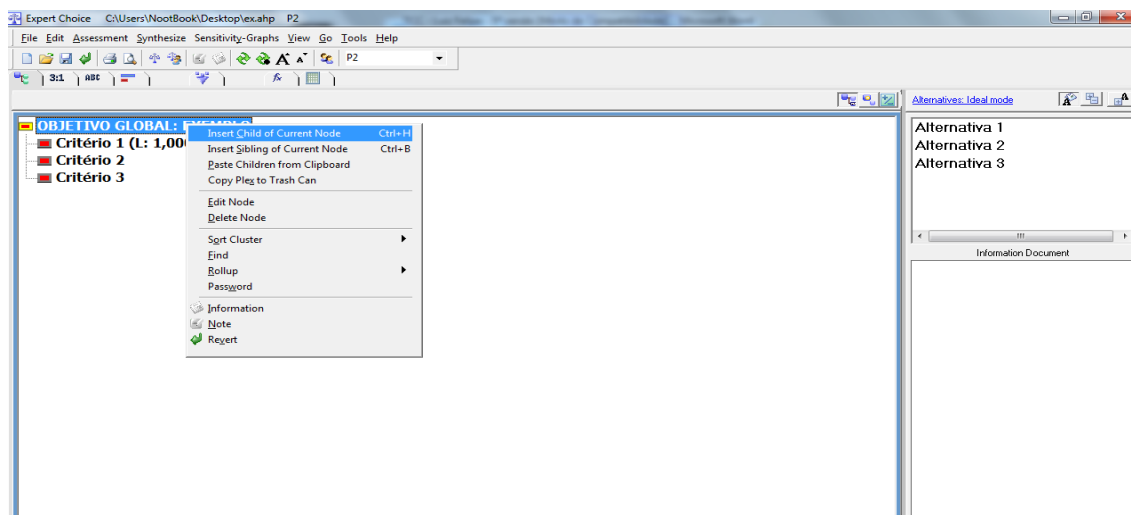


Figura 5: Inserção dos critérios
 Fonte: Expert Choice versão 11.5

Posteriormente foram inseridas as alternativas do problema, clicando no canto superior direito como é mostrado na figura 6.

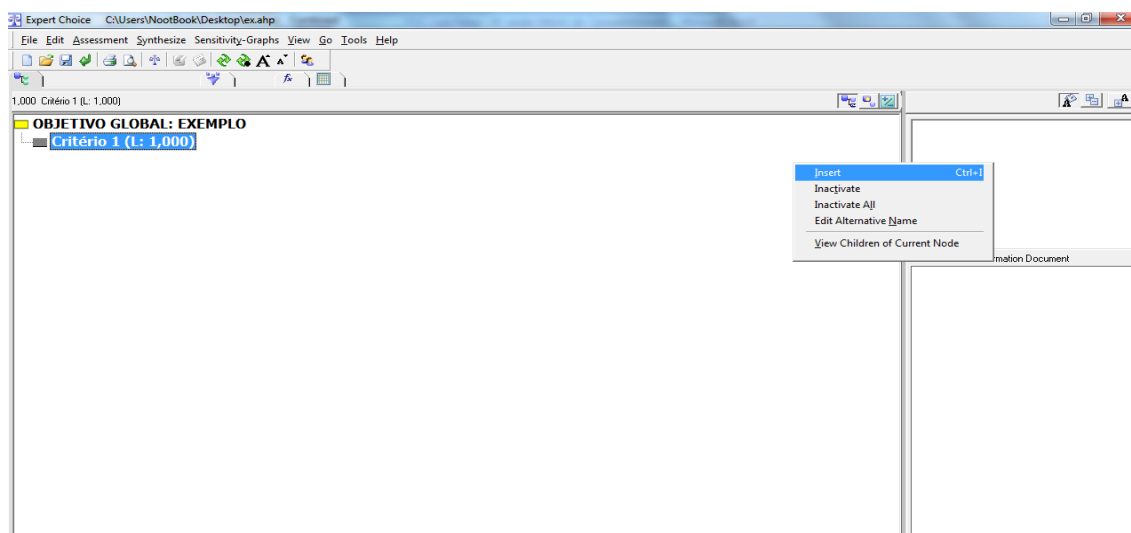


Figura 6: Inserção das alternativas
 Fonte: Expert Choice versão 11.5

Após a inserção do objetivo global, dos critérios e das alternativas o próximo passo é a comparação par a par entre os critérios como as etapas do método AHP propõem conforme ilustrado na figura 7.

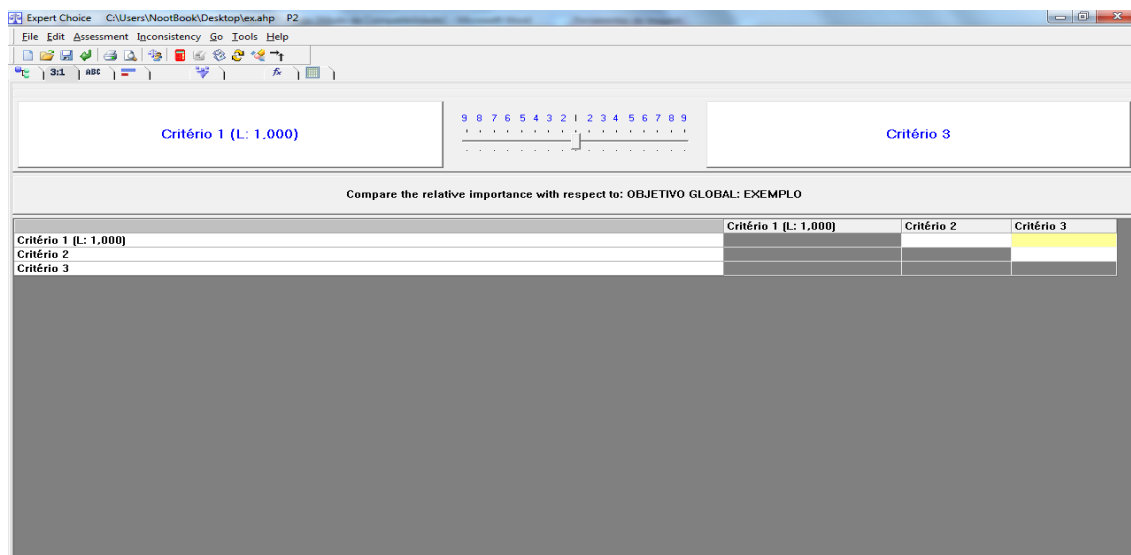


Figura 7: Comparação par a par entre os critérios
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Após a comparação entre os critérios, é feita a comparação das alternativas em cada critério como é mostrado na figura 8.

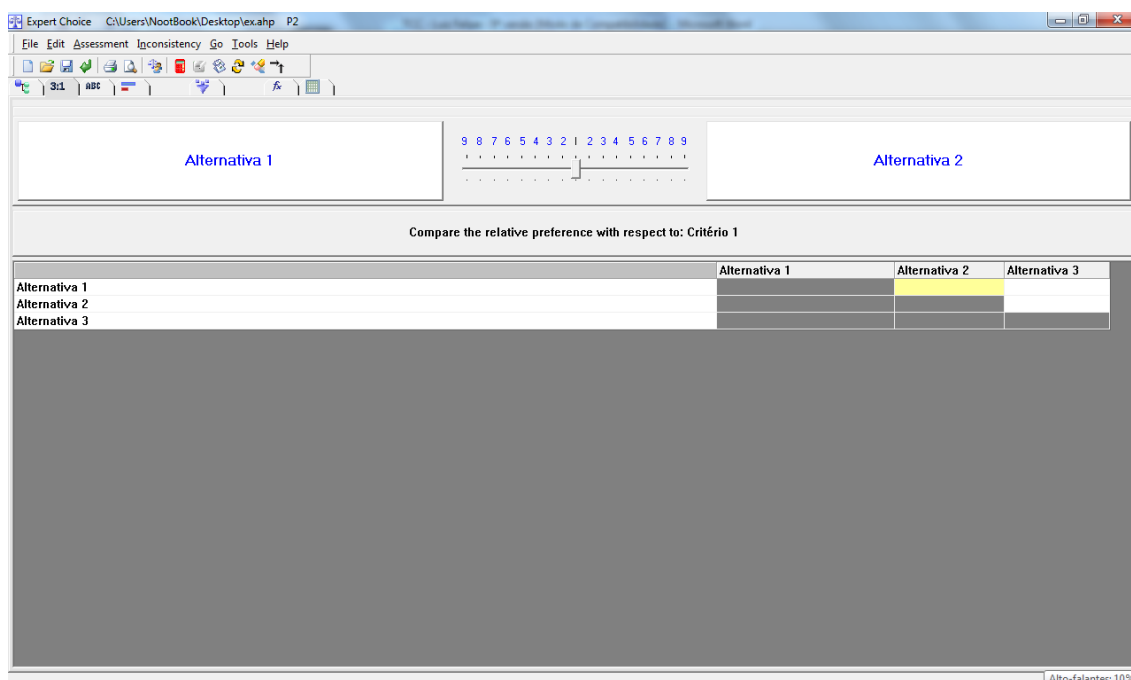


Figura 8: Comparação par a par entre das alternativas em relação a cada critério.
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Após a comparação critério a critério e alternativa a alternativa usando como referência para a comparação a escala de Saaty obtém ao final a alternativa com melhor desempenho e a pior como é mostrado na figura 9.

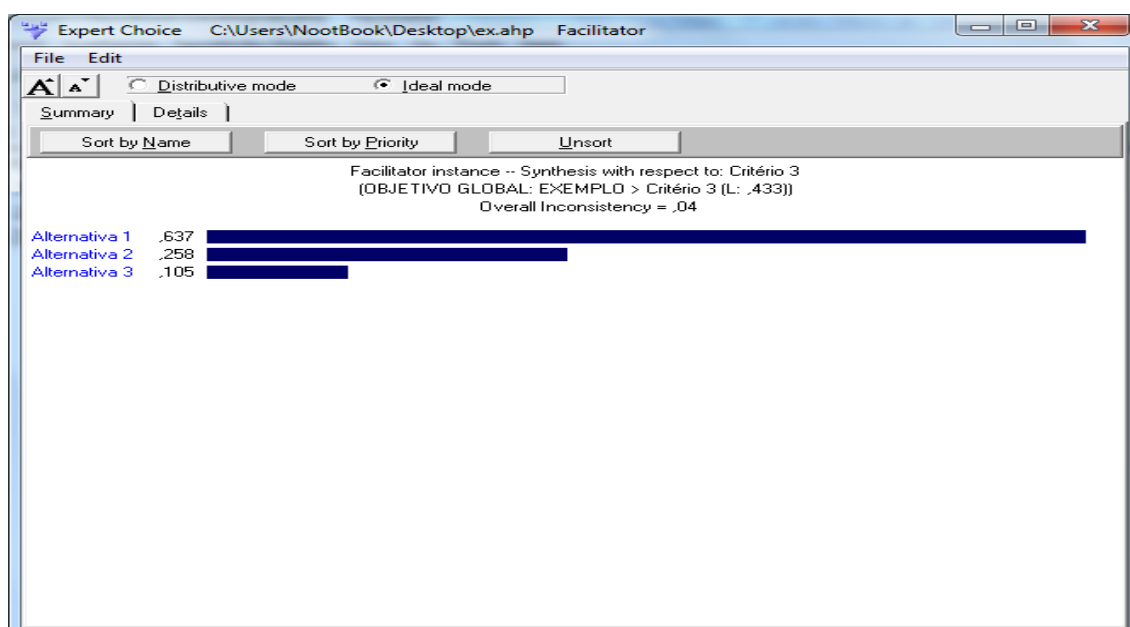


Figura 9: Relação das alternativas após a aplicação na ferramenta
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Ao final clicando em “*Synthesis Results*” a ferramenta apresenta uma listagem com as alternativas mostrando os pesos relativos a elas. Neste exemplo mostrado na figura 8 tem-se a Alternativa 1 como a melhor alternativa.

4.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP NA ESCOLHA DA ESCOLA DE SAMBA

O método AHP prevê três etapas de desenvolvimento para colaborar na obtenção de informações que auxiliem o decisor. As etapas são apresentadas nas subseções 4.3.1 a 4.3.3.

4.3.1 Avaliar a importância relativa de cada critério

Após a identificação dos critérios e a escolha das alternativas apresentadas no quadro 3 e utilizando a ferramenta *Expert Choice* deve-se inserir o objetivo, os critérios e as alternativas na ferramenta como mostra a figura 10.

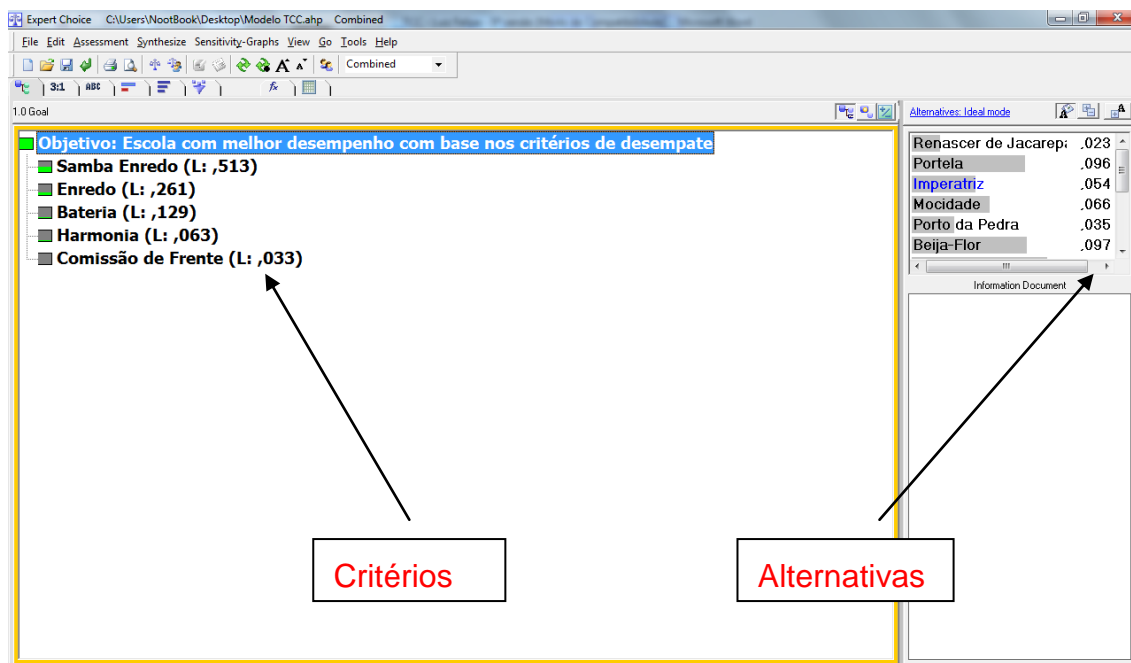


Figura 10: Objetivo, critérios e alternativas
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Após a inserção dos critérios e alternativas foi definido e informado no software o número de participantes no processo decisório como é mostrado na figura 11. Neste estudo serão três decisores devido ao fato de ser usadas as três notas válidas obtidas por cada escola no resultado do desfile das escolas de samba do Rio de Janeiro no ano de 2012.

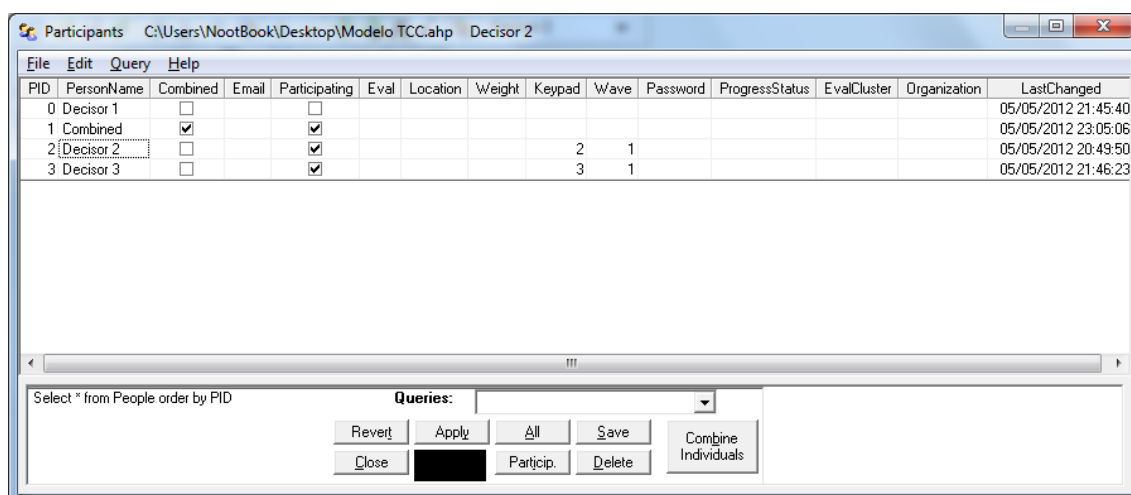


Figura 11: Inclusão dos decisores
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Após a definição e inclusão dos decisores foi comparado critério x critério para cada decisor como é mostrado nas figuras 11, 12 e 13.

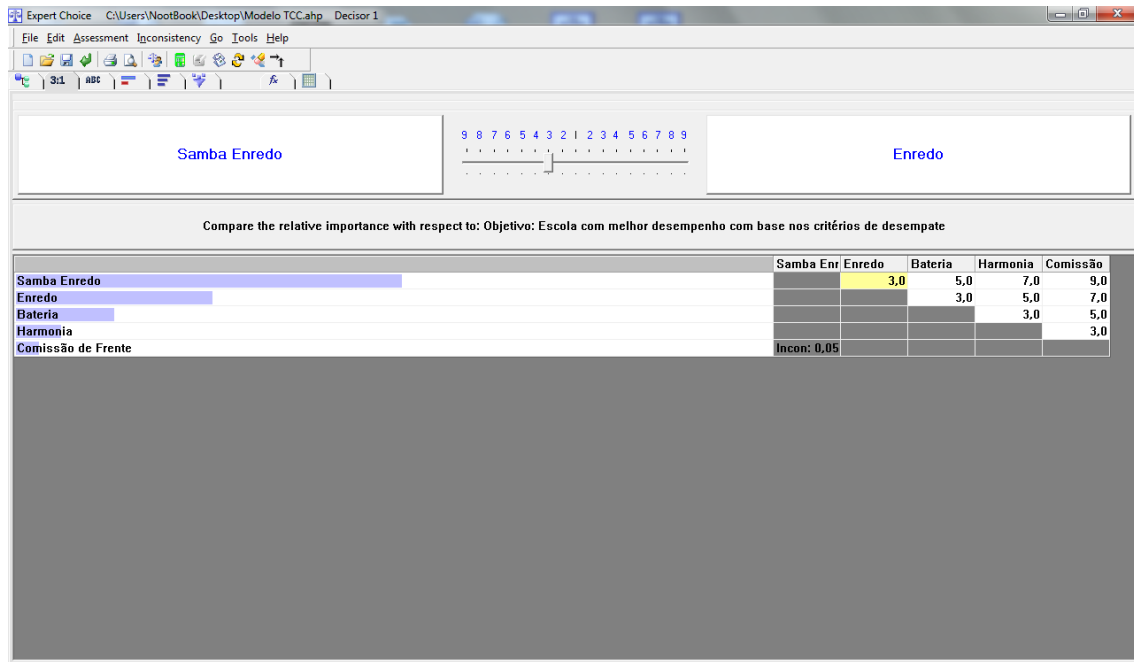


Figura 12: Comparação critério x critério decisor 1
Fonte: Expert Choice versão 11.5

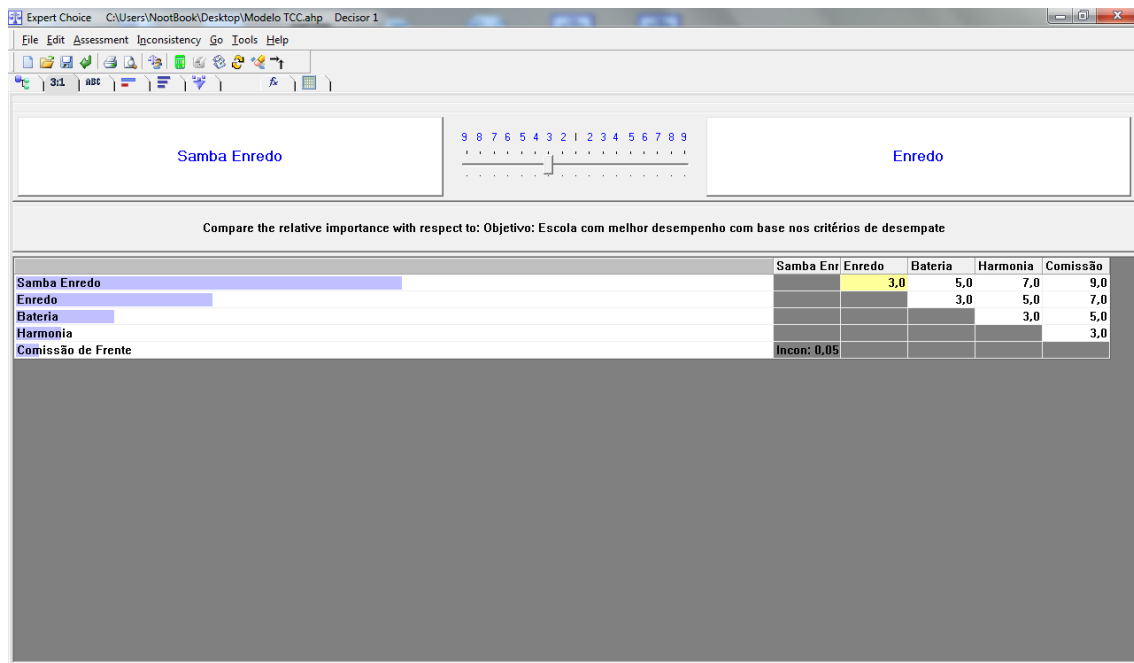


Figura 13: Comparação critério x critério decisor 1
Fonte: Expert Choice versão 11.5

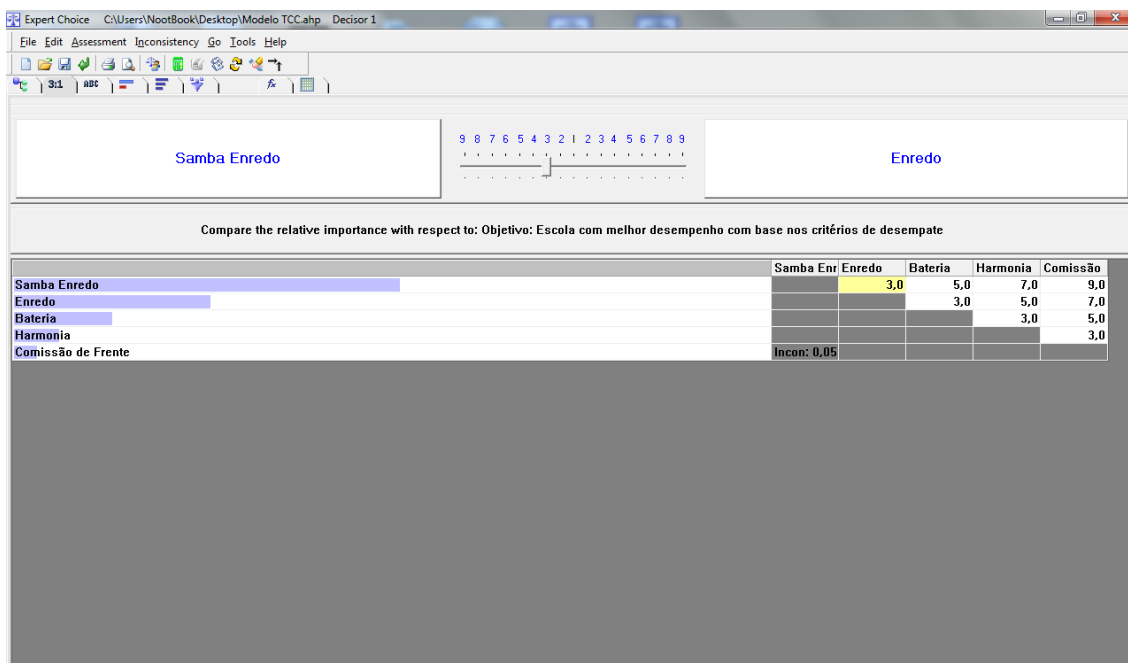


Figura 14: Comparação critério x critério decisor 1
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Para esta comparação foi seguida a ordem dos quesitos de desempate considerada pela LIESA, sendo: Samba Enredo, Enredo, Bateria, Harmonia e Comissão de Frente, ou seja, Samba Enredo mais importante que Enredo, Bateria e assim sucessivamente.

4.3.2 Avaliar as alternativas em relação aos critérios

Após a comparação par a par dos critérios de cada decisor, foi feita a comparação par a par das alternativas em relação a cada critério de cada decisor. Para esta comparação foi definido para fins do estudo uma tabela (Tabela 13) que mostra a diferença entre as notas de cada escola para definir a relevância entre uma escola e outra perante o critério, por exemplo, a escola **x** recebeu 10 no quesito Samba Enredo e a escola **y** recebeu 9,8, houve uma diferença de 0,2, portanto, a escola **x** recebe o resultado 3 na escala de Saaty indicando sua relevância em comparação com a escola **y**.

Tabela 13: Diferença x Escala Saaty

Diferença	Escala Saaty
0	1
0,1	2
0,2	3
0,3	4
0,4	5
0,5	6
0,6	7
0,7	8
0,8 a 1	9

Fonte: Autoria própria

As comparações das alternativas em relação a cada decisor são apresentadas a partir da figura 15 até 32.

The screenshot shows the Expert Choice software interface. At the top, two alternatives are selected: "Renascer de Jacarepaguá" and "Portela". Below them, a comparison scale from 1 to 9 is visible. The main part of the image is a pairwise comparison matrix for the criterion "Samba Enredo". The matrix compares "Renascer de Jacarepaguá" against other alternatives: Imperatriz, Mocidade, Porto da Pedra, Beija-Flor, Vila Isabel, São Clemente, União da Ilha, Salgueiro, Mangueira, Unidos da Tijuca, and Grande Rio. The value for the comparison between "Renascer de Jacarepaguá" and "Portela" is 4.0. The inconsistency index is 0.04.

	Renascer de Jacarepaguá	Portela	Imperatriz	Mocidade	Porto da Pedra	Beija-Flor	Vila Isabel	São Clemente	União da Ilha	Salgueiro	Mangueira	Unidos da Tijuca	Grande Rio
Renascer de Jacarepaguá		4,0	2,0	2,0	1,0	4,0	4,0	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	2,0
Portela			3,0	3,0	4,0	1,0	1,0	3,0	2,0	1,0	1,0	1,0	3,0
Imperatriz				1,0	2,0	3,0	3,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	1,0
Mocidade					2,0	3,0	3,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	1,0
Porto da Pedra						4,0	4,0	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	2,0
Beija-Flor							1,0	3,0	2,0	1,0	1,0	1,0	3,0
Vila Isabel								3,0	2,0	1,0	1,0	1,0	3,0
São Clemente									2,0	3,0	3,0	3,0	1,0
União da Ilha										2,0	2,0	2,0	2,0
Salgueiro											1,0	1,0	3,0
Mangueira												1,0	3,0
Unidos da Tijuca													3,0
Grande Rio													

Incon: 0,04

Figura 15: Comparação alternativas x alternativas no critério Samba Enredo do decisor 1
Fonte: Expert Choice versão 11.5

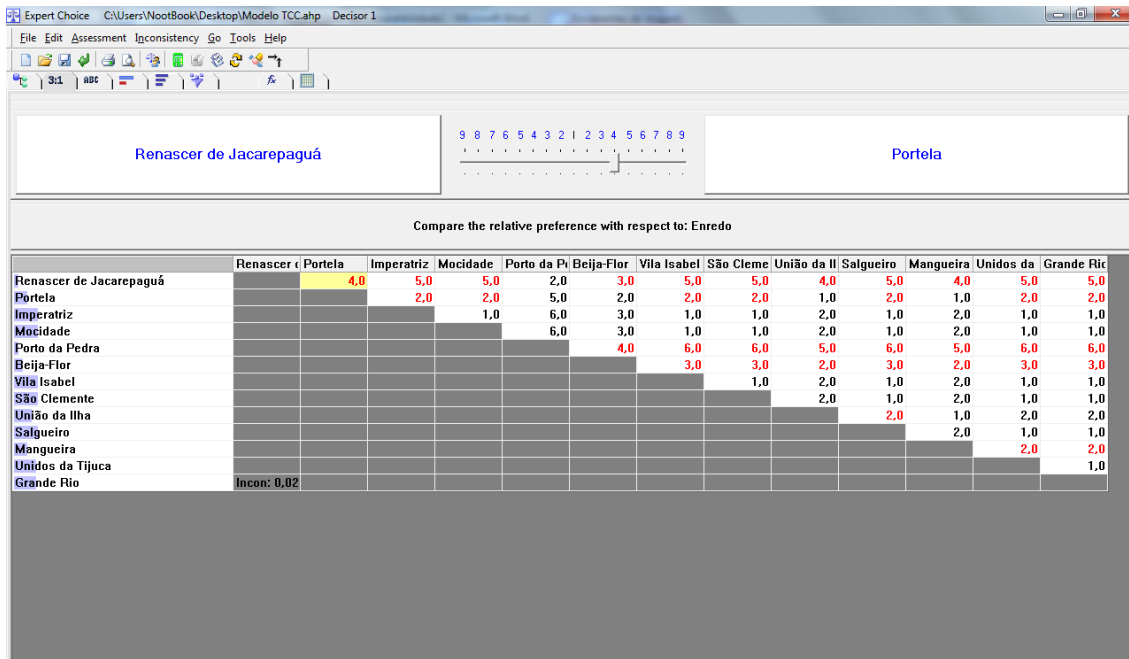


Figura 16: Comparação alternativas x alternativas no critério Enredo do decisor 1
Fonte: Expert Choice versão 11.5

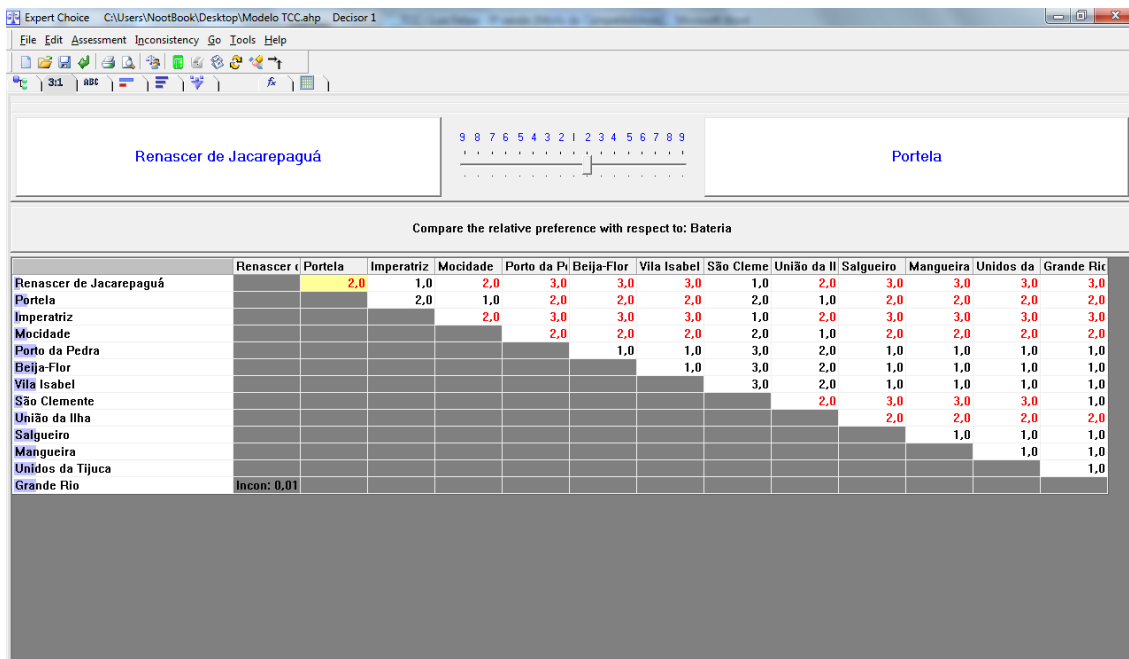


Figura 17: Comparação alternativas x alternativas no critério Bateria do decisor 1
Fonte: Expert Choice versão 11.5

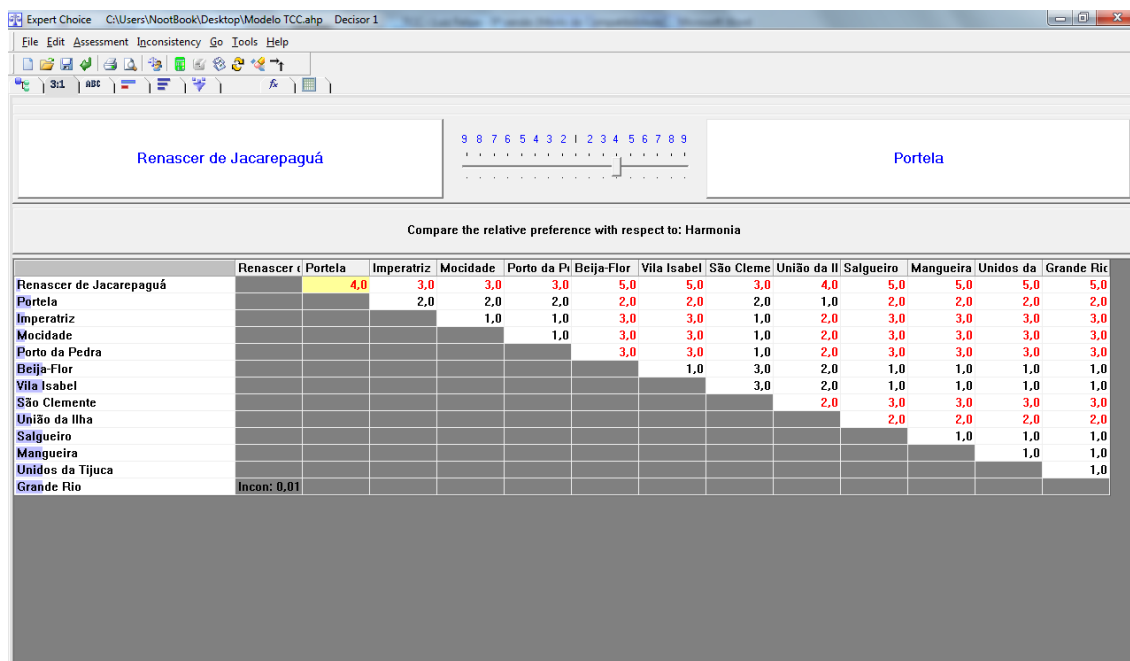


Figura 18: Comparação alternativas x alternativas no critério Harmonia do decisor 1
Fonte: Expert Choice versão 11.5

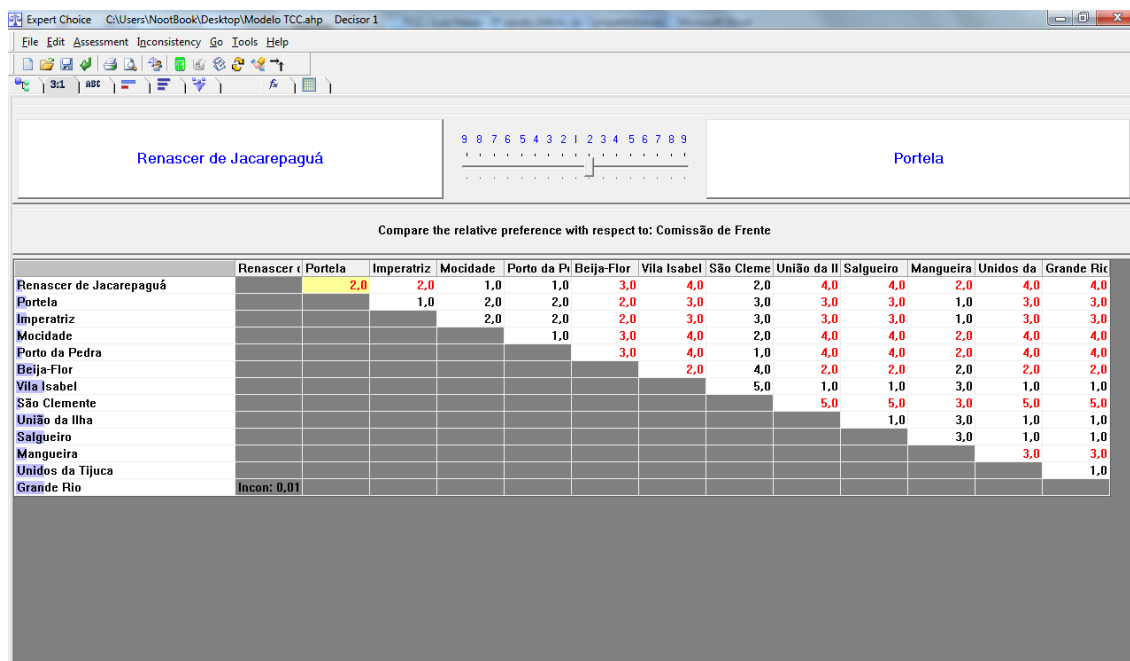


Figura 19: Comparação alternativas x alternativas no critério Comissão de Frente do decisor 1
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Ao final da comparação par a par dos critérios e alternativas do primeiro decisor é obtida clicando em “Sensitivity Graphs” e “Dynamic Sensitivity” obteve-se o gráfico de sensibilidade dinâmica como pode ser visto na figura 20. Ele mostra a relevância em que cada escola obteve com o decisor

1.

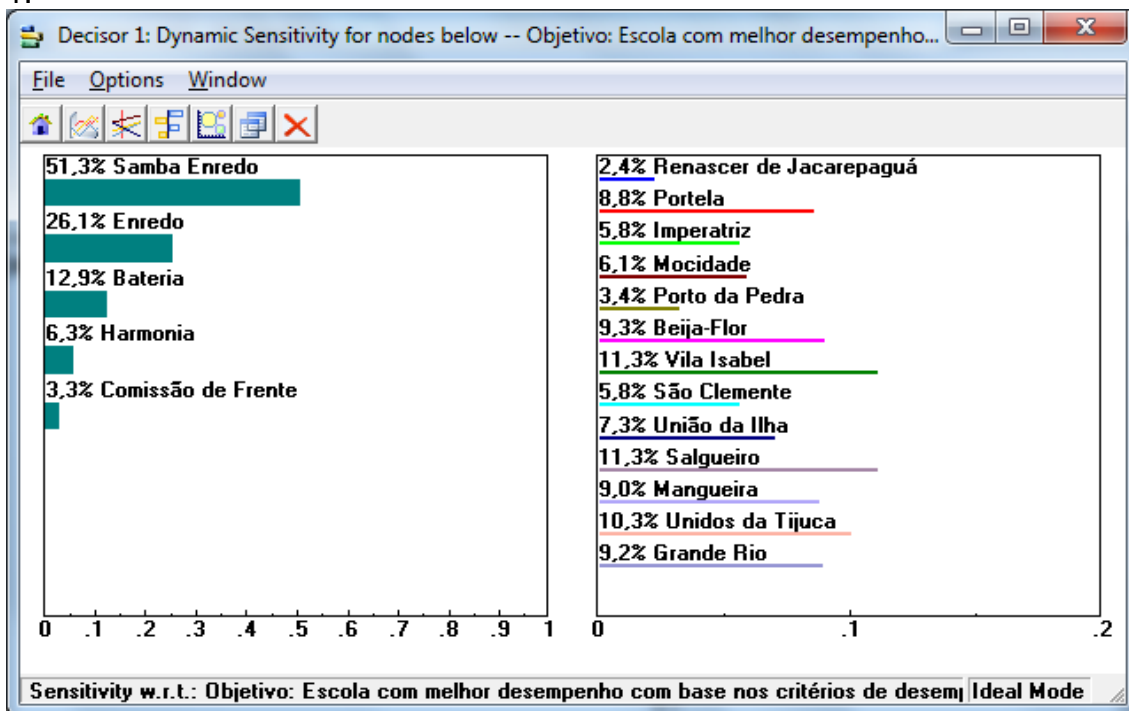


Figura 20: Sensibilidade dinâmica decisor 1
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Na figura 20 pode-se perceber que a escola Salgueiro e Vila Isabel obtiveram maior relevância dentre as escolas.

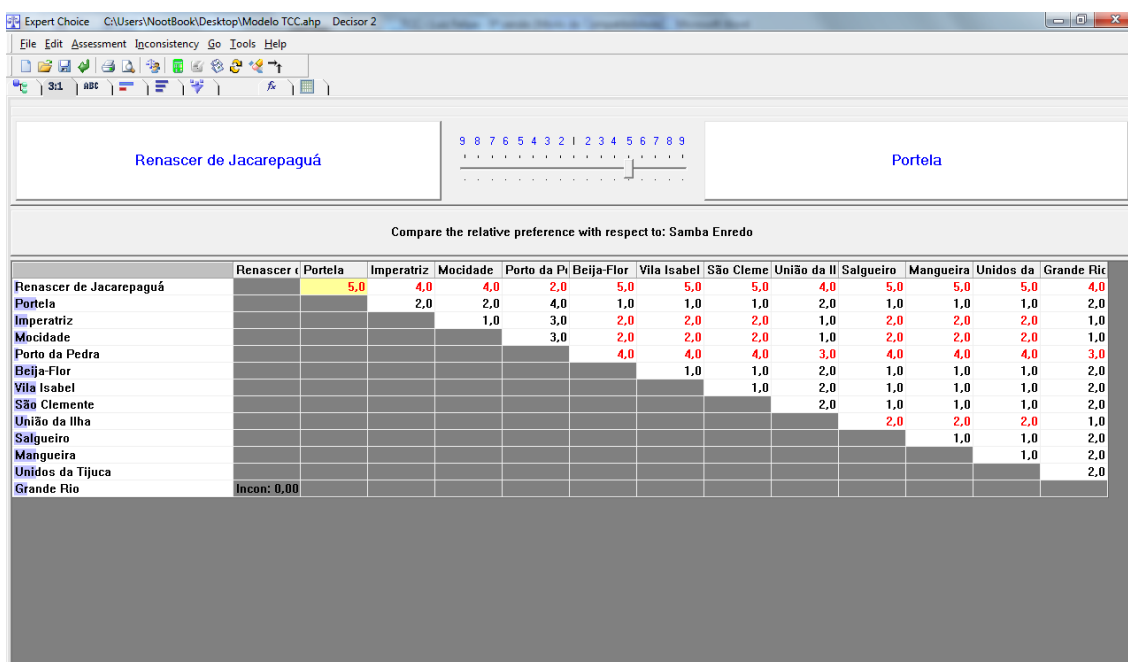


Figura 21: Comparação alternativas x alternativas no critério Samba Enredo do decisor 2
Fonte: Expert Choice versão 11.5

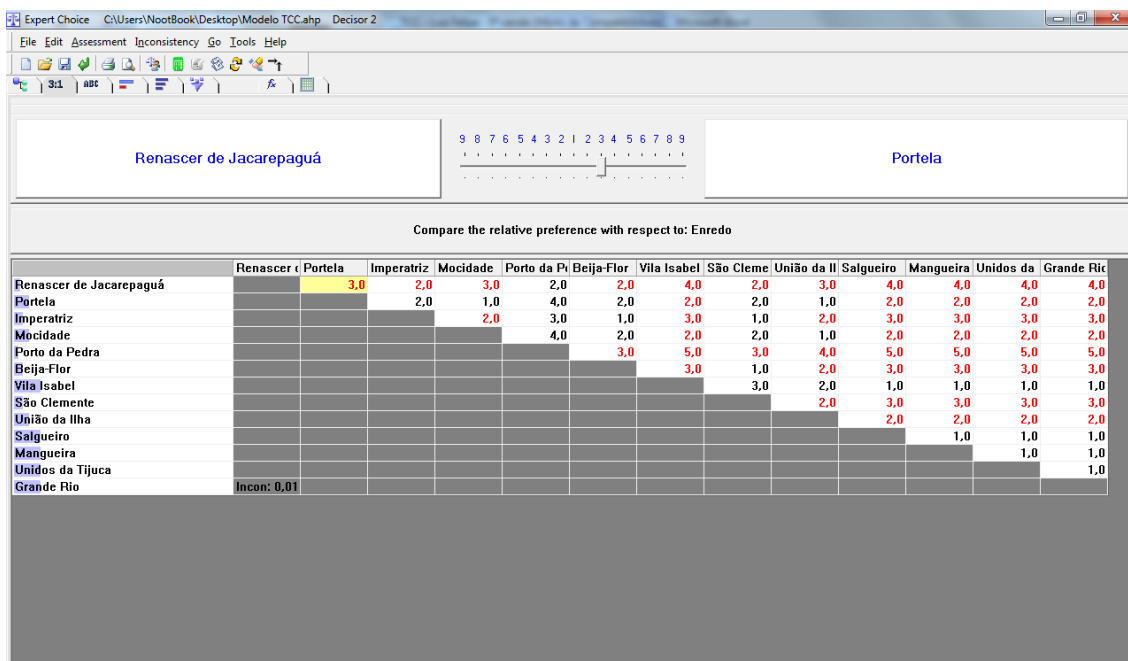


Figura 22: Comparação alternativas x alternativas no critério Enredo do decisor 2
Fonte: Expert Choice versão 11.5

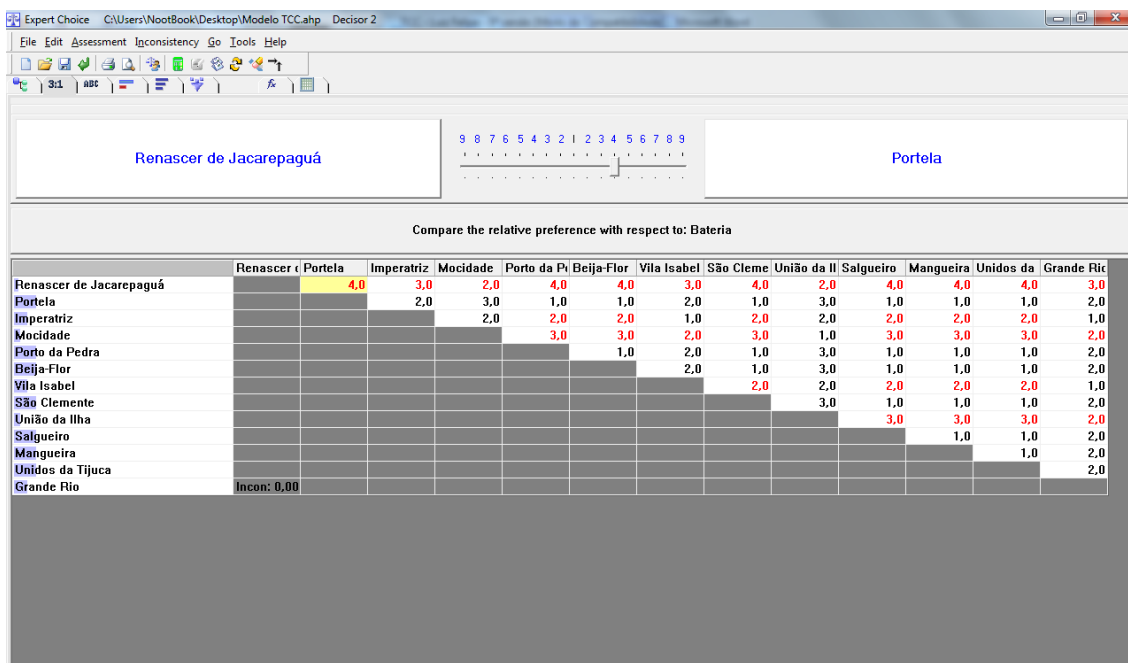


Figura 23: Comparação alternativas x alternativas no critério Bateria do decisor 2
Fonte: Expert Choice versão 11.5

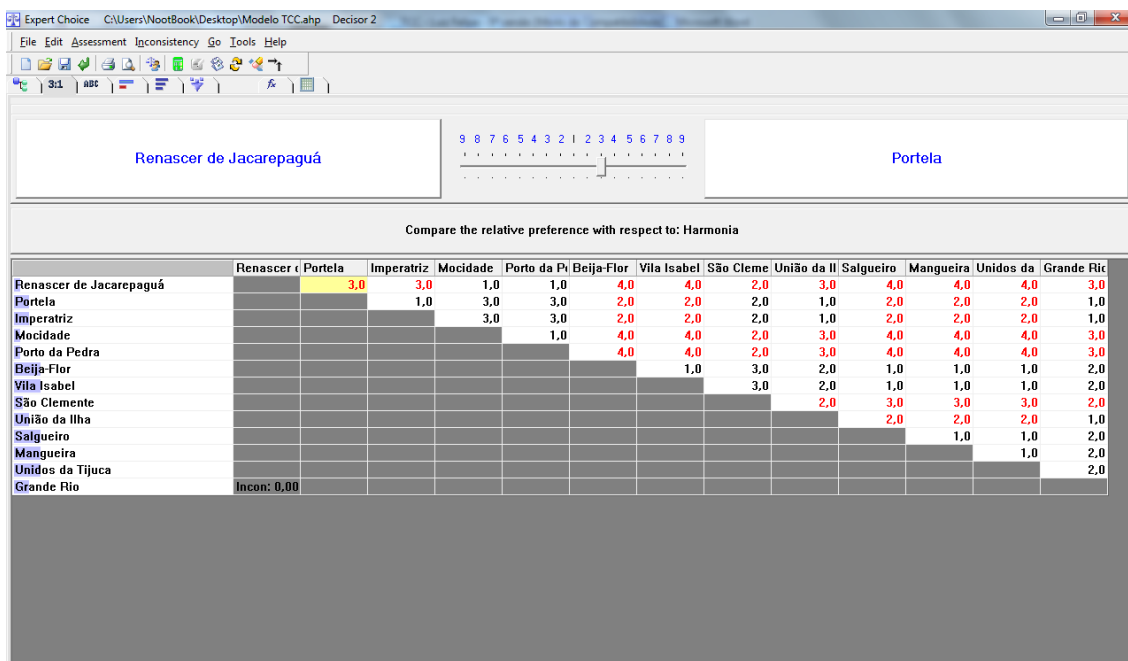


Figura 24: Comparação alternativas x alternativas no critério Harmonia do decisor 2
Fonte: Expert Choice versão 11.5

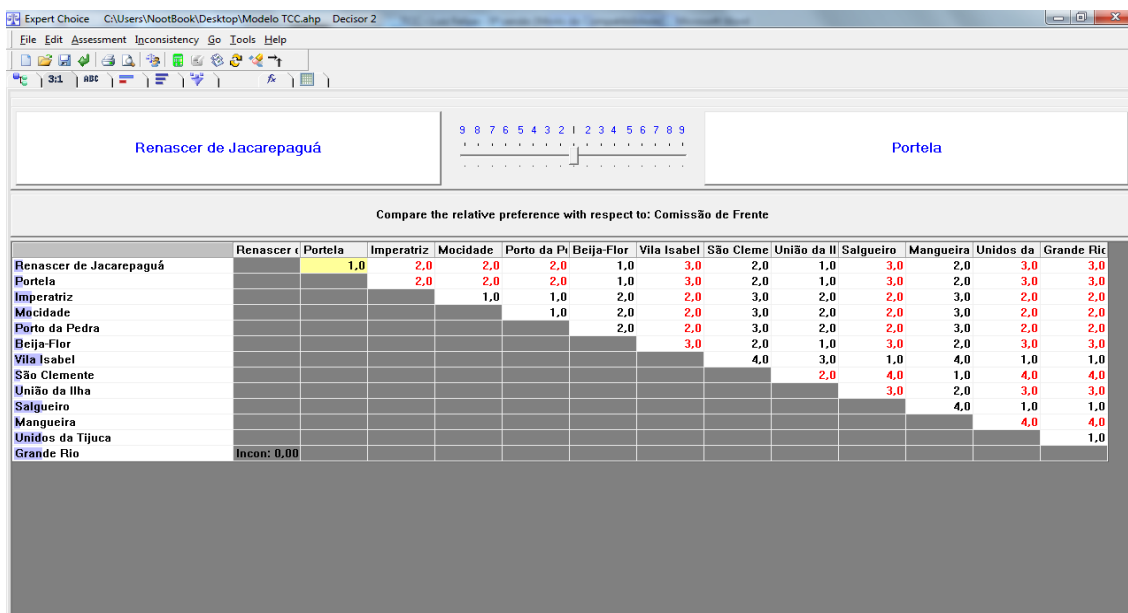


Figura 25: Comparação alternativas x alternativas no critério Comissão de Frente do decisor 2
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Ao final da comparação par a par dos critérios e alternativas do decisor 2 clicando em “Sensitivity Graphs” e “Dynamic Sensitivity” obteve-se o gráfico de sensibilidade dinâmico como pode ser visto na figura 26. Ele mostra a relevância em que cada escola obteve com o decisor 2.

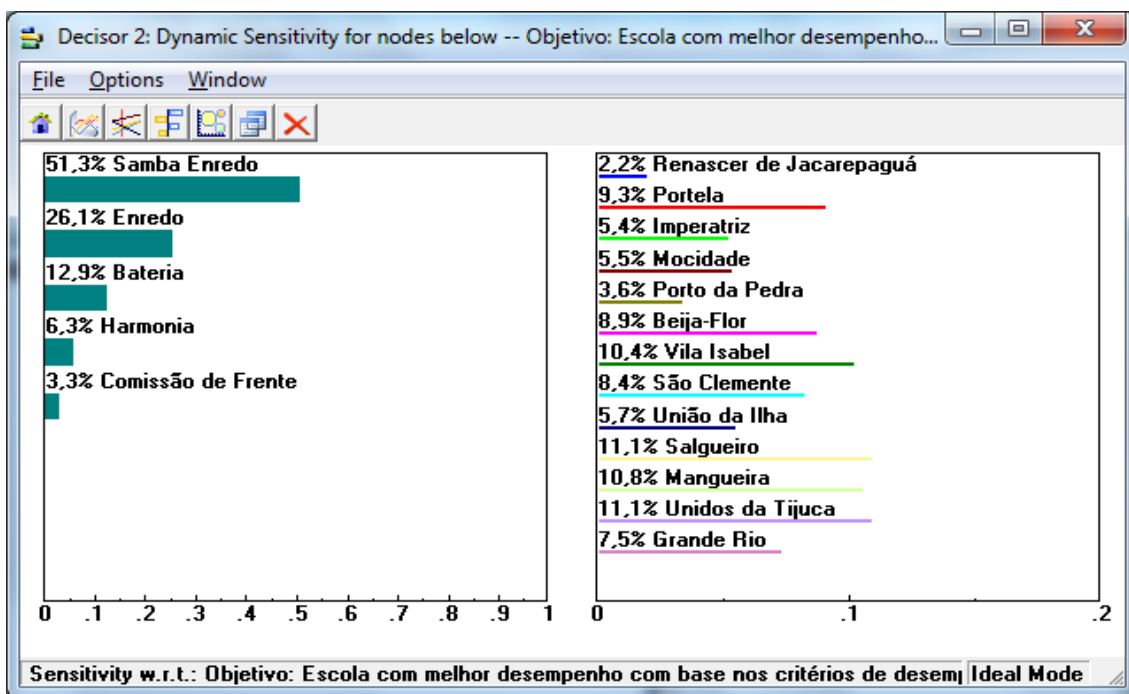


Figura 26: Comparação alternativas x alternativas no critério Comissão de Frente do decisor 2

Fonte: Expert Choice versão 11.5

No gráfico da figura 26 observa-se que as escolas Unidos da Tijuca e Salgueiro obtiveram a mesma relevância dentre as escolas a partir das notas em cada critério dadas pelo decisor 2.

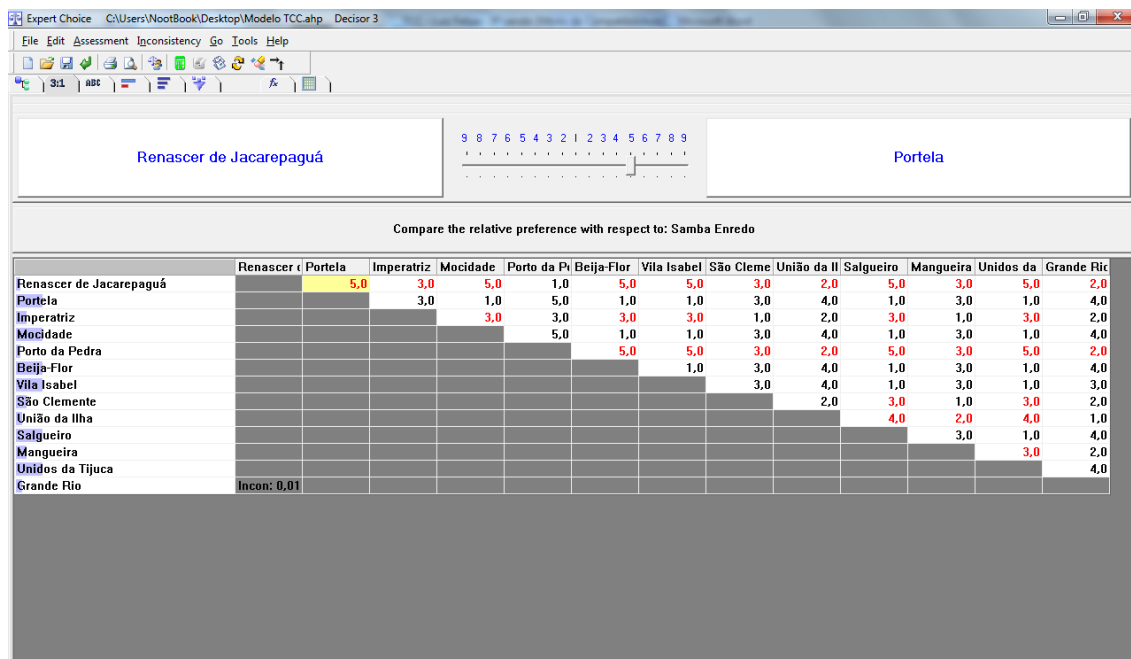


Figura 27: Comparação alternativas x alternativas no critério Samba Enredo do decisor 3

Fonte: Expert Choice versão 11.5

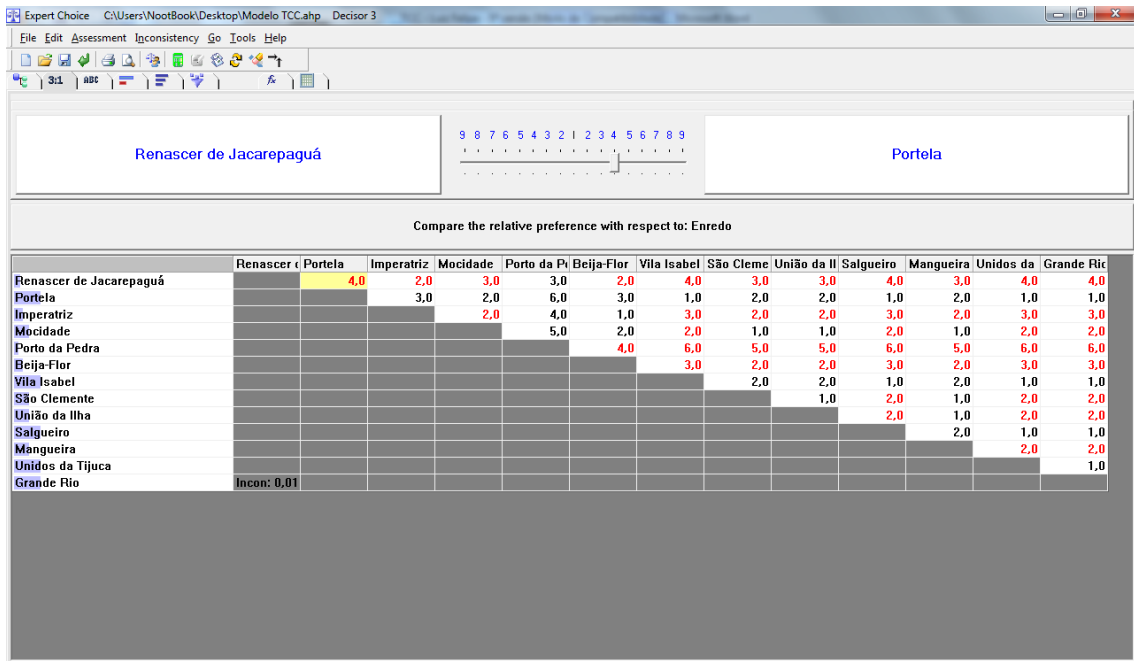


Figura 28: Comparação alternativas x alternativas no critério Enredo do decisor 3
 Fonte: Expert Choice versão 11.5

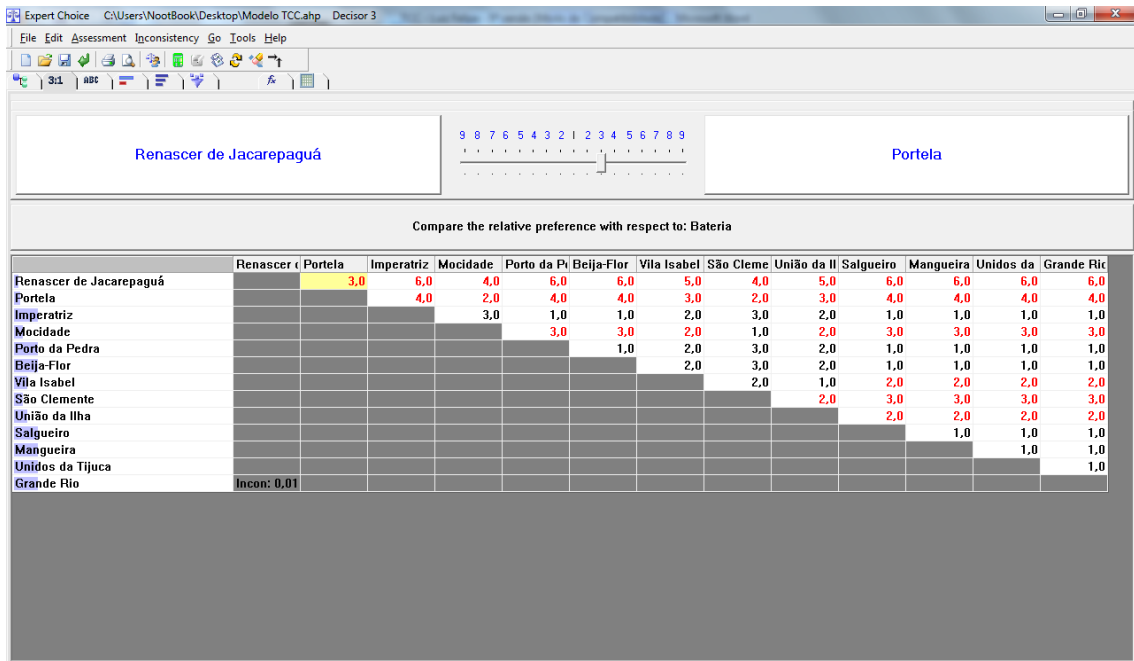


Figura 29: Comparação alternativas x alternativas no critério Bateria do decisor 3
 Fonte: Expert Choice versão 11.5

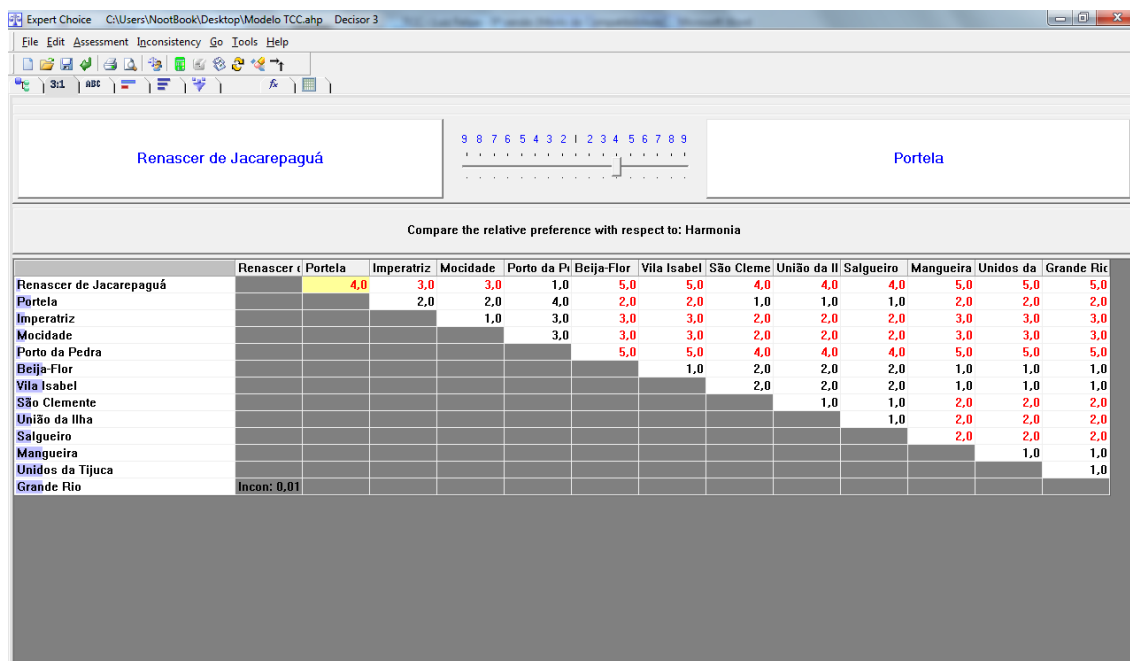


Figura 30: Comparação alternativas x alternativas no critério Harmonia do decisor 3
Fonte: Expert Choice versão 11.5

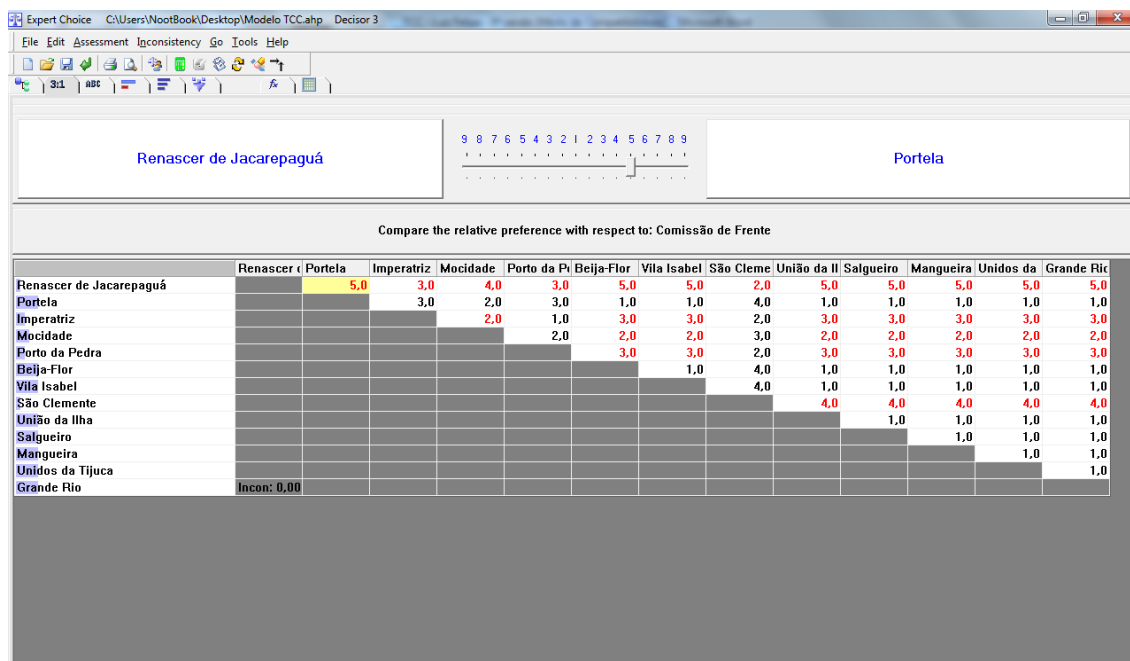


Figura 31: Comparação alternativas x alternativas no critério Comissão de Frente do decisor 3
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Ao final da comparação par a par dos critérios e alternativas do decisor 3 clicando em “Sensitivity Graphs” e “Dynamic Sensitivity” obteve-se o gráfico de sensibilidade dinâmica como pode ser visto na figura 26. Ele mostra a relevância em que cada escola obteve com o decisor 3.

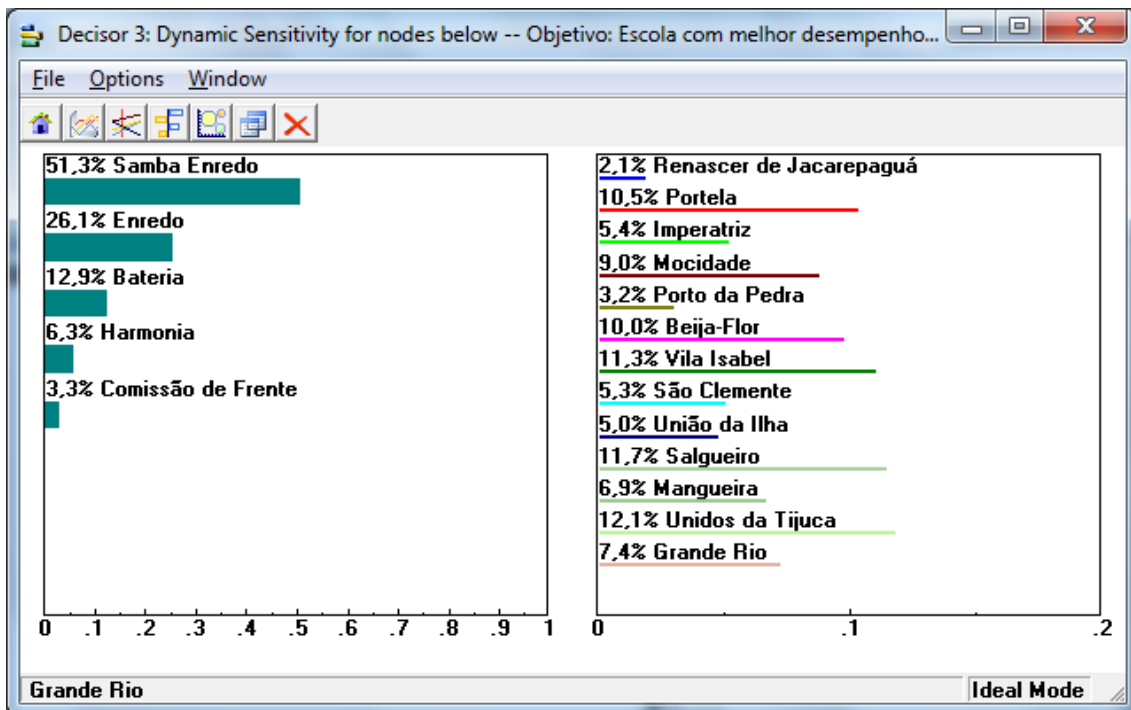


Figura 32: Sensibilidade dinâmica do decisor 3
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Após a inclusão de todas as comparações entre critérios e alternativas de todos os decisores foi feita a combinação de todas as comparações, como é mostrado na figura 30.

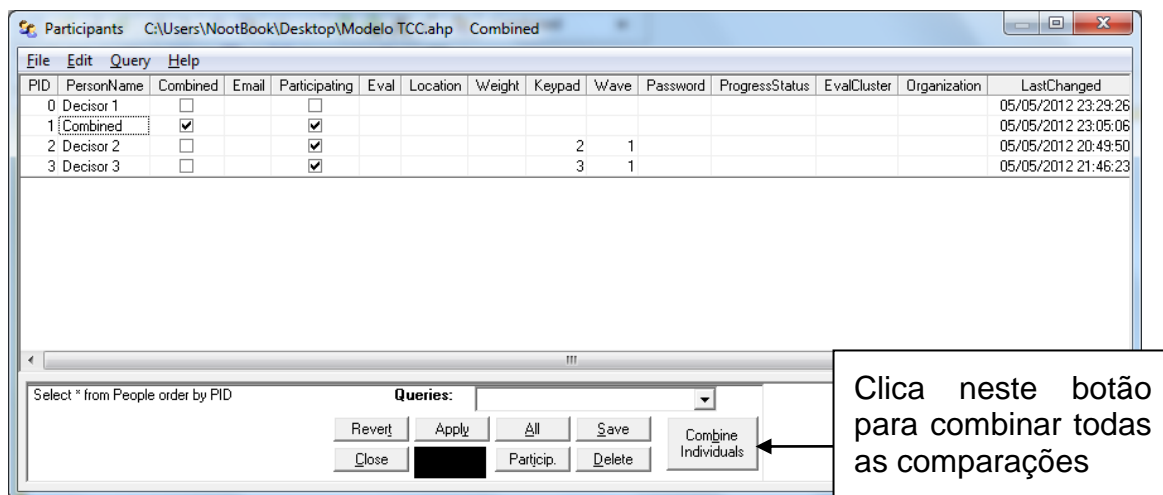


Figura 33: Combinação das avaliações par a par de cada decisor
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Após a efetividade da combinação o modelo do problema apresenta a melhor alternativa seguindo o objetivo da modelagem.

4.3.3 Determinar a avaliação global de cada alternativa

Após a combinação de todas as alternativas e critérios de cada decisor clicando em “*Synthesis Results*” e em “*Sort by Priority*” foi obtida a listagem apresentada na figura 34 que mostra o peso de cada alternativa, ou seja, apresenta a alternativa Salgueiro como a escola que obteve melhor resultado baseado nos critérios de desempate no desfile das escolas de samba do Rio de Janeiro no ano de 2012.

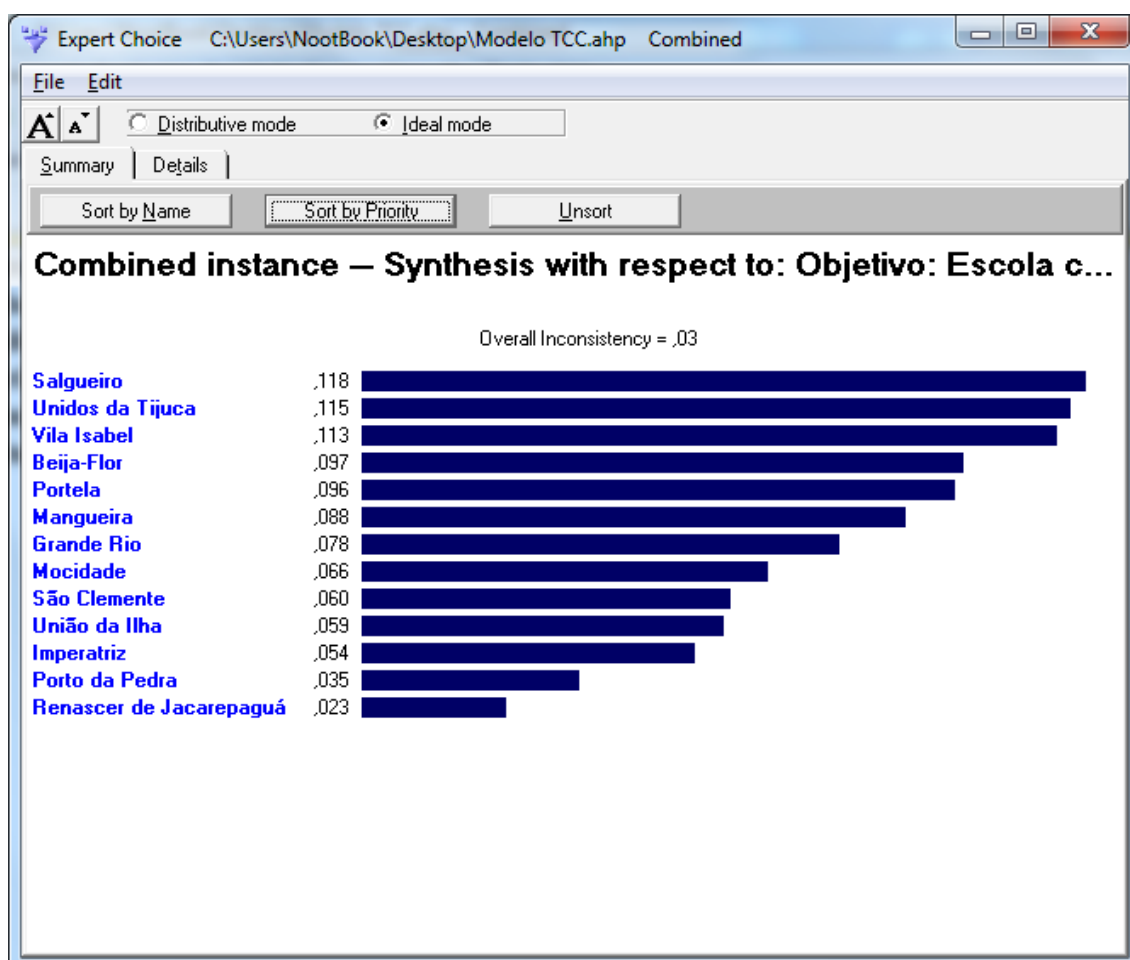


Figura 34: Síntese do resultado
Fonte: Expert Choice versão 11.5

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O objetivo da modelagem foi identificar qual escola obteve melhor resultado analisando os quesitos de desempate utilizados pela LIESA no

desfile das escolas de samba do Rio de Janeiro no ano de 2012. No gráfico mostrado na figura 35 gerado a partir da combinação dos decisores, mostra a relevância de cada critério em cada escola a partir do resultado dado pelos jurados e inseridos no software *Expert Choice*.

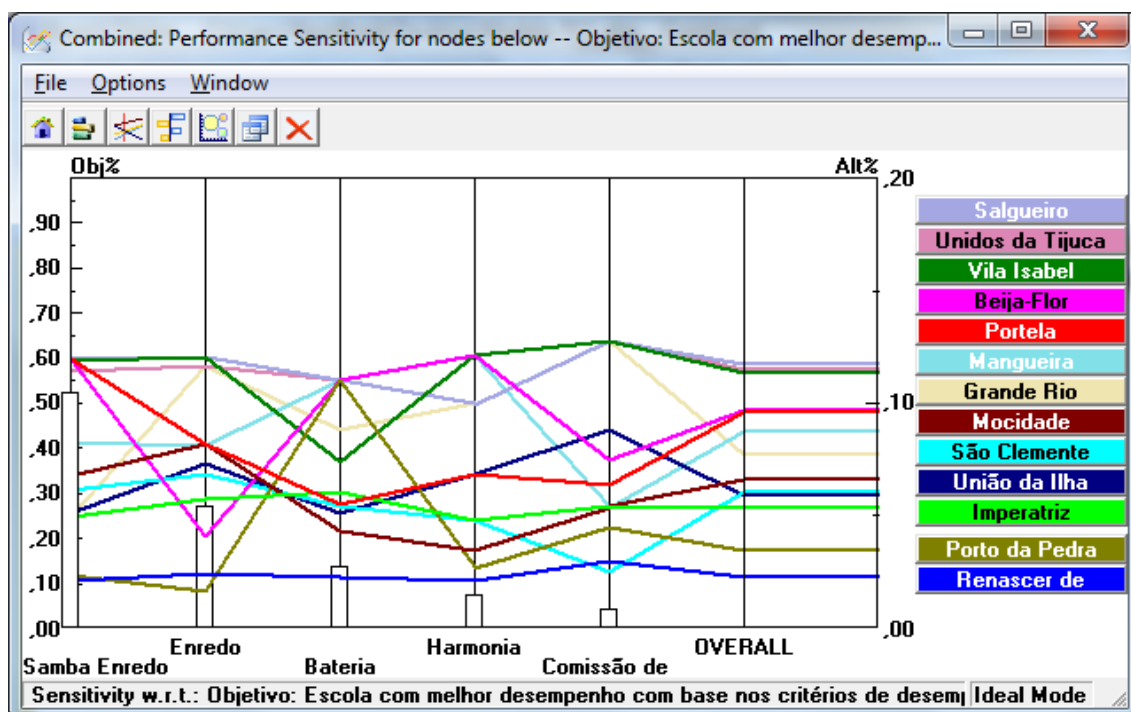


Figura 35: Gráfico de performance
Fonte: Expert Choice versão 11.5

Neste gráfico observa-se que o critério Samba Enredo têm mais de 50% da relevância entre os outros critérios, e na totalidade observamos que a ordem seguindo o objetivo do problema que é a escola que obteve melhor resultado com base nos quesitos de desempate foi a seguinte: Salgueiro, Unidos da Tijuca, Vila Isabel, Beija-Flor, Portela, Mangueira, Grande Rio, Mocidade, São Clemente, União da Ilha, Imperatriz e Porto da Pedra.

Em comparação com o resultado manual onde são considerados os dez quesitos no desfile houve diferença na ordem das escolas como pode ser visto na tabela 14.

Tabela 14: Diferença resultado do Expert Choice x resultado manual

Resultado Expert Choice (5 quesitos)	Resultado Manual (10 quesitos)
Salgueiro Unidos da Tijuca Vila Isabel	Unidos da Tijuca Salgueiro Vila Isabel

Beija-Flor Portela Mangueira Grande Rio Mocidade São Clemente União da Ilha Imperatriz Porto da Pedra Renascer de Jacarepaguá	Beija-Flor Grande Rio Portela Mangueira Uniao da Ilha Mocidade Imperatriz São Clemente Porto da Pedra Renascer de Jacarepaguá
---	---

Fonte: Aatoria própria

O resultado manual apresenta a Unidos da Tijuca como a escola que obteve melhor desempenho nos dez quesitos. No resultado apresentado pela aplicação no *Expert Choice* a escola Salgueiro obteve melhor desempenho nos cinco quesitos analisados pelo estudo. Cabe ressaltar que, na avaliação manual foram considerados todos os dez quesitos e na avaliação utilizando o método AHP foram considerados apenas os quesitos de desempate considerados pela LIESA.

4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentada a modelagem e aplicação do método AHP utilizando a ferramenta *Expert Choice* no estudo de caso do desfile das escolas de samba do Rio de Janeiro de 2012 com base nos quesitos de desempate utilizados pela LIESA.

No decorrer da aplicação foi perceptível a essência do método no auxílio à tomada de decisão que é a comparação par a par entre as alternativas e critérios, estabelecendo a relevância dos mesmos.

A ferramenta *Expert Choice* possibilitou uma ampla visão do método AHP, fornecendo uma gama de possibilidades de modelagem e também uma fácil apresentação e interpretação dos resultados através de gráficos. Na aplicação do método, na modelagem do problema, pode-se perceber a diferença do resultado entre a aplicação do método na ferramenta com o resultado manual.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de identificar a escola de samba que obteve melhor desempenho no desfile das escolas de samba do Rio de Janeiro de 2012 analisando os quesitos de desempate, realizou-se – em um primeiro momento – uma contextualização sobre os temas: Apoio Multicritério a Decisão, suas escolas e principais métodos e os agentes de decisão a fim de embasar este trabalho para que a estruturação do problema estivesse de acordo com a teoria do método aplicado.

O método AHP permitiu transformar informações essencialmente quantitativas, em informações que proporcionaram estabelecer uma relevância entre uma escola e outra a partir da escala de Saaty, permitindo a elaboração de uma estrutura hierárquica de modo a facilitar os processos decisórios. Entretanto, a análise multicritério é altamente sensível a variações de julgamentos de valor realizadas pelos decisores, podendo pequenas alterações nos valores da decisão, alterarem completamente os resultados obtidos.

É importante ressaltar que os critérios e alternativas selecionadas como respostas do modelo desenvolvido neste trabalho, embora representem as preferências atuais dos decisores, é uma decisão baseada nas notas dadas pelos julgadores no desfile das escolas de samba do Rio de Janeiro no ano 2012 e não uma decisão que invalida o resultado do desfile, pois no modelo utilizado neste trabalho foram utilizados apenas os cinco quesitos considerados mais importantes pela Liga das Escolas de Samba do Rio de Janeiro.

Trabalhos Futuros

Tendo em vista os resultados obtidos e apresentados neste trabalho apresentam-se sugestões para a realização de trabalhos que possam ser complementares.

- Desenvolver um modelo para definir os quesitos mais importantes considerados pela Liga das Escolas de Samba de Ponta Grossa.
- Estudo sobre o desempenho das escolas de samba analisando todos os dez quesitos considerados pela LIESA no julgamento pelos jurados.

REFERÊNCIAS

ACOLET, Tatiana. Modelo de análise de crédito fundamentado no Electre Tri. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Faculdades Ibmec, 2008. Disponível em:

http://www.ibmecrj.br/sub/RJ/files/dissert_mestrado/ADM_tatianaacolet_mar.pdf

> Acesso em 25 de março de 2012.

ALMEIDA, Adiel T. de; COSTA, Ana Paula C. S. **Aplicações com métodos multicritério de apoio à decisão**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003.

ALMEIDA, Simone de. **Decisão Multicritério** - Material didático. UFPE, Pernambuco, 2008.

BARAÇAS, F. J. F.; MACHADO, J. P. A. Tomada de Decisão – O método analítico hierárquico de T.L.SATTY: princípios fundamentais e seu desenvolvimento. Instituto Politécnico de Coimbra, 2006. Disponível em: <http://prof.santana-e-silva.pt/gestao_de_empresendimentos/trabalhos_alunos/word/Met%20Analitico%20Hierarquico-Princ%20Fund_DOC.pdf> acesso em 02 de dezembro de 2011.

BELDERRAIN, M. C. N.; Silva, R. M. Considerações sobre o Método de Decisão Multicritério. In: **IX Encontro de Iniciação Científica e Pós Graduação do ITA 2005**. São Jose dos Campos. 2005.

BOUYSSOU, D. Building Criteria: A Prerequisite for MCDA. In: BANA E COSTA, C. A. **Readings in Multiple Criteria Decision Aid**. Alemanha: Springer-Verlag, 1990.

CASAROTTO FILHO, Nelson. KOPITTKÉ, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos**. São Paulo: Atlas, 1998.

FERNANDES, C. H. **Priorização de projetos hidrelétricos sob a ótica social – um estudo de caso utilizando análise custo/benefício e uma metodologia multicritério de apoio à decisão – “MACBETH”**. Dissertação (Mestrado). UFSC, Florianópolis, 1996. Disponível em: <www.eps.ufsc.br/disserta97/fernandes>. Acesso em: 23 mar de 2012.

FÜLÖP, J. Introduction to Decision Making Methods. Laboratory of Operations Research and Decision Systems, **Computer and Automation Institute**. Hungarian: Academy of Sciences, 2005.

HAIR Jr., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HEIN, Nelson; KROENKE, Adriana. **Escólios sobre a Teoria dos Conjuntos Aproximativos**. Revista CIATEC – UPF, vol.2 (1), p.p.13-20, 2010. Disponível em: < <http://www.upf.br/seer/index.php/ciatec/article/view/876/1027>> Acesso em 24 mar 2012.

GARTNER, I. R. **Avaliação ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacionais e multilaterais: evidências e propostas**. Editora Universa, Brasília. 2001.

GONÇALVES, R. W. **Métodos multicritérios como apoio à decisão em comitês de bacias hidrográficas**. Dissertação (Mestrado). UNIFOR, Fortaleza. 2001.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. de. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisão de decisões em cenários complexos**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004.

MOREIRA, R. A. **Análise multicritério dos projetos do Sebrae/RJ através do Electre IV**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc, 2007. Disponível em: <http://www.ibmecrj.br/sub/RJ/files/ADM_rogeriomoreira_set.pdf> acesso em 24 mar 2012

OLIVEIRA, E.P. **Modelo conceitual de um sistema de apoio à decisão, para gestores de logística e transporte em canais de exportação agrícola**. Tese (Doutorado em Engenharia de produção) – Departamento de pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2007.

PARREIRAS, R. O. **Algoritmos evolucionários e técnicas de tomada de decisão em análise multicritério**. Tese (Doutorado). UFMG, Belo Horizonte.

Disponível em:
<<http://www.ppgee.ufmg.br/documentos/Defesas/658/TeseRoberta.pdf>>.
Acesso em: 28 ago 2011.

RIBEIRO, Alcimar das Chagas e COSTA, Helder Gomes. **Emprego do método de análise hierárquica (AHP) na distribuição de custos indiretos: uma proposta para a pequena e média empresa.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 19, 1999, Rio de Janeiro, Anais... UFRJ, 1999.

ROSSONI, Claudio; MEIRELES, Manuel. **Decisão multicritério: uma análise dos resultados obtidos pelos métodos T-ODA e AHP.** Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. 2011. Disponível em: <
http://www.faccamp.br/madm/Documentos/producao_discente/2011/02fevereiro/ClaudioFariasRossoni/procuCAo_cientlfica.pdf> Acesso em: 24 mar 2012.

ROY, B. **Méthodologie multicritère d'aide à la decision.** Paris: Economica, 1985

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process and Health Care Problems.** New York: McGraw-Hill. 1980.

SAATY, T. **Método de análise hierárquica.** São Paulo: McGraw-Hill, 1991.

SILVA, M. C. G. da. **Utilização do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para localização de usina de reciclagem de resíduos de construção civil.** Dissertação (Mestrado). Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2012.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid.** New York: John Wiley, 1992.