

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MODELO DE APOIO À DECISÃO PARA SELEÇÃO DE
TECNOLOGIAS DE REVESTIMENTO DE FACHADAS**

Ivo Almino Gondim

Porto Alegre
Setembro de 2007

IVO ALMINO GONDIM

**MODELO DE APOIO À DECISÃO PARA SELEÇÃO DE
TECNOLOGIAS DE REVESTIMENTO DE FACHADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Engenharia na modalidade Acadêmico

Porto Alegre
Setembro de 2007

G637m Gondim, Ivo Almino

Modelo de apoio à decisão para seleção de tecnologias de revestimento de fachadas / Ivo Almino Gondim. – 2007.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2007.

Orientação: Prof. Dr. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho.

1. Revestimento de fachadas. 2. Tomada de decisão. 3. Construção civil. I. Silva Filho, Luiz Carlos Pinto da, orient. II. Título.

CDU-69:658(043)

IVO ALMINO GONDIM

**MODELO DE APOIO À DECISÃO PARA SELEÇÃO DE
TECNOLOGIAS DE REVESTIMENTO DE FACHADAS**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 10 de Setembro de 2007

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
Ph.D. pela University of Leeds, Grã-Bretanha
Orientador

Prof. Fernando Schnaid
Phd. Pela University of Oxford, Inglaterra
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz (UFRGS)
Dr. pela UFRGS

Prof. Hélio Adão Greven (UFRGS)
Dr. pela Universität Hannover, Alemanha

Prof. Jackson Sávio de Vasconcelos Silva (UECE/UNIFOR)
Dr. pela Universidade Técnica de Lisboa (UTL), Portugal

Prof. José de Paula Barros Neto (UFC)
Dr. pela UFRGS

Em especial aos meus pais José Bastos Monteiro Gondim
(*In memoriam*) e Maria Bernadete Almino Gondim e às
minhas irmãs Natália, Sarah e Lia.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, pela orientação deste trabalho, amizade, motivação e incentivo ao desenvolvimento de idéias.

Ao Prof. José de Paula Barros Neto, pelas colaborações, amizade e primeiro orientador acadêmico, ainda na fase de graduação.

Ao Prof. Luís Carlos Bonin pela orientação acadêmica durante o período de disciplinas do PPGEC, pelas colaborações ao longo da dissertação, pelos incentivos pessoais.

Ao Professor Luiz Fernando Mahlmann Heineck, pelos incentivos, amizade, contribuições bibliográficas, e sugestões.

Ao Prof. Alexandre Bertini, pela amizade e oportunidade de trabalho durante parte do período de escrita da dissertação.

Ao Prof. Jackson Sávio pelas sugestões e disposição.

Aos colaboradores das diversas fases desta pesquisa, essenciais para o desenvolvimento, Domingos Sávio e aos arquitetos Rafael, Vidal Júnior, Ramone, Francisco Hissa, Artur e Lucila Novaes, e em especial aos engenheiros Mauro Albuquerque, José Ramalho Torres, e Marciano Freitas, que colaboraram em diversas fases. Ao amigo e arquiteto Sérgio Veras, pelo auxílio na elaboração do cenário fictício.

À minha família, no nome das minhas irmãs Natália, Sarah e Lia, e em especial da minha mãe Bernadete, pela família que são e pelo apoio.

À Kelma Alves Soares, minha namorada, que torceu por mim, me deu força e esteve comigo desde o período de início da minha dissertação.

Aos familiares “Fátima e família” (Rangel, Fátima, Paulo, Fábio, Vinícius e Guga) pelo apoio recebido em Porto Alegre e pela amizade.

Um agradecimento especial aos amigos Cristóvão Cordeiro e Gugão Correia, pela amizade e apoio durante o período em Porto Alegre e momentos descontraídos compartilhados; ao colega de turma Valcir Costacurta, pela amizade; à colega Patrícia Lovato, pela amizade e pelo auxílio oferecido; ao Rodrigo Lameiras e Ângelo Márcio, pela amizade e hospedagem durante algumas idas a Porto Alegre; aos colegas e amigos do empolgante LEME; aos demais colegas e amigos do NORIE e de Porto Alegre não citados pela falta de espaço.

Aos amigos de Fortaleza, pela amizade e momentos compartilhados.

Ao CNPQ, pelo auxílio durante os primeiros meses.

Meus sinceros agradecimentos!

"O pensamento lógico pode levar você de A a B, mas a imaginação te leva a qualquer parte do Universo."

Albert Einstein

RESUMO

GONDIM, I.A. Modelo de apoio à decisão para seleção de tecnologias de revestimento de fachadas. 2007. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

O interesse em reduzir manifestações patológicas, o possível impacto sobre a satisfação dos clientes e a busca por redução de custos são alguns dos fatores que, durante as fases de projeto arquitetônico, podem tornar complexa a decisão referente à seleção de uma tecnologia de revestimento de fachada. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo propor um modelo de apoio à decisão para seleção de tecnologias de revestimento de fachadas. O desenvolvimento do trabalho envolveu quatro fases de pesquisa. Na primeira, foi realizado um estudo sobre como são tomadas as decisões, com identificação dos atores envolvidos, caracterização das diferenças entre as alternativas potenciais e definição dos contornos da problemática de decisão. Na segunda fase, estruturou-se um modelo de decisão multicritério adequado para o contexto de decisão de interesse. O modelo desenvolvido leva em conta aspectos considerados importantes por profissionais com ampla experiência e incorpora características positivas identificadas em outros modelos encontrados na prospecção da bibliografia existente na área. Em seguida, na terceira fase, foram efetuados testes de aplicação do modelo, com seis decisores, tomando como referência um cenário de decisão fictício, estabelecido levando em conta as características da cidade de Fortaleza. A captura do sistema de valores dos decisores foi efetuada através de formulários. Os resultados oriundos dos formulários, com o auxílio de *software* e planilhas eletrônicas, serviram de base para que o modelo apresentasse suas recomendações. Durante as aplicações, os resultados parciais das capturas de conhecimento eram discutidos com os participantes do teste e analisados pelo pesquisador, com o objetivo de verificar se o procedimento deveria sofrer refinamentos ou ajustes. Por fim, na quarta fase, foi realizada uma validação qualitativa do modelo, através de entrevistas e formulários nos quais se discutia se a previsão do modelo seria útil e se coadunava com as expectativas dos decisores. Os resultados obtidos indicam que existe viabilidade para aplicação do modelo proposto, pois o mesmo foi considerado útil e válido pelos decisores dentro do seu contexto de aplicação. Acredita-se que, com o desenvolvimento e aperfeiçoamento da ferramenta proposta, a mesma venha a contribuir de forma significativa para apoiar escolhas de decisores na construção civil, em especial, em situações em que existem dúvidas sobre a tecnologia mais apropriada. Mais ainda, ao estruturar o processo de decisão, a mesma permite que se discutam os parâmetros e valores que influenciam cada decisão, permitindo uma melhor reflexão e consenso entre os intervenientes.

Palavras-chave: revestimento de fachadas, seleção tecnológica, modelos multicritério de apoio à decisão.

ABSTRACT

GONDIM, I.A. Modelo de apoio à decisão para seleção de tecnologias de revestimento de fachadas. 2007. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

Decision aid model for facades cladding technologies selection

Interests in decreasing pathological manifestations, improve customers' satisfaction and promote cost reductions are important considerations that, during the design building phase, may increase the complexity of the decision regarding facades cladding technology. The main purpose of the present work is to suggest a decision aid model for technological decisions, in the choice of facades cladding technologies. The research development involved four phases. In the first one, it was studied about how decisions are taken, with stakeholders' identification, potential action characterization, and problematic definition. In the second phase, it was structured a model in accordance with context interests. The decision aid model considers aspects judged as important by experienced professionals and considers positive characteristics identified by models found in the literature of the area. In the third phase, simulation tests were realized with six decision makers, considering a fictitious project in Fortaleza city. Using formularies, individual values were captured from decision makers. The results collected with the aid of software and electronic sheets served as the basis for model recommendations. During the application of the model, partial results were discussed with decision-makers and analyzed by the researcher so that they could be refined or adjusted. Finally, in the fourth phase, a qualitative validation was carried through interviews and formularies. This phase verified if the decision aid model was considered useful and valid by decision-makers. It was shown that the proposed tool can significantly contribute to help decision makers in the selection of facades cladding technologies, especially in complex situations. More yet, it can help to structure the decision process, becoming an important the tool for discussing the parameters and values influencing decisions, and helping stakeholders to reach a consensed solution.

Key-words: facades cladding technologies; technological selection; multicriteria decision aid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de diversos patamares de decisão	28
Figura 2: Influência dos atores nos custos do ciclo de vida da edificação ao longo do tempo	29
Figura 3: Hierarquia das decisões de acordo com a abrangência.....	30
Figura 4: Relação entre níveis de decisão e horizontes de planejamento. Fonte: Adaptado de	31
Rocha Lima Jr. (1990, p.37) e Shimizu (2001, p.31).....	31
Figura 5: fatores intervenientes no processo de seleção tecnológica	33
Figura 6: Representação dos critérios considerados por Silva (1996)	35
Figura 7: Representação conceitual do modelo cognitivo de avaliação.....	37
Fonte: Detoni (1996).....	37
Figura 8: Relações entre os indicadores e os requisitos de desempenho proposta por SAN MARTIN (1999, p. 91).....	39
Figura 9: Critérios envolvidos no modelo de Souza (2003, p. 92).....	40
Figura 10: Pontos de vista fundamentais adotados por Cunha (2005)	41
Figura 11: Critérios agrupados por Medeiros (1999, p. 426).....	42
Figura 12: Critérios agrupados por Kondo (2003, p.51)	43
Figura 13: Resumo dos modelos decisórios apresentados	44
Figura 14: Grau de absorção das placas cerâmicas (ABNT, 1997).....	46
Figura 15: Fluxograma genérico dos projetos de revestimentos de fachada.....	49
Figura 16: Subsistema de Atores.....	53
Figura 17: Passos envolvidos no processo de apoio à decisão	60
Figura 18: Exemplo de árvore de decisão	65
Figura 19: Exemplo de construção de descritores.....	66
Figura 20: Exemplo de função de valor para PVF Capacidade.....	68
Figura 21: Escala de julgamentos semânticos do método <i>MACBETH</i>	69
Figura 22: Matriz de julgamentos semânticos do <i>software M-MACBETH</i>	69
Figura 23: Representação da atribuição de pontuação de acordo com o método <i>Swing Weights</i>	71
Figura 24: Exemplo de situação de questão na qual o decisor deve atribuir um julgamento semântico.....	72
Figura 25: Exemplo de matriz para obtenção das taxas de substituição	72
Figura 26: Perfil de impacto do exemplo da escolha da betoneira.....	74
Figura 27: Pontuações globais do exemplo da betoneira geradas pelo <i>software M-MACBETH</i>	75
Figura 28: Análise de sensibilidade gerada pelo <i>software M-MACBETH</i> no exemplo em questão.....	76
Figura 29: Processo de modelagem-validação apresentado por Landry et al. (1983).....	77
Figura 30: Delineamento da Pesquisa	80
Figura 31: Delineamento da Fase 2.....	83

Figura 32: Delineamento da seqüência de aplicação do modelo.....	85
Figura 33: Hierarquia da Escolha de Tecnologia.....	86
Figura 34: Diagrama de Fluxo de Dados representando o processo de Revestimento de Fachada.....	90
Figura 35: Indicações das decisões envolvidas nas diversas etapas de projeto.....	92
Figura 36: Hierarquia da Escolha de Tecnologia.....	93
Figura 37: Hierarquia do grupo de critério Benefícios.....	94
Figura 38: Hierarquia do grupo de critério Benefícios de desempenho.....	94
Figura 39: Considerações sobre os critérios envolvidos no modelo de Detoni (1996).....	96
Figura 40: Considerações sobre os critérios envolvidos na matriz de Medeiros (1999).....	97
Figura 41: Considerações sobre os critérios envolvidos na matriz de Kondo (2003).....	98
Figura 42: Considerações sobre Critérios envolvidos no modelo de Souza (2003, p. 92).....	99
Figura 43: Hierarquia do grupo de critérios “Desempenho no uso”.....	99
Figura 44: Fatores considerados importantes por engenheiros civis de turma de especialização.....	100
Figura 45: Perguntas realizadas em entrevistas semi-estruturadas.....	101
Figura 46: Critérios considerados importantes pelos entrevistados.....	102
Figura 47: Árvore de decisão para tecnologias de revestimento de fachadas.....	104
Figura 48: PVE 1.1 – Custos de aplicação.....	105
Figura 49: PVE 1.2 – Forma de pagamento.....	105
Figura 50: PVF 2 – Suporte do fornecedor.....	106
Figura 51: PVE 3.1 – Agregação de valor em elementos construtivos.....	107
Figura 52: PVE 3.2 – Nível de facilidade logística.....	107
Figura 53: PVE 3.3 – Segurança na execução.....	108
Figura 54: PVE 4.1 – Adaptação à capacidade produtiva em termos de prazos.....	108
Figura 55: PVF 4.2 – Adaptação à capacidade produtiva em termos de mão de obra.....	109
Figura 56: PVF 4.3 – Adaptação à capacidade produtiva em termos de equipamentos.....	109
Figura 57: PVE 5.1 – Status.....	110
Figura 58: PVE 5.2 – Composição estética.....	110
Figura 59: PVE 5.3 – Tradição e cultura.....	110
Figura 60: PVE 6.1 – Gravidade do acidente em caso de queda.....	111
Figura 61: PVE 6.2 – Riscos inerentes à qualidade dos componentes.....	112
Figura 62: PVF 7 – Contribuições para o conforto térmico.....	112
Figura 63: PVF 8 – Estanqueidade.....	113
Figura 64: PVE 9.1 – Resistência às expansões térmicas e por umidade.....	114
Figura 65: PVE 9.2 – Manutenção da cor.....	115
Figura 66: PVE 9.3 – Resistência à corrosão.....	115
Figura 67: PVE 10.1 – Frequência e facilidade de limpeza.....	116
Figura 68: PVE 10.2 – Manutenção preventiva.....	116

Figura 69: PVE 10.3 – Manutenção corretiva	117
Figura 70: Perfil dos decisores	118
Figura 71: Corte e planta baixa do pavimento tipo	120
Figura 72: Delineamento da seqüência de aplicação.....	121
Figura 73: Esquema representativo do procedimento utilizado na obtenção de funções de valor para os decisores A e B	122
Figura 74: Exemplo de gráfico com função de valor onde N3 possui menor valor que N2.	123
Figura 75: Esquema representativo do procedimento utilizado para obtenção taxas de substituição pelo <i>software M-MACBETH</i>	124
Figura 76: Esquema representativo do procedimento utilizado para obtenção taxas de substituição pelo método <i>Swing Weights</i> com uso de planilha eletrônica	125
Figura 77: Valores obtidos para as taxas de substituição de acordo com o decisor	126
Figura 78: Detalhe de pastilha de vidro usada em fachada	128
Figura 79: Edifício revestido com predominância de placas cerâmicas brancas no revestimento.....	129
Figura 80: Edifício em Belo Horizonte revestido com placas de granito.....	130
Figura 81: Edifício com uso de placas de porcelanato	130
Figura 82: Edifício com uso de textura acrílica na fachada	131
Figura 83: Edifício com painéis de vidro	132
Figura 84: Perfil de impacto obtido na avaliação do decisor C.....	133
Figura 85: Perfil de impacto por grupo de ponto de vista (Decisor C)	137
Figura 86: Pontuação dos pontos de vistas relativos a benefícios (Decisor C).....	138
Figura 87: Pontuação dos pontos de vistas relativos a benefícios considerando-se todos os decisores	138
Figura 88: Análise custo x benefícios para o decisor C	139
Figura 89: Valor global das ações potenciais para o decisor C	140
Figura 90: Valor global das ações potenciais considerando-se todos os decisores	141
Figura 91: Valor global das ações potenciais considerando-se todos os decisores	142
Figura 92: Valor global das ações potenciais considerando-se todos os decisores	142
Figura 93: Comentários relatados nas perguntas referentes às validades conceitual e lógica.....	143
Figura 94: Comentários relatados nas perguntas referentes à validade experimental.....	144
Figura 95: Comentários relatados nas perguntas referentes à validade experimental.....	144
Figura 96: Comentários relatados nas perguntas referentes à validade experimental.....	145
Figura 97: Comentários relatados nas perguntas referentes à validade conceitual e lógica.....	146

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados dos indicadores obtidos por Mello (2004, p. 127).	39
Tabela 2: Matriz de avaliação proposta por Landry et al. (1983)	87
Tabela 3: Resultados da avaliação do nível de impacto dos decisores.....	135
Tabela 4: Resultados da avaliação do modelo pelos decisores	146

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	18
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA E JUSTIFICATIVA	21
1.3 QUESTÕES DE PESQUISA	23
1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA	23
1.4.1 Objetivo Principal.....	23
1.4.2 Objetivos Específicos	23
1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	24
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2 A SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	25
2.1 DEFINIÇÕES BÁSICAS	25
2.1.1 Tecnologia	25
2.1.2 Inovação	26
2.1.3 Seleção Tecnológica	27
2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS DECISÕES TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	28
2.2.1 Os níveis de decisão	28
2.2.2 Fatores condicionantes para a seleção tecnológica.....	31
2.3 MODELOS RELACIONADOS ÀS DECISÕES TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	34
2.3.1 Metodologia para seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custos ao longo da vida útil (SILVA, 1996).....	34
2.3.2 Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão para definição de características de projetos de construção (DETONI, 1996) – Aplicação em revestimentos de piso.....	36
2.3.3 Método de Avaliação de Tecnologias de Edificação para a Habitação de Interesse Social sob o ponto de vista da Gestão de Processos de Produção (SAN MARTIN, 1999)	38
2.3.4 Metodologia de Análise e Seleção de Inovações Tecnológicas para Construção de Edifícios (SOUZA, 2003).....	40
2.3.5 Ferramenta de apoio à decisão na escolha de coberturas dos edifícios de grandes vãos (CUNHA, 2005)	41
2.3.6 Decisões de tecnologias de revestimento de fachadas – Ferramentas utilizadas por Medeiros (1999) e por Kondo (2003).....	42

2.3.7 Considerações sobre os modelos apresentados	43
2.4 ASPECTOS SOBRE AS DECISÕES RELATIVAS ÀS TECNOLOGIAS DE REVESTIMENTO DE FACHADAS.....	45
2.4.1 Conceitos e classificações	45
2.4.2 Fatores condicionantes para a seleção de revestimentos	47
2.4.3 O revestimento durante as fases de projeto	48
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
3 APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO	51
3.1 INTRODUÇÃO.....	51
3.2 FUNDAMENTOS DO APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO.....	52
3.2.1 Os Atores	52
3.2.2 Incorporação de valores subjetivos dos decisores	54
3.2.3 Problemáticas de referência.....	55
3.2.4 Problemáticas da avaliação absoluta e relativa de ações.....	56
3.2.5 Classificação dos métodos multicritérios quanto à origem	57
3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
4 DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DE APOIO À DECISÃO	60
4.1 IDENTIFICAÇÃO DO CONTEXTO DECISÓRIO.....	61
4.2 ESTRUTURAÇÃO	61
4.2.1 Técnicas de auxílio à estruturação.....	63
4.2.2 Passos envolvidos na estruturação.....	63
4.3 MODELAGEM DE PREFERÊNCIAS DOS DECISORES.....	67
4.3.1 Obtenções das funções de valor	67
4.3.2 Obtenções das taxas de substituição.....	70
4.4 AVALIAÇÃO DAS AÇÕES POTENCIAIS E RECOMENDAÇÕES	73
4.4.1 Avaliação das ações potenciais e identificação do perfil de impacto.....	73
4.4.2 Análise de Sensibilidade.....	75
4.5 VALIDAÇÃO	76
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
5 MÉTODO E FASES DE PESQUISA	79
5.1 MÉTODO E CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISA.....	79
5.2 FASES DE PESQUISA.....	80
5.2.1 Fase 1: Identificação do Contexto Decisório.....	81

5.2.2 Fase 2: Estruturação do modelo	82
5.2.3 Fase 3: Aplicação do modelo	84
5.2.4 Fase 4: Validação	86
6. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA E RESULTADOS	88
6.1 RESULTADOS DA FASE 1: IDENTIFICAÇÃO DO CONTEXTO DECISÓRIO	88
6.1.1 Caracterização do contexto de decisão	88
6.1.2 As decisões envolvidas ao longo do projeto arquitetônico.....	91
6.2 RESULTADOS DA FASE 2: ESTRUTURAÇÃO DO MODELO.....	93
6.2.1 Fontes de evidência utilizadas na estruturação do modelo decisório	93
6.2.1.1 Análise Custo-benefício	93
6.2.1.2 Interesses dos intervenientes	94
6.2.1.3 Critérios captados em fontes bibliográficas	95
6.2.1.4 Critérios captados em formulários e entrevistas semi-estruturadas.....	100
6.2.1.5 Elaboração de descritores	102
6.2.1.6 Considerações sobre os critérios escolhidos pelo modelo como PVFs.....	103
6.2.2 O modelo construído	103
6.2.2.1 Custos (PVF 1);	105
6.2.2.2 Suporte do fornecedor (PVF 2);	106
6.2.2.3 Facilidade de execução (PVF 3).....	106
6.2.2.4 Adaptação à capacidade produtiva (PVF 4)	108
6.2.2.5 Satisfação Psicológica ou Satisfação de Estima (PVF 5).....	109
6.2.2.6 Segurança (PVF 6)	111
6.2.2.7 Contribuições para o conforto térmico (PVF 7)	112
6.2.2.8 Estanqueidade (PVF 8).....	113
6.2.2.9 Conservação das propriedades ao longo do tempo (PVF 9).....	114
6.2.2.10 Manutenibilidade (PVF 10)	115
6.2.3 Considerações finais sobre a fase 2	117
6.3 RESULTADOS DA FASE 3: APLICAÇÃO DO MODELO.....	118
6.3.1 O perfil dos decisores	118
6.3.2 Cenário apresentado	119
6.3.3 Modelagem de preferências.....	121
6.3.3.1 Obtenção das funções de valor	122
6.3.3.2 Obtenção das taxas de substituição	124
6.3.4 Avaliação das ações potenciais.....	127

6.3.4.1 Caracterização das ações potenciais consideradas no modelo	127
6.3.4.2 Resultado da avaliação das ações	132
6.4 RESULTADOS DA FASE 4: VALIDAÇÃO DO MODELO	143
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	147
7.1 COMENTÁRIOS FINAIS	147
7.2 CONCLUSÕES FRENTE AOS OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES	149
7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	150
REFERÊNCIAS	152
APÊNDICES	156
APÊNDICE 1: Formulário aplicado em turma de especialização.....	157
APÊNDICE 2: Roteiro utilizado para direcionamento das entrevistas	160
APÊNDICE 3: Conjunto de níveis de impacto e descritores utilizados de acordo com a seqüência de aplicação.....	162
APÊNDICE 4: Tabelas com valores obtidos referente às funções de valor	168
APÊNDICE 5: Gráficos obtidos na análise de sensibilidade das taxas de substituição.....	170
APÊNDICE 6: Questionário utilizado para entrevista sobre validação do modelo.....	173

1 INTRODUÇÃO

A motivação desta pesquisa decorre, principalmente, da constatação da escassez de pesquisas científicas relacionadas ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de métodos de apoio à decisão na seleção de Tecnologias de Revestimento de Fachadas na Construção Civil, em especial, nas situações de alta complexidade e incerteza. Neste capítulo será feita uma breve abordagem da importância deste tema, justificando seu estudo. Além disto, serão definidos os objetivos propostos para a pesquisa e apresentada a estrutura proposta para o trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

O aumento da competitividade entre as organizações tem se intensificado bastante nas últimas décadas, em especial a partir dos anos 90. Este aumento, aliado à introdução de novas tecnologias no mercado, à difusão de programas de gestão da qualidade, à maior exigência dos clientes, entre outros fatores, têm contribuído para o aumento da complexidade de tomadas de decisão na Construção Civil. Neste novo cenário, o tempo gasto para se tomar uma decisão pode significar a diferença entre a geração de uma vantagem competitiva e a perda de mercado.

Souza (2003) argumenta que a introdução de inovações tecnológicas nas empresas de construção de edifícios pode ser um indutor de mudanças que possibilitem a melhoria da competitividade. Mas o aumento de alternativas de materiais e técnicas implica na necessidade de um melhor entendimento de suas vantagens e limitações, e no desenvolvimento de um processo estruturado de seleção tecnológica.

Tradicionalmente, a adoção e a utilização de novas tecnologias na Indústria da Construção tem sido um processo lento e pouco estruturado, gerando conseqüências negativas para a produtividade e para a inovação, como explicam Mitropoulos e Tatum (1999).

Segundo Gann (2000), o problema é que, nas organizações de construção civil, as competências técnicas não são usualmente organizadas de maneira coerente para explorar os benefícios de novas tecnologias, havendo poucos investimentos em P&D. De acordo com este autor, a seleção de alternativas construtivas envolve diferentes níveis de burocracia e pode encontrar obstáculos técnicos consideráveis, como a necessidade de novas tecnologias sujeitarem-se a regulamentações voltadas para o uso de tecnologias tradicionais.

Mesmo quando não há burocracia e regulamentações em excesso, a introdução de novas tecnologias ainda esbarra em dificuldades de avaliação das vantagens oferecidas. De acordo com Souza (2003),

existem inovações que alegam atender às expectativas de mercado, porém não se tem certeza quanto à eficácia das mesmas.

Dada a complexidade do processo construtivo, a avaliação do retorno de investimentos em novas técnicas, na forma de aumento da lucratividade, frequentemente não é fácil de ser identificado ou quantificado. Em alguns casos, o retorno no investimento pode levar anos para ocorrer, como no caso de algumas tecnologias de economia de energia. Como resultado, ambientes de seleção tecnológica na construção civil se caracterizam por uma alta complexidade e incerteza, o que normalmente leva ao emprego de métodos ineficientes de escolha da tecnologia a empregar (GANN, 2000). Não é raro que tais decisões acabem sendo tomadas de forma intuitiva. Algumas vezes são governadas simplesmente por razões de cunho emocional, outras somente por considerações estéticas e arquitetônicas, de forma que não há uma análise técnica mais profunda de sua aplicabilidade e eficiência.

Analisando-se a literatura técnica associada à área da construção civil, observa-se que, embora seja possível identificar muitas pesquisas relacionadas à avaliação de desempenho de novas tecnologias, poucas tem focado o processo decisório de forma global, especialmente em situações de alta complexidade. De acordo com Mitropoulos e Tatum (1999), o entendimento sobre como as organizações de construção tomam decisões sobre novas tecnologias ainda é muito limitado, e muitas questões permanecem:

- Como surge a necessidade por mudanças tecnológicas?
- Como os gerentes selecionam e justificam novas tecnologias?
- A inovação é direcionada pelos objetivos da organização, forças internas, atores externos ou acontece de acordo com as condições ambientais?
- Como os gerentes lidam com as incertezas envolvidas na adoção de uma nova tecnologia?

Sobre essas questões, Souza (2003) argumenta que:

Levando-se esses questionamentos para a realidade do nosso país, observa-se a necessidade de encontrar respostas para as mesmas perguntas, sugerindo que na maioria dos casos, não há objetividade no processo decisório quanto à escolha de tecnologias. Evidentemente, não se pretende afirmar que, quando da adoção de uma nova tecnologia, as empresas construtoras não façam nenhuma análise prévia. O problema que se infere é que a análise, provavelmente, não se trata de uma análise sistêmica, que leve em consideração o levantamento das reais necessidades e objetivos da adoção da inovação, o estabelecimento de critérios de seleção, a busca e/ou o desenvolvimento de alternativas, a avaliação sistemática das alternativas e a consideração dos riscos.

O exame desta situação indica, de forma clara, a necessidade de criação e desenvolvimento de modelos de decisão mais eficientes para suporte do processo de seleção tecnológica. Vale ressaltar, todavia, que, de acordo com Shimizu (2001), modelos de tomada de decisão completos ou perfeitamente representativos do mundo real são difíceis de ser formulados ou manipulados. Isso ocorre tanto devido às dificuldades para extração e modelagem do conhecimento sobre todos os diferentes aspectos que afetam o problema, e suas inter-relações, quanto devido às limitações computacionais para implementação de modelos muito complexos.

Para Shimizu (2001), os gerentes adotam um padrão simplificado do mundo, formado por um determinado número de alternativas de escolha que influenciam mais fortemente um certo problema e contentam-se em achar a solução mais satisfatória dentro deste limites. Na construção civil, dada a natureza altamente variável do processo produtivo, a estratégia decisória não é diferente. O desafio proposto para este trabalho é justamente verificar se o uso de técnicas de construção de modelos estruturados pode auxiliar a desenvolver ferramentas capazes de formalizar e dar suporte ao processo decisório, facilitando a tarefa e permitindo que se discuta as bases para cada decisão.

Para auxiliar a atingir tal objetivo buscou-se verificar qual o suporte existente na literatura, sob forma de trabalhos anteriores que abordassem questões similares. No Brasil, pode-se destacar alguns trabalhos desenvolvidos, que focam a introdução e avaliação de novas tecnologias. Barros (1996) aborda uma metodologia para implantação de Tecnologias Construtivas Racionalizadas sem, no entanto, abordar modelos decisórios. Por sua vez, Duarte (1982); San Martin (1999) e Mello (2004) realizam avaliações de tecnologias construtivas para habitações utilizando enfoques específicos, tais como a avaliação da industrialização na construção (DUARTE, 1982; MELLO, 2004) e a avaliação sob o ponto de vista da gestão dos processos (SAN MARTIN, 1999; MELLO, 2004). Apesar dos subsídios gerados por estes métodos para a apoiar uma eventual seleção tecnológica, um modelo de decisão deve adotar uma visão mais ampla, levando em conta vários parâmetros, de diferentes naturezas, que vão definir a escolha da nova tecnologia, que pode variar de acordo com os interesses do cliente e dos condicionantes de cada situação específica.

Estudos abordando a escolha tecnológica, levando em conta aspectos de diferentes naturezas e de forma global, foram desenvolvidos por Silva (1996); Detoni (1996); Souza (2003); Cunha (2005). O estudo de Silva (1996) apresenta uma metodologia de seleção tecnológica de sistemas construtivos aplicada a habitações envolvendo o conceito de custos ao longo da vida útil. Por sua vez, Detoni (1996) trata de um modelo para decisões projetuais para escolhas de revestimento de piso. Souza (2003) estabelece uma metodologia de análise e seleção de inovações tecnológicas, testando o mesmo em um exemplo de escolha de vedações internas de edifícios. Por fim, Cunha (2005) estabelece um modelo de apoio à decisão para seleção de tecnologias de cobertura de edifícios.

Um fato comum a estes últimos quatro trabalhos citados é que todos utilizaram métodos Multicritério de Apoio à Decisão para a estruturação de seus modelos decisórios. De acordo com Gomes et al. (2002), estes métodos buscam representar o processo de decisão, tentando incorporar os julgamentos de valores dos agentes, na intenção de acompanhar a maneira como se desenvolvem as preferências, e entendendo o processo como aprendizagem. Entende-se que modelos desta natureza podem auxiliar os tomadores de decisão a externalizar e discutir suas preferências, em especial nas situações de incerteza e alta complexidade.

Dentre os trabalhos identificados que desenvolveram aplicações com abordagem multicritério para subsídio de escolhas tecnológicas em diferentes campos da construção civil, nenhum apresenta enfoque específico para a seleção de tecnologias de fachadas. Como discutido em maior detalhe no próximo item, este é um sub-sistema importante nas construções modernas, devido ao custo, importância no desempenho térmico e estanqueidade, valor estético e alta incidência de patologias (com alto risco aos transeuntes devido à queda de material por falha parcial ou total de elementos). A seleção de um sistema adequado de revestimento de fachada pode ser crucial para garantir uma adequada comercialização, satisfação do cliente e bom desempenho de uma edificação. É adotado então como tema da presente pesquisa, um estudo sobre modelos decisórios, baseado na abordagem multicritério, para auxílio à tomada de decisão nas escolhas de tecnologias de revestimento de fachada.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA E JUSTIFICATIVA

A escolha de tecnologias de Revestimento de Fachada pode ser considerada uma das decisões tecnológicas mais complexas da construção civil.

Além do desempenho técnico necessário, a fachada funciona como uma vitrine do empreendimento (considerando-se um edifício de múltiplos pavimentos, por exemplo) e um cartão de visitas da organização, afetando a imagem da empresa com clientes atuais e potenciais. Entre as várias funções das fachadas, podem-se citar (CAMPANTE, 2003):

- Proteção dos elementos de vedação dos edifícios;
- Auxílio às vedações no cumprimento de suas funções, tais como: isolamento térmico e acústico, estanqueidade à água;
- Regularização da superfície dos elementos de vedação;

- Acabamento, cumprindo funções estéticas, de valorização econômica e as relacionadas com o uso do edifício.

Quando uma dessas funções não é cumprida, sérios danos podem ocorrer à imagem do empreendimento e das empresas envolvidas na construção. É o que ocorre quando há um grande índice de queda de placas cerâmicas de revestimento, por exemplo. De acordo com Souza et al. (2004), estes deslocamentos têm se tornado freqüente não só em edificações antigas, como também em edificações novas. Além disso, outros fatores negativos derivados desta situação podem ser citados, tais como o risco de acidentes envolvendo transeuntes e o alto custo de operações de recuperação em zonas de difícil acesso. Ou seja, o custo de uma decisão equivocada, neste âmbito, pode ser alto.

A fim de diminuir os riscos de problemas derivados da escolha de uma alternativa de revestimento inadequada, é necessário que os atores da tomada de decisão ajam de forma coerente, analisando todos os critérios necessários a uma boa escolha, em especial os responsáveis pelas escolhas mais onerosas. Normalmente, esse tipo de decisão cabe ao projetista (DELL'ISOLA, 1982). No caso das decisões tecnológicas de revestimentos de fachadas, as decisões ocorrem ao longo do tempo, iniciando-se no projeto arquitetônico de fachada, continuando no projeto executivo. Outras decisões são ainda tomadas no sentido de suporte tecnológico, como as envolvidas em um projeto específico para produção ou em uma consultoria sobre controle tecnológico.

Muitas das decisões mais importantes ocorrem durante a concepção do empreendimento. Já no estudo preliminar, uma das primeiras fases do projeto arquitetônico, normalmente se tem a definição de diversas características da fachada. A escolha definitiva vai ter que se conformar a estes requisitos, sendo normalmente resultado de um processo de negociação entre cliente, arquiteto e executor.

Para subsidiar esta escolha, diversos parâmetros deveriam ser considerados, tais como custos, desempenho no uso, estética, domínio da tecnologia pela empresa, entre outros. Ao mesmo tempo, é necessário considerar as características das inúmeras alternativas que se encontram disponíveis no mercado: painéis pré-fabricados de fachada, painéis de vidro, fachadas ventiladas, revestimentos argamassados, entre outros. Isto conduz a um processo decisório com elevado nível de complexidade, o que justifica a realização de maiores estudos sobre ferramentas de apoio à decisão para seleção de qual a melhor alternativa, em termo de tecnologias de revestimento de fachadas, para uma determinada situação. Com a formalização de modelos de apoios à decisão nesta área, espera-se contribuir para a elucidação dos principais critérios de escolha empregados pelos decisores, e com o desenvolvimento de ferramentas úteis que auxiliem os responsáveis a realizar escolhas mais acertadas para satisfação de todos os atores envolvidos.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Com base nas discussões dos itens anteriores definiu-se, como questão principal de pesquisa para o presente trabalho: “É possível criar um modelo multicritério de apoio à decisão que possa colaborar para melhorar e sistematizar o processo de seleção de tecnologias de Revestimento de Fachada?”

A partir desta questão principal, podem-se enumerar algumas questões específicas:

- a) Como ocorrem as decisões relativas à escolha de Tecnologias de Revestimento de Fachada em edifícios? Quais os passos e atores envolvidos?
- b) Quais os critérios mais relevantes que devem ser levados em conta neste processo decisório?
- c) Como elaborar um modelo decisório útil para este tipo de escolha?

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

Nos itens a seguir são apresentados o objetivo principal e os objetivos secundários deste trabalho.

1.4.1 Objetivo Principal

Propor um modelo de apoio à decisão para a escolha de Tecnologias de Revestimento de Fachada.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar como ocorrem as decisões tecnológicas, considerando-se os passos e atores envolvidos nas decisões tecnológicas de fachadas;
- Identificar os critérios mais importantes nas decisões tecnológicas sobre o Revestimento de Fachada;
- Estruturar um modelo de apoio à decisão baseado na abordagem Multicritério de Apoio à Decisão e realizar testes de aplicação.

1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

A primeira delimitação diz respeito ao fato de que a presente pesquisa foi realizada em Fortaleza-CE. Todos os profissionais que colaboraram com o estudo residiam nesta cidade e estavam familiarizados com os métodos construtivos e tecnologias de fachada comuns nesta região do país. Além disto, a situação hipotética criada para servir de referência durante a aplicação do modelo decisório considerou um exemplo de empreendimento e um contexto de aplicação típicos de Fortaleza.

Outro aspecto se refere à abrangência do modelo decisório desenvolvido. As decisões envolvidas no escopo do modelo limitam-se às escolhas e especificações ocorridas durante as fases de projeto arquitetônico.

Por fim, o modelo elaborado restringe-se à avaliação de características das tecnologias. Desta forma, não envolve a avaliação do projeto arquitetônico do empreendimento. Ou seja, limita-se avaliar as propriedades dos revestimentos de acordo com o sistema de valores dos decisores.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho divide-se em sete capítulos, estando estruturado da seguinte forma:

No Capítulo 1, além da apresentação do tema e justificativa da pesquisa, são apresentadas as questões de pesquisa, os objetivos propostos para o trabalho e sua estrutura.

O Capítulo 2 aborda a questão da seleção de tecnologias na construção civil. Apresenta as definições básicas, relata as decisões típicas observadas nas organizações de construção civil, e apresenta alguns modelos decisórios envolvendo decisões relacionadas à questão tecnológica.

O Capítulo 3 apresenta uma revisão bibliográfica sobre a abordagem multicritério de apoio à decisão. O mesmo discute os principais fundamentos envolvidos.

O Capítulo 4 apresenta a seqüência de apoio à decisão, baseada na literatura, adotada nesta pesquisa.

O Capítulo 5 apresenta o método de pesquisa utilizado nesta dissertação.

Já o Capítulo 6 descreve os resultados obtidos no desenvolvimento de cada uma das etapas de pesquisa.

Por fim, o Capítulo 7 trata das considerações finais e sugestões para futuros trabalhos.

2 A SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Neste capítulo discute-se o contexto envolvido na seleção tecnológica na construção civil. Inicialmente são apresentados os principais conceitos relativos ao tema. Em seguida são discutidos os principais fatores envolvidos na seleção de tecnologias. Por fim, aborda-se o processo de tomada de decisão nas organizações de Construção Civil.

2.1 DEFINIÇÕES BÁSICAS

Nesta seção são apresentados os conceitos de tecnologia, inovação e seleção tecnológica. Tais conceitos são importantes para a compreensão e contextualização da questão relativa à seleção tecnológica na Construção Civil, e para a compreensão dos termos adotados ao longo do trabalho.

2.1.1 Tecnologia

Sabbatini (1989, p. 47) propõe o conceito de tecnologia como “[...] um conjunto sistematizado de conhecimentos empregados na criação, produção e difusão de bens e serviços”. Segundo o mesmo, o conceito compreende o estudo sistemático dos “instrumentos, ferramentas e máquinas empregadas nos diversos ramos da técnica; dos gestos e tempos de trabalho; dos custos; dos materiais; e da energia empregada”.

Pode-se dizer que “[...] a tecnologia caracteriza um determinado estágio de conhecimento em uma determinada cultura. Desta maneira, é passível de evolução à medida que os conhecimentos científicos avançam e podem ser agregados às técnicas anteriormente estabelecidas”, como explica Barros (1996, p. 28).

Para Silva (2002, p. 3), uma versão mais generalizada do conceito de tecnologia poderia ser “um sistema através do qual a sociedade satisfaz as necessidades e desejos de seus membros”. Esse sistema engloba equipamentos, programas, pessoas, processos, organização e finalidade de propósito. Neste contexto, um produto é o artefato da tecnologia, que pode ser um equipamento, programa, processo, ou sistema, o qual, por sua vez, pode ser parte do meio ou sistema contendo outra tecnologia.

No caso específico da construção civil, entende-se que a tecnologia está ligada ao conhecimento técnico que, de forma sistematizada, procura satisfazer as necessidades dos atores internos e externos

envolvidos no processo de produção de obras civis. Isto envolve desde o conhecimento das ferramentas e equipamentos necessários para execução dos serviços até todos os procedimentos necessários para concepção, dimensionamento, produção e difusão de bens e serviços. Ou seja, a tecnologia, neste contexto, pode ser representada por um projeto, um processo construtivo, um equipamento ou um material.

2.1.2 Inovação

De acordo com Zaltman et al. (1973), citados em Mitropoulos e Tatum (1999), a inovação é definida como uma idéia, prática, ou artefato material percebido como novo para a organização que a adota. Visão semelhante é adotada por San Martin (1999), que adota como definição do conceito a introdução de novo produto, processo ou serviço no mercado. O autor ressalta ainda a diferença para o termo invenção, que envolve a criação de uma nova idéia para um produto, processo ou serviço.

No contexto da construção civil, Sabbatini (1989, p. 51) define, como inovação tecnológica:

Um novo produto, método, processo ou sistema construtivo introduzido no mercado, constitui-se em uma inovação tecnológica na construção de edifícios quando incorporar uma nova idéia e representar um sensível avanço na tecnologia existente em termos de: desempenho, qualidade ou custo do edifício, ou de uma sua parte.

Por sua vez, Barros (1996, p.59), particularizando para o caso específico do processo construtivo tradicional, apresenta o seguinte conceito para a inovação tecnológica no processo de produção de edifícios:

É um aperfeiçoamento tecnológico, resultado de atividades de pesquisa e desenvolvimento internas ou externas à empresa, aplicado ao processo de produção do edifício objetivando a melhoria de desempenho, qualidade ou custo do edifício ou de uma parte do mesmo.

No presente trabalho adotou-se, como definição para o conceito de inovação tecnológica, a adoção de um método, processo, ou sistema construtivo, percebido como 'novo' pela empresa que o adota. No caso específico relacionado ao processo de produção de edifícios, corrobora-se com o conceito de Barros (1996).

2.1.3 Seleção Tecnológica

A seleção tecnológica consiste em um processo de tomada de decisão que envolve a avaliação de uma série de aspectos do produto que influenciam seu desempenho e custo, tais como quais os materiais e componentes utilizados, sua composição, características e inter-relações (SAN MARTIN, 1999).

O processo de tomada de decisão pode ser definido como uma série de ações que se inicia por um estímulo para ação e termina com o comprometimento em agir (MINTZBERG et al., 1976 apud MITROPOULOS E TATUM., 1999).

Apesar da existência de métodos que visam dar suporte a decisões técnicas, não é comum a utilização de um método sistematizado de análise como base do processo de seleção tecnológica. De acordo com ABITANTE (1998, apud JACQUES, 2000), a seleção tecnológica configura-se como um processo de caráter hierárquico e que envolve desde decisões globais, como a escolha de tecnologia pelo agente promotor do empreendimento, até aspectos bastante específicos, como a determinação do desempenho técnico esperado para os diferentes componentes da edificação, de responsabilidade de construtores e projetistas.

Subentende-se que a seleção tecnológica poderia ser conceituada como um processo decisório, de análise sistêmica, relativo à escolha de uma tecnologia.

Para Silva (1996), a metodologia de seleção tecnológica é um instrumento de suporte ao processo decisório necessário durante a fase de planejamento e projeto de edificações, e envolve a escolha de materiais, componentes, elementos, subsistemas e sistemas construtivos. Ainda de acordo com esta autora, como todos os processos decisórios, a seleção tecnológica envolve riscos e incerteza. A adoção de uma metodologia estruturada tem por função básica propiciar uma modelagem adequada das alternativas que os agentes tomadores de decisão devem analisar, consolidando cenários e reduzindo o grau de subjetividade da avaliação envolvida no processo de seleção.

No presente trabalho será discutida a elaboração de um modelo de apoio à decisão tecnológica que se caracteriza por tentar levar em conta os diferentes interesses dos intervenientes envolvidos. Tal modelo, apesar de se restringir às decisões envolvidas nas fases de concepção e projeto do empreendimento, leva em conta desde aspectos estratégicos até operacionais. Entre estes aspectos, podem-se citar custos, facilidade de execução e desempenho do revestimento, entre outros.

2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS DECISÕES TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nesta seção, são apresentadas algumas considerações sobre as decisões tecnológicas na construção civil. Inicialmente são apresentados os níveis de decisão e em seguida são relatados alguns fatores condicionantes para a seleção de tecnologias na construção civil.

2.2.1 Os níveis de decisão

As organizações se encontram freqüentemente diante de problemas de decisão. Alguns são resolvidos de forma simples, enquanto outros apresentam maior complexidade, riscos e incertezas. Esses problemas podem ocorrer em diversas atividades, de vários patamares, e envolver diferentes decisores. As conseqüências também podem ser as mais variadas possíveis.

Para Rocha Lima Jr. (1990), a decisão tomada em um determinado patamar na organização envolve uma determinada abrangência, o que induz uma diretriz para as decisões de patamares inferiores, que deverão complementá-la, e assim sucessivamente até que se atinja o nível da ação direta, ou da produção do bem ou serviço. Esta situação é exemplificada na figura 1.

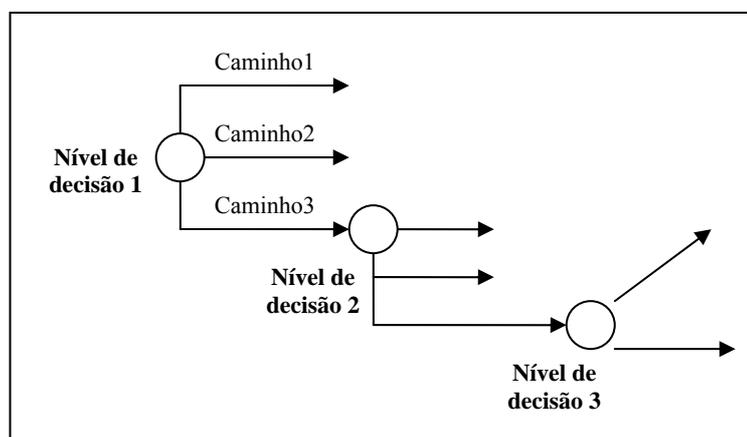


Figura 1: Exemplo de diversos patamares de decisão
Fonte: Rocha Lima Jr. (1990)

Conforme pode ser observado na figura 1, as conseqüências do nível de decisão 1 geram o problema de decisão de nível 2 e suas alternativas. Quanto mais informação o decisor tiver sobre o seu problema, maior a chance de obter sucesso ao longo deste percurso.

Este tipo de situação pode ser observada na construção civil. As diferentes decisões de projeto de um empreendimento podem gerar diferentes problemas de decisão ao longo da cadeia de produção da edificação. A especificação de um sistema estrutural em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, por exemplo, gera diferentes demandas de decisão quanto à logística, aquisição de equipamentos e escolhas de fornecedores, comparada à especificação de um sistema estrutural em aço.

Considerando-se um empreendimento imobiliário, verifica-se que nas fases iniciais de decisão estão as maiores oportunidades para a redução de custos. De acordo com Dell'Isola (1982), normalmente os projetistas são os atores que possuem maior poder de impacto nos custos. A figura 2 ilustra o poder de impacto nos custos de vários grupos, envolvidos ao longo do tempo nas decisões relativas a um certo empreendimento.

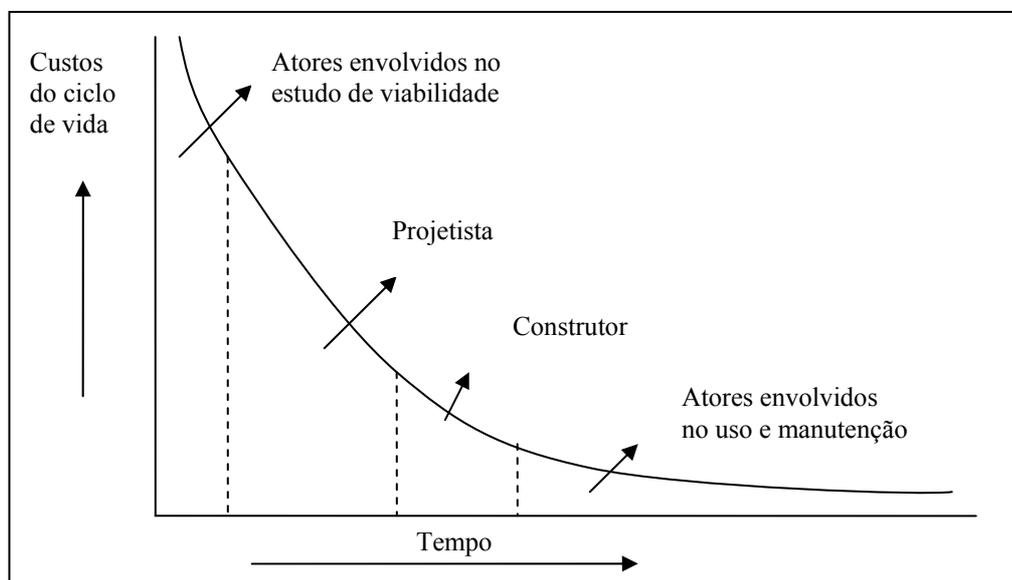


Figura 2: Influência dos atores nos custos do ciclo de vida da edificação ao longo do tempo
Fonte: adaptação de Dell'Isola (1982)

Haja vista os diversos níveis, e suas várias abrangências, envolvidos ao longo de um processo decisório, se faz necessário estabelecer uma classificação para estes níveis. Para Rocha Lima Jr. (1990), as decisões de uma empresa, inclusive as de construção civil, podem ser subdivididas em três escalas hierárquicas: nível estratégico, nível tático e operacional, tal qual pode ser observado na figura 3. Conforme indicado na figura, as decisões de caráter estratégico correspondem a um nível de maior abrangência. Este tipo de decisão normalmente está associado aos primeiros níveis de decisão, temporal ou hierarquicamente falando, enquanto que as decisões de caráter operacional corresponderiam aos últimos níveis.

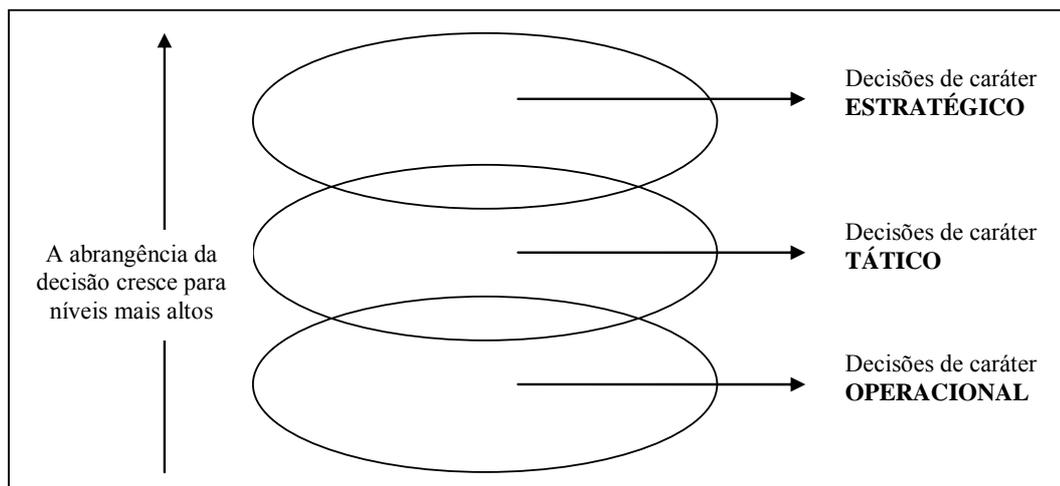


Figura 3: Hierarquia das decisões de acordo com a abrangência
 Fonte: Rocha Lima Jr. (1990)

Com relação à decisão de se empregar uma nova tecnologia, Barros (1996, p. 167) salienta que:

A decisão de se empregar uma nova tecnologia poderá ser tomada em qualquer um dos níveis decisórios, à medida que exista alguém que detenha a informação de como alterar racionalmente um determinado serviço ou processo. Ou seja, a mudança tecnológica nos métodos construtivos adotados pela empresa poderá ocorrer tanto a partir de um processo que nasce de uma decisão no nível estratégico (*“top-down”*), como de uma decisão que ocorre no nível tático ou mesmo operacional (*“bottom-up”*).

A autora referida acima ressalta, ainda, que, a decisão tomada em nível operacional tende a ser localizada, não afetando outros setores da empresa, enquanto que as decisões de nível estratégico costumam ter uma maior abrangência na organização. Como exemplo, cita que a adoção de bisnagas de argamassa para produção de alvenaria em uma determinada obra seria tipicamente uma decisão operacional. Já a adoção de guias em todas as obras de uma empresa seria uma decisão estratégica. O nível tático, intermediário entre os outros dois, poderia ser exemplificado por um gerente de obra solicitando uma grua para um certo canteiro de obras.

Shimizu (2001) associa alguns prazos típicos a cada nível de decisão (vide figura 4). Estes prazos, de uma forma geral, são compatíveis com os cronogramas comumente considerados em empreendimentos de construção civil. De acordo com o tipo de situação considerada estes tempos podem variar, pois cada setor possui características específicas. A figura 4 estabelece uma relação entre o nível de decisão e algumas decisões de planejamento de um empreendimento de construção civil (ROCHA LIMA JR., 1990), correlacionando as mesmas com os prazos considerados por Shimizu (2001).

Níveis:	Decisões de planejamento:	Horizonte de tempo (SHIMIZU, 2001)
ESTRATÉGICO	Planejamento dos investimentos - Política	2 a 5 anos
TÁTICO: Escolha do objeto de ação	Planejamento do Produto	Alguns meses a até 2 anos
TÁTICO: Escolha dos processos de produção	Planejamento dos sistemas de produção	
OPERACIONAL	Programação da produção	Alguns dias ou alguns meses

Figura 4: Relação entre níveis de decisão e horizontes de planejamento.
Fonte: Adaptado de Rocha Lima Jr. (1990, p.37) e Shimizu (2001, p.31)

Considerando a figura apresentada verifica-se que as decisões relacionadas à tecnologia de revestimento de fachadas, objeto de estudo desta dissertação, fazem parte do grupo de decisões relacionadas ao planejamento do produto, o que pode ser associado ao nível tático de uma empresa. No entanto, ao se considerar a decisão sobre a possibilidade de uso de um modelo decisório na em toda a empresa, esta apresenta um caráter estratégico.

Já quando se considera o empreendimento como referencial, e não a organização, as decisões tecnológicas quanto ao sistema de fachadas utilizado, tomadas durante as fases de concepção do empreendimento, podem vir a ser tratadas como estratégicas.

Outra consideração importante a ser ressaltada diz respeito à abrangência das decisões tecnológicas relativas à fachada. Por se tratar de uma decisão normalmente incumbida ao projetista, no início do planejamento do empreendimento, essa escolha possui impacto em todos os demais níveis subsequentes. Analisando sob outro prisma, os resultados desta decisão são de interesse para diversos atores. Deste modo, é importante uma análise criteriosa de sua escolha, a fim de evitar grandes custos e problemas nos níveis posteriores.

2.2.2 Fatores condicionantes para a seleção tecnológica

Souza e Sabbatini (2004) salientam que, na área de construção, existem algumas ferramentas que podem e devem ser utilizadas na avaliação de inovações tecnológicas, como é o caso da análise de desempenho. Para estes autores, a avaliação do desempenho é necessária para a decisão sobre a

utilização de uma inovação, porém não pode ser tomada como único critério de decisão, pois o problema é muito mais complexo.

De fato, em alguns casos, o atendimento a requisitos de desempenho se constitui em um importante critério para a aceitação ou financiamento de sistemas construtivos, tais como indicam os requisitos de desempenho utilizados durante as aprovações de projetos habitacionais pela CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, principal órgão de financiamento habitacional no país. Todavia, para San Martin e Formoso (1998), a avaliação de sistemas através da análise do atendimento a critérios de desempenho técnico, como resistência ao fogo, conforto térmico e durabilidade, não pode ser o único aspecto a ser considerado. Os autores defendem a idéia de que é necessário considerar, ainda, os efeitos que novas tecnologias podem exercer sobre a função produção.

Silva (1996), analisando o problema de forma ampla, cita uma série de aspectos que estabelecem condições para a elaboração do projeto e planejamento do empreendimento, com repercussão sobre a tomada de decisão envolvida na seleção tecnológica:

- A natureza e o papel do agente promotor do empreendimento;
- A origem e os fatores condicionantes do emprego de recursos;
- O grau de intervenção dos usuários da edificação no processo de produção;
- O nível de renda dos adquirentes e sua real capacidade de pagamento (como condicionante dos preços finais possíveis e de como estes condicionam os custos);
- As estratégias de competição dos agentes envolvidos;
- A forma de organização do processo de elaboração de projetos: as responsabilidades, o grau de integração entre os diversos projetistas e a forma de contratação dos serviços;
- O período de separação entre a fase de projeto e a fase de uso da edificação;
- A cultura própria da indústria da construção civil, no sentido da utilização de sistemas de informações integrados para os vários agentes da cadeia produtiva;
- O grau de conhecimento e de utilização de normas técnicas na fabricação de produtos e como instrumento de especificação;
- As normas de desempenho para produtos inovadores e para alguns produtos já consagrados pelo uso, assim como normas de projeto e execução de serviços;

- A legislação de licitações e os procedimentos dos órgãos públicos promotores e financiadores de obras de edificações para a avaliação de projetos e contratação de serviços de desenvolvimento de projeto e execução de obras;
- A legislação urbana quanto às características construtivas das edificações.

Tais aspectos estão relacionados aos fatores apresentados na figura 5, que ilustra os aspectos estratégicos fundamentais na determinação de uma tecnologia apropriada de produção.

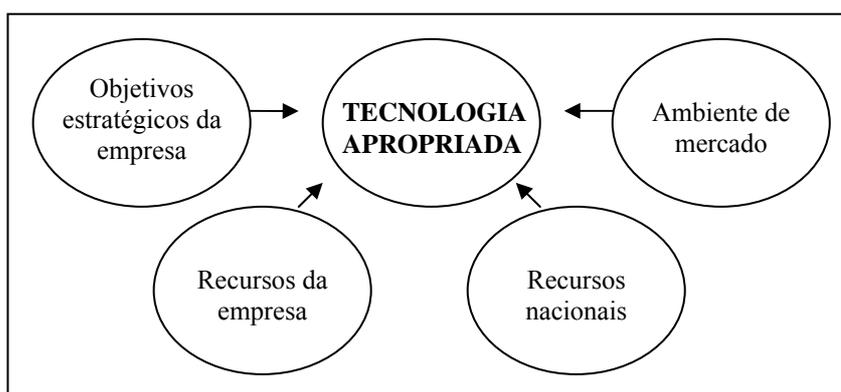


Figura 5: fatores intervenientes no processo de seleção tecnológica
Fonte: (Grant et al., 1991, apud San Martín, 1999)

De acordo as explicações de San Martín (1999) sobre o modelo da figura 5, os objetivos estratégicos podem se enquadrar em três direções: liderança em custo, busca da diferenciação, ou ainda mudança das características do mercado com auxílio de novas tecnologias. Os recursos da empresa referem-se aos recursos financeiros, capacidade do corpo técnico, e a estrutura organizacional da empresa. Já os recursos nacionais compreendem o contexto econômico e cultural do país, tais como as características de mão de obra disponível e os indicadores socioeconômicos. Por fim, o ambiente de mercado envolve o tamanho do lote de produção, a variação da demanda e a estabilidade entre a empresa e os clientes.

Tratando ainda desse tipo de decisão, Souza (2003) cita que os conhecimentos acerca da seleção de tecnologias na indústria da construção civil são limitados, pois, como afirmam Mitropoulos e Tatum (1999), “[...] os pesquisadores da área de construção têm investigado as barreiras, os processos e as condições para a inovação tecnológica, mas não têm examinado o processo de tomada de decisões”.

A análise de Souza (2003) sobre o trabalho de Mitropoulos e Tatum (1999) levou o primeiro a ressaltar que, embora exista uma limitação de escopo em função do fato de que foram usados exemplos pouco comuns na indústria da construção civil brasileira, os resultados aos quais os autores chegaram permitem inferir alguns pontos de interesse que podem ser explorados em uma metodologia de avaliação e seleção de inovações tecnológicas:

- A pequena ocorrência do enfoque totalmente racional evidencia que as decisões relativas à seleção de inovações tecnológicas são geralmente tomadas sem um cuidado metodológico consistente;
- É necessário identificar as incertezas envolvidas na tomada da decisão, especialmente as incertezas relativas ao custo;
- É importante determinar quais as ações preventivas que podem maximizar a probabilidade de sucesso e as ações que minimizam as conseqüências de falhas;
- Deve-se considerar o nível hierárquico das tomadas de decisão envolvidas na seleção de inovações tecnológicas.

Estes aspectos representam pontos importantes que devem ser considerados em um modelo decisório. Esta forma de abordagem deve orientar a concepção de modelos e métodos direcionados à seleção tecnológica, objetivo final desta dissertação, conforme salientado no Capítulo 1.

Como referência para esta iniciativa buscou-se identificar, na literatura da área, modelos desta natureza, discutidos a seguir. Devido aos critérios envolvidos e às especificidades da construção civil brasileira, foram abordados somente modelos desenvolvidos no Brasil.

2.3 MODELOS RELACIONADOS ÀS DECISÕES TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O exame da literatura nacional identificou algumas publicações que apresentam modelos decisórios desenvolvidos para auxiliar em escolhas tecnológicas associadas à construção de edificações.

Esta subseção tem por objetivo apresentar as características principais de alguns modelos desenvolvidos por diferentes autores, a fim de subsidiar a escolha de um modelo adequado ao estudo desta dissertação.

2.3.1 Metodologia para seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custos ao longo da vida útil (SILVA, 1996)

Silva (1996) aborda em seu trabalho o desenvolvimento de uma metodologia para seleção tecnológica. A mesma é aplicada para seleção de sistemas construtivos empregados para habitação popular. Para

fins desta aplicação, a autora identifica uma lista de necessidades dos usuários e agentes de produção envolvidos. Essas necessidades foram estruturadas na forma de requisitos e critérios, cujos pesos são atribuídos, de forma hierárquica, através de um método multicritério, denominado teoria da utilidade multiatributo¹. A figura 6 ilustra esta estruturação.

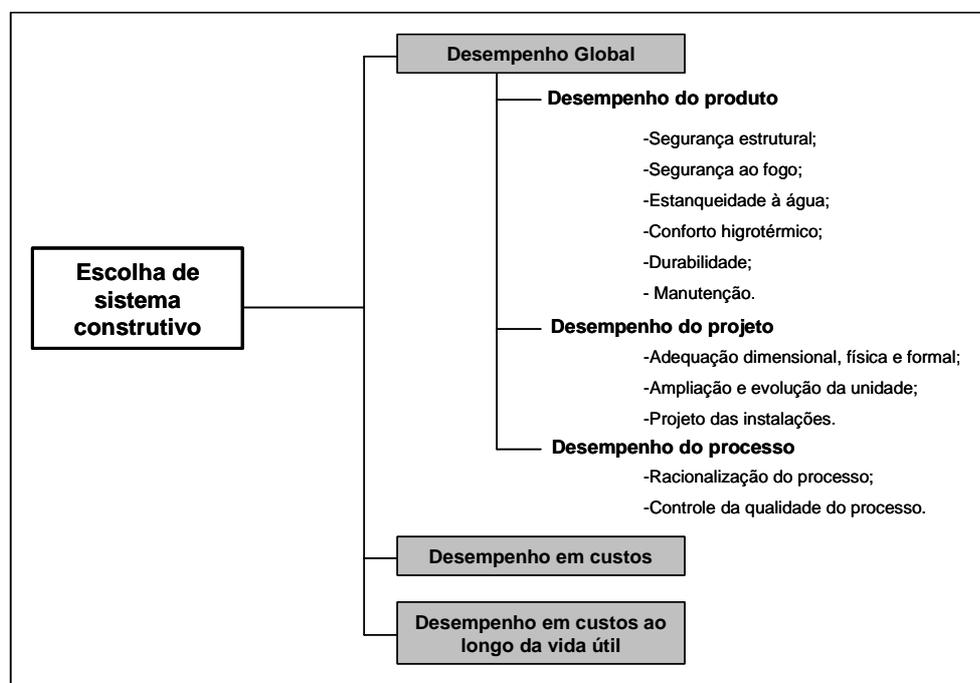


Figura 6: Representação dos critérios considerados por Silva (1996)

Conforme se observa na figura 6, para analisar o desempenho global são considerados um grande número de critérios. O desempenho do produto envolve diversos requisitos de desempenho, sendo a principal preocupação a satisfação do cliente externo, ou seja, o usuário. Já os itens relativos ao desempenho do processo estão associados aos agentes envolvidos diretamente na produção das unidades (clientes internos). O desempenho em termos de custos de produção e custos ao longo da vida útil são analisados separadamente.

Com relação ao sistema de atribuição de valor das alternativas, em relação a cada critério, Silva (1996) estabelece um sistema de pontuação com a seguinte forma:

- Classe A – Alto desempenho – 300 pontos;
- Classe B – Médio desempenho – 200 pontos;
- Classe C – Baixo desempenho – 100 pontos.

¹ Consiste em um dos primeiros métodos de apoio à decisão multicritério. De acordo com Gomes et al. (2004), essa teoria assume que o tomador de decisão, com a ajuda de um analista, é capaz de identificar várias

Desta forma, a pontuação final para o resultado é obtida através dos seguintes passos:

- (“Pontuação obtida para desempenho do produto” x peso deste critério) + (“Pontuação obtida para desempenho do projeto” x peso deste critério) + (“Pontuação obtida para desempenho do processo” x peso deste critério) = Pontuação obtida para desempenho global.
- (“Pontuação obtida para desempenho global” x peso deste critério) + (“Pontuação obtida para desempenho em custos” x peso deste critério) + (“Pontuação obtida para desempenho em custos ao longo da vida útil” x peso deste critério) = Pontuação obtida para o resultado final.

O método proposto por Silva (1996) pode ser entendido como uma forma inovadora de realizar decisões tecnológicas de forma objetiva. Entre os seus méritos, pode-se destacar o fato de que o mesmo leva em conta os interesses de diversos agentes (projetistas, construtores e cliente, entre outros), contribuindo para uma maior satisfação tanto dos clientes internos como externos. Entre as dificuldades associadas ao método, pode-se citar a provável dificuldade do decisor em estabelecer os pesos para os critérios, assim como a possibilidade de se encontrar dificuldades para identificação dos níveis de baixo, médio, e alto desempenho para cada uma das alternativas.

2.3.2 Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão para definição de características de projetos de construção (DETONI, 1996) – Aplicação em revestimentos de piso

A metodologia proposta por esta autora foi concebida para permitir a avaliação de tecnologias de revestimento de piso e suas influências nas características do projeto. Na aplicação realizada, foram considerados os interesses dos clientes.

A estruturação da ferramenta proposta foi baseada na abordagem multicritério e contou com uso do método *MACBETH*. Este enfoque recebe a denominação de *MCDA (Multicriteria Decision Aid)* (ENSSLIN et al., 2001). Os critérios empregados, denominados de pontos de vista, foram agrupados em dois grupos: custos e benefícios. A figura 7 ilustra, de forma estruturada, os pontos de vista considerados pela autora.

alternativas discretas para serem avaliadas e é capaz de estruturar os critérios pelos quais as alternativas serão avaliadas de uma maneira hierárquica.

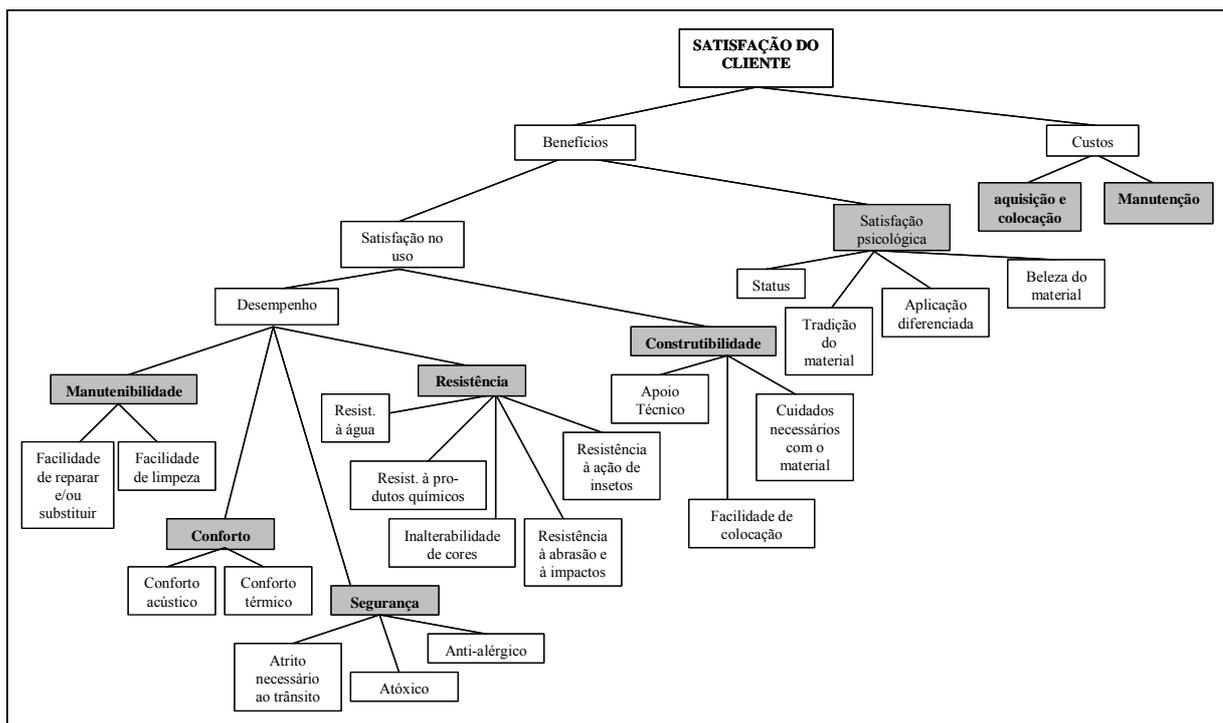


Figura 7: Representação conceitual do modelo cognitivo de avaliação
Fonte: Detoni (1996)

Os retângulos em cinza representam os pontos de vista denominados Pontos de Vista Fundamentais (PVFs). Para cada um deles foram definidos níveis de impacto e descritores para avaliação das ações. Enquanto os níveis de impacto representam níveis de avaliação dentro de um PVF, o descritor corresponde a um conjunto de descrições que possibilitam ao decisor identificar o nível de impacto de uma ação.

Com base em uma escala de julgamentos semânticos² dos decisores (baseada em níveis de diferença de atratividade fraca, moderada, forte, entre outras), constrói-se, para cada descritor, uma escala cardinal de preferência com o auxílio do *software* *MACBETH*.

Com a definição dos níveis de impacto BOM (que recebe pontuação igual a 100) e Neutro (que recebe pontuação igual a 0), é possível estabelecer funções de valor para as preferências dos decisores. Estas funções apresentam um valor de atratividade de cada nível de impacto. O *software* é usado ainda na determinação das taxas de substituição (que corresponde aos pesos estabelecidos) para os vários pontos de vista.

² Este tipo de escala considera uma lista de possibilidades nas qual o decisor deve estabelecer seu julgamento. No caso do *MACBETH*, os julgamentos devem ser realizados julgando a diferença de atratividade entre duas ações considerando-a fraca, moderada, forte, entre outras.

As ações consideradas, ou alternativas, correspondem a vários tipos de revestimentos de piso, sendo o objeto de aplicação uma residência unifamiliar. Por fim, é realizada uma análise de sensibilidade a fim de verificar a coerência de julgamentos dos decisores.

O modelo desenvolvido pela autora apresenta méritos por utilizar a abordagem MCDA. O julgamento semântico torna mais simples a atribuição de valores pelos decisores. Além disso, a determinação de funções de valor faz com que as pontuações, obtidas em cada critério pelas alternativas, correspondam à expectativa real do decisor, tornando o modelo mais confiável.

Em relação aos aspectos negativos, observa-se uma certa dificuldade de aplicação do modelo em alguns casos de larga escala, tais como edifícios habitacionais com unidades customizadas. Neste caso específico, seria necessário realizar o julgamento com cada cliente proprietário, exigindo-se julgamentos individuais para cada unidade de apartamento.

2.3.3 Método de Avaliação de Tecnologias de Edificação para a Habitação de Interesse Social sob o ponto de vista da Gestão de Processos de Produção (SAN MARTIN, 1999)

O método desenvolvido por San Martin (1999) tem como objetivo a avaliação de tecnologias de edificação voltadas à construção de habitações de baixo custo.

A avaliação é realizada sob o ponto de vista da gestão dos processos de produção. Através da contribuição de especialistas, e de uma revisão bibliográfica fortemente baseada na análise dos princípios da construção enxuta, foram estabelecidos indicadores para avaliação das diversas tecnologias de produção habitacional de baixo custo.

Além da aplicação efetuada pelo autor em dois sistemas construtivos, o método foi aplicado por Mello (2004), em sete sistemas construtivos sob análise da Caixa Econômica Federal. Um resumo das características de qualidade consideradas, dos requisitos de desempenho, e das suas representações através dos indicadores, é apresentado na figura 8.

Para cada indicador mencionado na figura 8, é estabelecida uma forma de apresentação. Em grande parte, os indicadores são obtidos através de medições realizadas em uma ferramenta denominada um diagrama de precedências. Desta forma, a maior parte dos indicadores é obtida de forma quantitativa, através de fórmulas. Devido ao enfoque desta breve apresentação do modelo de San Martin (1999) envolver uma discussão sobre a forma de pontuação envolvida, os significados dos indicadores não serão apresentados com maiores detalhes.

Características da qualidade considerada	Requisitos de desempenho correspondentes	Indicadores para medição
Mão de obra polivalente	- Possibilitar um nível mais baixo e homogêneo de habilidade exigida pelas operações intrínsecas.	GHMO
Menor habilidade exigida da mão de obra		
Condições ergonômicas de trabalho	- Utilizar elementos construtivos mais leves.	PEC
Formação de parcerias	- Possibilitar o fornecimento freqüente de recursos por um número menor de fornecedores.	IVM
Tecnologia com sistema fechado de produção	- Utilizar menor número de materiais diferentes.	IVM
Utilização dos mesmos materiais básicos		
Adaptabilidade em diferentes regiões	- Não depender de fornecedores e materiais específicos de uma dada região.	GDM
Redução das atividades que não agregam valor	- Padronizar componentes com maior valor agregado.	GPAE, EDP
Simplificação	- Padronizar componentes e métodos de trabalho.	GPAE, GPO
	- Tornar processos mais independentes uns dos outros;	GIP, EDP
	- Reduzir o número de etapas em obra;	GPAE
Aumento da transparência	- Separar processos em unidades de produção focalizadas.	GSP, EDP
Redução da variabilidade	- Padronizar componentes e métodos de trabalho.	GPAE, GPO

Figura 8: Relações entre os indicadores e os requisitos de desempenho proposta por SAN MARTIN (1999, p. 91).

Entre os aspectos positivos, ressalta-se o caráter inovador do trabalho em avaliar tecnologias sob o ponto de vista de gestão dos processos, de forma bem detalhada, com os requisitos de desempenho especificados de forma criteriosa. Além disso, esse tipo de avaliação, ao longo do tempo, pode resultar em um banco de dados, com resultados de avaliações realizadas, auxiliando o tomador de decisão.

Por outro lado, como desvantagens inerentes ao modelo, ressalta-se a dificuldade em se avaliar os resultados dos indicadores como bons ou ruins, por um observador não habituado ao método. Por exemplo, considerando-se os resultados obtidos por Mello (2004), e explicitados na tabela 1, observa-se a dificuldade de se avaliar qual seria o melhor resultado. Em alguns indicadores a diferença numérica é baixa, trazendo uma dificuldade para que o decisor possa avaliar se esta diferença é relevante ou não. Por exemplo, na tabela 1, no indicador EDP, a diferença entre a pontuação obtida para a tecnologia BP e CE é de 0,39. Surge então a seguinte questão: até que ponto essa diferença é significativa para a diferenciação entre as duas alternativas?

Tabela 1: Resultados dos indicadores obtidos por Mello (2004, p. 127).

Indicador	Resultados das tecnologias							
	CF	RB	MOA	QH	GFH	BP	CE	ST
EDP	0,803	0,806	0,813	0,704	0,839	0,764	0,803	0,731
IFR	0,824	0,770	0,731	0,370	0,394	0,753	0,667	0,520
GIP	0,980	0,959	0,940	0,911	0,934	0,969	0,942	0,910
GSP	0,306	0,277	0,40	0,451	0,526	0,270	0,431	0,262
IVM	2,227	1,741	2,229	1,821	1,676	1,75	1,548	1,605
GPO	0,735	0,847	0,860	0,962	0,815	0,836	0,743	0,829

Outra dificuldade consiste na ausência de uma pontuação global para o modelo, através do estabelecimento de pesos sugerindo a importância de cada indicador na escolha final, segundo o ponto de vista considerado.

2.3.4 Metodologia de Análise e Seleção de Inovações Tecnológicas para Construção de Edifícios (SOUZA, 2003)

A metodologia proposta por Souza (2003) foi concebida para auxiliar na seleção de inovações tecnológicas para a construção de edifícios. No entanto, não são apresentadas restrições quanto à seleção de tecnologias que não apresentam caráter inovador. Desta forma, pode-se considerar que a metodologia é adequada para aplicação em qualquer caso. Os critérios do modelo foram estruturados de forma hierárquica, formando três grupos de critérios, como apresentado na figura 9.

Custos	Benefícios	Riscos
<ul style="list-style-type: none"> - custos de desenvolvimento: <ul style="list-style-type: none"> custos necessários para o desenvolvimento e adaptação das soluções; - custos de implantação <ul style="list-style-type: none"> custos necessários para a implantação das soluções; - custos de execução <ul style="list-style-type: none"> custos de execução referentes aos materiais e mão-de-obra; 	<ul style="list-style-type: none"> - benefícios técnicos <ul style="list-style-type: none"> de desempenho; de racionalização construtiva; de construtibilidade; de integração sistêmica; de cumprimento de prazos; de produtividade; - benefícios de mercado <ul style="list-style-type: none"> imagem da empresa; vantagem competitiva; - benefícios econômicos <ul style="list-style-type: none"> retorno do investimento; fluxo de caixa; - benefícios organizacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> - riscos técnicos; - riscos de mercado; - riscos econômicos; - riscos organizacionais; - riscos de avaliação e implantação.

Figura 9: Critérios envolvidos no modelo de Souza (2003, p. 92)

Para a ponderação dos critérios e das alternativas, foi utilizado o Método de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchy Process* – AHP), criado por Thomas Saaty (SAATY, 1991) que emprega julgamentos semânticos para formar uma escala de preferências (igualmente preferível, moderadamente preferível, entre outros). Neste método, as alternativas são avaliadas de forma comparativa, considerando cada critério dos níveis inferiores, utilizando-se o mesmo procedimento utilizado para obtenção dos pesos dos critérios. Souza (2003) aplicou o método para tomada de decisão sobre o uso de vedações de gesso acartonado ou alvenaria convencional. Através da consideração de dois cenários, com diferentes modelagens de preferências dos decisores, o referido autor obteve, como melhor solução no primeiro caso, o gesso acartonado. Na segunda situação, a preferência recaiu sobre a alvenaria convencional.

Dentre as características positivas do modelo, verifica-se que o mesmo emprega critérios genéricos, que poderiam ser aplicados para a seleção de outras tecnologias. Além disto, a explicitação do sistema de valores do decisor na forma semântica facilita o seu julgamento e análise.

Entre as dificuldades, pode-se citar a falta de uma avaliação qualitativa das alternativas. No caso de uma avaliação comparativa realizada pelo método AHP, tem-se que uma solução se apresenta mais adequada que outra. No entanto, não há avaliações que indiquem se a solução está dentro (acima ou abaixo) das expectativas do decisor.

2.3.5 Ferramenta de apoio à decisão na escolha de coberturas dos edifícios de grandes vãos (CUNHA, 2005)

Assim como no caso do modelo proposto por Detoni (1996), Cunha (2005) utiliza a abordagem MCDA na elaboração e aplicação de seu modelo. O método *MACBETH* foi utilizado na maior parte dos julgamentos. No modelo construído são consideradas somente as variáveis tecnológicas e ambientais, além das variáveis associadas aos custos. Os pontos de vista considerados se encontram explicitados na figura 10.

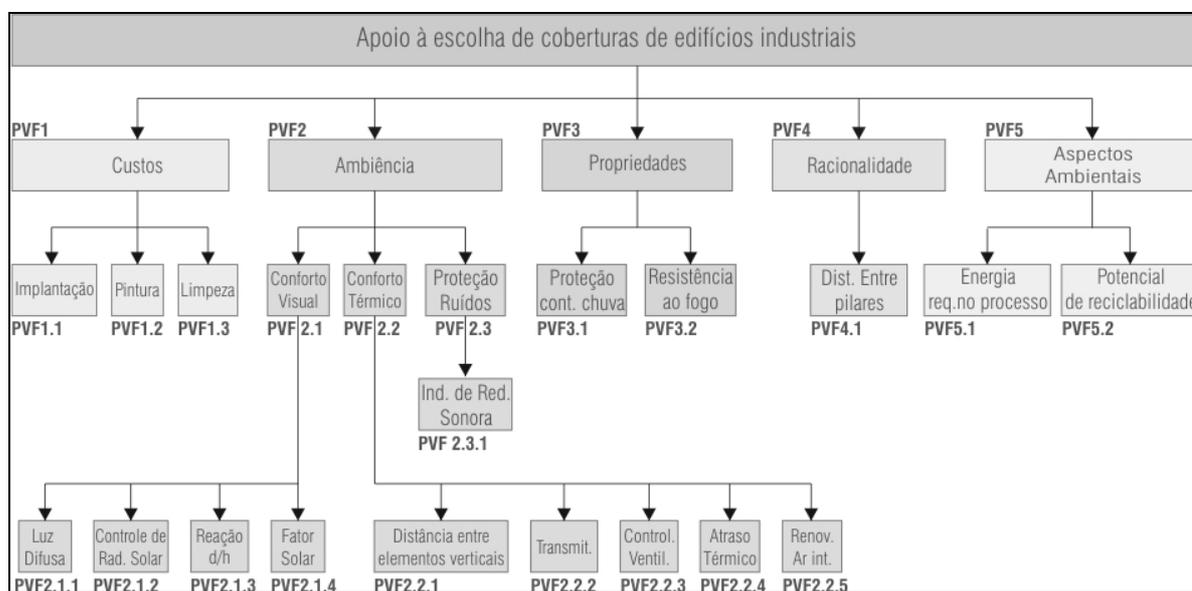


Figura 10: Pontos de vista fundamentais adotados por Cunha (2005)

Assim como o modelo de Detoni (1996), o modelo de Cunha (2005) apresenta diversas vantagens advindas do emprego da metodologia MCDA, assim como diversas das desvantagens associadas à mesma.

Em relação aos demais critérios estruturados, o modelo apresenta pontos de vista com descritores bem fundamentados. As dificuldades se concentram na falta de critérios para avaliação global, tais como os relacionados a processos produtivos. Vale ressaltar, todavia, que o escopo de avaliação foi delimitado pelo autor e, teoricamente, poderia ser expandido para considerar outras dimensões de valor.

2.3.6 Decisões de tecnologias de revestimento de fachadas – Ferramentas utilizadas por Medeiros (1999) e por Kondo (2003)

Como parte de um estudo maior sobre revestimentos cerâmicos de fachada, Medeiros (1999), em sua tese de doutorado, realiza uma aplicação de uma planilha para subsidiar a escolha desse tipo de revestimento. O modelo é formado por uma matriz de decisão, na qual cada critério recebe pesos, sendo que as alternativas recebem pontuação de 1 a 5, em relação a cada critério. A pontuação final é dada pela soma das pontuações individuais, multiplicadas por seus respectivos pesos.

Medeiros propõe uma aplicação do modelo considerando como alternativas: grês cerâmico, semi-grês cerâmico, litocerâmica, pastilhas de porcelana, pastilhas de vidro e grês porcelanato. A lista de critérios levados em conta encontra-se explicitada na figura 11.

Grupos de critérios	Critérios
Natureza Intrínseca do material	Expansibilidade térmica;
	Expansibilidade higroscópica;
	Permeabilidade à água e ao vapor;
	Resistência ao manchamento superficial;
	Resistência ao congelamento;
	Capacidade de deformação;
Aplicabilidade	Ajustabilidade às variações dimensionais da fachada;
	Facilidade de execução;
	Produtividade na execução;
	Visibilidade de defeitos geométricos a longa distância;
Manutenabilidade	Vulnerabilidade ao grafitismo e ao vandalismo;
	Vulnerabilidade às sujidades presentes no ar;
	Facilidade de limpeza e manutenção;
	Facilidade de recolocação e substituição;
	Manutenção da aparência ao longo do tempo;
Estética	Possibilidade de cores e texturas diferentes;
	Facilidade de composição de padrões;
	Manutenção da aparência ao longo do tempo;
Suporte do fornecedor	Qualidade do suporte e assistência técnica;
	Garantia de fornecimento;
	Disponibilidade de mercado;
Custo	Custo inicial;
	Custo de manutenção/ expectativa de problema;
	Valorização econômica do imóvel;
Segurança	Gravidade de acidente em caso de descolamento da placa;
	Exigência e cumprimento de normalização;
	Garantia de defeitos da placa;
	Garantia do revestimento aplicado.

Figura 11: Critérios agrupados por Medeiros (1999, p. 426)

Kondo (2003) também realizou uma aplicação do método, com algumas adaptações. No seu estudo, a escolha foi realizada entre revestimentos de diferentes naturezas. Foram avaliados revestimentos cerâmicos; com argamassa decorativa cimentícia, e com placas pétreas. A estruturação dos critérios usados por ele foi a apresentada na figura 12.

Grupos de critérios	Critérios
Custo	Custo inicial de implantação;
	Custo de manutenção;
	Acréscimo da valorização econômica do imóvel;
Aspectos mercadológicos	Predominância de uso na faixa de mercado;
	Influência cultural;
	Valorização estética, coerência cromática e formal;
Durabilidade	Exposição em condições adversas;
	Facilidade de substituição de parte do revestimento;
	Facilidade de limpeza;
	Manutenção da aparência na vida útil;
Execução	Produtividade;
	Facilidade de execução;
	Oferta de mão de obra;
	Logística;

Figura 12: Critérios agrupados por Kondo (2003, p.51)

Pode-se constatar que estes modelos apresentam, de forma simples, procedimentos para escolhas de tecnologias de revestimentos de fachadas. Como grande vantagem, pode-se relacionar sua rápida aplicação. Como dificuldades, podem-se relatar as relacionadas ao estabelecimento de valores numéricos de pesos e avaliações que correspondam ao sistema de valores do decisor, e a dificuldade de avaliar qualitativamente as alternativas (necessitando-se recorrer a especialistas), já que o modelo não propõe sugestões para isso.

2.3.7 Considerações sobre os modelos apresentados

Analisando-se de forma comparativa os vários modelos discutidos neste capítulo, observa-se a existência de algumas diferenças importantes entre eles, em termos das características consideradas e da natureza dos passos envolvidos na sua aplicação. Alguns modelos, mais refinados, exigem um maior número de passos até a obtenção do resultado final, enquanto outros são de aplicação mais rápida. De forma geral, à exceção do método de San Martin (1999), todos os demais modelos apresentados buscam considerar aspectos de interesse dos diversos intervenientes envolvidos. Um aspecto interessante a ser observado é a utilização formal da abordagem multicritério adotada por vários dos modelos. Enquanto Silva (1996) utiliza a teoria da utilidade multiatributo, Detoni (1996) e Cunha (2005) fazem uso do método *MACBETH*. Já Souza (2003) utiliza o método de Análise Hierárquica (AHP) para construção do seu modelo. Observa-se que os modelos que utilizam este tipo de abordagem, apesar de mais complexos, são capazes de representar de forma mais precisa o sistema de valores dos decisores.

Um resumo das principais características dos diversos modelos é apresentado na figura 13.

Autor	Foco de aplicação:	Base do modelo:	Vantagens inerentes ao modelo:	Desvantagens inerentes ao modelo:
Silva (1996)	Escolha de sistemas construtivos para habitação de interesse social.	Teoria da utilidade multiatributo	-Resultados de avaliação global e qualitativa das ações;	-Dificuldade de operacionalização no estabelecimento de valores;
Detoni (1996)	Definição de características de projetos de construção (Escolha de tecnologias de revestimento de piso)	MCDA, com auxílio do <i>software Macbeth</i>	-Resultados de avaliação global e qualitativa das ações; -Julgamentos através de escala semântica;	-Grande quantidade de passos envolvidos nos julgamentos de valores; -Dificuldade de aplicação em larga escala.
San Martin (1999)	Avaliação de sistemas construtivos para habitação de interesse social.	Indicadores baseados em fórmulas matemáticas	-Possibilidade de formação de banco de dados dos indicadores; - Caráter inovador.	-Dificuldade na avaliação qualitativa dos resultados dos indicadores; -Falta de forma de avaliação global; -Escopo limitado, pois trata apenas de gestão de processos.
Souza (2003)	Seleção de inovações tecnológicas na produção de edifícios (aplicação para sistema de vedação)	Método de Análise Hierárquica (AHP)	-Avaliação comparativa entre as ações; -Julgamentos através de escala semântica;	-Não existência de avaliação absoluta das alternativas.
Cunha (2005)	Escolha de coberturas em edifícios	MCDA, com auxílio do <i>software Macbeth</i>	-Resultados de avaliação global e qualitativa das ações; -Julgamentos através de escala semântica;	-Grande quantidade de passos envolvidos nos julgamentos de valores;
Medeiros (1999)	Escolha de tipo de revestimento cerâmico de fachada	Matriz de decisão	-Rapidez devido ao reduzido número de passos necessários.	- Necessidade de especialistas para avaliação.
Kondo (2003)	Escolhas de revestimento para fachada	Matriz de decisão	-Rapidez devido ao reduzido número de passos necessários.	- Necessidade de especialistas para avaliação.

Figura 13: Resumo dos modelos decisórios apresentados

Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação aos critérios considerados pelos diversos autores para definir o valor de cada alternativa, observa-se que grande parte deles se repete em todos os modelos. A diferença ocorre na quantidade, na forma de estruturação, e na consideração de alguns critérios específicos inerentes a cada contexto. A exceção a esta característica ocorre somente no método proposto por San Martin (1999). Como o escopo, neste caso, está limitado à gestão de processos, o autor emprega uma série de critérios bastante específicos.

Considerando-se a questão de seleção de tecnologias de revestimento de fachada, objeto de estudo desta dissertação, somente os modelos apresentados por Medeiros (1999) e por Kondo (2003) tratam especificamente deste contexto. Porém, apesar de serem ferramentas bastante úteis, eles não explicitam ao decisor, de forma objetiva, como realizar a avaliação em cada critério, demandando um especialista para sua avaliação.

2.4 ASPECTOS SOBRE AS DECISÕES RELATIVAS ÀS TECNOLOGIAS DE REVESTIMENTO DE FACHADAS

A fim de contribuir para uma melhor contextualização das decisões relativas à seleção de tecnologias de revestimento de fachadas, nos subitens a seguir são apresentados alguns aspectos importantes a serem considerados neste processo decisório. Inicialmente são abordados alguns conceitos e classificações. Em seguida são discutidos alguns fatores importantes para a seleção dos revestimentos. Por fim, discute-se a relevância e natureza das decisões que devem ser tomadas durante a fase de projeto.

2.4.1 Conceitos e classificações

De acordo com Gehbauer et al. (2002), os elementos básicos que conformam as fachadas são as paredes externas com seus revestimentos e as janelas. Por sua vez, os revestimentos de fachada podem ser definidos como as camadas que recobrem as vedações de um edifício. Os mesmos apresentam importantes funções, dentre as quais podem-se citar:

- Proteger a construção das influências do meio externo (GEHBAUER et al., 2002);
- Auxiliar às vedações no cumprimento de suas funções, tais como: isolamento térmico e acústico, estanqueidade à água e aos gases, dentre outras (CAMPANTE, 2001, p.24);
- Servir como acabamento final, cumprindo funções estéticas, de valorização econômica e as relacionadas com o uso do edifício (CAMPANTE, 2001, p.24);
- Manter-se íntegro ao longo da vida útil do edifício [(PERRY; WEST, 1994) apud (MEDEIROS, 1999, p. 36)];
- Satisfazer os custos previstos no empreendimento [(PERRY; WEST, 1994) apud (MEDEIROS, 1999, p. 36)];

A fim de atender adequadamente a essas funções, diversos tipos de revestimento são utilizados na construção civil. Dada sua grande diversidade, diversas classificações para os mesmos foram propostas. Para os fins desta pesquisa, adotar-se-ão as seguintes classificações:

- Com relação à forma de fixação temos duas categorias:

- Aderidos: Utilizam argamassas ou formulações adesivas para fixação. Exemplo: Revestimento argamassado (chapisco + emboço + reboco);
 - Não aderidos: São fixados à base ou substrato com o auxílio de componentes mecânicos, sejam estes compostos por uma subestrutura auxiliar ou por inserts, parafusos, ou outros dispositivos similares. Exemplos: Fachadas ventiladas, painéis de vidro.
- Já com relação ao componente de acabamento temos:
 - Pinturas sobre revestimentos argamassados: Existem diversos tipos de pinturas aplicáveis sobre revestimentos argamassados. De forma geral, as tintas podem ser classificadas de acordo com o elemento aglutinante utilizado. As aplicadas em edificações se subdividem principalmente em tintas vinílicas (PVA), acrílicas (PVAC), esmaltes e vernizes. As vinílicas e acrílicas são as mais aplicadas em fachadas;
 - Argamassa decorativa: São revestimentos que utilizam cimento (normalmente branco), areia, pigmentos e aditivos. Exigem, de forma geral, emboço sarrafeado e escurificado, traço uniforme em toda a área e base curada antes da aplicação. Os efeitos de textura, ondulações e ranhuras podem ser realizados com brochas, vassouras, lâminas de serra e desempenadeiras de aço, entre outros;
 - Placas Cerâmicas: Trata-se de um dos tipos de revestimento mais aplicados e difundidos no país. Apresentam grande diversidade, mas seguem algumas classificações genéricas. De acordo com Medeiros (1999), em relação à presença do vidro na face exposta, as placas cerâmicas podem ser classificadas em esmaltadas e não esmaltadas. Já com relação à absorção de água (uma das classificações mais utilizadas), as placas cerâmicas seguem a classificação apresentada na figura 14.

Denominação/Classificação	Absorção de água
porcelana/porcelanato	até 0,5%
grês cerâmico	0,5 a 3%
Semi-grês	3 a 6%

Figura 14: Grau de absorção das placas cerâmicas (ABNT, 1997).

- Revestimentos Pétreos: Este tipo de revestimento é normalmente aplicado com placas de rochas e ancorado através de dispositivos metálicos. De acordo com Gehbauer et al. (2002), nos últimos anos, tem se tornado mais comum a execução de revestimentos

em pedra como fachadas ventiladas. Entre as rochas mais comuns usadas para este fim se encontram o granito e o mármore.

- Painéis de Vidro: Em geral são bem aceitas esteticamente e tem como vantagem a transparência e transmissão de luz. Entre as desvantagens pode-se citar o mau isolamento térmico e acústico (GEHBAUER et al., 2002).
- Pastilhas de vidro: São similares às pastilhas cerâmicas. Porém, devido ao tamanho e forma de aplicação costumam resultar em um efeito estético diferente do obtido com emprego das placas cerâmicas.
- Painéis de alumínio. Normalmente aplicado em fachadas cortinas, tem como vantagem a maleabilidade do material. No Brasil, são poucos os trabalhos científicos que apresentam estudos específicos sobre este componente.

2.4.2 Fatores condicionantes para a seleção de revestimentos

São diversos os fatores condicionantes da escolha do revestimento mais apropriado para uma certa edificação. Estes fatores devem estar relacionados com os requisitos funcionais estabelecidos para o subsistema fachada, e dependem das propriedades de seus materiais constituintes. Enquanto os requisitos funcionais são inerentes aos níveis de exigência dos diferentes intervenientes, as propriedades das alternativas consideradas são dependentes de características intrínsecas ao tipo de revestimento e suas formas de fornecimento e aplicação. Adotando-se a classificação sugerida por Medeiros (1999) para revestimentos cerâmicos de fachada, pode-se estabelecer cinco requisitos funcionais fundamentais:

- Requisitos de vedação e proteção: Corresponde às funções impostas ao revestimento de proteção dos elementos de vedação e da estrutura. Inclui além da proteção mecânica, a provisão de isolamento térmico e acústico, estanqueidade à água e ao ar, e resistência ao fogo, por exemplo;
- Requisitos e características relacionadas à produção: Consiste nos requisitos de ordem prática, que façam com que os revestimentos tenham sua aplicação viabilizada, tanto do ponto de vista técnico quanto do econômico. Inclui aspectos ligados à facilidade de execução, logística da produção da obra, variáveis ligadas a mão de obra, produtividade, entre outros;

- Requisitos e características econômicas e mercadológicas: Corresponde à valorização econômica imposta pelo subsistema. Considera que os revestimentos devem apresentar garantias de fornecimento e apresentar uniformidade na entrega; serem compatíveis com a legislação vigente; valorizar economicamente a fachada; e apresentar custos de aquisição e manutenção compatíveis com o empreendimento, entre outros;
- Requisitos e características estéticas e culturais: Os revestimentos devem proporcionar um bom acabamento da fachada, valorizando a estética e aparência do edifício. Estes requisitos estão relacionados a aspectos subjetivos e culturais do julgamento de valor dos usuários e também a características objetivas, tais como planicidade, brilho, ausência de manchas, etc;
- Requisitos e características de uso e manutenção: Corresponde a facilidade de reparação e substituição de peças, facilidade de limpeza, relação custo inicial e de manutenção, sanidade e higiene, entre outros.

Um último aspecto a ser ressaltado consiste na durabilidade dos revestimentos. O conceito de durabilidade está relacionado à sustentação da habilidade de um edifício e de suas partes de desempenhar as funções requeridas ao longo de um período de tempo estabelecido em projeto, sob influência de certas condições ambientais. Para garantir o atendimento dos requisitos e funções ao longo do tempo de uso do edifício, é necessário que os materiais sejam capazes de resistir aos efeitos dos agentes de degradação.

2.4.3 O revestimento durante as fases de projeto

Os projetos de revestimento de fachada são tratados de acordo com o tipo de revestimento empregado.

Segundo Maciel e Melhado (1997), as especificações do revestimento argamassado devem ser definidas em uma fase bem inicial do projeto, de forma a permitir a compatibilização das interfaces, buscando atender aos requisitos preestabelecidos para cada edificação. Para estes autores, a elaboração do anteprojeto deve ser feita com base nas especificações preliminares e nos parâmetros tecnológicos relativos aos materiais, às interfaces do revestimento com a base e com outros revestimentos, aos detalhes arquitetônicos e construtivos, às espessuras e acabamento das camadas do revestimento e aos procedimentos de execução e controle, que devem estar definidos nos manuais de procedimentos da empresa. Os autores ressaltam ainda que, de acordo com as novas etapas de projeto, o nível de detalhamento das especificações aumenta, refletindo uma continuidade no processo.

Por outro lado, ao tratar de revestimentos de fachada cortina, Siqueira Júnior (2003) argumenta que o projeto deste tipo de revestimento pode ser subdividido em duas fases distintas.

A primeira diz respeito à escolha dos materiais e ao estudo da viabilidade para a execução da fachada, análise dos custos do sistema (paramento e estrutura) em função das necessidades técnicas e estéticas, definições das linhas gerais e detalhes construtivos da obra, como também das especificações técnicas a serem atendidas pelo fornecedor. A segunda fase refere-se ao projeto executivo detalhado para a produção do sistema propriamente dito.

Observa-se que, de maneira geral, as especificações tecnológicas ocorrem ao longo do tempo, de acordo com a fase de projeto. Em um nível preliminar, que normalmente ocorre na fase de anteprojeto, é definido o tipo de revestimento e suas especificações técnicas básicas. Nesta etapa devem ser avaliados diversos fatores condicionantes de custos, desempenho e compatibilidade sistêmica, entre outros. Verificada a viabilidade inicial, dá-se início às fases seguintes, como mostrado na figura 15.

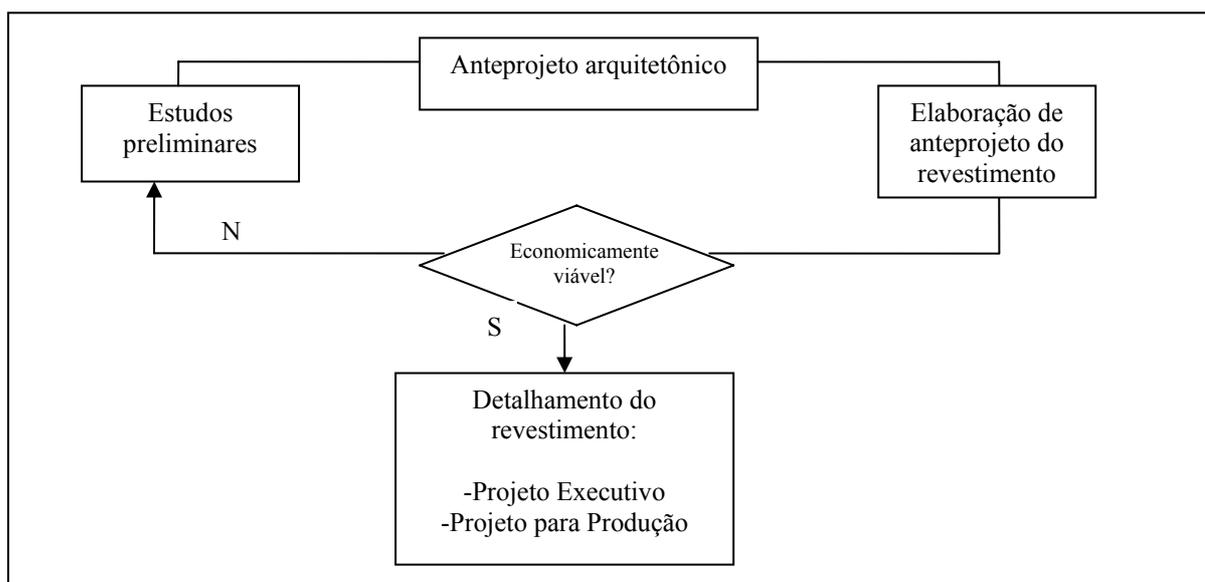


Figura 15: Fluxograma genérico dos projetos de revestimentos de fachada
Fonte: adaptação de Maciel e Melhado (1997, p. 17); Siqueira Júnior (2003, p. 54).

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto neste capítulo, as decisões nas organizações de construção civil podem ocorrer em diversos níveis de abrangência. Além disso, a seleção tecnológica na construção civil ocorre ao longo do tempo, desde a concepção do empreendimento. A criação de um modelo decisório deve levar em conta este fator, devendo haver uma delimitação em seu escopo.

Analisando os modelos desenvolvidos na literatura, observam-se diferentes características. Os modelos mais refinados, elaborados a partir da metodologia MCDA, apesar de envolver um maior número de passos na sua elaboração, são fácil aplicação final. Além disso, representam de forma mais estruturada o sistema de valores dos decisores.

Com relação ao caso do revestimento de fachadas, são poucos os trabalhos que tratam de modelos de suporte às tomadas de decisão que ocorrem nas fases iniciais de concepção do empreendimento.

Para criar uma ferramenta que auxilie na tomada de decisão durante as fases de projeto de uma edificação, objetivo do presente trabalho, é importante conhecer como ocorrem essas decisões. Com o desenvolvimento de tal ferramenta espera-se poder contribuir para que as decisões tomadas sejam justificáveis e lógicas, considerando os requisitos funcionais para os elementos de fachada que representam a função de valor válida para os diversos intervenientes que se relacionarão com aquela edificação ao longo de sua vida útil.

3 APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

Este capítulo contém uma breve abordagem das técnicas de Apoio Multicritério à Decisão (AMD). Inicialmente é efetuada uma discussão geral sobre o tema. Em seguida são apresentados alguns dos fundamentos envolvidos no emprego destas técnicas e descritos alguns dos principais métodos deste tipo apresentados na literatura.

3.1 INTRODUÇÃO

Define-se como decisão uma escolha a ser realizada entre duas ou mais opções ou ações. A simples opção de não realizar uma escolha entre alternativas concorrentes pode ser considerada uma decisão. Seguindo esta linha de pensamento, nas organizações do mundo corporativo, decisões são tomadas a todo momento por profissionais de qualquer grau de hierarquia. As pessoas fazem, através de suas preferências e seus objetivos, o julgamento mais sensato, que corresponde, em sua opinião, à escolha mais adequada para o problema em questão.

No entanto, à medida que os problemas tornam-se mais complexos, mais difícil se torna a realização de uma escolha. De acordo com Gomes et al. (2002), devido às limitações de suas capacidades cognitivas, o ser humano apresenta restrições quanto à compreensão e assimilação de todas as características dos sistemas ao seu redor, assim como no processamento das informações que recebe. Shimizu (2006 p.17) ressalta algumas dificuldades usualmente envolvidas nas tomadas de decisões:

Com exceção dos problemas de rotina, bem conhecidos e com estrutura de opções bem definida, o processo de formular alternativas de decisão e escolher a melhor delas é quase sempre caótico e complexo. Caótico porque os indivíduos da organização não possuem uma visão clara e completa dos objetivos e dos meios que definem o problema de decisão. Complexo porque a incerteza, a falta de estruturação e o tamanho do problema podem inviabilizar a aplicação sistemática da maior parte das metodologias de decisão, as quais frequentemente utilizam julgamentos subjetivos.

Em situações nas quais as empresas fazem parte de um mercado agressivo e com rápidas mudanças, um equívoco pode significar uma perda de vantagem competitiva. Neste sentido, a elaboração de modelos que possam tornar a realidade da decisão compreensível ao decisor pode gerar ferramentas de grande utilidade, que permitam tomar decisões satisfatórias e de forma rápida.

A fim de encontrar soluções adequadas para problemas específicos envolvendo múltiplos objetivos, começaram a surgir na década de 70 os primeiros métodos de Auxílio ou Apoio Multicritério a Decisão (GOMES et al., 2004). Ao contrário da otimização clássica ou programação matemática,

nestes casos não se procura o valor máximo ou mínimo de uma única função objetivo. Ao contrário, os métodos multicritério buscam auxiliar na identificação da solução mais adequada, frente a certos objetivos e critérios, em geral conflitantes, que se deseja atender.

De acordo com Gomes e Gomes (2002a), o Apoio Multicritério à Decisão (AMD), também tratado como um campo dentro da pesquisa operacional, consiste em “um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar pessoas e organizações a tomarem decisões, sob a multiplicidade de critérios”.

A seguir são apresentados os principais fundamentos dos métodos de AMD.

3.2 FUNDAMENTOS DO APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

A seguir são apresentados alguns dos principais fundamentos dos métodos de apoio à decisão multicritério. Estes fundamentos são importantes para a compreensão dos problemas de decisão e das formas como se pode apoiar a tomada de decisão.

3.2.1 Os Atores

As aplicações de abordagens de Apoio Multicritério à Decisão caracterizam-se pela consideração da existência de vários atores, com diferentes níveis de influência sobre o processo decisório, sendo que cada um pode ter uma interpretação particular sobre o problema em questão.

De acordo com Ensslin et al. (2001), os atores envolvidos (denominados normalmente na literatura de língua inglesa como *Stakeholders*) são aquelas pessoas, grupos e instituições que têm uma posição influente no processo decisório, ou que têm interesse no resultado da decisão.

Buscando atender, na medida do possível, à expectativa dos diferentes atores, a tomada de decisão acaba sendo direcionada pelo sistema de valores dos mesmos. No entanto, nem sempre este direcionamento é simples de ser conduzido, devido ao caráter dinâmico e instável das relações entre os atores, que podem apresentar expectativas divergentes ou conflitantes. Sobre esta questão, Bana e Costa (1993, p.13) comentam que as redes de relação entre os atores:

[...] formam-se e modificam-se ao longo do desenrolar do processo de decisão. Por um lado, porque as convicções e preocupações de cada ator não estão necessariamente pré-definidas, pelo menos de forma clara: elas vão-se moldando em paralelo com o enriquecimento dos seus sistemas de informação. Por outro lado, e em concomitância, porque os valores defendidos por cada ator e a sua estratégia de revelação dos seus valores são influenciados pelos valores dos outros atores e pelas suas estratégias.

Ainda de acordo com o referido autor, é importante distinguir os atores em termos das suas funções no processo de decisão, ou seja, pelo tipo e grau de intervenção de cada um deles e pelo seu poder de influenciar a tomada de decisões.

Baseando-se nas subdivisões propostas por Ensslin et al. (2001, p.18); Gomes e Gomes (2002a) e Gomes et al. (2002, p. 19), os atores podem ser subdivididos em dois grupos principais, em função da sua influência sobre a decisão, como mostrado na figura 16.

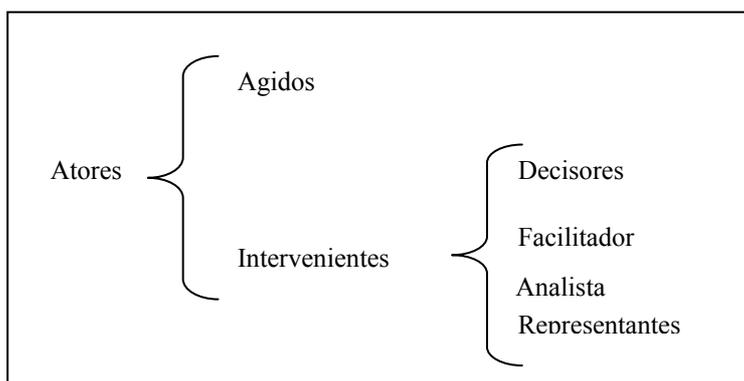


Figura 16: Subsistema de Atores
Fonte: adaptação de Ensslin et al. (2001)

- Intervenientes: são aqueles atores que, por ações intencionais, participam diretamente do processo decisório com o objetivo de nele fazer prevalecer seus sistemas de valores. São aqueles que sentam à mesa para decidir. Subdividem-se em:
 - Decisores: representam o poder formal da decisão. De forma geral, os resultados serão de sua responsabilidade.
 - Representantes: são os atores incumbidos pelo(s) decisor(es) de representá-lo(s) no processo de apoio à decisão.
 - Facilitadores: têm como função facilitar o processo decisório através de ferramentas (modelos) construídas para essa finalidade. Suas recomendações devem ser isentas de valores, devendo, na medida do possível, propiciar o aprendizado.
 - Analistas: fazem a análise do problema, auxiliando o(s) decisor(es) na estruturação do mesmo e na identificação dos fatores que influenciam na evolução, solução e configuração do problema. A maior parte do trabalho do analista consiste na formulação estruturada do problema e na disponibilização de auxílio para que se possa implementar as decisões.

- Agidos: são aquelas pessoas que não se envolvem diretamente no processo decisório, mas que sofrem conseqüências das decisões e podem exercer pressões sobre os intervenientes.

De acordo com Gomes e Gomes (2002a), os termos facilitador e analista são freqüentemente tratados como sinônimos, pois, na prática, muitas vezes são exercidos pela mesma pessoa ou grupo. É importante destacar que o analista tem um papel importante na estruturação do processo decisório, enquanto o facilitador busca auxiliar o processo decisório, sem interefir através de seus valores.

3.2.2 Incorporação de valores subjetivos dos decisores

De acordo com Shimizu (2001), os métodos clássicos de otimização, tipo programação matemática, não conseguem lidar adequadamente com problemas nos quais temos múltiplos objetivos e/ou variáveis qualitativas pois, neste contexto, não existe uma solução ótima a ser encontrada. O que se deve fazer é procurar a solução mais adequada frente ao problema em questão.

O Apoio Multicritério à Decisão trata justamente deste tipo de contexto, conforme argumentado por Gomes et al. (2002, p.69):

Devemos notar também, que 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, por meio da recomendação de ações ou curso de ações a quem vai tomar a decisão. Se a qualidade da informação disponível ao longo do processo de resolução de um problema complexo é de inquestionável importância, também o é a forma de tratamento analítico daquela mesma informação. Essa forma deve fundamentalmente agregar valor àquela simbiose entre a qualidade da informação e a qualidade do apoio à tomada de decisão. O Apoio Multicritério à Decisão, com seus vários métodos, é o meio por excelência pelo qual tal simbiose materializa-se.

Além destes cuidados necessários, é importante considerar, na elaboração de modelos, a subjetividade e a individualidade inerente à natureza humana. Para Ensslin et al. (2001), cada decisor percebe e interpreta de forma diferente o contexto decisório. Isto ocorre porque cada decisor possui um quadro de referência mental, com seus valores, objetivos, crenças, relações sociais e de poder individuais.

O conjunto de valores dos atores envolvidos termina por direcionar o processo decisório. Para assegurar a satisfação com o resultado, porém, é importante que se conheça de que forma os objetivos estabelecidos podem ser concretizados. Neste sentido, se faz necessário o conhecimento sobre as características e conseqüências das ações potenciais (ou alternativas de ação) disponíveis ou viáveis. Como salienta Bana e Costa (1993), enquanto “[...] os valores dos atores são os elementos-chave para a construção de um modelo de apoio à decisão; o conjunto de ações potenciais é o seu ponto de aplicação”.

Dentro desta perspectiva, pode-se considerar que os modelos decisórios, para serem úteis, necessitam unir os valores subjetivos inerentes aos decisores e as características objetivas inerentes ao conjunto de ações consideradas, conforme cita Bana e Costa (1993, p.5):

Se a tomada de decisão passa acima pela elaboração de juízos de valor, então o apoio à decisão é antes de tudo uma atividade de ajuda à elaboração de modelos de avaliação com base em elementos de natureza objetiva, ligados às ações, e em elementos de natureza subjetiva, decorrentes dos sistemas de valores dos atores envolvidos.

Considerando as questões levantadas, pode-se concluir que os modelos decisórios tipo multicritério buscam auxiliar e estender a capacidade cognitiva limitada do ser humano para que se possa tratar, de forma adequada e organizada, com problemas complexos, estruturando os sistemas de valores dos agentes envolvidos, para que se possa definir qual o conjunto de ações mais adequadas para uma determinada situação.

Os mesmos podem servir como importante ferramenta de negociação e consenso para tomada de decisões em grupo, além de poderem ser utilizados no sentido de combinar valores individuais de modo a gerar uma decisão coletiva justificável.

3.2.3 Problemáticas de referência

A avaliação das ações potenciais, dentro do escopo de uma tomada de decisão, pode ter diferentes objetivos. Ao considerar o conjunto de ações potenciais, tanto reais como fictícias, o decisor pode pretender, segundo Roy (1981) apud Ensslin et al. (2001):

- Descrever as ações e suas características de maneira formalizada;
- Classificar as ações em categorias;
- Ordenar as ações segundo alguma escala de preferência;
- Escolher uma ação ou um conjunto de ações.

A definição da natureza da problemática influenciará a estruturação do modelo multicritério.

No AMD, uma das seguintes problemáticas de decisão é normalmente adotada (BANA E COSTA, 1995b); (ENSSLIN et al., 2001); (GOMES et al., 2004):

- Problema tipo α ($P\alpha$) ou problemática da escolha: Escolha de uma e apenas uma ação. Exemplo: Ao ir para uma conferência, um executivo deve escolher uma gravata a utilizar.

- Problema tipo β ($P\beta$) ou problemática da alocação em categorias: Escolha de todas as boas ações. Em geral são utilizados parâmetros normativos para classificar as ações. Exemplo: escolha de laranjas adequadas à exportação, adequadas ao mercado interno, e rejeitos.
- Problema tipo γ ($P\gamma$) ou problemática da ordenação: Escolha de algumas das melhores ações. Deve-se definir um ranking parcial ou total das ações, de maneira a facilitar a escolha de algumas entre as melhores. Exemplo: Lista de alunos aprovados no vestibular.
- Problema tipo δ ($P\delta$) ou problemática da descrição: Consiste na determinação de quais são os aspectos a serem considerados na descrição das ações e de suas conseqüências. Exemplo: Descrever os aspectos a serem considerados na avaliação do conforto de um automóvel.

3.2.4 Problemáticas da avaliação absoluta e relativa de ações

Ao se estabelecer um problema de decisão, é importante escolher o tipo de problemática a se adotar na avaliação das ações. Enquanto a problemática de avaliação absoluta pode ser exemplificada a partir de padrões **bom** ou **ruim**, **satisfatório** ou **insatisfatório**, a avaliação relativa é exemplificada a partir de julgamentos como **melhor** ou **pior**. Sobre a definição deste tipo de problemática, Bana e Costa (1995a, p.25) levanta as seguintes questões, que devem ser avaliadas no momento de se orientar o estudo:

- Ajudar a avaliar as ações em termos relativos ou absolutos?
- Ajudar a ordenar ou a escolher ações?
- Ajudar a aceitar ou rejeitar ações?

Para responder a estas perguntas, é importante entender os contextos de adoção das problemáticas de avaliação absoluta e de avaliação relativa. Neste sentido, Bana e Costa (1995a, p.26) propõe as seguintes explicações:

Adotar uma problemática de avaliação absoluta consiste em orientar o estudo no sentido de obter informação sobre o valor intrínseco de cada ação com referência a uma ou várias normas. Cada ação potencial é comparada, independentemente de qual outra ação, com padrões de referência pré-estabelecidos.

Uma problemática de avaliação relativa consiste em comparar as ações de A diretamente umas com as outras em termos dos seus méritos relativos com vista a:

- 1) obter informação sobre o valor relativo de cada ação quanto confrontada com cada uma das outras;
- 2) seja avaliar cada ação de A em relação ao conjunto de todas as outras ações com vista a efetuar uma escolha ou uma ordenação das ações por agregação de informações. A avaliação final de cada ação não tem significado relativo, dado que a sua escolha (ou não escolha) ou a sua posição numa ordenação têm significado relativo, isto é, em termos de confronto com as outras ações.

Observando-se estas considerações, percebe-se claramente a diferença entre os dois tipos de problemáticas. O caso de uma análise de frutas que devem ser classificadas como adequadas à exportação, se enquadra no primeiro caso, de avaliação absoluta.

Por outro lado, em um concurso de beleza, pode-se adotar a avaliação relativa para ordenar várias candidatas. Basta que sejam avaliadas, duas a duas, com o julgamento **melhor** ou **pior**. Aquela que obtiver maior quantidade de julgamentos do tipo **melhor** obtém a primeira colocação. O mesmo procedimento é utilizado para a classificação das demais. Este processo consistiria na avaliação relativa citada no item 2.

Na elaboração de um modelo decisório pode-se fazer uso dos dois tipos de problemática, absoluta e relativa. A avaliação absoluta é utilizada para estabelecer padrões normativos, a partir dos valores dos decisores. Já a avaliação relativa costuma ser utilizada para a ordenação entre as ações.

3.2.5 Classificação dos métodos multicritérios quanto à origem

De acordo com Gomes et al. (2002, p. 66), “[...] os métodos multicritério têm sido desenvolvidos para apoiar e conduzir os decisores na avaliação e escolha das alternativas-solução, em diferentes espaços”

Uma das principais formas de classificação dos métodos multicritério se refere à sua escola de origem, sendo as principais a Escola Americana e a Escola Européia.

Os métodos da Escola Americana tendem à abordagem de critério único de síntese. Segundo Gomes e Gomes (2002b), nos métodos desta escola, há uma função que avalia cada alternativa em cada critério. Alguns dos principais métodos desta escola são descritos a seguir [(GOMES et. al, 2002); (GOMES et al., 2004); (SAATY, 1991)]:

- Teoria da Utilidade Multi-atributo: Neste método, as alternativas são avaliadas em relação a cada atributo. Entretanto, o resultado final não depende simplesmente da avaliação individual frente a um atributo. O decisor deverá identificar uma função utilidade marginal para cada atributo. O método consiste, então, em identificar uma função de valor sobre um conjunto de

alternativas, que agregue todos os atributos a serem levados em conta no processo de tomada de decisão.

- Método de Análise Hierárquica (AHP): Muitas vezes considerado um refinamento da teoria da utilidade multiatributo, este método apresenta como principais características: a construção de uma árvore de prioridades; o uso de uma escala semântica para a comparação de alternativas par a par; e o uso de um índice que mede a consistência do método. Caracteriza-se por sua aplicabilidade prática e por haver sido empregado em um grande número de estudos. Foi inicialmente desenvolvido por Saaty (1991), para emprego na resolução de um problema específico de contingência. Posteriormente, foi usado como ferramenta de auxílio à geração de um plano de prioridades e investimentos no Sudão. A partir de então, iniciou-se a aplicação do AHP em diversos projetos de diferentes áreas, tais como alocação de energia, investimentos em tecnologias de retorno incerto, compra de carros, etc. Este método costuma ser utilizado através da problemática de escolha.

Nos métodos da escola européia, também denominados métodos de abordagem de subordinação, comparações são estabelecidas entre as ações a partir de relações de superação. De acordo com Gomes e Gomes (2002b), a escola francesa se caracteriza por não possuir uma função de agregação ou utilidade. Nestes métodos são utilizadas escalas de superação, onde é aceita a incomparabilidade entre ações ou alternativas. Um dos precursores e principais métodos desta escola é o método electre (GOMES et al., 2004):

- Método Eléctre I: O método Electre I foi inicialmente desenvolvido por Roy, em 1968, e, posteriormente, originou outras versões. Neste método não é utilizada uma árvore de hierarquia, existem apenas os atributos, nos quais as ações são comparadas entre si por relações de superação. Uma característica do método é que mais de uma alternativa pode surgir como solução. As alternativas são comparadas entre si pelos seguintes aspectos: indiferença, preferência fraca, preferência estrita e incomparabilidade. O método considera que o decisor pode estar em situação em que não é capaz de optar por uma alternativa em relação a outra, frente a determinado critério. Seus passos de aplicação consistem no cálculo e estabelecimento de limites para os índices de concordância e discordância das relações de superação, sendo obtida, ao final, uma matriz com as relações de superação entre as alternativas.

Outro método da escola européia, com características da escola americana, é o *MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique)*, descrito a seguir:

- Método *MACBETH*: Desenvolvido nos anos noventa por Bana e Costa e por Vansnick, representa uma técnica de apoio à construção de escalas numéricas de intervalos, baseada somente em julgamentos qualitativos. Com os valores das escalas numéricas, o método utiliza uma forma de agregação aditiva a fim de obter uma avaliação global para as ações. Além disso, utiliza problemáticas tanto de avaliação relativa como de avaliação absoluta e requer somente julgamentos qualitativos. Sua aplicação é normalmente utilizada com auxílio do *software M-MACBETH*.

A seqüência de passos envolvidos no apoio à decisão com o método *MACBETH* pode ser realizada utilizando-se outros métodos para obtenção dos valores numéricos. Alguns autores, como Ensslin et al. (2001), propõem uma seqüência de passos na qual o método *MACBETH* é apenas uma das formas de se obter valores cardinais.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo buscou apresentar a abordagem multicritério, relatando de forma geral sua fundamentação teórica. Foram apresentados alguns conceitos, fundamentos e alguns dos principais métodos que utilizam à abordagem multicritério. A compreensão destes aspectos é importante para que se possa entender de forma adequada os termos envolvidos e cuidados na elaboração e uso de um modelo. Como discutido, entre os cuidados que devem ser considerados ao se construir um modelo decisório, pode-se citar: definir bem o tipo de problema, o tipo de avaliação e a forma de julgamento do método.

4 DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DE APOIO À DECISÃO

A proposta do presente trabalho consiste em desenvolver um método de análise de alternativas de fachada, que se constituísse em uma ferramenta útil de apoio à decisão, como descrito no capítulo 1. Neste capítulo, são discutidas as bases teóricas que guiaram a criação deste modelo.

A definição de um tipo de modelo foi orientada pelo desejo de se produzir uma ferramenta de fácil operacionalização, baseada em avaliações absolutas, estabelecidas em relação a padrões do tipo satisfatório ou não satisfatório, e ainda que pudesse orientar uma escolha de ação considerando o melhor desempenho em relação aos interesses dos atores.

Baseado nestas características, optou-se por utilizar uma seqüência de passos adaptados das sistemáticas de desenvolvimento propostas por Ensslin et al. (2001) e por Salomon (2004). Esta seqüência é apresentada na figura 17.

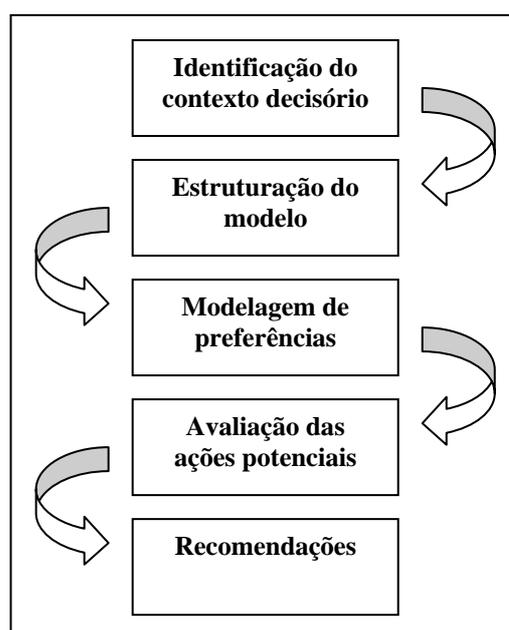


Figura 17: Passos envolvidos no processo de apoio à decisão
Fonte: adaptado de Ensslin (2001) e Salomon (2004)

Conforme pode ser observado na figura, o primeiro passo consiste na identificação do contexto decisório, que corresponde à identificação dos atores, das ações disponíveis e da problemática de referência.

Na segunda fase é realizada a estruturação de uma árvore de pontos de vista, com o estabelecimento de níveis de impacto para cada ponto de vista.

Por sua vez, na fase de modelagem de preferências, o decisor lança seus julgamentos, a fim de obter informações cardinais para o modelo, tais como as funções de valor e taxas de substituição. Ou seja, ele lança seus julgamentos sobre a diferença de atratividade entre ações potenciais ou alternativas.

Por fim, na fase de avaliação das ações potenciais e recomendações, são definidas as melhores ações, de acordo com a problemática de referência, sendo realizada uma análise de sensibilidade das respostas do modelo frente às mudanças de parâmetros.

Esta seqüência de passos gerais mostra-se robusta e requer um grande esforço na concepção do modelo decisório, quando comparada com outros métodos. Por outro lado, mostra-se flexível, pois, conforme será apresentado nos próximos itens, pode-se utilizar diferentes métodos para obtenção dos valores cardinais necessários.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO CONTEXTO DECISÓRIO

De acordo com Ensslin et al. (2001), esta etapa consiste na identificação dos atores envolvidos no processo decisório, na escolha dos decisores, na definição das ações disponíveis e na definição da problemática de referência.

Exemplo: Suponha-se que um engenheiro civil, ao iniciar uma obra, recebe do proprietário da empresa, a ordem de escolher um modelo de betoneira para uso na construção de obras residenciais. É de interesse do engenheiro que este equipamento aumente a produtividade da equipe de produção. As ações possíveis que se deve considerar correspondem aos modelos de equipamento disponíveis no mercado, denominados betoneira A, betoneira B e betoneira C. Com liberdade para escolher qualquer modelo, o engenheiro é considerado o decisor. Podem ser considerados atores o próprio engenheiro, o dono da empresa, e a equipe de produção. Podem ser admitidas problemáticas de descrição (descrever as ações), de ordenação e de escolha, como passos para se efetuar a tomada de decisão nesta situação.

4.2 ESTRUTURAÇÃO

Esta etapa corresponde à estruturação do modelo multicritério. Para Piske (2002, p.22), o trabalho de estruturação “[...] corresponde a identificar progressivamente, de forma interativa, os pontos de vista nos quais se ligam e se agrupam os elementos inicialmente dispersos e, então, definir quais são os pontos de vista fundamentais (PVF’s)”. O trabalho inicial, relativo à identificação dos elementos

primários de avaliação e suas relações, deve apresentar algumas características, segundo Bana e Costa (1995a, p.8):

O trabalho de estruturação visa a construção de um modelo (mais, ou menos) formalizado, capaz de ser aceito pelos atores como um esquema de representação e organização dos elementos primários de avaliação, e que possa servir de base à aprendizagem, à investigação, à comunicação e à discussão interativa com os atores.

Os elementos primários de avaliação, constituídos dos objetivos dos atores e características das ações, unem-se no que o referido autor denomina pontos de vista. De acordo com o mesmo:

[...] um ponto de vista representa todo o aspecto da decisão real apercebido como importante para a construção de um modelo de avaliação de ações existentes ou a criar. Um tal aspecto, que decorre do sistema de ações existentes ou a criar. Um tal aspecto, que decorre do sistema de valores e/ou da estratégia de intervenção de um ator no processo de decisão, agrupa elementos primários que interferem de forma indissociável na formação das preferências desse ator.

A identificação e a estruturação destes elementos podem ser realizadas de diferentes formas. Keeney (1992) apresenta uma forma de estruturação da decisão, baseada em objetivos, denominada *Value Focused Thinking*. Os passos envolvidos nesta metodologia consistem na formulação dos objetivos do problema, e na identificação dos meios de alcançá-los. De acordo com este autor, os pontos de vista enquadrados na decisão correspondem aos objetivos dos decisores.

Bana e Costa (1995a) considera que discutir se o trabalho de estruturação deve se focalizar mais nas características das ações ou nos objetivos dos atores “é tão interessante e fecundo quanto a história do ovo e da galinha”. O mesmo defende que os Elementos Primários de Avaliação (EPA) são extraídos tanto das características das ações quanto dos objetivos da decisão. A definição dos EPAs serve como ponto de partida para a obtenção dos pontos de vista que orientam o modelo. A sua interligação, através de relações meio-fim, dá origem às árvores de decisão, que facilitam a compreensão do problema, ao organizar de forma hierárquica os pontos de vista dos decisores.

Neste trabalho, adota-se a visão de Bana e Costa (1995a). A partir do objetivo da decisão, e das características das ações, procura-se definir os pontos de vista, de forma a permitir uma melhor compreensão do sistema de valores dos decisores. Desta forma, não há uma preocupação formal em definir os pontos de vista unicamente a partir das características desejadas das ações ou somente a partir dos objetivos meios dos decisores. Permitiu-se utilizar as duas formas, procurando-se a mais adequada à situação, o que proporciona uma maior flexibilidade na construção do modelo.

4.2.1 Técnicas de auxílio à estruturação

Devido às dificuldades quanto à estruturação de alguns problemas, dada a subjetividade inerente ao sistema cognitivo humano, é comum recorrer-se a técnicas que facilitem a tarefa de estruturação. Algumas destas técnicas estão listadas a seguir:

a) *Brainstorming*: Também conhecida como tempestade de idéias, esta técnica auxilia os atores estimulando sua criatividade na elaboração de idéias ou soluções para o tema em questão. É importante que durante a fase de geração de idéias, não haja críticas ou elogios, para que não se imponha limitações criativas aos participantes. De acordo com Ensslin et al. (2001) esta técnica é utilizada para identificação dos elementos primários de avaliação.

b) Mapas Cognitivos: Os mapas cognitivos podem ser caracterizados como uma forma de representação da hierarquia de um conjunto de conceitos através de ligações de influência tipo meio-fim (MONTIBELLER, 2000 apud ENSSLIN et al., 2001). A construção dos mapas cognitivos, de acordo com Ensslin et al.(2001), pode envolver o uso de diversas técnicas, entre elas o *brainstorming* e aplicação de entrevistas. A construção dos mapas é útil para a elaboração da árvore de decisão. Entre as vantagens, pode-se citar a geração de conhecimento e a criação de uma linguagem comum para a comunicação, e como desvantagens o fato de requerer um especialista no uso da técnica (GOMES et al., 2002).

c) Entrevistas semi-estruturadas: As entrevistas podem ser utilizadas para as mais diversas finalidades, em uma ou várias das etapas de estruturação do modelo. O nível de estruturação da entrevista pode variar, sendo comum o uso de entrevistas semi-estruturadas, com um roteiro inicial de questões mas possibilidade de digressão do respondente. Devido à natureza mais simples e flexível desta técnica, sua aplicação requer menor treinamento. Além disso, eventuais informações não levantadas em uma etapa podem ser obtidas com novas entrevistas. Como desvantagem, cabe destacar que sua aplicação, com várias pessoas, de modo individual, requer um tempo considerável.

Para o desenvolvimento desta pesquisa adotou-se o uso de entrevistas semi-estruturadas para auxiliar na estruturação do modelo de apoio à decisão.

4.2.2 Passos envolvidos na estruturação

A seguir, são apresentados os principais passos envolvidos na estruturação de um modelo decisório.

a) Definição dos Pontos de Vista Fundamentais e elaboração da árvore de decisão

De acordo com a definição de Ensslin et al. (2001), Pontos de Vista Fundamentais (PVFs) são aqueles considerados, por pelo menos um dos decisores, como fundamentais para avaliar as ações potenciais. Eles explicitam os valores que os decisores consideram importantes naquele contexto e, ao mesmo tempo, definem as características (propriedades) das ações que são de interesse dos mesmos. Os PVFs constituem os eixos de avaliação do problema.

De acordo com Keeney (1992, p. 82) e Ensslin (2001, p.141), os pontos de vista fundamentais devem ser:

- Essenciais: deve levar em conta os aspectos considerados fundamentais para a situação de decisão.
- Controláveis: deve representar um aspecto que seja influenciado apenas pelas ações potenciais em questão.
- Completos: deve incluir todos os aspectos considerados como fundamentais pelos decisores.
- Mensuráveis: deve especificar, com a menor ambigüidade possível, a performance das ações potenciais, segundo os aspectos considerados fundamentais pelos decisores.
- Operacionais: deve permitir a coleta de informações requeridas sobre a performance das ações potenciais, dentro do tempo disponível e com um esforço viável.
- Isoláveis: O PVF permite a análise de um aspecto fundamental de forma independente com relação aos demais aspectos do conjunto.
- Não-redundantes: não deve levar em conta o mesmo aspecto mais de uma vez.

Quando se faz necessário decompor o eixo de avaliação, são estabelecidos os Pontos de Vista Elementares (PVEs). Os PVEs facilitam a avaliação da performance das ações potenciais no PVF considerado.

Exemplo: Após uma análise das necessidades, o engenheiro civil formulou a estrutura hierárquica para o objetivo (escolha de uma betoneira), apresentada na figura 18. Conforme pode ser observado, foram definidos três PVFs: custo, capacidade e manuseabilidade do equipamento. Estas características das ações representam e influenciam o sistema de valores do decisor. Caso fosse considerado necessário, para uma melhor avaliação, decompor o PVF capacidade, poder-se-ia estabelecer dois PVEs: velocidade e volume do tambor, por exemplo. Esta nova estrutura seria utilizada para avaliar as ações

disponíveis, referentes à aquisição de um dos três modelos de betoneira disponíveis no mercado local, alternativas denominadas pelas letras A, B e C.

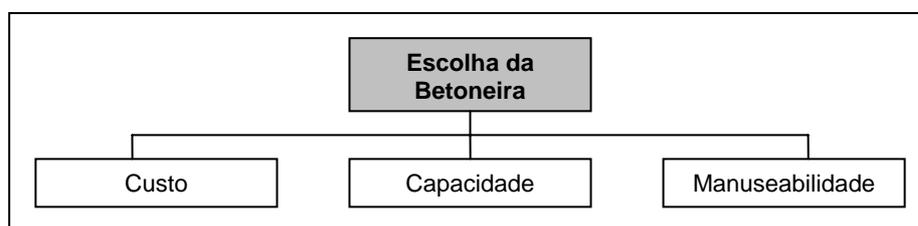


Figura 18: Exemplo de árvore de decisão

Fonte: autor

b) Construção de descritores

De acordo com Bana e Costa et al. (1999) e Ensslin et al. (2001), um descritor pode ser definido como um conjunto de níveis de impacto que serve como base para descrever as performances esperada das ações potenciais, em termos de cada PVF. Para Keeney (1992), a identificação de um descritor possibilita a compreensão de um determinado ponto de vista. Segundo Bana e Costa (2003, p. 13), os descritores devem apresentar as seguintes funções:

- Operacionalizar a avaliação do impacto de cada ação, em relação a um critério.
- Tornar possível a descrição objetiva (tanto quanto possível) dos impactos das ações em relação ao referido critério. Quanto maior o nível de objetividade associado com a avaliação dos níveis de impacto, melhor a compreensão (menos ambíguo) e conseqüentemente maior a aceitação (menos controverso será o modelo).
- Enquadrar melhor o modelo de avaliação, restringindo (sempre que adequado) a escala de níveis de impacto a um domínio aceitável (escala entre o nível mais atrativo ou desejado, e o menos atrativo). Esta escala de impacto pode ser estabelecida retirando-se impactos ou opções não admissíveis ou fora de contexto.
- Verificar a independência ordinal do critério correspondente. Se a dependência é detectada nesta fase, é necessário um novo trabalho de reestruturação da família de critérios, de modo que, "em iguais circunstâncias", as comparações das ações possam ser feitas individualmente, em relação a cada critério.

Observa-se que os descritores funcionam de forma a operacionalizar e expressar os valores dos decisores em relação a um determinado critério. Por sua vez, eles podem ser classificados em (KEENEY, 1992, p. 101):

- **Descritor direto ou natural:** Possuem uma interpretação comum entre os atores. Não é necessário conceituá-los. É o que ocorre, por exemplo, ao se estabelecer como descritor o custo, em medida monetária (R\$).
- **Descritor indireto ou *proxy*:** Ocorre quando o descritor é construído a partir de medidas indiretas, ou de causas para o nível de impacto. Em relação ao exemplo do item anterior, poderia se estabelecer, para estruturas de concreto, o volume, em m³.
- **Descritor construído:** Ocorre quando não se consegue estabelecer um descritor direto único para o ponto de vista. São utilizadas mais de uma forma de medida nos níveis de impacto. Para Ensslin et al. (2001), busca-se construir um descritor específico, constituído por pontos de vista elementares que, de forma exaustiva, mas concisa, o expliquem, segundo a percepção dos decisores.

Outra forma de classificação é (ENSSLIN, 2001, p. 147):

- **Descritor quantitativo:** Descreve adequadamente os pontos de vista, utilizando somente números.
- **Descritor qualitativo:** Ao invés de números, necessita de expressões semânticas e/ou representações pictóricas para descrever o ponto de vista.
- **Descritor discreto:** É formado por um número finito de níveis de impacto.
- **Descritor contínuo:** É constituído por uma função matemática contínua.

Exemplo: No caso da escolha da betoneira, poderiam ser estabelecidos os descritores apresentados na figura 19.

CUSTO		CAPACIDADE		MANUSEABILIDADE	
Nível de Impacto:	Descritor:	Nível de Impacto	Descritor:	Nível de Impacto	Descritor:
N4	\$1000;	N4	600L;	N3	Apresenta caçamba autocarregável acionada por motor;
N3	\$2000;	N3	450L;	N2	Apresenta caçamba carregável manualmente;
N2	\$3000;	N2	300L;	N1	Não apresenta caçamba;
N1	\$4000;	N1	150L;		

Figura 19: Exemplo de construção de descritores

Fonte: autor

Conforme se observa na figura, os dois primeiros PVFs foram definidos de forma direta e quantitativa. O descritor do PVF **Manuseabilidade** foi definido de forma indireta, através da exposição de determinadas propriedades das ações.

Com a árvore de pontos de vista e os níveis de impacto, com seus respectivos descritores, obtém-se o modelo estruturado. O próximo passo, antes da avaliação das ações, é a modelagem das preferências dos decisores.

4.3 MODELAGEM DE PREFERÊNCIAS DOS DECISORES

Esta etapa consiste em tornar explícito o sistema de valores dos decisores. Neste processo o decisor é questionado, com o objetivo de identificar relações de preferências entre as ações. Nesta pesquisa, as preferências dos decisores foram obtidas através da combinação de diferentes métodos, como descrito nos itens a seguir.

4.3.1 Obtenções das funções de valor

Uma função v que associa um número real $v(x)$ para cada x no espaço de avaliação é denominada função de valor, caso represente a estrutura de preferências do decisor (Gomes et al., 2004). Desta forma:

$$x' \sim x'' \Leftrightarrow v(x') = v(x'') \quad (2.1)$$

$$x' \sim x'' \Leftrightarrow v(x') > v(x'')$$

Para Ensslin et al. (2001), a função de valor deve ser construída para um decisor, ou grupo de decisores, estabelecidos com o objetivo de avaliar as opções segundo um determinado ponto de vista. A figura 20 ilustra um exemplo de função de valor para o caso do engenheiro civil, no critério **Capacidade da betoneira**, medida através do volume máximo de concreto possível de ser misturado, em litros (L), segundo o fabricante de cada equipamento.

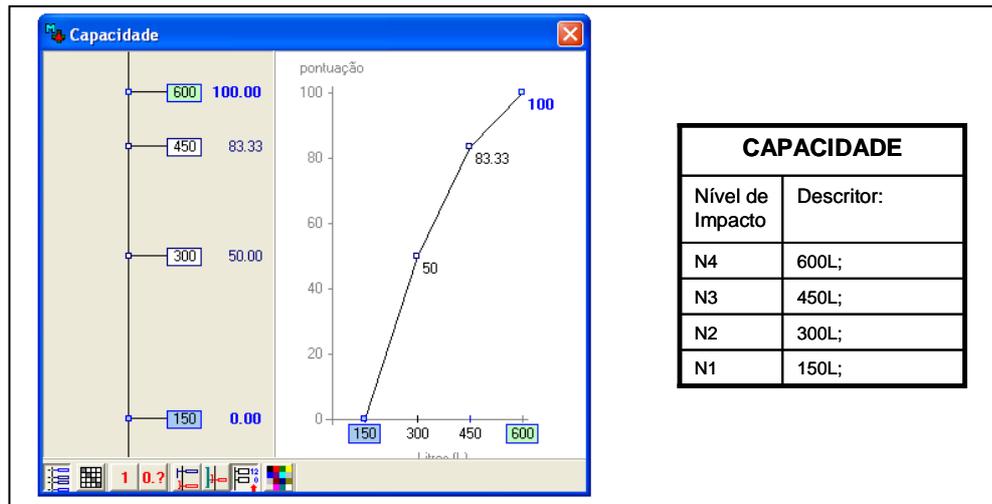


Figura 20: Exemplo de função de valor para PVF Capacidade
Fonte: autor

Conforme pode ser observado na figura, no eixo vertical se atribui um certo valor de pontuação para cada nível de impacto, expresso neste caso pela capacidade em litros. Este valor de pontuação corresponde à uma expressão numérica de referências de valor explicitadas pelo decisor.

A pontuação é obtida através do estabelecimento de níveis de referência **BOM** e **NEUTRO**. Estes níveis indicam patamares de valores de referências do decisor. Deve-se assegurar que, para todos os descritores, estes níveis expressem uma atratividade equivalente.

Por convenção, adota-se a pontuação 100 para o nível de referência **BOM** e 0 para o nível de referência “NEUTRO”. Assim, os valores obtidos acima de 100, significam uma pontuação acima das expectativas do decisor (“melhor que bom”). Da mesma forma, uma pontuação negativa, indica uma atratividade abaixo da expectativa definida como “NEUTRO”. De forma geral, considera-se que as expectativas naturais do decisor para o problema encontram-se entre os níveis neutro e bom. Na figura 21 o nível de referência BOM é representado pela cor verde, enquanto que o **NEUTRO** é representado pela cor azul.

Entre os métodos utilizados para obtenção para funções de valor (que podem utilizar os níveis de referência BOM e NEUTRO), optou-se por listar a seguir dois deles, empregados nesta pesquisa:

a) Método da Pontuação Direta (*Direct Rating*)

Uma descrição mais extensa deste método pode ser obtida em Ensslin et al. (2001). Em geral, no mesmo são estabelecidos dois valores que servirão de âncora para a escala de valor. No caso descrito neste trabalho, os níveis BOM e NEUTRO, receberam as pontuações de 100 e 0, respectivamente. Estes valores devem estar associados a níveis de impacto ordenados. Em seguida, o decisor deve

atribuir valores de pontuação aos demais níveis de impacto, tomando como referência a diferença de atratividade para os níveis que já receberam pontuação. Este método apresenta como principais vantagens a rapidez na obtenção das funções valor e a simplicidade das transformações matemáticas envolvidas, que dispensam o uso de *softwares* específicos.

b) Método *MACBETH*

No método *MACBETH* as funções de valor são construídas a partir de valores de atratividade obtidos através de julgamentos semânticos realizados pelos decisores. Os decisores são induzidos a expressar a diferença de atratividade entre duas ações potenciais **a** e **b** (onde “a” é mais atrativa que “b”), escolhendo uma das seguintes categorias semânticas (figura 21):

C0	Nenhuma diferença de atratividade
C1	Diferença de atratividade muito fraca
C2	Diferença de atratividade fraca
C3	Diferença de atratividade moderada
C4	Diferença de atratividade forte
C5	Diferença de atratividade muito forte
C6	Diferença de atratividade extrema

Figura 21: Escala de julgamentos semânticos do método *MACBETH*

É necessário que, antes de avaliadas, as ações estejam ordenadas de forma decrescente. Os valores obtidos para as diferenças de atratividade entre as ações alimentam uma matriz, denominada matriz de julgamento semântico. Um exemplo deste tipo de matriz, utilizada no *software M-MACBETH*, é ilustrada na figura 22.

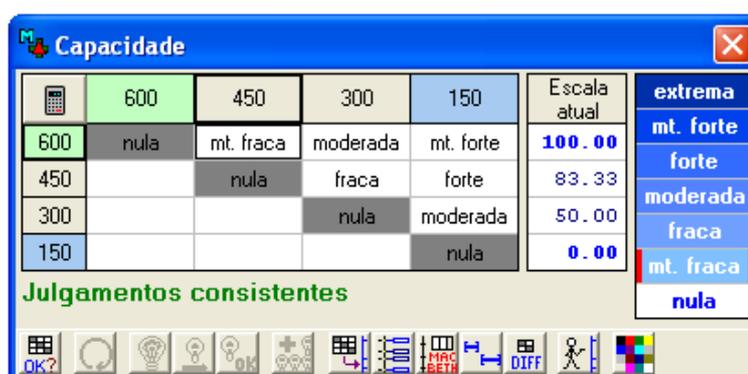


Figura 22: Matriz de julgamentos semânticos do *software M-MACBETH*
Fonte: Obtido pelo autor no uso do *software*

A matriz permite analisar a consistência dos julgamentos e estabelece uma escala de pontuação para os níveis de impacto.

A principal vantagem do método *MACBETH* decorre da possibilidade de usar somente julgamentos semânticos para estabelecer as funções de valor. Entre as desvantagens, pode-se citar a necessidade do uso de *software* e o maior tempo necessário para a obtenção dos julgamentos, devido à quantidade de juízos de valor que devem ser feitas pelos decisores para permitir a montagem da matriz completa.

4.3.2 Obtenções das taxas de substituição

De forma prática, as taxas de substituição funcionam como pesos atribuídos aos critérios. De acordo com Ensslin et al. (2001) elas expressam, segundo o julgamentos dos decisores, a perda de performance que uma ação potencial deve sofrer em um critério para compensar o ganho em outro. Essas taxas são importantes para quantificar valores de compensações dos critérios e obter uma função de agregação aditiva. Vale ressaltar que os valores obtidos para as taxas de substituição em questão devem ser tratados como únicos. Cada decisor possui um sistema de valores subjetivo e pessoal. Desta forma, as taxas de substituição obtidas, assim como as funções de valor, devem ser consideradas como a representação de um decisor ou um grupo em questão. Entre os métodos que podem ser utilizados para determinar as taxas de substituição, optou-se pelos seguintes:

a) Método *Swing Weights*

Neste método imagina-se uma ação fictícia, caracterizada por apresentar todos os níveis de impacto no nível NEUTRO. O decisor é então questionado sobre qual critério (ou ponto de vista) ele escolheria para atribuir o nível BOM. A este critério, atribui-se uma pontuação de 100. A seguir, voltando-se à ação fictícia, pergunta-se qual o próximo critério ao qual ele atribuiria o nível BOM. A este critério, o decisor deve estabelecer uma nova pontuação, após ser informado do valor atribuído ao critério anterior. Este procedimento é realizado até que todos os critérios tenham recebido sua pontuação. Um exemplo ilustrativo, para o caso do engenheiro que estuda a compra de uma betoneira, é apresentado na figura 23.

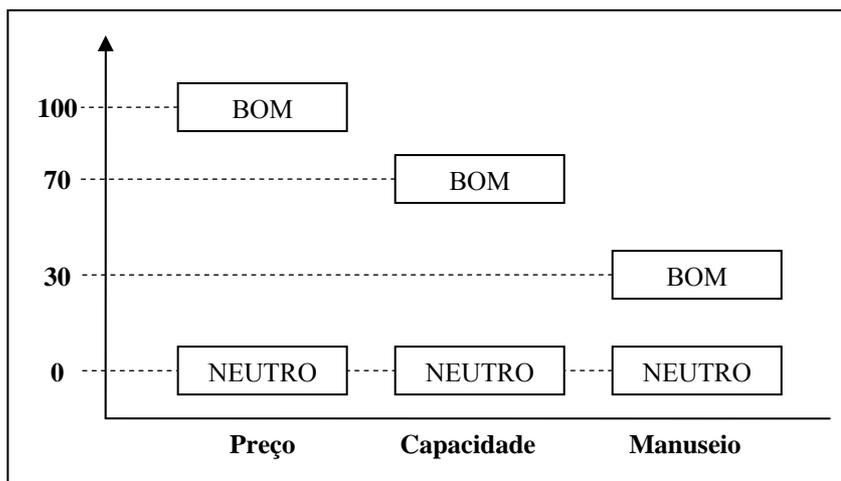


Figura 23: Representação da atribuição de pontuação de acordo com o método *Swing Weights*.
Fonte: elaborado pelo autor

Obtida as pontuações, deve-se dividir cada valor atribuído pela soma das pontuações em todos os critérios. O valor, expresso em forma percentual, ou na forma de um valor entre 0 e 1, corresponde à taxa de substituição daquele critério.

Como vantagem deste método, ressalta-se sua praticidade, rapidez de aplicação e facilidade de operacionalização das transformações matemáticas envolvidas. O mesmo pode ser aplicado facilmente, com auxílio de planilhas eletrônicas. Dentre as desvantagens encontra-se o fato de que o mesmo depende de julgamentos numéricos relativos efetuados pelos decisores.

b) Método *MACBETH*

Neste caso, para a obtenção das taxas de substituição recorre-se a procedimentos parecidos com os empregados para a obtenção das funções de valor, com pequenas diferenças.

O primeiro passo é ordenar os critérios. Para estabelecer a preferência entre dois critérios, deve-se realizar a seguinte pergunta: "Dada uma ação A que tenha um impacto no nível bom no critério 1 e no nível neutro no critério 2 e uma ação B com um impacto no nível neutro no critério 1 e no nível bom no critério 2, qual delas é preferível?". Caso a resposta seja A, o critério preferível é o critério 1, caso contrário, o critério 2.

Para a obtenção das taxas de substituição, estabelece-se uma matriz com os critérios de forma ordenada. Além deles, introduz-se uma ação fictícia, **tudo inf.**, com todos os critérios no nível neutro. Para estabelecimento dos julgamentos semânticos entre dois critérios, apresenta-se a seguinte pergunta ao decisor: "Dada uma ação A que tenha um impacto no nível bom no critério 1 e no nível neutro no critério 2 e uma ação B com um impacto no nível neutro no critério 1 e no nível bom no critério 2 (sendo A preferível em relação a B), qual a diferença de atratividade entre as ações A e B?". No caso

de comparações com a ação fictícia **tudo inf.**, realiza-se o mesmo procedimento. A resposta a essas perguntas é estabelecida com base na escala de julgamentos semânticos apresentados na figura 24.

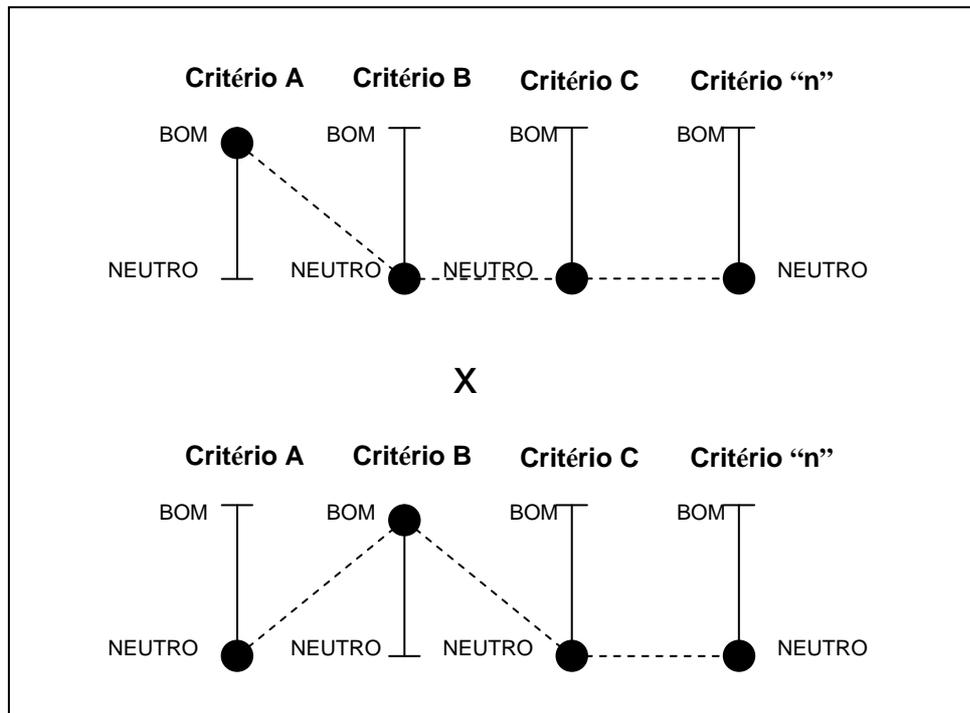


Figura 24: Exemplo de situação de questão na qual o decisor deve atribuir um julgamento semântico

Fonte: elaborado pelo autor e baseado em Ennslyn et al. (2001)

Exemplo: No caso da escolha da betoneira, de acordo com os julgamentos do engenheiro, obteve-se a matriz de decisão ilustrada na figura 25. Nas taxas de substituição, a soma dos valores da escala corresponde a 100%. Conforme pode ser observado, o preço foi o PVF com maior influência na decisão global (46,67%), enquanto que o manuseio apresenta a menor influência (20,00%).

Ponderação (Global)						
	[Preço]	[Capacidade]	[Manuseio]	[tudo inf.]	Escala atual	
[Preço]	nula	fraca	moderada	forte	46.67	extrema
[Capacidade]		nula	fraca	forte	33.33	mt. forte
[Manuseio]			nula	moderada	20.00	forte
[tudo inf.]				nula	0.00	moderada
Julgamentos consistentes						fraca
						mt. fraca
						nula

Figura 25: Exemplo de matriz para obtenção das taxas de substituição

Fonte: Obtido pelo autor no uso do *software*

4.4 AVALIAÇÃO DAS AÇÕES POTENCIAIS E RECOMENDAÇÕES

A avaliação consiste na etapa final de construção do modelo. Em um primeiro passo, as ações e seus resultados são avaliados pelo modelo. Em um segundo passo, é realizada uma análise de sensibilidade, a fim de verificar se pequenas alterações nos julgamentos dos decisores interferem nos resultados de avaliações das ações.

4.4.1 Avaliação das ações potenciais e identificação do perfil de impacto

Depois de realizadas todas as etapas anteriormente descritas, segue-se com a avaliação das ações potenciais. Cada ação potencial deve ser avaliada em relação a cada critério de nível mais inferior na árvore de decisão. Esta avaliação é realizada através da identificação do nível de impacto da ação naquele critério. Através dos resultados obtidos ainda na etapa da construção da função de valor, obtém-se um valor numérico que representa a avaliação local daquela ação. Este procedimento é realizado para todos os critérios.

Exemplo: No caso da escolha da betoneira, após a avaliação dos três modelos disponíveis no mercado de sua cidade, o engenheiro obteve um perfil de impacto, ilustrado na figura 26. Conforme pode ser observado na figura, a betoneira A apresenta a melhor avaliação no ponto de vista preço. No entanto, nos demais, apresenta a pior avaliação entre as opções disponíveis. A betoneira B apresenta avaliação intermediária em todos os critérios, considerando-se as ações avaliadas. Por fim, a betoneira C apresenta a melhor avaliação nos pontos de vista manuseio e capacidade, porém apresenta o maior custo. Esta forma de gráfico e apresentação é uma das formas de se apoiar a decisão.

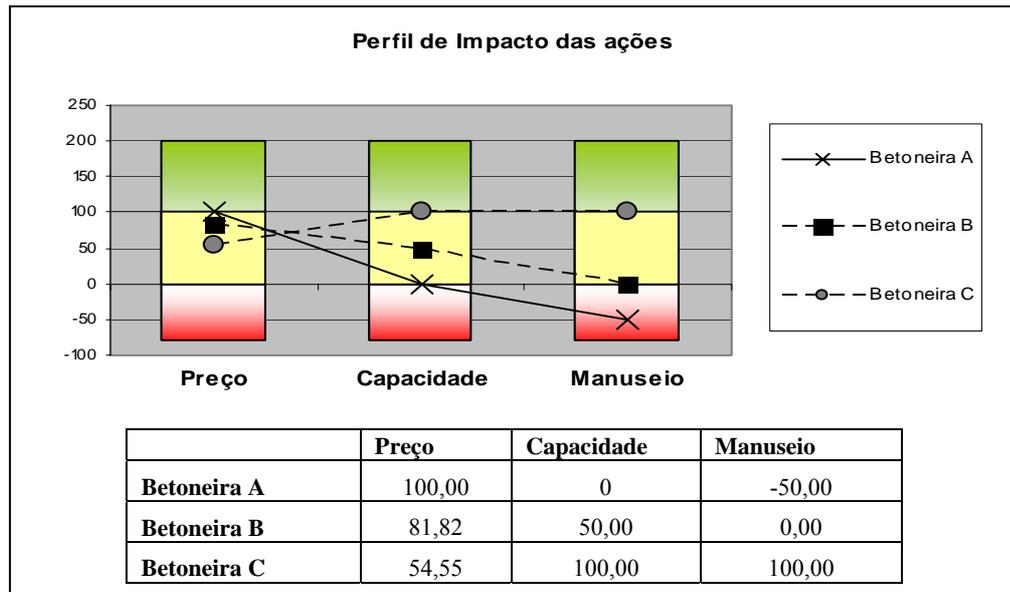


Figura 26: Perfil de impacto do exemplo da escolha da betoneira
Fonte: Autor

Para a avaliação global das ações, recorre-se ao uso de uma fórmula de agregação aditiva. Esta fórmula é utilizada em diversos métodos multicritério, inclusive no *MACBETH*. Consiste em um procedimento simples de soma ponderada da avaliação da ação em cada critério. Matematicamente, a fórmula é dada pelas equações abaixo (BANA E COSTA et al., 2003):

$$v(A) = \sum_{i=1}^k p_i \times v_i(x_A) \quad i = 1, \dots, n. \quad (2.2)$$

Onde

$v(A)$ = Valor global da ação A

p_i = Peso ou taxa de substituição do critério i

$v_i(x_A)$ = Valor parcial da ação A no critério i

Exemplo: Voltando-se à questão da avaliação das betoneiras, utilizando as fórmulas acima, obtém-se as pontuações globais mostradas na figura 27. Em vista das mesmas, o engenheiro pode chegar à conclusão de que a Betoneira C é a mais adequada para o seu problema. O valor da pontuação global obtida para esta alternativa foi 78,79, devido à grande influência das taxas de substituição apresentadas na figura 23.

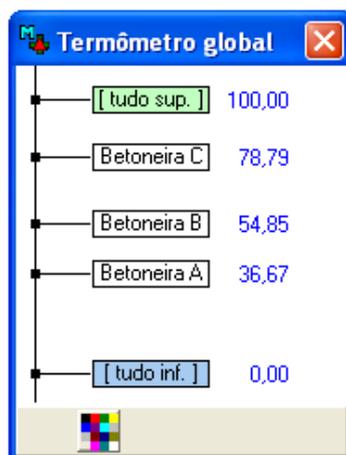


Figura 27: Pontuações globais do exemplo da betoneira geradas pelo *software M-MACBETH*
 Fonte: Obtido pelo autor no uso do *software*

4.4.2 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é um procedimento realizado para verificar a mudança na avaliação das ações, de acordo com mudanças nas taxas de substituição. Este procedimento é importante para verificar se pequenas variações nessas taxas implicam em modificações no resultado final. Ensslin et al. (2001, p. 271) apresentam algumas considerações sobre a análise de sensibilidade:

Como as preferências dos decisores são construídas e a quantificação de seus juízos de valores não é um processo natural em termos cognitivos, os valores dos parâmetros do modelo não devem ser encarados como valores exatos. Sendo assim, consideramos que tais parâmetros são faixas de valores, que no modelo é representada por somente um ponto. Por isso o interesse em se fazer uma análise de sensibilidade frente à variações de tais parâmetros.

A análise de sensibilidade pode ser realizada de forma numérica e apresentada de forma gráfica. Nesta pesquisa, o procedimento de cálculo é realizado pelo *software M-MACBETH*.

Exemplo: O engenheiro, com a intenção de avaliar seu julgamento, decidiu realizar uma análise de sensibilidade. Ele obteve como resultado que, variando as taxas de substituição do preço, poderia haver mudanças na avaliação global. No entanto, precisaria que o valor deste critério passasse de 46,7% para 72,3% de taxa de substituição, o que seria uma grande e improvável variação. Desta forma, ele chegou à conclusão que não havia dúvidas sobre seus julgamentos. A figura 28 mostra um gráfico que indica a variação na pontuação global, em função de variações na taxa de substituição do critério preço.

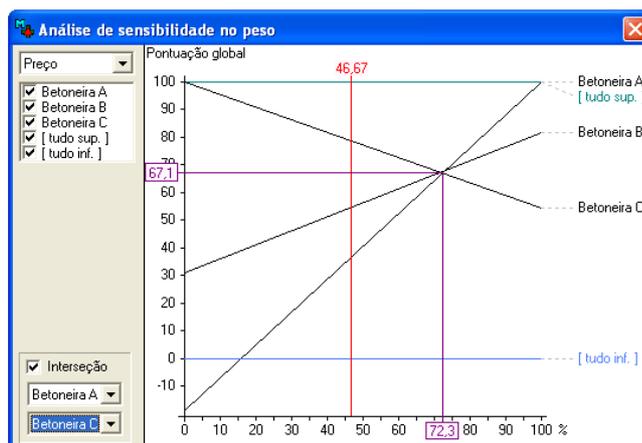


Figura 28: Análise de sensibilidade gerada pelo *software M-MACBETH* no exemplo em questão
 Fonte: Obtido pelo autor no uso do *software*

4.5 VALIDAÇÃO

A validação de modelos pode tomar diversas formas, de acordo com o autor e abordagem tomados como referência. De acordo com Landry et al. (1983), o conceito de validação de modelos envolve as questões de utilidade, usabilidade e representatividade, além de considerações de custo, dentro de um contexto estabelecido entre os responsáveis pela modelagem e os usuários. A importância destas características varia de acordo com a época de estudo e o contexto do problema.

Borenstein e Becker (2001) conceituam como validação o processo de definir se um determinado modelo pode representar o mundo real na situação do problema. Neste conceito, a validação é parte de um processo de avaliação. Particularizando-se para o caso dos modelos de apoio à decisão multicritério, Ensslin et al. (2001) ressaltam que estes modelos não têm a capacidade de descrever o contexto decisório. Desta forma, os autores ressaltam que um bom modelo é aquele considerado como uma ferramenta útil pelos decisores. Observa-se, no ponto de vista destes autores, a importância da aprovação pelos decisores, em detrimento à preocupação com a representação da realidade.

Com relação ao processo envolvido na validação, Landry et al. (1983) ressaltam que o processo de validação não pode ser separado do processo de modelagem. Desta forma, os autores denominam a integração de **processo de modelagem-validação**. Este processo integrado consiste em diferentes fases e é apresentado no esquema da figura 29.

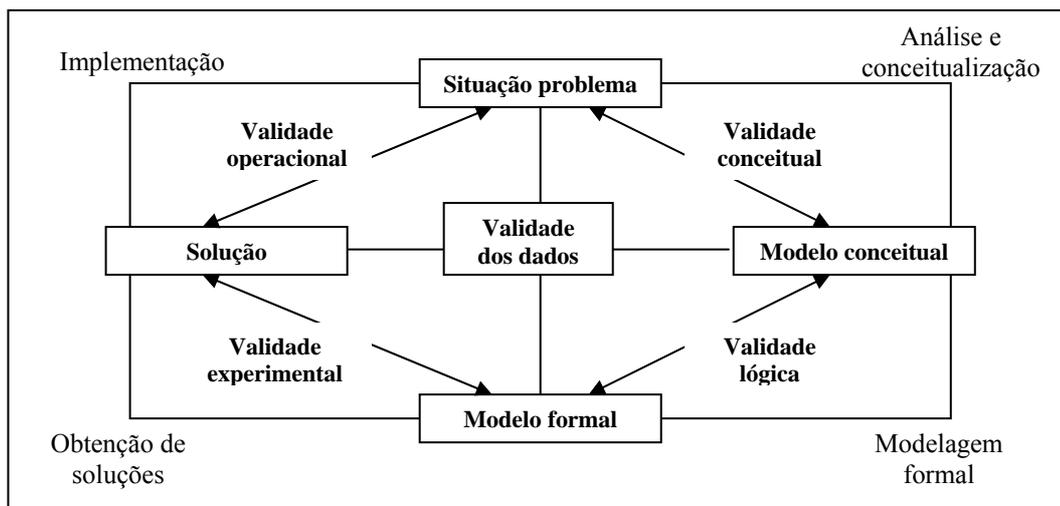


Figura 29: Processo de modelagem-validação apresentado por Landry et al. (1983)

De acordo com estes autores, o esquema apresentado pode ser explicado a partir da definição conceitual de cada uma das validades referidas na figura:

- **Validade conceitual:** verifica se a situação problema foi identificada corretamente no modelo conceitual. A situação problema tem que ser adequadamente detectada, de forma que leve em conta os elementos e relações julgados pertinentes pelos atores que vivem e lidam com a situação problema, em conformidade com as ferramentas e técnicas que serão usadas em outras fases do processo de modelagem. A validação conceitual pode requisitar dos atores voltarem várias vezes à situação do problema até a validação atingir um nível adequado.
- **Validade lógica:** está ligada à capacidade do modelo formal de descrever corretamente e precisamente a situação problema, como definida no modelo conceitual. A validade lógica implica em verificar se alguma variável ou julgamento pertinente foi omitido do modelo formal. Enquanto o modelo conceitual pode ser exemplificado pela estruturação mental dos decisores quanto ao problema, o modelo formal pode ser exemplificado a partir de um *software* elaborado.
- **Validade experimental:** Refere-se à qualidade e eficiência do mecanismo de solução.
- **Validade operacional:** Refere-se à qualidade e aplicabilidade das soluções e recomendações apresentadas pelo modelo, com respeito às expectativas dos usuários. Exprime a habilidade do modelo em produzir informações que auxiliam os decisores a aceitar ou rejeitar as soluções e recomendações.
- **Validade de dados:** Está relacionada com a suficiência, precisão e forma como os dados (ou informações) estão disponíveis, dentro de custos aceitáveis.

Definiu-se que a esta seria a estrutura de referência para avaliação do modelo a ser desenvolvido neste trabalho. Cada um dos conceitos de validade foi considerado, tomando como referência a satisfação das necessidades dos decisores.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo relatou, de forma conceitual e teórica, alguns dos principais passos envolvidos na elaboração e aplicação de um modelo multicritério de apoio à decisão. Além disso, estes passos são importantes para que o modelo construído apresente consistência metodológica e conceitual. Dentre os diversos métodos e formas de apoio à decisão existentes, optou-se por utilizar uma seqüência de passos adaptados a partir dos apresentados por Ensslin et al. (2001) e Salomon (2004). A escolha desta seqüência foi tomada baseando-se nas suas características, tais como o tipo de problemática passível de ser envolvida, a facilidade de operacionalização após a construção do modelo, e a forma de definição de funções de valores dos decisores.

5 MÉTODO E FASES DE PESQUISA

Este capítulo tem como finalidade descrever o método de pesquisa utilizado no presente trabalho. Inicialmente são apresentados o método e as classificações envolvidas nesta pesquisa, e em seguida, são apresentadas as fases envolvidas.

5.1 MÉTODO E CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISA

De acordo com Silva e Menezes (2001), existem várias formas de classificação de pesquisas. Entre as formas tradicionais de classificação de pesquisas, pode-se citar: quanto à natureza (pesquisa básica e pesquisa aplicada), quanto à abordagem do problema (pesquisa quantitativa e pesquisa qualitativa), quanto ao objetivo (exploratória, descritiva e explicativa) e quanto aos procedimentos técnicos (bibliográfica, documental, experimental, levantamento, estudo de caso, *expost-facto*, pesquisa ação e pesquisa participante).

Considerando-se as classificações apresentadas por Silva e Menezes (2001), o presente trabalho pode ser caracterizado como pesquisa aplicada, quanto à sua natureza, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Quanto à abordagem do problema, pode ser classificada como pesquisa qualitativa, pois considera um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e o sujeito. Considera ainda a interpretação de fenômenos e atribuição de significados e não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. Trata de aspectos qualitativos. Já quanto ao objetivo, é classificada como exploratória, pois visa proporcionar uma maior familiaridade com o problema. Por fim, quanto aos procedimentos técnicos, foram utilizadas a pesquisa bibliográfica (que visa utilizar material já publicado para obtenção de informações), levantamento (envolvendo a interrogação direta de pessoas cujo comportamento se deseja conhecer) e estudo de caso (quando envolve o estudo profundo de um ou poucos objetivos de maneira a permitir seu amplo e detalhado conhecimento). Estas classificações encontram-se resumidas nos itens destacados a seguir.

- **Natureza:** Pesquisa aplicada;
- **Abordagem do Problema:** Pesquisa qualitativa;
- **Objetivo:** Pesquisa Exploratória;
- **Procedimentos técnicos:** Pesquisa bibliográfica, levantamento e estudo de caso.

5.2 FASES DE PESQUISA

O trabalho de pesquisa envolveu quatro fases. Na primeira fase, buscou-se identificar o contexto decisório, compreendendo os atores, as ações, as delimitações das decisões envolvidas e a problemática de referência.

A segunda fase foi destinada à estruturação do modelo decisório. Com o intuito de subsidiar a elaboração da árvore de decisão, foi realizada uma revisão bibliográfica (relacionada principalmente à avaliação de desempenho e modelos decisórios vinculados à seleção tecnológica) assim como foram consultados profissionais do mercado de Fortaleza. Esta fase compreendeu ainda à elaboração de níveis de impacto para cada ponto de vista considerado na árvore de decisão, e a criação de um contexto de aplicação do modelo.

Na terceira fase, foi realizada a aplicação do modelo. A partir de um exemplo de decisão fictício, foram convidados alguns profissionais para utilizar o modelo. A aplicação consistiu na modelagem de preferências e avaliação das ações pelos decisores.

Por fim, na fase 4, foi aplicada uma série de entrevistas, a fim de subsidiar a validação do modelo construído.

Estas fases de pesquisa encontram-se delineadas na figura 30. Descrições mais detalhadas sobre as mesmas são apresentadas nos itens seguintes.

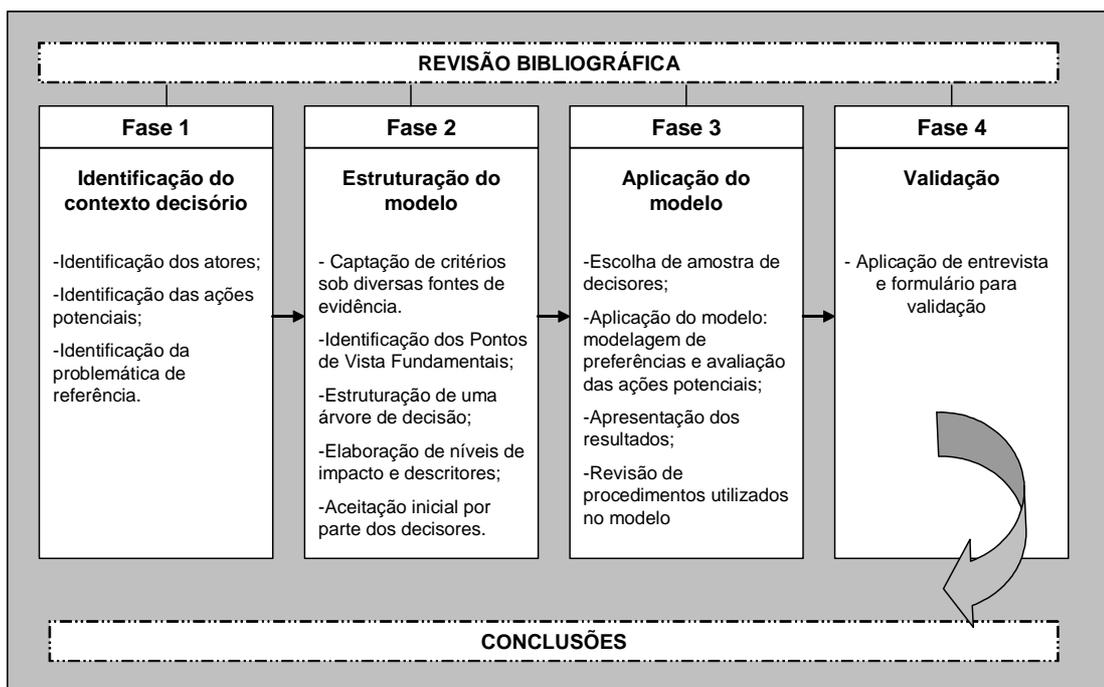


Figura 30: Delineamento da Pesquisa.

5.2.1 Fase 1: Identificação do Contexto Decisório

A primeira fase teve como objetivo efetuar a contextualização do problema de decisão desta pesquisa. Para tanto foi feita a identificação das delimitações a serem estabelecidas para o modelo decisório de seleção de fachadas. Isto envolveu a identificação dos atores, das ações potenciais, da problemática de referência e do escopo de decisão. Estas delimitações são importantes, pois várias decisões podem estar envolvidas em um determinado processo decisório, ocorrendo ao longo do tempo e se manifestando em diversas etapas. Neste sentido, se torna importante o conhecimento da realidade das empresas locais, conhecendo como as decisões são comumente tomadas.

A fim de alcançar o objetivo proposto para esta fase, foram definidas algumas questões específicas para auxiliar no direcionamento do estudo:

- Qual o perfil médio dos empreendimentos considerados?
- Quem são os atores do processo decisório de escolha sobre qual a tecnologia de revestimento de fachada a ser adotado em um determinado empreendimento?
- Qual o poder de influência de cada ator envolvido nestas decisões?
- Quais as etapas envolvidas e seus resultados ao longo do processo decisório?
- Quais desses processos devem compor um modelo de apoio à decisão?

A estratégia para descrever os resultados obtidos foi efetuar inicialmente uma descrição do contexto, com a construção de um diagrama de fluxo de dados (DFD) relatando os atores, ações e etapas normalmente envolvidas. O DFD trata de uma representação esquemática do fluxo de informações envolvido. Seu entendimento é de fácil assimilação e sua forma de representação é apresentada no capítulo 6, referente aos resultados. A problemática de referência foi estabelecida após o conhecimento deste contexto.

Com relação ao fluxo de projeto, procurou-se identificar, de acordo com as etapas envolvidas nas atividades técnicas do projeto da edificação da NBR 1531 - Elaboração de projeto de edificações – Atividades técnicas (ABNT, 1995), em que momento ocorriam as definições tecnológicas da fachada. Como resultado, elaborou-se um diagrama, explicitando em que momento do projeto são tomadas as decisões relativas ao revestimento.

Para obter os dados necessários para responder as questões formuladas foram aplicados questionários a engenheiros de empresas construtoras (alunos de uma turma de especialização da Universidade

Federal do Ceará). Conseguiu-se, desta forma, obter as opiniões de uma amostra aleatória de profissionais de diferentes empresas construtoras de edifícios.

De uma forma geral, esta amostra era constituída de engenheiros atuantes em obras com múltiplos pavimentos, desenvolvidas tendo como objetivo o mercado imobiliário de Fortaleza. O questionário utilizado para esta fase de pesquisa corresponde às partes A e B do formulário apresentado no apêndice 1 desta dissertação.

Para complementar os questionários, foram realizadas entrevistas com alguns profissionais, engenheiros e arquitetos, com ampla experiência de mercado. Esta segunda amostra consistiu de dois arquitetos, responsáveis por dois escritórios de arquitetura, com titulação de mestrado; e dois engenheiros civis, sendo um diretor técnico de uma empresa construtora e um gerente de obras. Os entrevistados possuíam ampla experiência de trabalho com obras de diferentes tipos de uso (comercial, residencial, hotelaria, etc) e com a aplicação de diferentes tipos revestimento (granito, cerâmica, vidro, etc). Os resultados das entrevistas foram utilizados como fontes de resposta para as fases 1 e 2. As partes A e B do apêndice 2 contém o roteiro de perguntas utilizados para obter as respostas.

5.2.2 Fase 2: Estruturação do modelo

Esta etapa teve como objetivo a elaboração do modelo de apoio à decisão a ser proposto na pesquisa. Conforme explanado no Capítulo 4, decidiu-se modelar o processo de apoio à decisão através da construção de uma árvore de pontos de vista, o que implica na definição de uma série de critérios de decisão e o estabelecimento de níveis de impacto constituídos por descritores, que descrevem o desempenho das ações potenciais. Portanto, os trabalhos nesta fase envolveram a construção da árvore de pontos de vista e a elaboração dos descritores. As perguntas específicas que direcionaram o mesmo foram:

- Quais pontos de vista (ou critérios), relativos à seleção de uma tecnologia de revestimento de fachada, devem ser levados em conta no modelo?
- Particularizando-se para o cenário escolhido, como se estruturaria um modelo de decisão?
- Como descrever níveis de impacto plausíveis em relação a cada ponto de vista?

O trabalho desenvolvido seguiu o delineamento mostrado na figura 31. Como se pode observar na figura, a revisão da literatura se constituiu em um passo fundamental para a formulação do modelo decisório. A partir da mesma foram identificadas as respostas preliminares para as diversas perguntas postas acima. Durante a revisão bibliográfica foram levantados, ainda, os diversos critérios

considerados por diferentes modelos de avaliação e decisão tecnológica (Silva, 1996; Detoni, 1996; San Martin, 1999; Souza, 2003; Cunha, 2005), sendo alguns relacionados especificamente a decisões tecnológicas de seleção de revestimento de fachada (Medeiros, 1999; Kondo, 2003). A análise dos critérios usados em cada um destes casos serviu de base para que fossem definidos quais os critérios a usar durante a montagem da árvore de decisão, através de combinações e expansões.

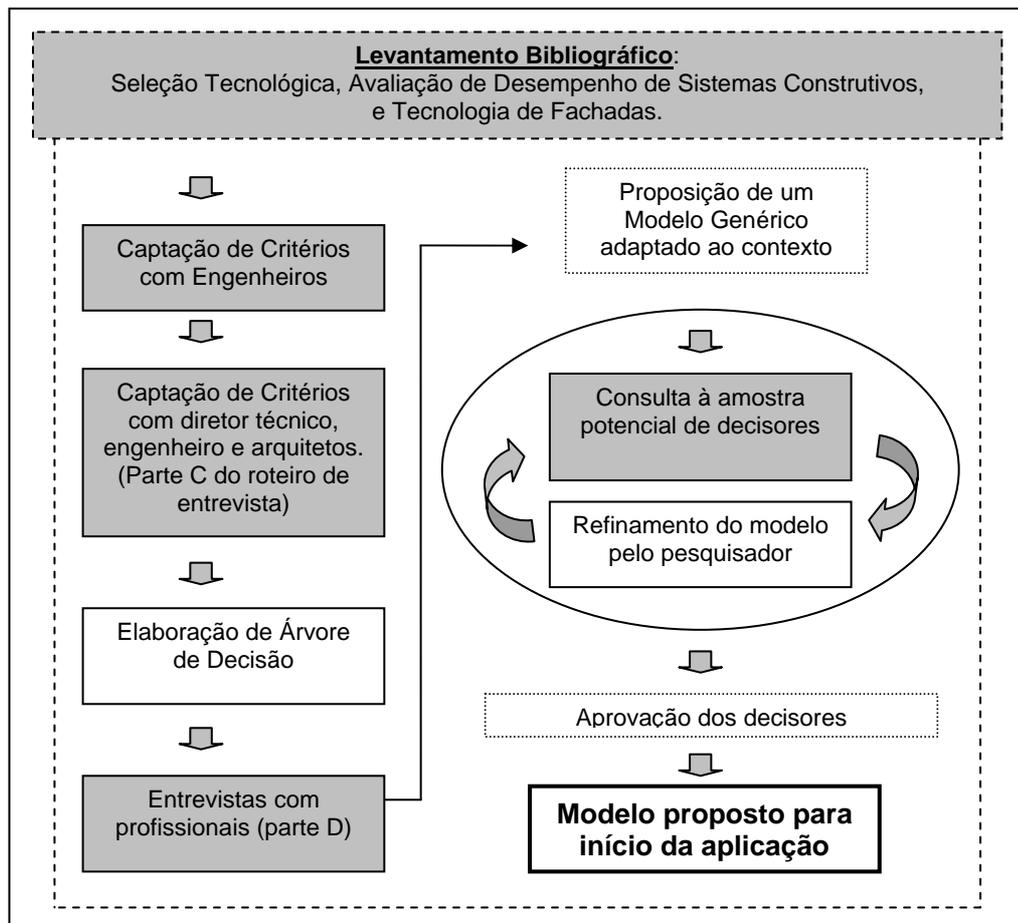


Figura 31: Delineamento da Fase 2

Como discutido no item anterior, com o intuito de incorporar a visão de decisores locais foram consultados profissionais com ampla experiência de mercado. Para este fim foi utilizada a parte C do roteiro de perguntas utilizado nas entrevistas semi-estruturadas (ver apêndice 2).

Com os resultados obtidos nestes dois primeiros passos foi possível a elaboração de uma árvore de pontos de vista pelo pesquisador, definindo os Pontos de Vista Fundamentais (PVFs). O próximo passo consistiu na elaboração de níveis de impacto e descritores para os PVFs. Caso fosse necessário, o PVF era decomposto em Pontos de Vista Elementares (PVEs) a fim de facilitar a avaliação. Para o estabelecimento dos níveis de impacto e descritores, foram utilizadas as seguintes perguntas como direcionamento:

- Como avaliar o critério?
- Quais os parâmetros mais adequados para a determinação de níveis de impacto?
- Qual ação apresentaria uma boa ou ótima avaliação, e qual ação representaria um atendimento insatisfatório do critério?
- O que leva à diferenciação entre duas ações, relativamente a este critério?

Conforme pode ser constatado, estas perguntas direcionam a forma como um avaliador estabelece seus referenciais em relação a um ponto de vista.

Um aspecto importante a observar é que as entrevistas foram planejadas para serem conduzidas em seqüência, sendo os resultados de cada uma analisados pelo pesquisador, podendo motivar mudanças ou ajustes no formulário de captação do conhecimento ou no modelo sob construção.

Com relação ao cenário específico de aplicação, um exemplo fictício elaborado pelo pesquisador foi apresentado durante as entrevistas. Esta medida foi tomada para evitar que houvesse dissociação entre o modelo em proposição o contexto específico de aplicação do mesmo.

Quando o modelo que estava sendo construído tomou forma, tendo níveis de impacto e descritores bem definidos para todos os pontos de vista e sendo considerado como **adequado ao uso** pelos entrevistados, em uma análise preliminar, decidiu-se que o mesmo estava adequado para o início das avaliações. As sugestões de alteração no modelo surgidas durante a aplicação foram consideradas refinamentos do modelo inicial.

A descrição detalhada de como foi conduzida a estruturação é apresentada no capítulo 6.

5.2.3 Fase 3: Aplicação do modelo

Esta fase teve como objetivo a aplicação do modelo de apoio à decisão proposto nesta pesquisa, com auxílio de um cenário simulado. Para tanto, uma situação fictícia foi apresentada a profissionais de mercado com diferentes perfis, de decisores ou de intervenientes no processo decisório.

Para verificar se a situação fictícia estava bem formulada foi feita uma aplicação preliminar na forma de pré-teste, com um engenheiro civil. Neste procedimento, nenhum indicador restritivo foi identificado. Os resultados da mesma foram descartados.

Validado o cenário simulado, foram convidados, para as entrevistas posteriores, seis profissionais de mercado, entre engenheiros e arquitetos, com diferentes perfis e poderes de influência sobre as decisões tecnológicas de fachadas em suas áreas de atuação.

As entrevistas foram realizadas em seqüência, sendo admitida a possibilidade de refinamento dos descritores e mudanças nos métodos de obtenção das funções de valor e taxas de substituição, desde que fossem observadas pelo pesquisador, durante as aplicações, possibilidades ou necessidades de melhoria no modelo ou na sua forma de operacionalização. A figura 32 ilustra a seqüência de procedimento adotados na fase de aplicação do modelo.

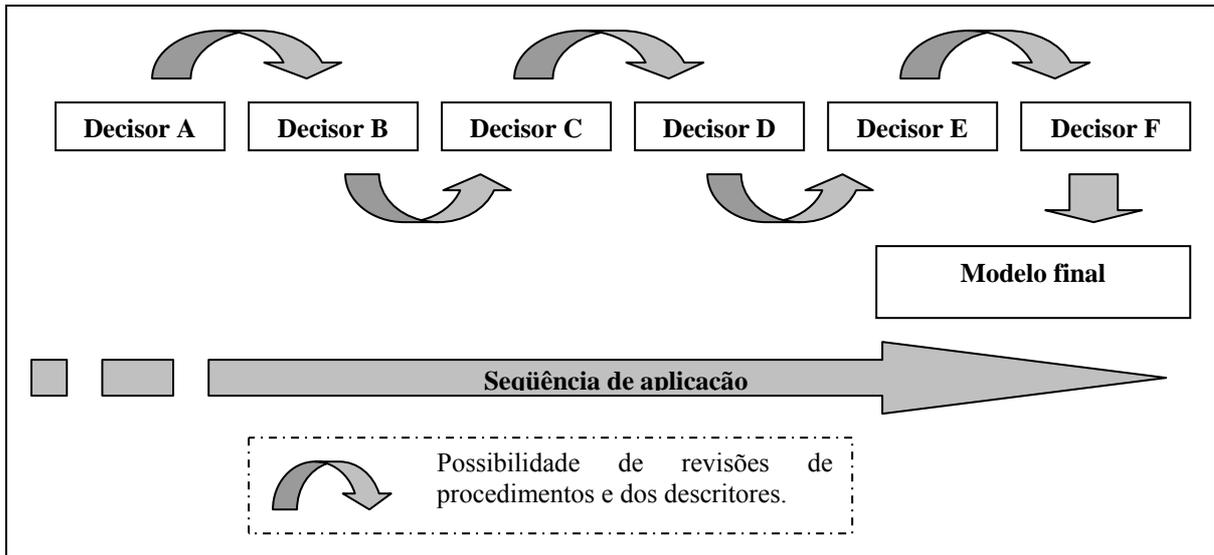


Figura 32: Delineamento da seqüência de aplicação do modelo
Fonte: Autor

As entrevistas foram realizadas de forma individual, com cada decisor, em dois momentos, tal qual apresentado na figura 33.

No primeiro momento o problema era apresentado ao decisor. Em seguida, o mesmo era convidado a preencher um formulário com seus julgamentos de valor, que servia de base para a modelagem de preferências e avaliação das ações.

Após a tabulação e a organização dos resultados pelo pesquisador, os resultados, em um segundo encontro, eram apresentados e discutidos com o decisor.

O processo de apoio de apoio à decisão utilizado foi o descrito no capítulo 4 desta dissertação. Para a modelagem de preferências foi adotado, no início das aplicações, o método *MACBETH*. A escolha deste método deveu-se principalmente à possibilidade de fazer a modelagem a partir de julgamentos semânticos, e ao fato de que este método é considerado como bastante robusto.

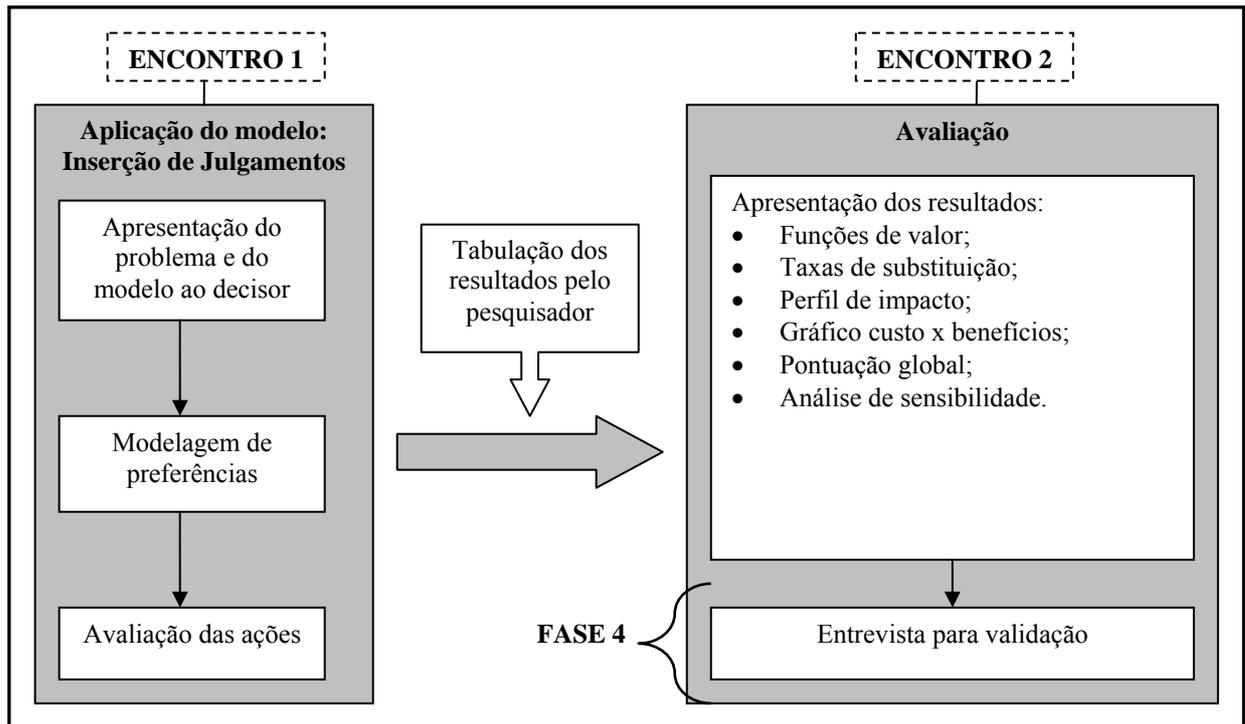


Figura 33: Hierarquia da Escolha de Tecnologia
Fonte: Autor

Para a tabulação dos resultados, foi adotado o *software M-MACBETH*, utilizado para conversão dos valores semânticos em uma escala cardinal. A fim de apresentar os gráficos e resultados finais, fez-se uso de planilhas eletrônicas.

Na apresentação dos resultados foram consideradas as formas de ilustração relatadas no capítulo 4 e o gráfico custo x benefícios. Esse consistia na apresentação dos resultados da modelagem de preferências (funções de valor e taxas de substituição), dos resultados referentes à avaliação das ações (perfil de impacto, análise custo x benefícios e pontuação global), e dos resultados referentes à análise de sensibilidade.

5.2.4 Fase 4: Validação

Nesta etapa foi aplicado um procedimento de avaliação baseado no modelo proposto por Landry et al. (1983) apresentado no capítulo 4. Esta forma de validação qualitativa envolveu inicialmente uma entrevista, e depois a montagem de uma matriz de notas (1 a 5), apresentada na tabela 2.

As perguntas da entrevista foram adaptadas a partir de um roteiro utilizado por Betencourt (2000) (ver apêndice 5), e são direcionadas aos conceitos de validade conceitual, validade validade lógica, validade experimental, validade operacional e validade de dados.

Tabela 2: Matriz de avaliação proposta por Landry et al. (1983)

Critérios: Tipo de validação	Grau de avaliação				Satisfação total 5
	Nenhuma satisfação 1	2	3	4	
Validade Conceitual					
Validade Lógica					
Validade Experimental					
Validade Operacional					
Validade dos dados					

De acordo com Landry et al. (1983), a construção desta matriz força tanto os pesquisadores do modelo como os usuários a ver o processo de modelagem-validação como um instrumento de mútuo entendimento através de um relacionamento de trabalho próximo, e, além disso, dá oportunidade aos mesmos de refletir sobre o significado dos diferentes tipos de validade. De acordo com o conceito adotado para validação deste trabalho, discutido no capítulo 4, considera-se que o modelo será válido dentro do seu contexto específico de avaliação, quando os resultados desta avaliação indicarem satisfação por parte dos decisores que empregaram o método.

6. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA E RESULTADOS

Neste capítulo são descritos os resultados durante a execução das fases 1, 2, 3 e 4 desta pesquisa, descritas no capítulo 5. Cada subseção deste capítulo corresponde a uma fase. A primeira compreende a contextualização do tema. Na segunda, apresenta-se a estruturação do modelo. A terceira compreende a aplicação do modelo decisório. Por fim, a fase 4 apresenta os resultados relativos à validação do modelo.

6.1 RESULTADOS DA FASE 1: IDENTIFICAÇÃO DO CONTEXTO DECISÓRIO

A fase 1 iniciou-se antes das demais, e envolveu a caracterização do contexto de aplicação do modelo decisório. Na mesma buscou-se identificar o perfil dos atores, seu poder de influência sobre as decisões tecnológicas de fachada, as etapas nas quais as decisões são tomadas e outras informações relevantes.

Como descrito anteriormente, os resultados desta fase tiveram origem em dois momentos. Em um primeiro momento, foram aplicados formulários a engenheiros de uma turma de especialização, a fim de compreender o poder de decisão dos atores e as etapas de decisão, em um contexto geral. Em um segundo momento foram entrevistados profissionais especialistas, para captura de conhecimentos sobre quais os passos envolvidos na tomada de decisão ao longo da elaboração dos projetos, e quais os fatores que as influenciam.

6.1.1 Caracterização do contexto de decisão

Através dos formulários preenchidos por engenheiros (partes A e B do apêndice 1), pós-graduandos do curso de Especialização em Construção Civil (Coordenado pela Universidade Federal do Ceará), foi obtida uma amostra que abrangeu nove empresas construtoras de edifícios de Fortaleza-CE. Outras informações para a descrição a ser realizada foram obtidas através das entrevistas cujo roteiro encontra-se no apêndice 2 (parte A e B). Para fins de uso nesta pesquisa, será descrito o contexto mais comum entre as empresas.

Observou-se, através dos formulários, que a maior parte das decisões é tomada pela direção técnica. O arquiteto, responsável pelas decisões iniciais do revestimento pode vir a refazer seu trabalho, caso mudanças sejam requisitadas pela direção da empresa. Nesta etapa de decisão, são definidos os acabamentos externos, incluindo as especificações das placas aplicadas, a composição de cores, e as cores dos rejuntas. Isso toma forma no projeto arquitetônico do empreendimento.

Com o projeto arquitetônico em mãos, a direção técnica da empresa o repassa ao projetista de revestimento (podendo ser externo, ou da própria empresa), que detalha um projeto específico para a produção. O projetista, com base nas recomendações e necessidades requisitadas, elabora o Projeto de Revestimento Externo, que contém informações e detalhes sobre o processo construtivo. Inclui-se nesta etapa a indicação de colocação de telas, as camadas de revestimento argamassado (no caso de uso deste tipo de revestimento). Cabe ainda ao projetista (ou a um consultor externo, quando não houver um padrão pré-determinado na empresa), especificar os traços a serem aplicados, e o procedimento de execução.

Em alguns casos, o projeto entregue corresponde a um Projeto Executivo de Revestimento de Fachada, onde se inclui, ainda, o orçamento da Fachada. Entretanto, as definições dos recursos e mão de obra são de responsabilidade da empresa construtora, cabendo ao engenheiro de obra e à direção técnica a definição efetiva dos recursos a serem utilizados (pessoas, equipamentos e ferramentas).

Outro aspecto importante não captado nos formulários se refere ao poder de influência do corretor de imóveis. Segundo um arquiteto entrevistado, o corretor de imóveis é o profissional que mantém contato direto com o cliente. Desta forma, suas sugestões têm um poder de influência relativamente elevado nas decisões da empresa construtora. Porém, segundo o entrevistado, muitas vezes estas sugestões não se mostram úteis ou adequadas, devido à falta de capacitação técnica do corretor para interpretar e traduzir as expectativas do cliente em requisitos de desempenho.

Um resumo do processo concebido a partir da análise dos resultados das entrevistas pode ser visualizado na figura 34. O mesmo foi modelado através da técnica de Diagrama de Fluxo de Dados.

Conforme pode ser observado no diagrama, as decisões relativas à escolha do Revestimento de Fachada de Edifícios são tomadas ao longo do tempo. Num primeiro momento elas se incorporam ao projeto arquitetônico, tomando a forma de definições acerca do tipo de revestimento (fachada ventilada, revestimento argamassado, uso de painéis) e de componentes externos (pintura, placas cerâmicas, etc), incluindo, eventualmente, especificações técnicas. Em um segundo momento, consolidado no projeto de revestimento, é definido o processo construtivo, que indica aspectos ligados à sequência de execução, presença e definição de componentes de fixação do revestimento, tais como traços de argamassas, sequência de aplicação do revestimento, etc.

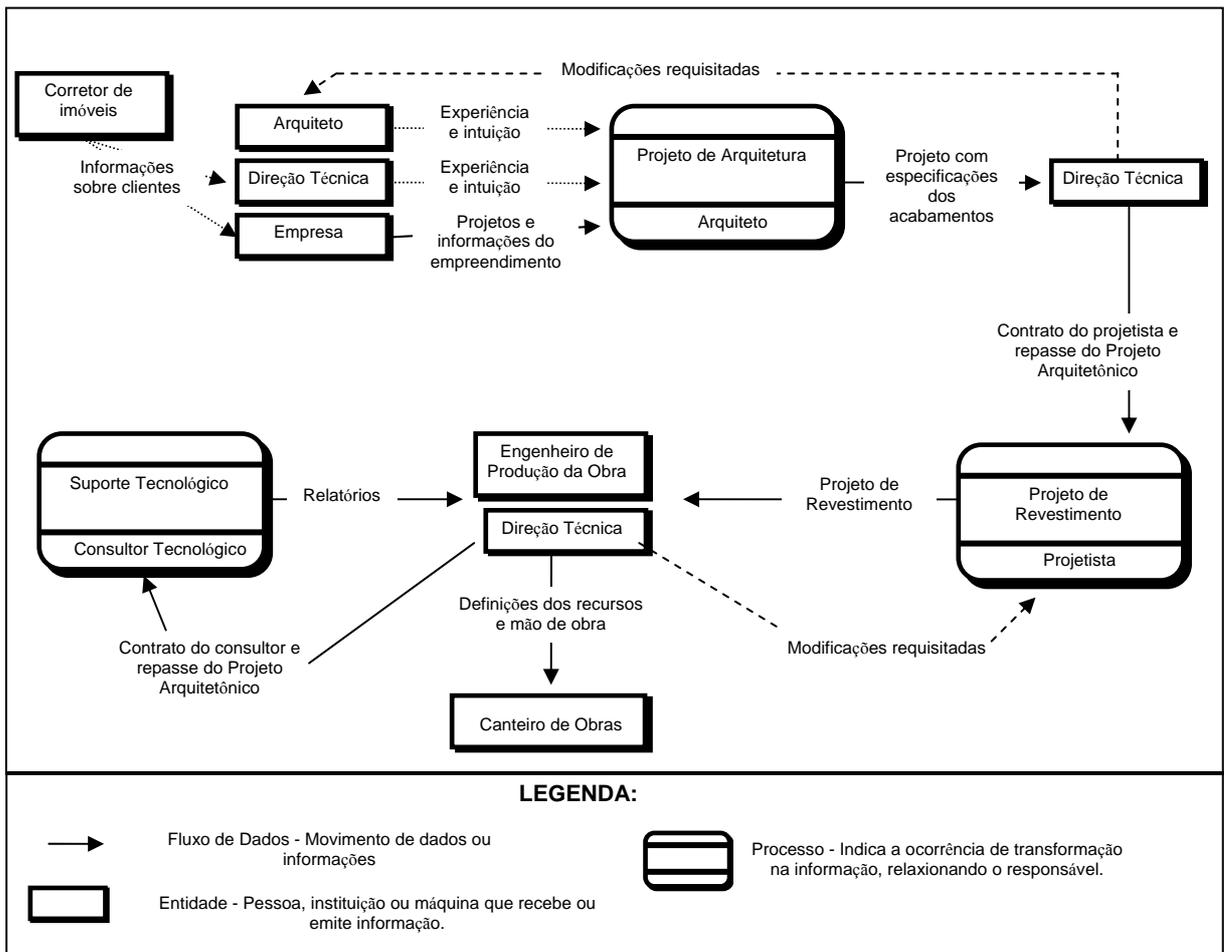


Figura 34: Diagrama de Fluxo de Dados representando o processo de Revestimento de Fachada
 Fonte: DFD elaborado pelo autor a partir dos conceitos adotados na legenda

Em uma terceira etapa, realizada pela empresa construtora através de engenheiros e da diretoria, são definidos os recursos para execução. Por fim, em uma quarta etapa, é comum haver um controle tecnológico, realizado por um agente externo, a fim de garantir que as especificações de projeto estejam sendo executadas adequadamente. Este agente externo pode se tratar por exemplo, de um consultor pertencente a um laboratório que avalia ensaios realizados no revestimento para garantia de que haverá um bom desempenho e foi executado conforme descrito no projeto.

Cabe ressaltar que o fluxo descrito corresponde à uma realidade média das empresas analisadas. Os resultados desta etapa têm como finalidade subsidiar a definição das delimitações do modelo decisório. Portanto, para os fins da pesquisa, considerou-se adequado adotar cenário mais comum no qual estão inseridas as empresas construtoras de edifícios analisadas.

Considerando-se que as decisões ocorrem ao longo do tempo, e que algumas decisões são tomadas somente após algumas escolhas iniciais, se fez necessário limitar o escopo das decisões que seriam envolvidas no modelo decisório. Assim, devido à necessidade de concentrar-se em um nível específico

de decisão, optou-se por focar o modelo somente nas decisões envolvidas no projeto de arquitetura, cujos principais atores da decisão são o arquiteto e o diretor técnico (ou outro membro designado pela alta direção da empresa contratante). Este nível de decisão constitui-se por um caráter mais abrangente, gerando impactos nos intervenientes envolvidos nas decisões subseqüentes.

6.1.2 As decisões envolvidas ao longo do projeto arquitetônico

No item anterior explicou-se como foram obtidas informações sobre a natureza do processo decisório de seleção de elementos de fachadas através de formulários. Já neste item apresentam-se as informações obtidas através das entrevistas semi-estruturadas com dois engenheiros civis (diretor técnico e engenheiro sênior) e dois arquitetos (projetistas).

Estas entrevistas foram úteis para esclarecer detalhes não percebidos ou captados pelos formulários, relativos às decisões durante as fases de projeto arquitetônico. As perguntas foram direcionadas às decisões de revestimento cabíveis ao arquiteto, cuja aceitação depende da diretoria da empresa contratante.

Como resultado, obteve-se as informações que foram incorporadas no diagrama mostrado na figura 35. Conforme pode ser observado na figura, a concepção inicial do revestimento se dá durante o estudo preliminar. Ou seja, nesta etapa normalmente já se têm uma idéia preliminar das cores envolvidas e do tipo de revestimento desejado, porém o foco está na viabilidade do empreendimento. Na fase de anteprojeto este desejo é transformado em especificações técnicas (tipo de fachada, tipo de placa, etc). Representa ainda a primeira concepção dos projetos de sistemas prediais. Durante a elaboração do projeto executivo são definidos detalhes específicos não determinados anteriormente, tais como o estabelecimento de requisitos de desempenho ou a escolha de um certo tipo de placas cerâmicas ou de determinado fabricante.

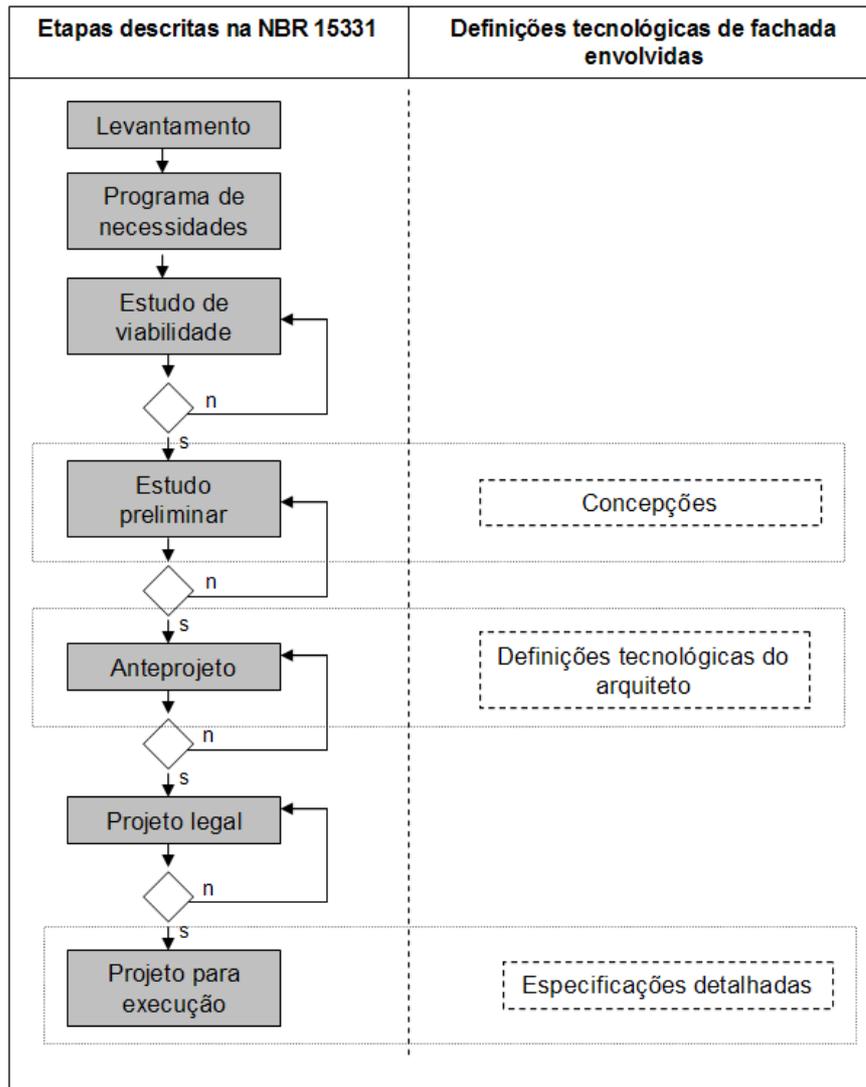


Figura 35: Indicações das decisões envolvidas nas diversas etapas de projeto
 Fonte: Elaborado pelo autor considerando-se as fases descritas na NBR 15331 (ABNT, 1995)

A concepção do modelo decisório desta pesquisa envolveu aspectos que necessitam ser considerados em todos esses projetos. Enquanto se espera que o mesmo subsidie uma escolha de caráter estratégico para o empreendimento (custo, satisfação do cliente, imagem da empresa), seus critérios devem levar em conta aspectos operacionais (produtividade, segurança na execução, etc). Sendo assim, o modelo apresenta aspectos decisórios relativos às várias fases de projeto descritas na figura 35, que se complementam formando o processo de escolha tecnológica de fachada.

6.2 RESULTADOS DA FASE 2: ESTRUTURAÇÃO DO MODELO

A fase 2 compreendeu a estruturação do modelo decisório. A descrição dos resultados desta fase é apresentada em duas partes. Na primeira parte são apresentadas as fontes de evidência utilizadas para a estruturação do modelo decisório. Ou seja, são detalhados os parâmetros escolhidos para a estruturação inicial, a forma como foram captados critérios através de fontes bibliográficas e de entrevistas, assim como descrito, de forma genérica, o procedimento para a operacionalização dos critérios. Na segunda parte é apresentado o modelo na sua forma final, com descrição dos Pontos de Vista Fundamentais (PVFs) adotados.

6.2.1 Fontes de evidência utilizadas na estruturação do modelo decisório

Nesta seção, são relatadas as fontes de evidência utilizadas para a estruturação, que correspondem aos subitens desta seção. Inicialmente são detalhados os parâmetros escolhidos para a estruturação inicial, a análise custo x benefícios e a divisão de acordo com o interesse dos intervenientes. Em seguida apresenta-se os critérios captados por fontes bibliográficas e por formulários e entrevistas semi-estruturadas. Após estes itens, é relatado, de forma genérica, o procedimento utilizado para a operacionalização dos critérios através de descritores. Por fim, são realizadas considerações sobre os critérios escolhidos como PVFs.

6.2.1.1 Análise Custo-benefício

Este tipo de análise demonstrou ser facilmente assimilado pelos decisores. Suas decisões sobre revestimentos de fachadas estão fortemente ligadas à viabilidade financeira, considerando-se o padrão do empreendimento. Desta forma, a árvore de pontos de vista inicia-se com a divisão dos critérios em dois grupos: custos e benefícios, tal qual apresentado na hierarquia mostrada na figura 36. O modelo utilizado por Detoni (1996) também utilizou este tipo de abordagem.

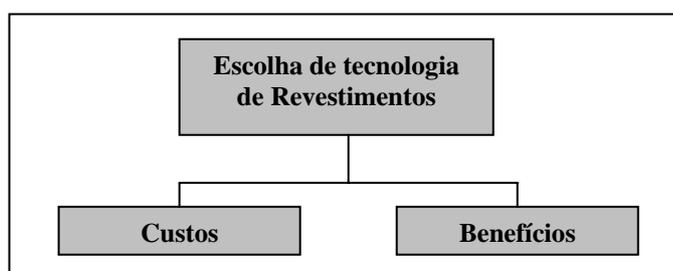


Figura 36: Hierarquia da Escolha de Tecnologia
Fonte: Elaborado pelo autor

6.2.1.2 Interesses dos intervenientes

Dada a contextualização do problema apresentado, observou-se que os principais decisores eram o arquiteto e a direção da empresa. A decisão tomada por estes profissionais tem forte poder de impacto nos demais intervenientes, em especial na equipe de produção do empreendimento e no cliente final, o usuário do edifício. Assim, optou-se por dividir a ramificação benefícios em dois grupos: benefícios de execução e benefícios de desempenho, conforme mostrado na figura 37. Enquanto os benefícios de execução se referem aos critérios envolvidos na viabilidade e facilidade de construção, os critérios relacionados ao desempenho correspondem aos pontos de vista que avaliam a satisfação do usuário quanto ao desempenho do produto final.

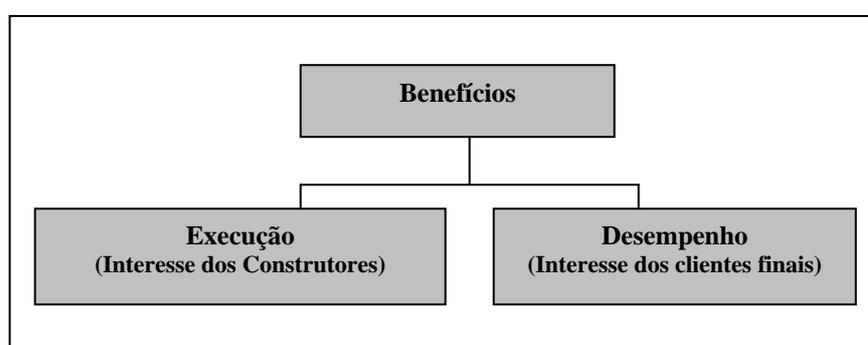


Figura 37: Hierarquia do grupo de critério **Benefícios**
Fonte: Elaborado pelo autor

Na conceituação adotada neste trabalho, o desempenho envolveu fatores subjetivos, comumente considerados pelo cliente no momento de escolha do produto, e fatores objetivos, relacionados ao desempenho no uso da tecnologia. Os aspectos subjetivos foram denominados satisfação psicológica, ou satisfação de estima, e os aspectos objetivos relativos ao comportamento da tecnologia na edificação foram denominados desempenho no uso, tal qual mostrado na figura 38. Neste último grupo, foram considerados os requisitos de desempenho listados por diferentes institutos e entidades de pesquisa ou análise de materiais.

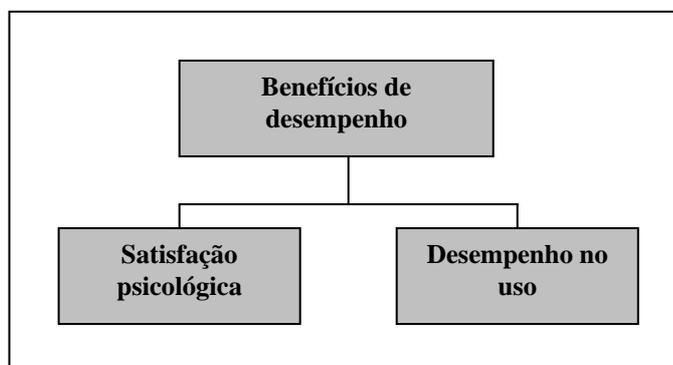


Figura 38: Hierarquia do grupo de critério **Benefícios de desempenho**
Fonte: Elaborado pelo autor

6.2.1.3 Critérios captados em fontes bibliográficas

Os critérios captados na revisão bibliográfica foram levantados em diversos estudos relacionados a modelos de avaliação e decisão tecnológica (Silva, 1996; Detoni, 1996; San Martin, 1999; Souza, 2003; Cunha, 2005) e alguns relacionados especificamente à revestimentos de fachada (Medeiros, 1999; Kondo, 2003; Siqueira Júnior, 2003). Dentre os relacionados a revestimentos, o estudo de Medeiros (1999) lida com revestimentos cerâmicos de fachada, o trabalho de Kondo (2003) apresenta um modelo decisório e o estudo de Siqueira Júnior (2003) trata de fachadas-cortina com placas de grês-porcelanato.

Dos modelos citados, observa-se que os modelos de Detoni (1996); Medeiros (1999); Kondo (2003) e Souza (2003), apresentam uma semelhança maior com o modelo desta pesquisa. Os três primeiros tem como foco revestimentos, e o modelo de Souza (2003) apresenta critérios genéricos para uso em diversas situações. Desta forma, optou-se por apresentar os como os critérios citados nestes modelos foram considerados ou adaptados para a presente pesquisa.

Vários dos critérios usados no modelo de Detoni (1996), relacionado a revestimentos de pisos, foram incorporados no modelo desta pesquisa. Alguns foram considerados de forma mais explícita, enquanto outros foram considerados indiretamente. A figura 39 explicita como foram efetuadas as adaptações dos critérios envolvidos no modelo de Detoni (1996), considerando-se seus PVFs e PVEs, para esta pesquisa.

Pode-se observar que todos os PVFs considerados por Detoni (1996) foram levados em conta, de alguma forma, no modelo desta pesquisa. No entanto, vale ressaltar algumas diferenças na interpretação dos mesmos.

Por exemplo, o custo de manutenção é um parâmetro muito difícil de se avaliar durante as fases de concepção. Este item é bastante influenciado pelo processo de execução e seu controle. Desta forma, no modelo desta pesquisa, este item é avaliado de forma indireta no item manutenibilidade (que é descrito de forma mais detalhada na subseção 5.3, que trata do modelo construído). Outros itens relacionados ao desempenho do material também são abordados de forma diferente, devido ao diferente contexto e propriedades requeridas dos subsistemas de fachadas.

Lista de critérios considerados no modelo de Detoni (1996) para projetos de revestimentos de piso		Considerações sobre estes critérios no presente trabalho:
PVFs:	PVEs:	
Custos de aquisição e colocação (PVF);	Não foram estabelecidos PVEs neste item.	Adotado na forma de custo por m ² acabado.
Custos de manutenção (PVF);	Não foram estabelecidos PVEs neste item.	Medido indiretamente através de benefícios. No caso de fachadas, é difícil para o decisor encontrar valores estimados para este critério durante as fases de concepção.
Satisfação Psicológica (PVF)	Status;	Adotado no item "Status".
	Tradição do Material;	Adotado no item "Tradição e cultura".
	Aplicação diferenciada;	Considerado como adotado indiretamente nos itens ligados a "Satisfação Psicológica".
	Beleza do material;	O material em si não foi considerado como preponderante para a beleza do revestimento. Desta forma, é considerado o item "Composição Estética".
Construtibilidade (PVF)	Apoio Técnico;	Considerado no item "Suporte do Fornecedor".
	Cuidados necessários com o material;	Considerado de forma diferente no item "facilidade logística".
	Facilidade de colocação;	Considerado de forma diferente no item "Facilidade de execução".
Resistência (PVF)	Resistência à água;	Foram consideradas outras propriedades devido ao contexto de decisão.
	Resistência a produtos químicos;	
	Inalterabilidade de cores;	
	Resistência à abrasão e à impactos;	
	Resistência à ação de insetos.	
Segurança (PVF)	Antialérgico;	Foram consideradas outras propriedades devido ao contexto de decisão.
	Atóxico;	
	Atrito necessário ao trânsito;	
Conforto (PVF)	Conforto acústico;	Aspecto importante, mas não considerado essencial para a escolha do revestimento.
	Conforto Térmico;	Considerado no item "Conforto Térmico".
Manutenibilidade (PVF)	Facilidade de reparar e/ou substituir;	Considerado no item "Reparos".
	Facilidade de limpeza.	Considerado no item "Facilidade de limpeza".

Figura 39: Considerações sobre os critérios envolvidos no modelo de Detoni (1996)

Tomando como referência o modelo de Medeiros (1999), foi efetuado o mapeamento de critérios mostrado na figura 40.

Cabe lembrar que os critérios de Medeiros (1999) são concebidos especificamente para a consideração de revestimentos cerâmicos. Por isto, não se mostram adequados para a avaliação de revestimentos de natureza diferente. Os critérios listados no grupo "natureza íntreca do material" fazem parte deste contexto. De uma forma geral, porém, a maioria dos demais critérios foram considerados direta ou indiretamente no modelo deste trabalho.

Lista de critérios considerados na matriz de decisão de Medeiros (1999) para escolha de placas cerâmicas:		Considerações sobre estes critérios no presente trabalho:
Natureza Intrínseca do material	Expansibilidade térmica;	No caso de Medeiros, são consideradas somente placas cerâmicas. No caso da presente pesquisa, são considerados vários tipos de revestimento. Estes itens estão parcialmente medidos através dos aspectos considerados no desempenho.
	Expansibilidade higroscópica;	
	Permeabilidade à água e ao vapor;	
	Resistência ao manchamento superficial;	
	Resistência ao congelamento;	
Aplicabilidade	Capacidade de deformação;	Presente no item “Composição estética”
	Ajustabilidade às variações dimensionais da fachada;	Considerado no item “Facilidade de execução”
	Facilidade de execução;	Não foi considerado diretamente importante.
	Produtividade na execução;	Não levado em consideração.
Manutenibilidade	Visibilidade de defeitos geométricos a longa distância;	Aspectos considerados indiretamente no item “frequência e facilidade de limpeza”.
	Vulnerabilidade ao grafitismo e ao vandalismo;	
	Vulnerabilidade às sujidades presentes no ar;	Considerado no item “Reparos”.
	Facilidade de limpeza e manutenção;	Medido indiretamente no aspecto “conservação das propriedades ao longo do tempo”.
Estética	Facilidade de recolocação e substituição;	Não considerado, devido ao fato da avaliação das ações levar em consideração as cores e texturas.
	Manutenção da aparência ao longo do tempo;	
	Possibilidade de cores e texturas diferentes;	
Suporte do fornecedor	Facilidade de composição de padrões;	Considerado no item “Composição estética”.
	Qualidade do suporte e assistência técnica;	Considerado no item “conservação das propriedades ao longo do tempo”.
	Garantia de fornecimento;	Medido no item “Suporte do fornecedor”.
Custo	Disponibilidade de mercado;	Medido no item “Suporte do fornecedor”.
	Custo inicial;	Adotado no item “Custo por m ² acabado”.
	Custo de manutenção/ expectativa de problema;	Medido indiretamente através de benefícios. É difícil para o decisor encontrar valores estimados para este critério.
	Valorização econômica do imóvel;	Medido indiretamente. Considerado resultado da satisfação nos mais diversos quesitos.
Segurança	Gravidade de acidente em caso de descolamento da placa;	Considerado no item “Gravidade do acidente em caso de queda”.
	Exigência e cumprimento de normalização;	Avaliados indiretamente no item “garantias de fixação pela qualidade dos materiais e componentes”
	Garantia de defeitos da placa;	
	Garantia do revestimento aplicado.	

Figura 40: Considerações sobre os critérios envolvidos na matriz de Medeiros (1999)

Já o modelo de Kondo (2003) considera diferentes tipos de revestimento de fachada: revestimento cerâmico, revestimento com argamassa decorativa cimentícia e revestimento com placas pétreas. Os critérios da autora, e as considerações sobre como eles foram incorporados no modelo do presente trabalho, são apresentados na figura 41.

Lista de critérios considerados por Kondo (2003) para seleção dos principais revestimentos de fachada.		Considerações sobre estes critérios no presente trabalho:
Custo	Custo inicial de implantação;	Adotado. Custo por m ² acabado.
	Custo de manutenção;	Medido indiretamente através de benefícios. É difícil para o decisor encontrar valores estimados para este critério.
	Acréscimo da valorização econômica do imóvel;	Não mensurado. Este critério é levado em conta como um resultado da satisfação nos mais diversos quesitos.
Aspectos mercadológicos	Predominância de uso na faixa de mercado;	Considerados diretamente e indiretamente através do aspecto “satisfação psicológica”.
	Influência cultural;	
	Valorização estética, coerência cromática e formal;	
Durabilidade	Exposição em condições adversas;	Medido indiretamente e parcialmente através da resistência à expansões e à ataque de cloretos.
	Facilidade de substituição de parte do revestimento;	Considerado no item “Reparos”.
	Facilidade de limpeza;	Aspecto considerado no item “frequência e facilidade de limpeza”.
	Manutenção da aparência na vida útil;	Medido indiretamente no aspecto “conservação das propriedades ao longo do tempo”.
Execução	Produtividade;	Não considerado importante por si só. Não foi considerado diretamente.
	Facilidade de execução;	Considerado no item “Facilidade de execução”.
	Oferta de mão de obra;	Considerado no item “Adaptação à capacidade produtiva - mão de obra”.
	Logística;	Considerado no PV “facilidade logística”.

Figura 41: Considerações sobre os critérios envolvidos na matriz de Kondo (2003)

De acordo com o quadro apresentado, quase todos os critérios adotados por Kondo (2003) foram contemplados de alguma forma no modelo desta pesquisa. No caso do critério de produtividade, como o modelo trata de decisões de projeto, foi considerado mais adequado adotar um novo critério, de natureza semelhante, porém mais conceitual, denominado adaptação à capacidade produtiva. Esta pode ser avaliada em termos de equipamentos, mão de obra e prazos. Estes pontos de vista auxiliam a definir se a tecnologia é adequada ou não. Isto evita ter de avaliar diretamente a produtividade, que se torna um parâmetro de difícil avaliação, quando se consideram alternativas de ação muito distintas entre si.

Como nos casos anteriores, vários critérios considerados no modelo de Souza (2003), também foram incorporados no modelo desta pesquisa. A figura 42 apresenta como os mesmos foram considerados.

Lista resumida de critérios considerados no modelo Souza (2003) para inovações tecnológicas	Considerações sobre estes critérios no presente trabalho:
Custos	Considerados no item “Custo por m ² acabado”;
Benefícios técnicos de desempenho;	Considerados no aspecto “Desempenho”;
Benefícios técnicos de construtibilidade;	Considerados indiretamente no aspecto “Execução”;
Benefícios técnicos de integração sistêmica;	Aspecto importante não levado em conta devido à contextualização do modelo.
Benefícios técnicos de cumprimento de prazos;	Considerado indiretamente no aspecto “adaptação à capacidade produtiva”.
Benefícios técnicos de produtividade;	Não considerado importante por si só. Não foi considerado diretamente.
Benefícios de mercado: imagem da empresa;	Estes aspectos não são considerados critérios no modelo em questão. São vistos como resultados uma boa avaliação global gerada pelo modelo.
Benefícios de mercado: Vantagem competitiva;	
Benefícios econômicos: Retorno do investimento;	
Benefícios econômicos: fluxo de caixa;	
Benefícios organizacionais.	
Riscos (vários subcritérios)	Considerados indiretamente na avaliação dos critérios.

Figura 42: Considerações sobre Critérios envolvidos no modelo de Souza (2003, p. 92)

Um aspecto importante a ressaltar sobre este modelo consiste no fato de que o mesmo apresenta uma separação entre benefícios e riscos (não explicitados no quadro). No caso desta pesquisa, considera-se que os riscos são avaliados na própria avaliação dos benefícios. Desta forma, foram listados no quadro somente os critérios referentes a custos e benefícios. Conforme pode ser observado, os seis primeiros critérios já foram de alguma forma listados e discutidos nos quadros relativos a outros modelos. Já os critérios do grupo benefícios de mercado e benefícios econômicos são considerados resultados do sucesso da avaliação nos outros critérios. Ou seja, para que sejam bem avaliadas, as alternativas deverão sofrer uma avaliação geral boa nos demais critérios.

Devido à extensão da lista de critérios relacionados ao desempenho no uso, foi adotada a classificação sugerida por Siqueira Júnior (2003, p.50): segurança, habitabilidade e durabilidade. Estes grupos podem ser visualizados na figura 43.

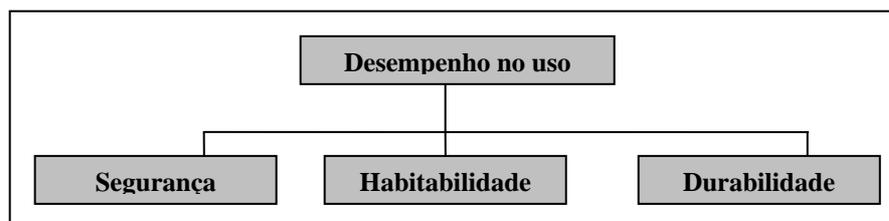


Figura 43: Hierarquia do grupo de critérios “Desempenho no uso”

Fonte: Elaborado pelo autor

Este tipo de divisão apresenta abrangência adequada para a classificação dos critérios adotados e considerados importantes. Além disso, os subgrupos representam propriedades desejadas das alternativas. Desta forma, há uma adequação entre a nomeação dos grupos e as informações normalmente disponíveis sobre características de desempenho de tecnologias de revestimento de fachadas.

É interessante ressaltar que, nesta pesquisa, não houve a intenção de gerar uma lista exaustiva de critérios. A preocupação fundamental foi definir uma lista básica de critérios que permitisse avaliar adequadamente o problema em questão, e que fosse bem aceita pelos decisores. Novos critérios podem ser incorporados ao modelo, se assim for desejado, em função de mudanças no contexto decisório.

6.2.1.4 Critérios captados em formulários e entrevistas semi-estruturadas

A fim de complementar o levantamento bibliográfico e ampliar a lista de critérios selecionados para formar o modelo desta pesquisa, buscou-se captar quais os critérios para seleção de tecnologias de revestimento de fachadas considerados mais relevantes por diferentes profissionais atuantes no mercado de Fortaleza.

Para este fim destinou-se parte dos formulários e entrevistas da fase 1. No caso dos formulários, foram realizadas algumas perguntas, respondidas por quatro engenheiros civis (ver figura 44). Observou-se que todos os fatores citados pelos engenheiros já estavam, de forma direta ou indireta, listados na literatura e já haviam sido incorporados ao modelo.

1. Quais os cinco fatores mais importantes a serem levados em conta na escolha de um revestimento externo de fachada?	
Engenheiro A	- Tradição de especificação de determinada tecnologia; - Tendência de mercado; - Padrão do empreendimento.
Engenheiro B	- Custos; - Beleza (estética); - Comportamento do Material Utilizado.
Engenheiro C	- Durabilidade; - Facilidade de manutenção; - Estética; - Preço; - Rapidez de execução.
Engenheiro D	- Tradição; - Padrão do empreendimento; - Custos; - Satisfação do cliente; - Patologias.

Figura 44: Fatores considerados importantes por engenheiros civis de turma de especialização

As entrevistas semi-estruturadas foram realizadas com profissionais que possuíam uma ampla experiência de trabalho no setor. Como pré-requisitos para a participação de entrevistados nesta etapa foram considerados os seus campos de atuação e o tempo de experiência profissional dos mesmos. Dada a limitação de tempo para realização da pesquisa foram entrevistados somente dois engenheiros civis (sendo um o diretor técnico de uma empresa) e dois arquitetos. As perguntas estabelecidas a fim de levantar os critérios que os mesmos consideravam importantes estão sumarizadas na figura 45. O roteiro completo de perguntas encontra-se no apêndice 2 desta dissertação.

Perguntas (APÊNDICE 2):
<ul style="list-style-type: none"> - Quais critérios o sr.(a) considera importante para definir a tecnologia de fachada? - O que o (a) levaria a utilizar outra tecnologia de fachada? Já teve dúvidas sobre qual o tipo de revestimento a utilizar? - Quais critérios o sr. considera essencial de se avaliar durante a escolha de uma tecnologia de revestimentos de fachada? (Neste item apresentou-se uma lista de critérios. O entrevistado deveria sublinhar os que considerava importante. Esta lista pode ser visualizada na referida pergunta no APÊNDICE 2.)

Figura 45: Perguntas realizadas em entrevistas semi-estruturadas

Em respostas às perguntas, os especialistas citaram itens que já haviam sido levantados na pesquisa bibliográfica. A figura 46 apresenta o perfil dos profissionais entrevistados, com suas respectivas respostas.

Conforme pode ser observado nas respostas apresentadas na referida figura, os arquitetos citaram respostas com maior ênfase os aspectos relacionados a custo, estética e aceitação, enquanto os engenheiros se preocuparam mais com aspectos relacionados à viabilidade de execução e ritmo de produção, que estão mais associados à sua função.

Observa-se ainda que, quando foi apresentada aos entrevistados uma lista de critérios, o número de parâmetros considerados importantes pelos entrevistados aumentou. Enquanto nas perguntas foram citados de dois a cinco critérios, na lista foram citados como importantes entre nove e dez aspectos.

Todos os critérios citados pelos entrevistados e obtidos pelos formulários foram levados em conta no modelo decisório, de forma direta, ou indireta (caso dos custos de manutenção).

Formação dos entrevistados:	Crítérios levantados a partir das duas primeiras perguntas:	Crítérios levantados a partir da lista apresentada:
Engenheiro Civil, diretor técnico e sócio de empresa construtora com mais de 25 anos de profissão.	<ul style="list-style-type: none"> - Durabilidade; - Estética; - Custos; - Histórico de uso; - Suporte do Fornecedor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidade; - Estanqueidade; - Durabilidade; - Economia; - Tradição e cultura; - Facilidade de compor padrões; - Suporte do Fornecedor; - Cumprimento de prazos e aproveitamento de recursos; - Custos de aplicação e manutenção.
Arquiteta e urbanista, arquiteta projetista (mais de 20 anos de profissão), Msc em administração, professora universitária.	<ul style="list-style-type: none"> - Aceitação do mercado; - Estética; - Custos; - Conforto Térmico; 	<ul style="list-style-type: none"> - Estanqueidade; - Conforto Higrotérmico; - Durabilidade; - Economia; - Status; - Cultura; - Durabilidade; - Suporte do Fornecedor; - Custos de aplicação.
Arquiteto e urbanista, atuando como projetista (mais de 30 anos de profissão), diretor de escritório de arquitetura, Msc em arq. e urbanismo, professor universitário.	<ul style="list-style-type: none"> - Custo; - Estética; - Adequabilidade; - Capacitação de quem constrói; 	<ul style="list-style-type: none"> - Estanqueidade; - Conforto Higrotérmico; - Durabilidade; - Economia; - Status; - Suporte do fornecedor; - Dificuldade da técnica construtiva; - Custos de aplicação.
Engenheiro Civil, mais de 15 anos de experiência em gerência e construção de edifícios de múltiplos pavimentos, membro da comissão de estudos sobre aderência em Revestimentos Cerâmicos de Fachada da Comunidade da Construção de Fortaleza.	<ul style="list-style-type: none"> - Propriedades das placas utilizadas, no caso deste tipo de revestimento; - Surgimento de patologias; 	<ul style="list-style-type: none"> - Estanqueidade; - Durabilidade e economia; - Status; - Tradição e cultura; - Suporte do fornecedor; - Domínio da técnica construtiva; - Cuidados necessários com os materiais; - Custos de aplicação e manutenção.

Figura 46: Crítérios considerados importantes pelos entrevistados

6.2.1.5 Elaboração de descritores

A elaboração dos descritores é importante para possibilitar a compreensão dos pontos de vista e sua operacionalização. Os mesmos expressam os valores dos decisores para um determinado critério.

No capítulo 5 foram apresentadas as perguntas que direcionaram as entrevistas com os decisores, formuladas a fim de obter respostas que permitissem a construção dos descritores. No entanto, apesar de indicar preferências, as respostas registradas freqüentemente não descreviam objetivamente uma situação. Desta forma, muitos descritores tiveram que ser elaborados de maneira discreta, considerando cada ação potencial como a descrição de um nível de impacto.

Salienta-se que, à medida que o modelo foi utilizado na fase 3, alguns refinamentos foram realizados nestas descrições. Uma das mudanças foi escrevê-los de forma qualitativa. Buscou-se assim, melhorar a base conceitual do modelo, sem inferir em mudanças operacionais para os avaliadores.

6.2.1.6 Considerações sobre os critérios escolhidos pelo modelo como PVFs

Para serem considerados no modelo em questão, os critérios foram escolhidos baseados em pelo menos uma das seguintes fontes:

- Critério citado em pesquisas ou modelos estudados na revisão bibliográfica;
- Critério sugerido pelo pesquisador e considerado útil na decisão em questão pelos decisores;
- Critérios considerados importantes através das entrevistas realizadas.

Além destes aspectos, todos os critérios deveriam atender os seguintes requisitos:

- Serem aceitos como importantes pelos decisores (ou alguns deles);
- Ser possível sua avaliação durante as fases preliminares.

O primeiro destes requisitos se constitui como uma diretriz essencial para o sucesso do modelo. O segundo trata de uma questão óbvia de operacionalização, mas que merece atenção. Por exemplo, no contexto de uso do modelo decisório é difícil estimar se determinado componente de uma tecnologia irá chegar à obra apresentando defeitos imprevistos de fabricação. Assim, no lugar de estimar a porcentagem desses defeitos, outros parâmetros devem ser considerados que indiretamente podem contribuir para avaliar este quesito, tais como o histórico dos fornecedores e suas certificações de qualidade.

Outro aspecto importante a ser considerado, mas considerando a família de pontos de vista adotados, é sobre sua extensão. Ressalta-se que não houve a intenção de tornar exaustiva a quantidade de critérios envolvidos. Procurou-se trabalhar com uma quantidade limitada, que apresentasse uma representatividade capaz de representar adequadamente o problema em questão. A árvore, os pontos de vista e os seus respectivos descritores são apresentados no próximo subitem.

6.2.2 O modelo construído

Os pontos de vista considerados neste trabalho foram resultados de estudos descritos nos capítulos anteriores. Após uma organização e estruturação dos critérios, chegou-se à seguinte árvore de decisão, apresentada na figura 47. É importante observar que cada PVF aqui descrito faz parte de um dos grupos de critérios já citados nas primeiras fontes adotadas.

Conforme pode ser observado, ao total, foram levados em conta dez PVFs. Eles foram operacionalizados a partir da elaboração de descritores plausíveis que auxiliam na avaliação do impacto das ações (ou alternativas) no referido ponto de vista. Ressalta-se ainda que alguns Pontos de Vista Elementares (PVEs) também foram utilizados para melhor operacionalização de alguns PVFs.

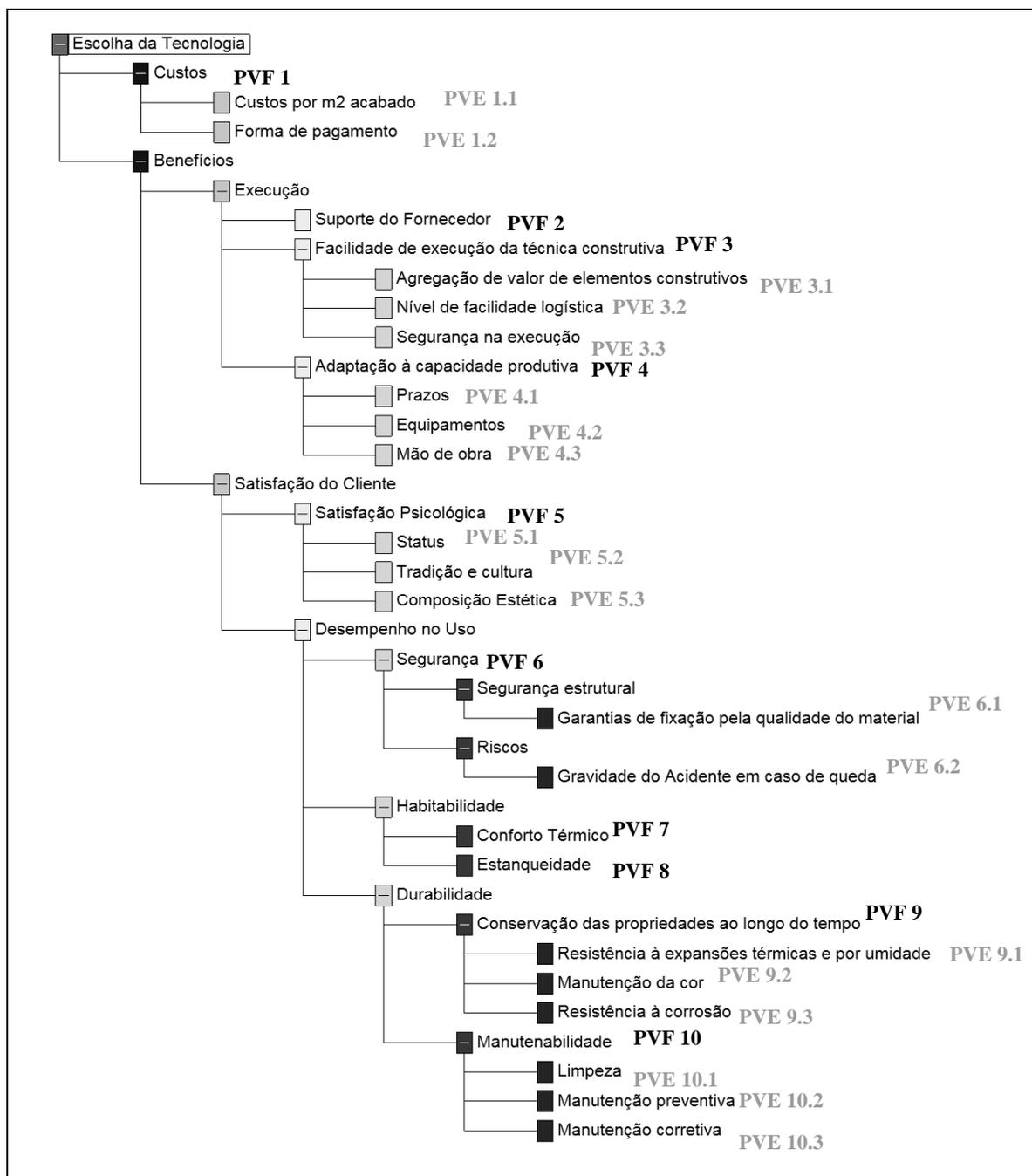


Figura 47: Árvore de decisão para tecnologias de revestimento de fachadas

Nos itens a seguir, são apresentadas as descrições dos PVFs, com seus respectivos níveis de impacto e procedimento utilizados para operacionalização. A forma como são apresentados os descritores, correspondem o modelo após a última avaliação realizada na aplicação do modelo decisório.

6.2.2.1 Custos (PVF 1);

Este PVF se refere aos aspectos de viabilidade financeira. Para sua mensuração foram utilizados dois PVEs. O primeiro PVE consiste no custo por m² acabado. Este forma de mensuração é normalmente adotada nas formas tradicionais de orçamento e é de fácil assimilação pelos decisores. Para sua operacionalização, foram elaborados descritores diretos, considerados em unidades monetárias por m² aplicado. Este tipo de unidade é normalmente utilizado nas formas tradicionais de orçamento e é facilmente interpretada pelos profissionais no ramo. A figura 48 ilustra a descrição dos níveis de impacto para este PVF. Os valores estabelecidos para os níveis de impacto foram baseados em preços potenciais de mercado estimados por alguns dos entrevistados.

Níveis de impacto	Descritor
N6	Até R\$30,00/m ²
N5	Entre R\$30,01/m ² e R\$60,00/m ²
N4	Entre R\$60,01/m ² e R\$100,00/m ²
N3	Entre R\$100,01/m ² e R\$200,00
N2	Entre R\$200,01/m ² e R\$300,00
N1	Acima de R\$300,00/m ²

Figura 48: PVE 1.1 – Custos de aplicação

O outro PVE utilizado, forma de pagamento, avalia o impacto da escolha da tecnologia no fluxo de caixa desejado pela empresa construtora. Foram estabelecidas descrições qualitativas para os níveis de impacto (ver figura 49).

Níveis de impacto	Descritor
N3	Atende bem às necessidades de desembolso através do fluxo de caixa
N2	Atende moderadamente às necessidades de desembolso através do fluxo de caixa
N1	Não atende adequadamente às necessidades de desembolso através do fluxo de caixa

Figura 49: PVE 1.2 – Forma de pagamento

6.2.2.2 Suporte do fornecedor (PVF 2);

Este PVF mede o quanto a escolha da tecnologia implica na obtenção de fornecedores com características desejadas pela empresa construtora. Essas características se encontram relacionadas ao suporte e ao gerenciamento da execução. O descritor utilizado neste PVF relaciona uma série de critérios adaptados e listados como importantes por Isatto (1996, p.120) e por San Martin (1999, p. 92), que são apresentados na figura 50.

Níveis de impacto	Descritor	
	A tecnologia (ou conjunto) possui ____ (quantidade) características da lista abaixo.	
N5	8	<input type="checkbox"/> Disponibilidade de mercado; <input type="checkbox"/> O gerenciamento de aquisição dos componentes e materiais pode ser realizado através de relações com um número reduzido de fornecedores. <u>Apresenta fornecedores (materiais e/ou serviços) com:</u> <input type="checkbox"/> Histórico de bom relacionamento com a empresa; <u>e tradição de mercado em:</u> <input type="checkbox"/> Prazo de entrega adequado; <input type="checkbox"/> Fornecimento de produtos conformes com os especificados; <input type="checkbox"/> Assistência técnica eficiente; <input type="checkbox"/> Entrega em embalagens adequadas e na quantidade correta; <input type="checkbox"/> Pontualidade na entrega;
N4	6 ou 7	
N3	4 ou 5	
N2	2 ou 3	
N1	0 ou 1	

Figura 50: PVF 2 – Suporte do fornecedor

Para encontrar o nível de impacto de uma alternativa neste PVF, deve-se enumerar quantas das características listadas a tecnologia em avaliação apresenta. Se ela preenche seis ou sete aspectos listados, por exemplo, ela corresponde ao nível de impacto N4.

Um aspecto importante a ser ressaltado sobre esta forma de avaliação, é que cada característica listada apresenta o mesmo peso ou impacto das demais. Apesar da possibilidade de apresentar pequenas imprecisões ao considerar o mesmo peso para todas as características, esta forma de avaliação foi adotada devido a sua simplicidade. Outras formas mais precisas tornariam a avaliação muito extensa.

6.2.2.3 Facilidade de execução (PVF 3)

A facilidade de execução está ligada ao nível de dificuldade envolvida na execução da técnica construtiva dentro padrões normalmente aceitos pelos decisores. Para operacionalização deste PVF, foram estabelecidos três PVEs: agregação de valor em elementos construtivos, nível de facilidade logística e segurança na execução.

O PVE **agregação de valor em elementos construtivos** foi adaptado a partir do indicador GPAE utilizado no modelo de San Martin (1999). O referido PVE avalia qualitativamente os elementos construtivos da tecnologia em questão quanto à aglutinação de etapas de produção que os mesmos possibilitam. Quanto maior o número de elementos construtivos classificados em um nível mais alto de uniformidade e aglutinação de etapas, maior será o grau de padronização e agregação de valor da tecnologia. Para a avaliação, é estabelecida uma avaliação comparativa com os tradicionais revestimentos cerâmicos assentados com argamassas industrializadas, e execução das juntas necessárias. O descritor utilizado para este PVE é apresentado na figura 51.

Níveis de impacto	Descritor
N4	Os elementos construtivos aglutinam mais de uma etapa em relação à tecnologia tradicional de revestimento cerâmico e que necessariamente tem dimensões pré-determinadas.
N3	Os elementos construtivos aglutinam mais de uma etapa em relação à tecnologia tradicional de revestimento cerâmico e não são necessariamente uniformes.
N2	Os elementos construtivos possuem um número de etapas equivalente à tecnologia tradicional de revestimento cerâmico e não são necessariamente uniformes.
N1	A tecnologia tradicional de revestimento cerâmico representa aglutinação de etapas em relação à referida tecnologia.

Figura 51: PVE 3.1 – Agregação de valor em elementos construtivos

Por sua vez, o PVE **nível de facilidade logística** avalia o grau de cuidados e dificuldades envolvidos no transporte, inspeção e armazenamento dos componentes da referida tecnologia. Foram estabelecidos níveis impactos de forma qualitativa para avaliação deste PVE, tal qual apresentado na figura 52.

Níveis de impacto	Descritor
N4	A tecnologia utiliza componentes de fácil inspeção, transporte e armazenamento em obra.
N3	O uso da tecnologia implica em poucas dificuldades relativas à inspeção, manuseio e transporte dos componentes.
N2	O uso da tecnologia implica em dificuldades moderadas relativas à inspeção, manuseio e transporte dos componentes.
N1	O uso da tecnologia implica em muitas dificuldades relativas à inspeção, manuseio e transporte dos componentes.

Figura 52: PVE 3.2 – Nível de facilidade logística

Por fim, o PVE **segurança na execução** avalia os riscos de segurança envolvidos durante a execução pela equipe de produção. Devido ao fato que o modelo é destinado a dar suporte às decisões iniciais sobre o empreendimento, não é possível nesta fase avaliar o processo. Desta forma, a avaliação destes riscos é estimada através da forma e do peso (kgf) dos componentes manuseados (figura 53).

Níveis de impacto	Descritor
N5	Envolve o manuseio de componentes leves e que não provocam riscos de acidentes em caso de queda.
N4	Envolve o manuseio de componentes leves e pequenos e que provocam alguns riscos de acidentes em caso de queda.
N3	Envolve o manuseio de componentes de peso moderado e de pequenas dimensões , que provocam riscos de acidentes em caso de queda.
N2	Envolve o manuseio de componentes de peso moderado e de grandes dimensões , que provocam riscos de acidentes em caso de queda.
N1	Envolve o manuseio de componentes pesados e de grandes dimensões , que provocam sérios riscos de acidentes em caso de queda.

Figura 53: PVE 3.3 – Segurança na execução

Para exemplificar alguns termos utilizados neste quadro, foram considerados componentes leves as placas cerâmicas 9,5 x 9,5 cm, trechos de argamassas, e pastilhas em geral. Como componentes de peso moderado, citam-se os casos das placas de porcelanato e granito 45x45cm, assim como os painéis de vidro de massa semelhante. Por componentes pesados, podem-se citar as placas de granito com mais de 1m².

6.2.2.4 Adaptação à capacidade produtiva (PVF 4)

Este PVF avalia qualitativamente o quanto a escolha da tecnologia impacta em dificuldades, em termos de disponibilidade de mão de obra adequada ao serviço, para a empresa construtora, devido à sua capacidade produtiva. Para sua operacionalização, foram estabelecidos três PVEs: Prazos, Mão de obra e equipamentos.

Com relação ao PVE **prazos**, avalia-se qualitativamente o impacto da adoção da tecnologia em termos de adequação ao cumprimento de prazos necessários para a execução do empreendimento. O descritor e os níveis de impacto são apresentados na figura 54.

Níveis de impacto	Descritor
N2	A adoção da tecnologia se mostra adequada ao cumprimento de prazos .
N1	A adoção deste tipo de tecnologia implica em dificuldades no cumprimento de prazos planejados .

Figura 54: PVE 4.1 – Adaptação à capacidade produtiva em termos de prazos

Por sua vez, no PVE **mão de obra**, avalia-se qualitativamente o quanto a escolha da tecnologia impacta em dificuldades na capacidade produtiva, em termos de disponibilidade de mão de obra

adequada ao serviço. O descritor e os níveis de impacto, adaptado a partir de Jobim et al. (2003), são apresentados na figura 55.

Níveis de impacto	Descritor
N3	Não exige mão de obra especializada .
N2	Exige mão de obra especializada e esta é disponível no mercado.
N1	Exige mão de obra especializada , e esta não é disponível .

Figura 55: PVF 4.2 – Adaptação à capacidade produtiva em termos de mão de obra

Por fim, o PVE **equipamentos** avalia qualitativamente o quanto a escolha da tecnologia impacta em dificuldades, em termos de disponibilidade de equipamentos necessários a execução, para a empresa construtora, devido à sua capacidade produtiva. O descritor e os níveis de impacto foram sugeridos pelo pesquisador aos decisores e estão apresentados na figura 56.

Níveis de impacto	Descritor
N4	Não exige equipamentos e ferramentas extras aos disponibilizados na empresa.
N3	Exige equipamentos e ferramentas de pequeno porte disponíveis no mercado .
N2	Exige equipamentos e ferramentas de grande porte disponíveis no mercado .
N1	Exige equipamentos e ferramentas não disponíveis do no mercado .

Figura 56: PVF 4.3 – Adaptação à capacidade produtiva em termos de equipamentos

6.2.2.5 Satisfação Psicológica ou Satisfação de Estima (PVF 5)

Este PVF faz parte do grupo de critérios relativos à satisfação do cliente. Nele estão envolvidos os aspectos subjetivos que podem aumentar ou diminuir a satisfação do cliente. Um exemplo de uso deste tipo PVF pode ser encontrado no trabalho de Detoni (1996). Para a operacionalização deste PVF no presente trabalho, foram estabelecidos três PVEs: status, composição estética, e tradição e cultura.

Entre os conceitos relativos ao termo status, o dicionário eletrônico Houaiss (2007) cita, entre outros: posição favorável na sociedade; consideração, prestígio, renome. Desta forma, o PVE **status** avalia o quanto a escolha da tecnologia impacta em termos de geração deste tipo de qualificação do empreendimento, segundo o ponto de vista dos clientes finais. Para sua operacionalização foram estabelecidos níveis de impacto cujas descrições se mostrassem adequadas a estes conceitos. Para fins de montagem do cenário utilizado neste trabalho, foram sugeridos pelo pesquisador os níveis de impacto explicitados na figura 57.

Níveis de impacto	Descritor
N4	A tecnologia está associada ao uso em edifícios de alto padrão em importantes metrópoles mundiais .
N3	A tecnologia está associada ao uso em edifícios de alto padrão em Fortaleza .
N2	A tecnologia está associada ao uso em edifícios de bom e médio padrão .
N1	O tipo de revestimento é comumente utilizado em edifícios de caráter popular .

Figura 57: PVE 5.1 – Status

O PVE **composição estética** também utiliza alguns parâmetros qualitativos para avaliar o valor estético potencial do revestimento no empreendimento. Analisa-se se uma determinada tecnologia apresenta certas características, consideradas importantes para uma boa composição estética da fachada do empreendimento. Como o modelo decisório não avalia um tipo de revestimento já apresentado e paginado em nível de projeto, a avaliação é efetuada considerando se a tecnologia tem alguma das características positivas explicitadas por Medeiros (1999, p.45), que são tomadas como parâmetros de avaliação. O nível de impacto de uma alternativa é determinado a partir do número das características presentes nela e apresentadas na figura 58. Esta forma de avaliação se assemelha à utilizada no PVF **suporte do fornecedor**.

Níveis de impacto	Descritor	
	A tecnologia (ou o conjunto) possui _____ (quantidade) características da lista abaixo.	
N5	7	<input type="checkbox"/> Facilita a composição de padrões e formas estéticas; <input type="checkbox"/> Apresenta facilidade de modulação; <input type="checkbox"/> Adequa-se a geometria da fachada; <input type="checkbox"/> As peças especificadas apresentam precisão dimensional; <input type="checkbox"/> Evita brilho ofuscante quando irradiado diretamente pelo sol; <input type="checkbox"/> Permite visibilidade à noite sem iluminação artificial; <input type="checkbox"/> Expectativa de manutenção da aparência ao longo do tempo;
N4	5-6	
N3	3-4	
N2	1-2	
N1	0	

Figura 58: PVE 5.2 – Composição estética

Por fim, o PVE **tradição e cultura** avalia o quanto a tecnologia é culturalmente aceita, dada a sua tradição e cultura no local de construção, dadas as características de concepção do edifício até então estabelecidas e sua função. Para a sua operacionalização, foram sugeridas pelo pesquisador descrições qualitativas, conforme mostrado na figura 59.

Níveis de impacto	Descritor
N4	Adequa-se ao estilo arquitetônico da região e adequa-se ao estilo associado ao o uso do edifício.
N3	Não se adequa ao estilo arquitetônico da região e adequa-se ao estilo associado ao o uso do edifício.
N2	Adequa-se ao estilo arquitetônico da região mas não se adequa ao estilo associado ao o uso do edifício.
N1	Não se adequa ao estilo arquitetônico da região nem se adequa ao estilo associado ao o uso do edifício.

Figura 59: PVE 5.3 – Tradição e cultura

Salienta-se que, no caso do critério de adequação ao estilo arquitetônico da região, é avaliado se a tecnologia pode ser considerada dentro de padrões semelhantes ou de padrões de diferenciação positiva em uma região. Por exemplo, um edifício totalmente revestido por pele vidro em uma região de edifícios rústicos, pode ser considerado inadequado. Já na adequação ao estilo associado ao uso do edifício, é avaliado se a tecnologia é capaz de estar associada ao bom desfrute do edifício, considerando os detalhes de concepção do empreendimento e os hábitos dos usuários do mesmo. Por exemplo, um edifício com revestimento em painéis de alumínio e de vidro provavelmente é encarado como adequado para edifícios empresariais. No entanto, em edifícios residenciais, pode ser considerado como inadequado por muitos usuários.

6.2.2.6 Segurança (PVF 6)

Este PVF avalia a segurança da tecnologia após a aplicação. O problema é que esta segurança não é fácil de avaliar, devido ao desconhecimento, em nível de projeto, do grau de controle de execução e da possibilidade de defeitos nos materiais e componentes. Por isto, este PVF é avaliado indiretamente através de dois PVEs.

O primeiro PVE, **gravidade do acidente em caso de queda** do revestimento, foi adaptado a partir de critério semelhante utilizado na matriz de avaliação de Medeiros (1999). Para sua operacionalização são levados em conta a massa (em kg) e o tamanho dos componentes, tal qual indicado na figura 60. A conceituação quanto ao peso e tamanho adotados neste descritor são as mesmas adotadas pelo PVE segurança na execução.

Níveis de impacto	Descritor
N5	No caso de queda, a gravidade do acidente pode ser desconsiderada.
N4	No caso de queda, a gravidade do acidente é dada pelo impacto de componentes leves, pequenos e rígidos com bens materiais ou pessoas em trânsito.
N3	No caso de queda, a gravidade do acidente é dada pelo impacto de componentes pequenos, rígidos e de peso moderado , com bens materiais ou pessoas em trânsito.
N2	No caso de queda, a gravidade do acidente é dada pelo impacto de componentes grandes, rígidos e de peso moderado , com bens materiais ou pessoas em trânsito.
N1	No caso de queda, a gravidade do acidente é dada pelo impacto de componentes grandes, rígidos e pesados , com bens materiais ou pessoas em trânsito.

Figura 60: PVE 6.1 – Gravidade do acidente em caso de queda

Por sua vez, o outro PVE, **riscos inerentes à qualidade dos componentes**, avalia a segurança do revestimento acabado, devido à qualidade dos componentes utilizados. Para sua operacionalização, é avaliada a qualidade dos produtos dos fornecedores através de certificações e de tradição de mercado, tal qual na figura 61.

Uma questão importante a ser ressaltada, é que, tanto o PVF **suporte do fornecedor** como este PVF apresentam avaliações de características relativas a fornecedores. No entanto, enquanto no primeiro são avaliadas características quanto ao gerenciamento (produto conforme especificado, entre outros), neste são avaliadas características relativas à qualidade do produto. Ou seja, um componente de tecnologia pode ser entregue conforme especificado. No entanto, o mesmo pode não possuir certificação de qualidade ou possuir tradição de mercado como produto de boa qualidade.

Níveis de impacto	Descritor
N3	Os fornecedores dos componentes utilizados possuem certificação de qualidade e tradição de mercado no fornecimento de produtos de boa qualidade .
N2	Os fornecedores dos componentes utilizados não possuem certificação de qualidade , mas possuem tradição de mercado no fornecimento de produtos de boa qualidade . ou Os fornecedores dos componentes utilizados possuem certificação de qualidade , mas não possuem tradição de mercado no fornecimento de produtos de boa qualidade .
N1	Os fornecedores dos componentes utilizados não possuem certificação de qualidade nem possuem tradição de mercado no fornecimento de produtos de boa qualidade .

Figura 61: PVE 6.2 – Riscos inerentes à qualidade dos componentes

6.2.2.7 Contribuições para o conforto térmico (PVF 7)

Neste PVF é avaliado o quanto a escolha da tecnologia é capaz de contribuir para o conforto térmico dos usuários da edificação. Para sua operacionalização, o descritor adotado busca identificar as características inerentes à tecnologia que propiciam o conforto térmico, conforme na figura 62.

Níveis de impacto	Descritor
N4	A tecnologia apresenta em seu revestimento uma câmara projetada como ventilada. As correntes convectivas de ar atuam como isolantes térmicas entre o exterior e as paredes do edifício. Ex: Fachada ventilada em porcelanato/granito.
N3	A tecnologia apresenta revestimento aderido diretamente (sem câmara de ar) e sua superfície apresenta baixa absorvância à radiação solar (α) (função da cor). Ex: revestimento cerâmico ou textura de cor branca.
N2	A tecnologia apresenta revestimento aderido diretamente (sem câmara de ar) e sua superfície apresenta alta absorvância à radiação solar (α) (função da cor). Ex: revestimento cerâmico ou textura de cor preta.
N1	A tecnologia é constituída por elementos translúcidos que permitem a passagem de calor através da radiação solar. Ex: Painéis de vidro

Figura 62: PVF 7 – Contribuições para o conforto térmico

Conforme pode ser observado no quadro, os níveis de impacto descrevem características inerentes à tecnologia ou sistema, que indicam uma maior ou menor contribuição ao conforto térmico. Apesar da possibilidade do uso de indicadores quantitativos de transmitância térmica, este tipo de descrição não foi utilizada devido à dificuldade de se realizar julgamentos de valor.

Uma limitação importante com relação a estas descrições, é que elas procuram refletir a realidade quanto ao conforto térmico em Fortaleza. De acordo com o projeto de norma 02:136.07-001/3 - Desempenho térmico de edificações – Parte 3 (ABNT, 2003), a cidade de Fortaleza está classificada na zona bioclimática 7, apresentando-se como uma região cuja temperatura e umidade são constantes e elevadas, quando comparada a outras regiões. Desta forma, no conforto térmico esperado em relação à tecnologia, a preocupação dominante se refere à evitar a sensação de calor.

6.2.2.8 Estanqueidade (PVF 8)

Este PVF avalia o quanto o revestimento aplicado contribui para o requisito de desempenho de estanqueidade. Para sua avaliação, são caracterizadas nos níveis de impacto as características inerentes às tecnologias e sistemas de revestimento que contribuem para evitar a passagem de água para o interior da edificação. O descritor utilizado é apresentado na figura 63.

Níveis de impacto	Descritor
N5	A barreira à passagem de água é constituída pela camada de revestimento com placas e uma câmara de ar. Desta forma, forma-se uma barreira à absorção de água pelas vedações externas.
N4	A barreira à passagem de água é constituída pela camada de revestimento com placas (com baixa absorção de água) assentadas de forma direta. As placas e suas juntas funcionam como principais barreiras à absorção de água pelas vedações externas.
N3	A barreira à passagem de água é constituída painéis translúcidos em vidro. Neste caso os painéis funcionam como vedações e revestimento.
N2	A barreira à passagem de água é constituída pela camada de revestimento com placas (com baixa absorção de água) assentadas de forma direta. As placas e suas juntas (produzidas <i>in loco</i>) funcionam como principais barreiras à absorção de água pelas vedações externas.
N1	A barreira à passagem de água é constituída pela camada de revestimento com pintura.

Figura 63: PVF 8 – Estanqueidade

Ressalta-se que neste PVF, considerou-se uma possível discordância dos decisores quanto à melhor e a pior situação. Desta forma, algumas funções de valores poderão apresentar comportamento nem sempre crescente (em termos de valor) quando se considera um nível de impacto superior.

6.2.2.9 Conservação das propriedades ao longo do tempo (PVF 9)

Este PVF avalia a capacidade dos componentes da tecnologia, de se manter com suas propriedades íntegras ao longo do tempo. Para sua operacionalização foram considerados três PVEs.

O primeiro, a resistência a expansões térmicas e por umidade, avalia a capacidade do revestimento se manter íntegro devido aos esforços provindos de expansões térmicas e por umidade.

A forma de avaliação utilizada foi quanto à geração de tensões sobre componentes do revestimento, sendo descritas as características relacionadas à forma de absorção de tensões. Os níveis de impacto e o descritor são apresentados na figura 64.

Níveis de impacto	Descritor
N6	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas somente em juntas entre placas.
N5	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas sobre uma camada de argamassa e outra de pintura.
N4	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas sobre uma camada de argamassa cobertas com placas/pastilhas cuja expansão por umidade (EPU) em torno de 0mm/m.
N3	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas sobre uma camada de argamassa cobertas com placas/pastilhas cuja expansão por umidade (EPU) em torno de até 0,4mm/m.
N2	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas sobre uma camada de argamassa cobertas com placas/pastilhas cuja expansão por umidade (EPU) entre 0,4 e 0,6mm/m.
N1	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas sobre uma camada de argamassa cobertas com placas/pastilhas cuja expansão por umidade (EPU) acima de 0,6mm.

Figura 64: PVE 9.1 – Resistência às expansões térmicas e por umidade

Conforme pode ser observado, no caso de pastilhas e placas assentadas com argamassa, o parâmetro utilizado foi a expansão por umidade. Nesta avaliação, parte-se do pressuposto que outras características não citadas encontram-se dentro dos parâmetros estabelecidos pelas normas brasileiras.

Em outro PVE, manutenção da cor é avaliada a capacidade dos componentes da tecnologia de manter com sua cor e aparência superficial íntegra, frente às características do ambiente, em especial da intensidade de luz solar. Foram utilizados níveis de impacto qualitativos para sua operacionalização (ver figura 65).

Níveis de impacto	Descritor
N4	O revestimento é extremamente resistente à mudança de cor ao longo do tempo, causada por intempéries e fatores ambientais normalmente presentes.
N3	O revestimento é bastante resistente à mudança de cor ao longo do tempo, causada por intempéries e fatores ambientais normalmente presentes.
N2	Em sua maior parte , o revestimento é bastante resistente à mudança de cor ao longo do tempo, causada por intempéries e fatores ambientais normalmente presentes.
N1	O revestimento é pouco resistente à mudança de cor ao longo do tempo, causada por intempéries e fatores ambientais normalmente presentes.

Figura 65: PVE 9.2 – Manutenção da cor

Por fim, no terceiro PVE, **resistência à corrosão** é avaliada a capacidade dos componentes metálicos da tecnologia (quando presentes), de se manterem íntegros quanto à corrosão. Para simplificação deste critério, foram considerados somente o ataque em elementos metálicos. Para a operacionalização, foram avaliados parâmetros de avaliação de dispositivos metálicos da norma NBR 13707 – Projeto de revestimento de paredes e estruturas com placas de rocha (ABNT, 1996a) e da quantidade de elementos metálicos utilizados. O descritor e os níveis de impacto são apresentados na figura 66.

Níveis de impacto	Descritor
N4	Revestimentos sem uso de elementos metálicos
N3	Revestimento com uso de elementos em aço inoxidável do tipo ABNT 316: para atmosferas urbanas, marinhas e industriais que contenham cloretos, ou uso de outros elementos metálicos com certificação expedida por norma, como resistente em atmosferas urbanas, marinhas e industriais que contenham cloretos.
N2	Revestimento com uso de elementos em aço inoxidável do tipo ABNT 304: para atmosferas urbanas e industriais isentas de cloretos ou uso de outros elementos metálicos com certificação expedida por norma, como resistente em atmosferas urbanas e industriais isentas de cloretos.
N1	Revestimento com uso de elementos metálicos não considerados pela norma.

Figura 66: PVE 9.3 – Resistência à corrosão

6.2.2.10 Manutenibilidade (PVF 10)

Este PVF avalia os esforços envolvidos na manutenção dos revestimentos de fachada. Para sua operacionalização, foram estabelecidos três PVEs: **frequência e facilidade de limpeza, manutenção preventiva, e manutenção corretiva.**

O primeiro é o PVE **freqüência e facilidade de limpeza**, que considera os esforços relativos à freqüência necessária e a dificuldade de limpeza de superfícies.

Como descrições dos níveis de impacto, foram estabelecidas avaliações baseadas no aspecto superficial do revestimento (ver figura 67).

Níveis de impacto	Descritor
N4	Necessita de baixa freqüência quanto à necessidade de limpeza e apresenta facilidade de remoção de manchas e sujeiras em sua superfície. O acabamento superficial é normalmente constituído por placas com <u>superfície lisa ou polida</u> . (Ex: Cerâmica esmaltada, pedra polida de fácil limpeza).
N3	Necessita de baixa freqüência quanto à necessidade de limpeza e apresenta algumas dificuldades de remoção de manchas e sujeiras em sua superfície. A tecnologia é normalmente constituída por <u>placas não esmaltada</u> ou <u>pedra sem polimento</u> . (Ex: Granito não polido ou litocerâmica que apresentam algumas dificuldades na remoção).
N2	Necessita de baixa freqüência quanto à necessidade de limpeza e apresenta dificuldades moderadas de remoção de manchas e sujeiras em sua superfície. A tecnologia comumente apresenta como <u>acabamento superficial uma pintura</u> que apresenta dificuldades moderadas na remoção de sujidades.
N1	Necessita de alta freqüência quanto à necessidade de limpeza . A tecnologia normalmente utiliza <u>placas/elementos translúcidos</u> que necessitam de <u>constante limpeza</u> (Ex. Painéis de vidro).

Figura 67: PVE 10.1 – Freqüência e facilidade de limpeza

Por sua vez, o PVE **manutenção preventiva** avalia os esforços envolvidos no plano de manutenção preventiva do revestimento aplicado. A operacionalização levou em conta o tipo de ação a ser tomada e sua freqüência, conforme pode ser observado na figura 68.

Níveis de impacto	Descritor
N3	Exige inspeções visuais em um período superior a cinco anos .
N2	Exige inspeções de alguns componentes a cada cinco anos para verificação da necessidade de substituição.
N1	Exige recolocação/pintura do revestimento entre um prazo de três a seis anos .

Figura 68: PVE 10.2 – Manutenção preventiva

Por fim, no PVE **manutenção corretiva**, avalia-se os esforços envolvidos nos reparos não previstos. Para sua operacionalização, são ordenadas as descrições das situações mais prováveis de intervenções em caso de problemas na fachada, conforme pode ser observado na figura 69.

Níveis de impacto	Descritor
N4	O mais provável é a necessidade da <u>troca/substituição/reparo de poucos componentes na fachadas</u> , podendo ser executada <u>rapidamente</u> . Ex: Fachada ventilada em granito/porcelanato.
N3	O mais provável é a necessidade da <u>troca/substituição/reparo de poucos componentes na fachadas</u> , necessitando-se de mão de obra <u>altamente especializada</u> e podendo ser executada <u>rapidamente</u> . Ex: Painéis de vidro.
N2	O mais provável é ocorrer a necessidade <u>troca/substituição/reparo de componentes presentes em grande parte da fachada</u> , envolvendo uma <u>execução rápida</u> e de <u>custos moderados</u> (em relação ao investimento da fachada). Ex: Pinturas
N1	O mais provável é ocorrer a necessidade <u>troca/substituição/reparo de componentes presentes em grande parte da fachada</u> , envolvendo uma <u>execução demorada</u> e de <u>alto custo</u> (em relação ao investimento da fachada). Ex: Revestimento Cerâmico.

Figura 69: PVE 10.3 – Manutenção corretiva

6.2.3 Considerações finais sobre a fase 2

A estruturação apresentada corresponde à realidade encontrada neste trabalho e na cidade de Fortaleza. Como foi planejado para que a estruturação pudesse sofrer refinamentos ao longo da seqüência de aplicação do modelo, os descritores apresentados se encontram diferentes dos utilizados no início das simulações. Ao longo da seqüência de aplicação, buscou-se incorporar o conhecimento científico à medida que estavam de acordo com os valores e entendimento dos decisores. Assim, espera-se que o modelo construído possa funcionar como uma ferramenta útil. Desta forma, o modelo apresentado corresponde à forma final sugerida neste estudo, na qual as descrições sugeridas objetivaram atender bem os requisitos de mensurabilidade e operacionalização.

6.3 RESULTADOS DA FASE 3: APLICAÇÃO DO MODELO

Para a aplicação do modelo, foram realizadas simulações de uso da ferramenta com seis decisores, realizadas de forma de seqüencial. A descrição destas aplicações é apresentada nos itens a seguir.

6.3.1 O perfil dos decisores

O grupo de participantes que colaborou na aplicação do modelo foram denominados decisores A, B, C, D, E e F. A escolha destes decisores foi realizada com base na disponibilidade e no perfil dos profissionais. A seguir, na figura 70, são apresentados os perfis dos participantes e suas influências em decisões relativas a fachadas.

Decisor	Perfil	Poder de decisão relativo a tecnologias de revestimento de fachadas
A	Engenheiro Civil desde 1991. Depois de formado, atuou durante três anos em sala técnica. Há treze anos atua em uma construtora no gerenciamento de obras verticais.	Devido à experiência no cotidiano do gerenciamento de obras, sempre requisitado, contribui com informações que forneçam subsídios às decisões da construtora.
B	Engenheiro Civil desde 1982, com titulação de mestre. Atua no setor de materiais de construção, prestando assessoria técnica.	Na parte de fachadas, atua com assistência nas especificações técnicas, ensaios de componentes e materiais, assim como na orientação do procedimento executivo.
C	Engenheiro Civil desde 1979. Atuando na construção civil desde 1977, é diretor e sócio de empresa construtora.	Como diretor técnico da construtora, participa ativamente das decisões dos empreendimentos, inclusive as relacionadas às tecnologias de fachada.
D	Arquiteto, desde o início de 2005. Sócio de escritório de arquitetura, cujo foco principal são projetos de edifícios.	Faz parte do seu trabalho a escolha das fachadas no projeto. Suas escolhas são realizadas de acordo com as necessidades do cliente (construtor).
E	Arquiteto, mais de 30 anos de experiência profissional. Atuou como construtor e atualmente é sócio e projetista de escritório de arquitetura.	Faz parte do seu trabalho a escolha das fachadas no projeto. Suas escolhas são realizadas de acordo com as necessidades do cliente (construtor).
F	Arquiteta desde meados de 2004. Atua como arquiteta em uma empresa nacional fabricante de revestimentos, prestando assistência e passando recomendações aos clientes quanto à especificação de materiais.	Trabalha junto aos arquitetos, engenheiros e construtoras do mercado. Presta assistência a arquitetos, faz indicações de produtos da empresa quanto à especificações como tamanho, preços e cores.

Figura 70: Perfil dos decisores

Destes participantes, ressalta-se que os decisores A, B e C, também participaram da fase 2 deste trabalho. O decisor A participou como um dos engenheiros da turma de especialização que preencheu o formulário sobre fachadas, enquanto os decisores B e C foram entrevistados. A participação nesta etapa foi importante, pois eles puderam ter a noção de todas as etapas envolvidas na concepção e aplicação do modelo deste estudo. Os outros profissionais que foram entrevistados na fase 2 também foram contactados. No entanto, a falta de horários disponíveis impediu suas participações durante o período destinado à fase 3. Desta forma, foram convidados os profissionais D, E e F, todos arquitetos, que completaram a amostra utilizada nesta fase de pesquisa. É válido ressaltar os seus diferentes perfis. Os decisores D e E são arquitetos, projetistas de edifícios com uma grande diferença no seu tempo de profissão. O decisor F atua em uma empresa fabricante de revestimento, possuindo também um poder de influência nas decisões de mercado. Para esta fase de pesquisa, considerou-se que a heterogeneidade nos perfis seria interessante para avaliar a eficiência do modelo construído.

6.3.2 Cenário apresentado

Nesta pesquisa foi formulado o seguinte cenário:

- Uma empresa construtora, em parceria com empresários, trabalham na construção de um Hotel 4 estrelas na Av. Beira Mar de Fortaleza (custo de alto padrão).
- Em um empreendimento anterior, a má escolha da Tecnologia de Revestimento de Fachada (associada a falta de devidos cuidados na execução) levou à insatisfação de usuários devido ao surgimento de patologias (além de onerar custos extras para a construtora).
- A empresa busca um ganho de imagem positiva com o empreendimento hoteleiro. O sucesso da obra é encarada pela empresa como uma oportunidade para alcançar novos mercados.
- Para a empresa, a tecnologia de Revestimento de Fachada deve ser criteriosamente escolhida, pois uma má escolha pode prejudicar a imagem da empresa, assim como uma boa escolha pode se tornar um cartão de visitas por estar em uma das regiões mais visitadas na cidade.
- Os profissionais da empresa construtora estão abertos ao uso de novas soluções, desde que os custos financeiros e esforços envolvidos sejam compensados pelos benefícios.

A ilustração do empreendimento é apresentada na figura 71.

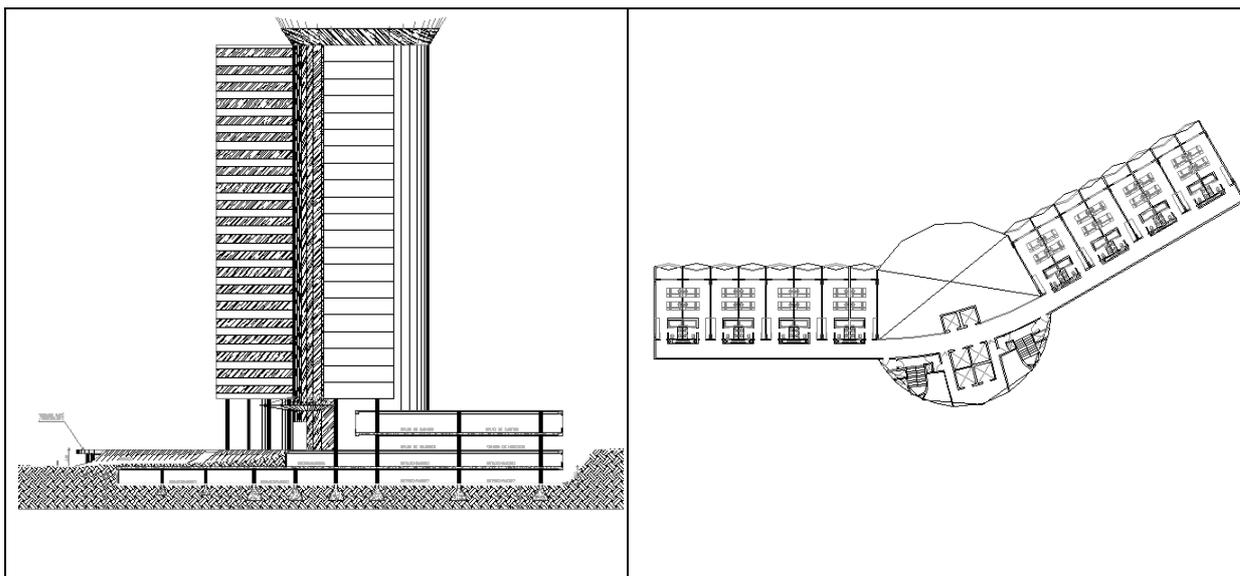


Figura 71: Corte e planta baixa do pavimento tipo

O cenário de aplicação adotado nesta pesquisa foi proposital. Alguns aspectos contribuíram para que, no lugar de se escolher um empreendimento residencial (o mais comum na construção de edifícios), se buscasse um de outra natureza.

Entre estes aspectos pode-se citar:

- Em Fortaleza-CE, há uma cultura muito intensa de uso de placas (e pastilhas cerâmicas) em edifícios residenciais, em especial de classe média. Se trata de requisito de aceitação por parte do usuário, não havendo muitas outras alternativas a serem analisadas.
- Um exemplo nos quais as alternativas possíveis são bastante variadas e há diversos critérios a serem considerados, implica em uma decisão mais complexa. A escolha da Tecnologia de Revestimento de Fachada de um Hotel apresenta essas características.
- Um modelo construído baseado em um exemplo complexo, torna-se mais adaptável para decisões mais simples do que a situação contrária.
- A consideração de um exemplo possibilitou ao pesquisador uma maior flexibilidade de prazos e liberdade na construção do modelo, sendo possível captar contribuições de projetistas, diretores de organizações e especialistas, procurando-se uma maior robustez e validade na ferramenta, e procurando atender a vários atores da decisão.

6.3.3 Modelagem de preferências

A aplicação do modelo foi realizada através de encontros agendados pelo pesquisador na data e localização de preferência dos respondentes. A ordem de aplicação e as mudanças realizadas ao longo do processo são apresentadas na figura 72.

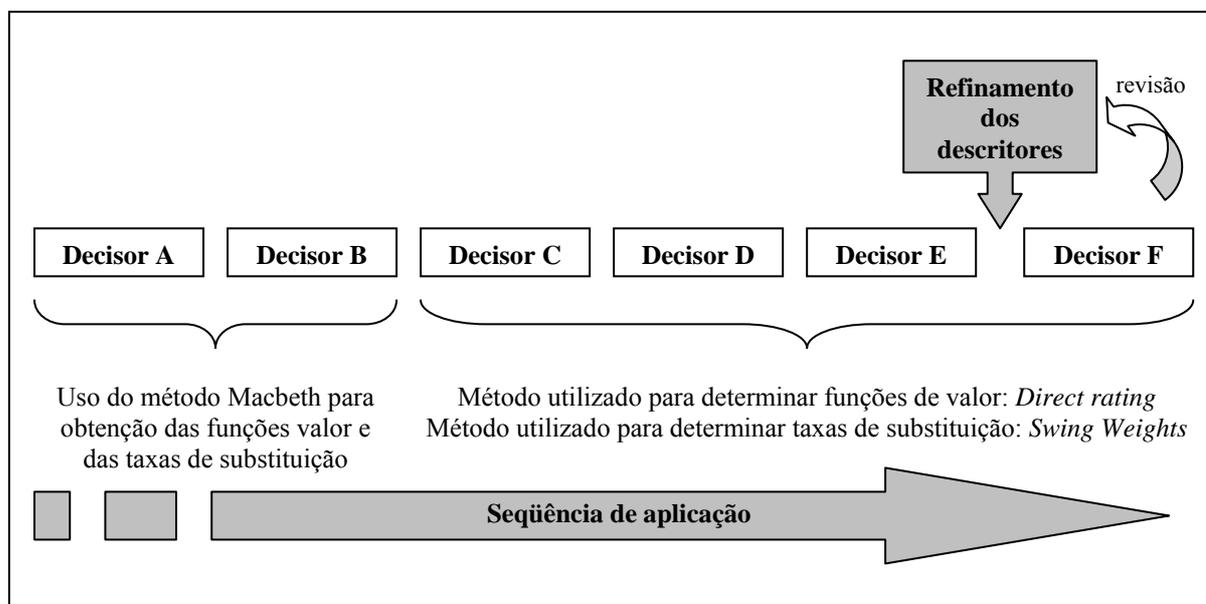


Figura 72: Delineamento da seqüência de aplicação

As duas primeiras aplicações foram realizadas utilizando-se nos formulários, matrizes de comparação **par a par**, nas quais o decisor deveria atribuir julgamentos semânticos. Os resultados preenchidos nestas matrizes alimentavam o *software M-MACBETH*. Nos demais decisores, foram aplicados formulários cujo método utilizado para determinar as funções de valor foi o método *Direct rating*. Para determinação das taxas de substituição passou-se a utilizar o método *Swing Weights*.

Apesar de ser facilmente compreendido pelos decisores, o formulário que utilizava matrizes apresentava como inconveniência o tempo necessário. Considerando-se que era realizado um exemplo de simulação, e devido ao grande número de critérios envolvidos no modelo, foram necessárias mais de quatro horas para o preenchimento do formulário. Muitos destes colaboradores apresentavam dificuldades de tempo, demonstraram cansaço ao longo do preenchimento dos julgamentos. Desta forma, a partir da terceira aplicação foram adotados os métodos *Direct rating* e *Swing Weights* que não utilizam julgamentos semânticos, mas que permitiam uma aplicação mais rápida, utilizando-se em média, uma hora e trinta minutos.

Ao longo do processo, houve ainda outra mudança. Foi realizado um procedimento de adequação dos descritores, como relatado no subitem 5.2.1.5 deste capítulo, baseado nas conclusões e discussões do pesquisador sobre o modelo. Estas mudanças foram realizadas para melhorar a operacionalização dos

níveis de impacto para os decisores. Os subitens a seguir detalham a obtenção das funções de valor e das taxas de substituição junto aos decisores.

6.3.3.1 Obtenção das funções de valor

Conforme explicado, as funções de valor foram obtidas através do preenchimento de um formulário pelos decisores. Antes do início do preenchimento, o pesquisador explicava o procedimento a ser realizado para o preenchimento. Além disso, se mostrava disponível para qualquer dúvida que surgisse ao longo do preenchimento.

No caso dos decisores A e B, o formulário apresentava matrizes para julgamentos semânticos **par a par**. Tendo os resultados preenchidos, o pesquisador alimentava os valores no *software M-MACBETH*, que realizava a conversão dos valores em uma escala cardinal, representada por valores numéricos. Ressalta-se que aos níveis de impacto que recebiam o nível BOM, era atribuída a pontuação 100, e ao nível NEUTRO, a pontuação 0.

Os resultados obtidos pelo *software* alimentaram uma planilha eletrônica que gerava os gráficos. A figura 73 apresenta o procedimento aplicado para o PVE adaptação à capacidade produtiva em termos de equipamentos, para o decisor B.

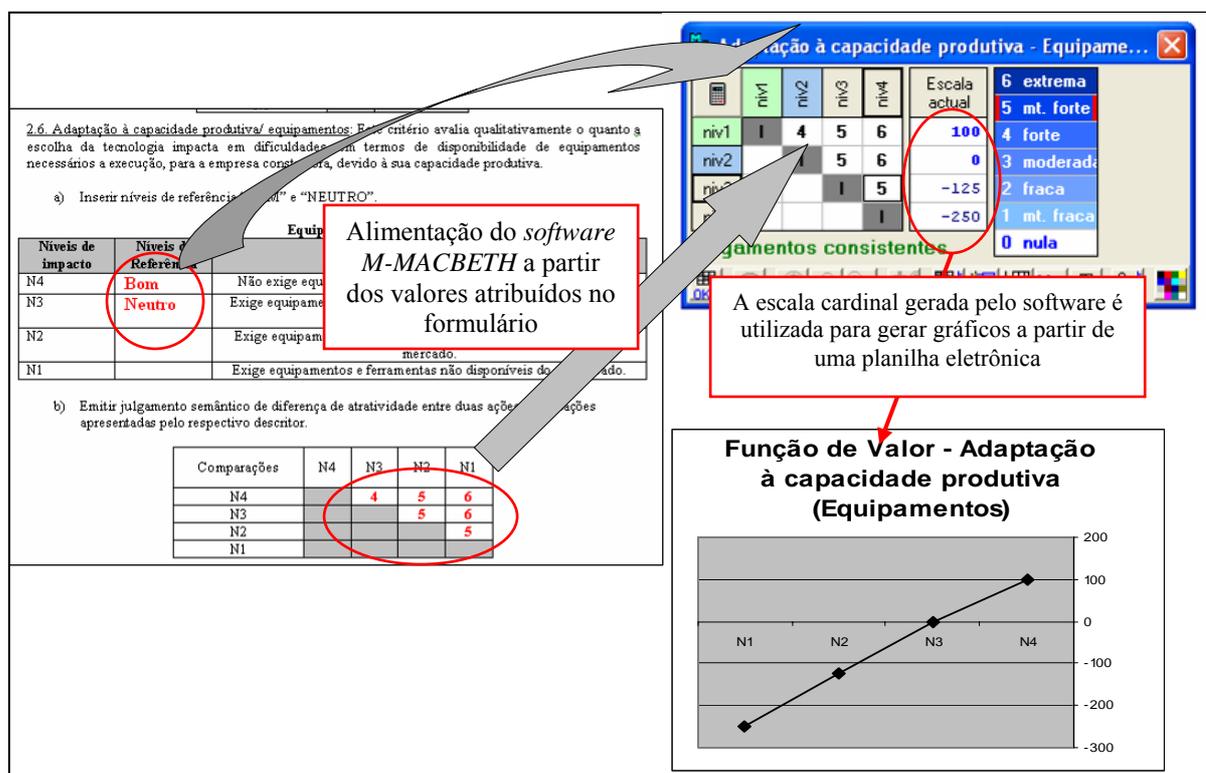


Figura 73: Esquema representativo do procedimento utilizado na obtenção de funções de valor para os decisores A e B

Conforme pode ser observado na figura 73, os decisores preenchiam o formulário impresso. Por sua vez, o pesquisador utilizava as informações preenchidas para alimentar o *software M-MACBETH* e obter os valores da escala cardinal. Estes dados eram então lançados em uma planilha eletrônica, que obtinha os gráficos das funções de valor.

Por sua vez, no caso dos decisores C, D, E e F, foi utilizado o método *Direct Rating* para obtenção das funções de valores. Este método utiliza um procedimento mais simples direto, e também foi explicado no capítulo 4 desta dissertação. No lugar de preencher as matrizes a fim de obter a escala cardinal pelo *M-MACBETH*, o decisor atribui a pontuação diretamente em cada nível. Inicialmente, no caso dos níveis BOM e NEUTRO, ele atribui as pontuações 100 e 0, respectivamente. Depois de atribuído estes valores, ele atribui valores aos demais níveis, tomando como base os julgamentos BOM e NEUTRO já atribuídos. Ou seja, se um nível de impacto for acima das suas expectativas, ele atribua um valor acima de 100. No caso de estar abaixo, o valor era menor que 0. Caso estivesse em um intervalo de expectativas, os valores se situavam entre 0 e 100. No caso destes decisores, os valores preenchidos no formulário eram repassados diretamente às planilhas eletrônicas, gerando os gráficos.

Quanto à ordenação dos níveis de impacto, estes eram apresentados já em uma seqüência pré-estabelecida e sugerida pelo pesquisador. No entanto, era dada a liberdade dos decisores alterarem esta ordem, a fim de realizar uma adaptação aos seus julgamentos. Ressalta-se que nos resultados apresentados nesta dissertação, foi estabelecida uma única ordem para os níveis de impacto, na qual as divergências na ordenação dos decisores podem ser identificadas por gráficos cuja função de valor não se mantém sempre crescente (ver exemplo na figura 74, que representa a função de valor do PVF estanqueidade para o decisor E).

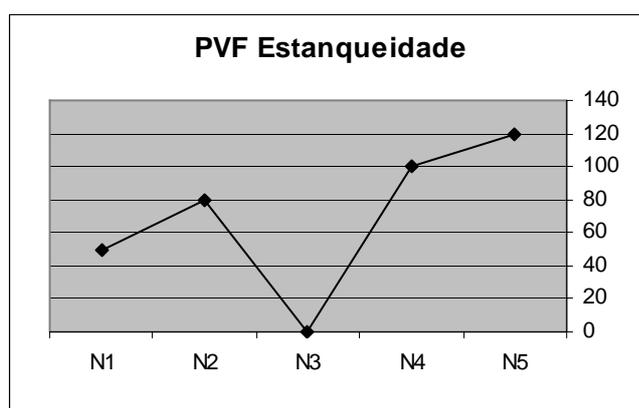


Figura 74: Exemplo de gráfico com função de valor onde N3 possui menor valor que N2.

Devido à extensão de gráficos, os resultados das funções de valor dos decisores foram apresentados no apêndice 4 desta dissertação, com seus valores cardinais na forma de tabelas.

6.3.3.2 Obtenção das taxas de substituição

Para a obtenção das taxas de substituição dos decisores A e B, foram aplicados formulários junto aos decisores, que permitiam alimentar as matrizes de comparação par a par do *software M-MACBETH*. Em relação ao formulário, inicialmente era pedido aos decisores que preenchessem suas preferências quanto a ações fictícias. No caso, era pedido para declarar qual ação era preferível, através da seguinte pergunta: "Dada uma ação A que tenha um impacto no nível bom no ponto de vista 1 e no nível neutro no ponto de vista 2 e uma ação B com um impacto no nível neutro no critério 1 e no nível bom no critério 2, qual delas é preferível, a ação A ou a B? Suponha que todos os demais pontos de vista estão no nível neutro". Esta pergunta era conduzida pelo pesquisador, e os decisores preenchiam no formulário sua preferência.

Realizado este procedimento, passava-se a atribuir os valores de diferença de atratividade entre as ações. Neste caso era realizada pelo pesquisador a seguinte pergunta: "Dada uma ação A que tenha um impacto no nível bom no ponto de vista 1 e no nível neutro no ponto de vista 2 e uma ação B com um impacto no nível neutro no ponto de vista 1 e no nível bom no ponto de vista 2, (sendo A preferível em relação a B) qual a diferença de atratividade entre as ações A e B?" Uma pergunta semelhante era utilizadas para compara a mesma ação A com uma alternativa fictícia N, representada por todos os níveis de impacto no nível NEUTRO. Os decisores respondiam assinalando no formulário quais julgamentos semânticos consideravam adequados aos seus valores pessoais. O formulário utilizado para estes procedimentos e sua representação na alimentação de dados no *software M-MACBETH* são apresentados na figura 75. No caso de inconsistências, o *software* relatava e apresentava sugestões, que foram tomadas quando necessário.

- Emitir julgamentos sobre diferença de atratividade entre ações, a fim de encontrar as taxas de substituição (pesos) para os critérios.

Critérios relativos à adaptação à capacidade produtiva

Comparações:

		0	1	2	3	4	5	6
Critério i:	Preferência:	Critério j:	Nenhuma	Muito Fraca	Fraca	Moderada	Forte	Muito Forte
Prazos	>	A0						
Equipamentos	>	A0						
Mão de obra	>	A0						
Prazos	(x) ()	Equipamentos						
Prazos	() (x)	Mão de obra						
Equipamentos	() (x)	Mão de obra						

Obtenção das taxas de substituição

Alimentação do preenchimento dos formulários no *software*

Figura 75: Esquema representativo do procedimento utilizado para obtenção das taxas de substituição pelo *software M-MACBETH*

No caso dos decisores C, D, E e F, optou-se por utilizar o método *Swing Weights*. Este método, possui como vantagem principal sua rapidez de aplicação. No caso das aplicações deste método, era lançada a seguinte indagação ao decisor: “Imagine uma alternativa com nível de impacto NEUTRO em todos os pontos de vista. Ela possui uma pontuação igual a 0. Caso o sr. pudesse optar por atribuir o nível BOM em um dos pontos de vista desta hierarquia, qual ponto de vista o sr. escolheria?”. A este ponto de vista escolhido era atribuída a pontuação 100. Em seguida, era realizada a seguinte pergunta: “após ter escolhido este ponto de vista, qual o próximo ponto de vista que o sr. escolheria para atribuir o nível BOM?”. A este ponto de vista, era pedido ao decisor para atribuir uma pontuação intermediária, sabendo-se dos outros valores já atribuídos anteriormente. Este procedimento seguia até que todos os pontos de vista de uma mesma hierarquia recebessem sua pontuação. Obtidas as pontuações, as taxas de substituição eram calculadas a partir de uma planilha eletrônica, que realizava o cálculo de divisão de cada uma destas pontuações pela soma das mesmas. O valor final, apresentado na forma percentual, corresponde à taxa de substituição do ponto de vista dentro de sua hierarquia.

Este procedimento é exemplificado na figura 76. Os decisores atribuíam os valores nos formulários. De posse aos valores, o pesquisador alimentava a planilha eletrônica, e obtinha os resultados para as taxas de substituição e seus respectivos gráficos.

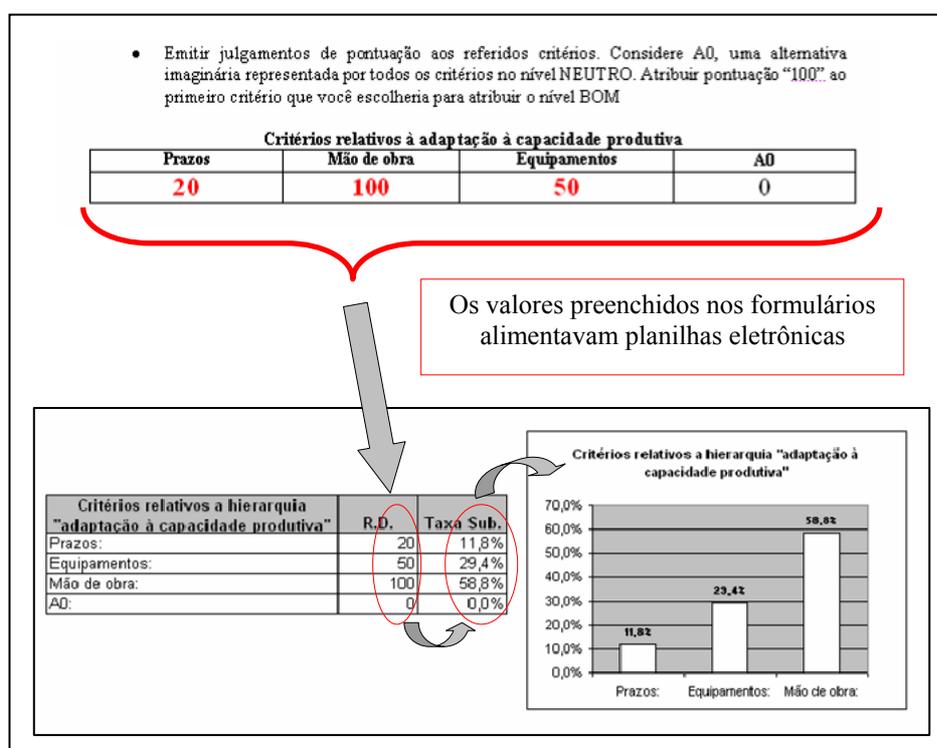


Figura 76: Esquema representativo do procedimento utilizado para obtenção taxas de substituição pelo método *Swing Weights* com uso de planilha eletrônica

Ressalta-se que durante a aplicação deste método, nenhuma dificuldade foi relatada por parte dos decisores. Com relação ao tempo de aplicação, o procedimento se dava de forma mais rápida do que na utilização do método *MACBETH*. No entanto, a diferença de tempo, não pôde ser avaliada unicamente para as taxas, já que o formulário utilizado compreendia também os demais procedimentos para obter os julgamentos de valores dos decisores. Estes gráficos e valores eram apresentados juntamente com os demais resultados aos decisores em um segundo momento.

Por sua vez, os valores obtidos para todos os decisores encontram-se apresentados na figura 77. Os valores apresentados correspondem à taxa de substituição do ponto de vista dentro de sua hierarquia.

Critérios relativos à escolha final da tecnologia	Taxas de substituição dos decisores					
	A	B	C	D	E	F
PVF 1. Custos	60,0%	30,0%	44,4%	33,3%	44,4%	41,2%
PVE 1.1. Custos:	33,3%	70,0%	66,7%	60,6%	55,6%	62,5%
PVE 1.2. Formas de financiamento:	66,7%	30,0%	33,3%	39,4%	44,4%	37,5%
Benefícios	40,0%	70,0%	55,6%	66,7%	55,6%	58,8%
Execução	40,0%	30,0%	44,4%	41,2%	47,4%	44,4%
PVF 2. Suporte do Fornecedor:	12,5%	17,4%	47,6%	33,3%	28,0%	28,0%
PVF 3. Facilidade de execução da técnica Construtiva:	50,0%	47,8%	9,5%	41,7%	40,0%	40,0%
PVE 3.1. Agregação de valor:	52,6%	47,6%	58,8%	40,0%	25,0%	19,0%
PVE 3.2. Nível de facilidade logística:	15,8%	19,1%	29,4%	32,0%	33,3%	47,6%
PVE 3.3. Segurança na execução:	31,6%	33,3%	11,8%	28,0%	41,7%	33,3%
PVF 4. Adaptação à capacidade produtiva	37,5%	34,8%	11,8%	25,0%	32,0%	32,0%
PVE 4.1. Prazos:	35,3%	33,3%	11,8%	33,3%	40,0%	31,8%
PVE 4.2. Equipamentos:	26,5%	16,7%	29,4%	25,0%	32,0%	22,7%
PVE 4.3. Mão de obra:	38,2%	50,0%	58,8%	41,7%	28,0%	45,5%
Satisfação do cliente	60,0%	70,0%	55,6%	58,8%	52,6%	55,6%
PVF 5. Satisfação psicológica	70,0%	28,0%	44,4%	44,4%	44,4%	37,5%
PVE 5.1. Status	44,5%	50,0%	29,4%	34,8%	29,4%	22,7%
PVE 5.2. Composição Estética	33,3%	33,3%	58,8%	43,5%	58,8%	45,5%
PVE 5.3. Tradição e cultura	22,2%	16,7%	11,8%	21,7%	11,8%	31,8%
Desempenho no uso	30,0%	72,0%	55,6%	55,6%	55,6%	62,5%
PVF 6. Segurança	15,4%	15,8%	33,3%	25,0%	41,7%	25,0%
PVE 6.1. Gravidade do acidente em caso de queda	36,4%	33,3%	66,7%	16,7%	66,7%	58,8%
PVE 6.2. Garantias de fixação pela qualidade do material	63,6%	66,7%	33,3%	83,3%	33,3%	41,2%
Habitabilidade	30,8%	31,6%	37,0%	41,7%	33,3%	41,7%
PVF 7. Conforto Térmico	30,0%	30,0%	33,3%	55,6%	44,4%	44,4%
PVF 8. Estanqueidade	70,0%	70,0%	66,7%	44,4%	55,6%	55,6%
Durabilidade	53,8%	52,6%	29,6%	33,3%	25,0%	33,3%
PVF 9. Conservação das propriedades ao longo do tempo:	66,7%	63,6%	62,5%	55,6%	55,6%	55,6%
PVE 9.1. Resistência a expansões:	50,0%	47,1%	55,6%	41,7%	43,5%	45,5%
PVE 9.2. Manutenção da cor:	31,3%	35,3%	27,8%	33,3%	34,8%	31,8%
PVE 9.3. Resistência à corrosão	18,8%	17,7%	16,7%	25,0%	21,7%	22,7%
PVF 10. Manutenibilidade:	33,3%	36,4%	37,5%	44,4%	44,4%	44,4%
PVE 10.1. Limpeza:	55,6%	31,8%	16,7%	31,8%	21,7%	22,7%
PVE 10.2. Manutenção Preventiva:	33,3%	18,2%	55,6%	45,5%	43,5%	31,8%
PVE 10.3. Reparos:	11,1%	50,0%	27,8%	22,7%	34,8%	45,5%

Figura 77: Valores obtidos para as taxas de substituição de acordo com o decisor

Conforme pode ser observado, os valores atribuídos apresentaram perfis diferentes. Os valores atribuídos aos custos, por exemplo, situaram-se entre 30% e 60%. Já em alguns grupos de critérios, a variação na ordem de importância dada a cada ponto de vista foi pequena. Isto pode ser observado dentro de cada hierarquia. Na hierarquia relacionada à satisfação do cliente, por exemplo, com exceção do decisor A, o desempenho no uso apresentou maior valor da taxa de substituição do que a satisfação psicológica. Comportamento semelhante ocorreu na hierarquia **conservação das propriedades ao longo do tempo**, onde a ordenação dos pontos de vista se manteve a mesma. Um aspecto importante a ser ressaltado sobre estes valores está relacionado à sua interpretação. Embora seja possível fazer diversas análises e comparações de padrões, é preciso considerar o caráter do estudo. Por se tratar de uma simulação, alguns decisores atribuíram os julgamentos pensando somente nos seus interesses, enquanto outros pensaram nos interesses de outros intervenientes. Em um caso real, possivelmente haveria padrões mais semelhantes devido à influência de diferentes atores, havendo necessidades de consenso. Além disso, os valores apresentados, correspondem a informações obtidas cujas descrições e procedimentos sofreram alguns refinamentos e mudanças ao longo da aplicação, conforme já relatado neste capítulo.

6.3.4 Avaliação das ações potenciais

A apresentação dos resultados relativos à etapa de avaliação das ações potenciais é dividida em duas partes. A primeira caracteriza as ações potenciais consideradas na avaliação. A segunda apresenta o processo envolvido na avaliação das ações potenciais e os resultados obtidos.

6.3.4.1 Caracterização das ações potenciais consideradas no modelo

Como ações potenciais, foram consideradas algumas das alternativas mais comuns de mercado. Entre estas alternativas, cita-se as seguintes tecnologias: pastilhas de vidro, fachada ventilada com placas de granito, fachada ventilada com placas de porcelanato, revestimento cerâmico assentado com argamassa, revestimento argamassado com textura e pele de vidro. A seguir estas tecnologias estão descritas na forma como foram consideradas no exemplo de aplicação. É importante observar que alguns aspectos não foram muito detalhados. Foi adotado este procedimento para que se pudesse permitir certa liberdade nas idéias de projeto dos avaliadores.

a) Revestimento argamassado com pastilhas de vidro

As pastilhas de vidro são normalmente assentadas com procedimentos semelhantes ao assentamento de placas cerâmicas. A diferença fica por conta das argamassas especiais para este tipo de revestimento utilizadas no assentamento e no rejuntamento. Para o exemplo desta pesquisa, considerou que o decisor possuía a liberdade de utilizar mesclas de cores claras e escuras, considerando-se a predominância da cor clara. Dos revestimentos adotados como alternativas este é provavelmente o menos utilizado em fachadas de grandes edifícios. A figura 78 ilustra um exemplo de aplicação de pastilhas de vidro em fachada.



Figura 78: Detalhe de pastilha de vidro usada em fachada
Fonte: Autor

Outro aspecto importante a ser ressaltado sobre este tipo de revestimento, é sua faixa de preço. De acordo com a aparência e acabamento das pastilhas, o preço pode variar bastante. É possível encontrar desde a faixa de R\$20,00 até acima de R\$300,00. No exemplo considerado nesta dissertação, considerou-se um preço médio R\$105,00 por metro quadrado aplicado. Isto inclui custos diretos (inclusive com leis sociais) do chapisco, emboço, aplicação das pastilhas e preenchimento de juntas. A variação dos tipos de pastilhas a serem aplicadas, ficou por conta da concepção dos decisores.

b) Revestimento argamassado com placas cerâmicas brancas

Este tipo de revestimento foi considerado com a utilização de placas cerâmicas esmaltadas de cor branca, tamanho 9,5 x 9,5 cm. A concepção do procedimento de execução para este revestimento é apresentada na norma NBR 13755 – Revestimento de paredes externas e fachadas com utilização de argamassa colante - Procedimento (ABNT, 1996b). Nesta norma, são assentados sobre o substrato, as

camadas de chapisco, argamassa de regularização, (quando o emboço for maior que 2,5cm), emboço. As placas cerâmicas são aplicadas com auxílio da argamassa colante e de uma desempenadeira denteada em um dos seus lados. No projeto devem ser consideradas que as juntas de movimentação e dessolidarização serão executadas com selante de boa qualidade e citado na referida norma. Um exemplo de edifício revestido com placas cerâmicas brancas é apresentado na figura 79.

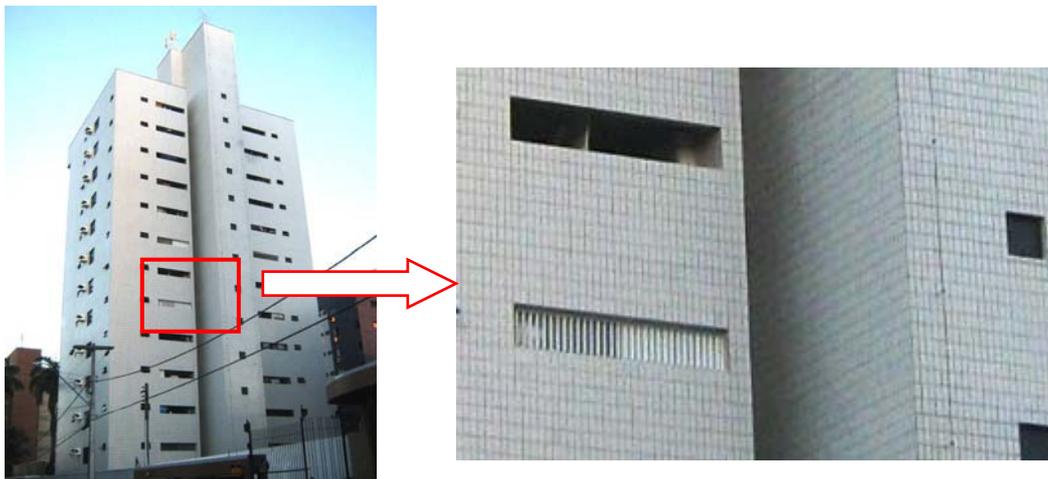


Figura 79: Edifício revestido com predominância de placas cerâmicas brancas no revestimento

Fonte: Autor

Com relação a faixa de preço deste tipo de revestimento, seu preço foi baseado nas composições da Secretária de Infra Estrutura do Estado do Ceará, e em preços repassados por uma funcionária de uma empresa fornecedora de placas cerâmicas. Foi considerado o custo de R\$55,00 por metro quadrado aplicado. Isto inclui etapas de chapisco, emboço, aplicação das cerâmicas e execução de juntas. Contempla os custos diretos incluindo leis sociais.

c) Fachada ventilada em granito

Este tipo de fachada foi escolhido para este exemplo devido ao seu excelente desempenho em vários quesitos. A escolha do granito como alternativa se mostra adequada, pois há no estado do Ceará uma significativa produção de placas voltadas para a construção civil. Este tipo de rocha costuma apresentar boa apreciação estética.

De acordo com Siqueira Júnior (2003), a fachada ventilada pode ser definida como uma fachada cortina dimensionada de tal forma a permitir a remoção do ar aquecido no interior da câmara pelo chamado efeito chaminé. Ainda para o autor, esta fachada cortina se trata de um sistema formado por placas e painéis fixados externamente à base suporte do edifício por uma subestrutura auxiliar constituindo-se no revestimento externo ou vedação vertical exterior da edificação.

Desta forma, a alternativa considerada neste item, considerou placas do tamanho 1,20 x 0,60, fixadas com auxílio de dispositivos metálicos (normalmente de aço inoxidável) na fachada. Um exemplo de edifício utilizando placas de granito de grandes dimensões é ilustrado na figura 80.

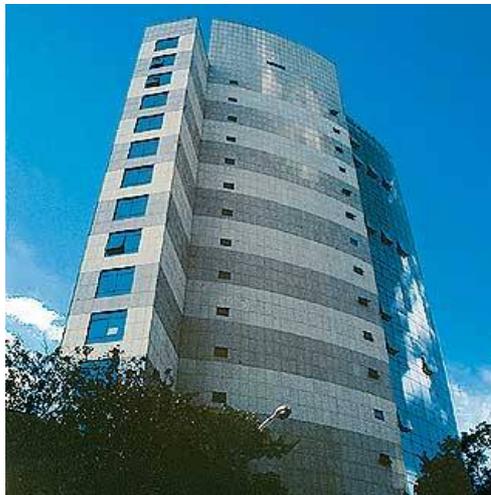


Figura 80: Edifício em Belo Horizonte revestido com placas de granito
Fonte: Finestra (2003)

Conforme pode ser observado na figura, a fixação das placas é realizada através do travamento de pinos metálicos nas laterais da placa. Por sua vez, a faixa de preço considerada para este tipo de revestimento, foi de R\$220,00 por metro quadrado aplicado.

d) Fachada ventilada em porcelanato

Este revestimento trata de uma fachada ventilada utilizando-se placas de grês-porcelanato de grandes dimensões (60 cm x 120 cm). Também conceitua uma boa estética. As placas de grês-porcelanato são normalmente fornecidas pelas principais fábricas cerâmicas do Brasil. Abaixo segue um exemplo de aplicação de placas de grês-porcelanato de grandes dimensões. Um exemplo de edifício utilizando placas de grês-porcelanato é ilustrado na figura 81.



Figura 81: Edifício com uso de placas de porcelanato
Fonte: Projeto Design (2006)

O método utilizado para a fixação das placas é semelhante ao utilizado no caso das placas de granito, podendo haver diferenças somente na forma da fixação das placas pelas laterais. A faixa de custo média considerada foi de R\$225,00 por metro quadrado aplicado.

e) Revestimento argamassado com textura acrílica

Este é o tipo de acabamento mais econômico dos considerados nas alternativas, quanto ao custo inicial. Sobre a camada de argamassa do reboco, é aplicada a textura acrílica. Um exemplo é ilustrado na figura 82.



Figura 82: Edifício com uso de textura acrílica na fachada
Fonte: CAIXA (2007)

O custo estimado deste tipo de revestimento foi de R\$20,00 por metro quadrado aplicado. São consideradas as etapas de chapisco, emboço (ou reboco em massa única), pintura em uma demão e execução de juntas que forem necessárias. A base de preços utilizada foi da Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará (SEINFRA-CE).

f) Fachada em painéis de vidro

Este tipo de fachada pode ser utilizada por diferentes formas de fixação. No modo tradicional as colunas estruturais que sustentam os painéis ficam do lado externo do edifício e o vidro fica totalmente encaixilhado. Na pele de vidro, as colunas são fixadas na viga pelo lado interno, mas o vidro continua encaixilhado. Já no sistema denominado *structural glazing*, o vidro é colado nas colunas com silicone estrutural, originando panos contínuos de vidro na fachada. Um exemplo de uso de painéis de vidro é apresentado na figura 83.



Figura 83: Edifício com painéis de vidro
Fonte: Autor

No caso deste estudo, a alternativa considerada foi a pele de vidro. A faixa de preço adotada como base no caso deste trabalho foi de R\$450,00, e foi baseado no fornecimento de informações de um engenheiro civil.

6.3.4.2 Resultado da avaliação das ações

Neste item, são apresentados resultados das avaliações dos decisores e as respectivas formas de apresentação utilizadas no apoio à decisão. Os resultados são expressos pela pontuação de cada ação em cada critério. Já as formas de apresentação, correspondem aos gráficos apresentados para auxílio à escolha dos decisores.

a) Perfil de impacto;

O perfil de impacto apresenta o resultado da avaliação das ações em cada PVF. Neste item são apresentados os perfis de impacto por PVF, na forma dos gráficos apresentados aos decisores, assim como a apresentação dos resultados considerando todos os decisores.

Para a apresentação dos gráficos, optou-se por apresentar os gráficos obtidos da avaliação do decisor C, devido ao espaço ocupado. No caso das pastilhas de vidro, obteve-se o seguinte perfil de impacto (figura 84).

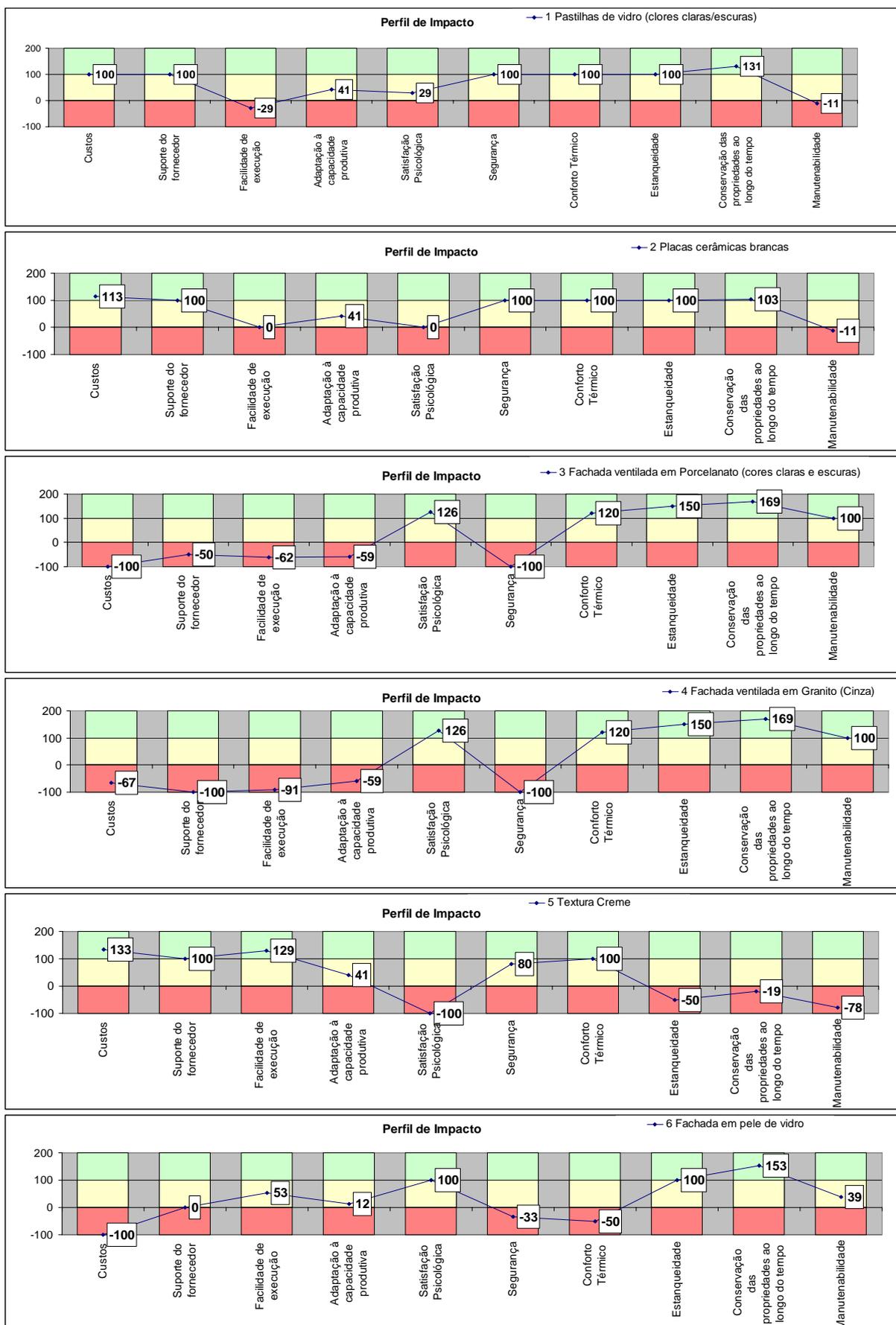


Figura 84: Perfil de impacto obtido na avaliação do decisor C

Conforme pode ser observado, no PVF custos as soluções textura acrílica e placas cerâmicas apresentam melhor avaliação. Este PVF engloba tanto o valor por metro quadrado aplicado, como as formas de pagamento envolvidas na tecnologia. A pior avaliação ficou por conta das fachadas ventiladas e da pele de vidro, as soluções mais caras. Com relação ao suporte do fornecedor, os sistemas não aderidos sofreram pior avaliação. No entanto nenhuma alternativa apresentou avaliação acima de 100. No PVF facilidade de execução, a textura creme obteve a melhor pontuação, o que se mostra compatível por ser um dos tipos de revestimentos mais comuns e difundidos. A pontuação negativa ficou por conta das fachadas ventiladas e das pastilhas de vidro. Já na adaptação à capacidade produtiva, as fachadas ventiladas foram as únicas alternativas que apresentaram avaliação negativa. Ressalta-se que este tipo de revestimento, entre as alternativas listadas, é provavelmente o aplicado em menor escala no mercado.

Quando se analisa a avaliação no PVF satisfação psicológica, observa-se que os revestimentos mais nobres apresentam melhor avaliação (granito, porcelanato e vidro). Após, apresentam-se as pastilhas de vidro, seguidas pelas placas cerâmicas. A textura acrílica é a única alternativa que apresentou valor negativo.

Por sua vez, no PVF segurança, as fachadas ventiladas sofreram a menor pontuação. Esta avaliação sofreu influência forte da taxa de substituição do PVE **gravidade do acidente em caso de queda** (66,67%) e de sua pontuação neste PVE (n1 = -150). Nos PVFs relativos à habitabilidade, o conforto térmico foi melhor avaliado nas alternativas de fachada ventilada. Este julgamento parece adequado às características envolvidas na fachada ventilada, que dificultam a condução direta de calor das placas para o interior da edificação. No caso da pele de vidro, onde há o uso de elementos translúcidos que permitem a passagem de luz solar, foram obtidas as piores pontuações. Por sua vez, no PVF **estanqueidade**, a melhor avaliação também ficou por conta das fachadas ventiladas, enquanto a pior ficou por conta da textura acrílica.

No PVF **conservação das propriedades ao longo do tempo**, os sistemas não aderidos apresentaram melhor avaliação, cuja pontuação sofreu bastante influência das altas taxas de substituição dos PVEs **resistência a expansões e manutenção da cor**, assim como da alta pontuação obtida nos referidos PVEs. No PVF **manutenabilidade**, a melhor avaliação ficou por conta das fachadas ventiladas, cuja pontuação final sofreu maior influência das pontuações obtidas nos PVEs **manutenção preventiva e manutenção corretiva**. Quanto aos resultados completos dos demais decisores, estes podem ser encontrados na tabela 3.

Tabela 3: Resultados da avaliação do nível de impacto dos decisores

Alternativa:		PVE 1.1. Custos por m2 aplicado	PVE 1.2. Formas de financiamento	PVF 2. Suporte do Fornecedor	PVE 3.1. Agregação de valor	PVE 3.2. Facilidade logística	PVE 3.3. Segurança na execução	PVE 4.1. Prazos	PVE 4.2. Equipamentos	PVE 4.3. Mão de obra	PVE 5.1. Status	PVE 5.2. Composição estética	PVE 5.3. Tradição e cultura	PVE 6.1. Gravidade do acidente	PVE 6.2. Qualidade dos componentes	PVF 7. Conforto Térmico	PVF 8. Estanqueidade	PVE 9.1. Resistência à expansões	PVE 9.2. Manutenção da cor	PVE 9.3. Resistência à corrosão	PVE 10.1. Limpeza	PVE 10.2. Manutenção preventiva	PVE 10.3. Reparos
		1	2	3			4			5			6		7	8	9			10			
DECISOR A	Pastilhas de vidro (cores claras/escuras)	0	0	0	0	100	300	100	100	0	100	100	0	100	100	0	200	250	0	200	100	0	-100
	Placas cerâmicas brancas	100	100	100	0	100	300	100	100	0	0	100	0	100	100	0	200	190	0	200	100	0	-100
	Fachada ventilada em Porcelanato (cores claras e escura)	-200	0	100	200	200	0	0	50	-100	200	100	100	-200	100	100	300	350	100	100	100	100	200
	Fachada ventilada em Granito (Cinza)	-200	-100	0	200	300	0	0	50	-100	200	100	100	-200	100	100	300	350	100	100	100	100	200
	Textura Creme	133	100	100	100	0	400	100	100	100	-100	0	0	200	0	-100	-100	0	-400	200	-100	-100	0
	Fachada em pele de vidro	-300	-100	0	200	450	200	0	0	-100	200	100	100	0	100	-200	100	350	100	0	-200	100	100
	DECISOR B	Pastilhas de vidro (cores claras/escuras)	0	0	100	0	0	0	100	100	100	200	-133	100	0	100	0	0	100	0	100	100	0
Placas cerâmicas brancas		100	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	100	0	100	0	0	0	0	100	100	0	-700
Fachada ventilada em Porcelanato (cores claras e escura)		-400	-133	100	0	-150	-500	100	0	100	100	0	100	-140	100	100	100	250	100	100	100	100	100
Fachada ventilada em Granito (Cinza)		-400	-133	100	0	-150	-500	100	0	100	200	100	100	-140	100	100	100	250	100	100	100	100	100
Textura Creme		100	100	100	233	100	100	100	100	100	0	100	-250	100	100	0	-200	100	-600	100	-100	-100	-300
Fachada em pele de vidro		-667	-133	100	233	-350	-150	0	0	100	100	0	0	-100	100	-400	0	250	100	-33	-333	100	0
DECISOR C		Pastilhas de vidro (cores claras/escuras)	100	100	100	-50	0	0	100	100	0	100	0	0	100	100	100	100	150	100	120	100	0
	Placas cerâmicas brancas	120	100	100	0	0	0	100	100	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	120	100	0	-100
	Fachada ventilada em Porcelanato (cores claras e escura)	-100	-100	-50	-50	-50	-150	0	0	-100	150	120	100	-150	0	120	150	200	150	100	100	100	100
	Fachada ventilada em Granito (Cinza)	-100	0	-100	-50	-150	-150	0	0	-100	150	120	100	-150	0	120	150	200	150	100	100	100	100
	Textura Creme	150	100	100	150	100	100	100	100	0	-100	-100	-100	120	0	100	-50	-20	-100	120	-50	-100	-50
	Fachada em pele de vidro	-150	0	0	150	-100	-50	100	0	0	100	100	100	-50	0	-50	100	200	150	0	-100	100	0
	DECISOR D	Pastilhas de vidro (cores claras/escuras)	100	100	120	-50	0	80	100	0	0	100	100	100	0	100	100	-50	100	100	200	100	0
Placas cerâmicas brancas		150	100	120	0	0	80	100	0	0	0	100	-200	0	0	100	-100	100	100	200	100	0	-50
Fachada ventilada em Porcelanato (cores claras e escura)		-100	-200	0	-50	-50	-150	-100	-150	100	80	100	100	-250	100	110	0	150	150	120	100	100	100
Fachada ventilada em Granito (Cinza)		-100	0	-50	-50	-50	-150	-100	-150	100	80	100	100	-250	0	110	0	150	150	120	100	100	100
Textura Creme		300	100	120	100	100	100	100	0	0	-200	100	-300	100	0	100	-150	-100	-100	200	-100	-100	0
Fachada em pele de vidro		-300	0	100	100	-100	-150	100	0	100	100	110	100	-250	100	-150	-50	150	150	100	-200	100	50
DECISOR E		Pastilhas de vidro (cores claras/escuras)	100	0	100	0	0	100	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	-20	100	100	100	100
	Placas cerâmicas brancas	150	100	100	50	0	100	100	100	0	0	-50	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-50
	Fachada ventilada em Porcelanato (cores claras e escura)	-100	-100	100	0	-80	-100	100	100	100	100	100	100	-100	100	150	120	150	120	100	100	150	120
	Fachada ventilada em Granito (Cinza)	-100	-100	100	0	-100	-100	100	100	100	100	100	100	-100	100	150	120	150	120	100	100	150	120
	Textura Creme	200	100	100	150	100	120	100	150	100	0	0	-50	100	100	100	50	0	-30	200	-50	0	0
	Fachada em pele de vidro	-200	-100	-100	150	-150	-50	-150	-100	-100	100	100	100	-80	100	-50	0	150	120	100	-100	150	10
	DECISOR F	Pastilhas de vidro (cores claras/escuras)	100	100	100	0	0	-50	100	100	100	100	200	100	0	-50	0	0	-50	100	100	100	0
Placas cerâmicas brancas		150	100	200	0	100	0	100	100	100	0	200	100	0	-50	0	0	0	0	100	100	0	120
Fachada ventilada em Porcelanato (cores claras e escura)		-50	0	-50	50	-50	-70	-50	-10	0	100	0	-50	0	-100	100	100	100	100	0	0	100	120
Fachada ventilada em Granito (Cinza)		-50	0	0	50	-50	-70	-50	-10	0	100	0	-50	0	-100	100	100	100	100	0	0	100	120
Textura Creme		200	100	200	100	100	100	100	100	100	-50	200	100	0	-50	0	-70	-50	-50	100	-50	0	0
Fachada em pele de vidro		-100	-70	-200	-100	-100	-100	-50	-10	0	100	100	0	-100	-200	-100	-100	100	100	-70	-100	100	10

Os resultados apresentados na tabela 3 representam as pontuações recebidas pelas alternativas avaliadas dentro de cada ponto de vista para todos os decisores. Embora se tratem de avaliações objetivas de ações, as pontuações são baseadas nas funções de valor de cada decisor. Desta forma, é obtido para cada decisor uma pontuação individual de uma alternativa em determinado critério. Por exemplo, no caso dos decisores A e B, as pastilhas de vidro receberam uma pontuação igual a 0 no PVE custos por m² aplicado. Já para os decisores B, C, D e F, a pontuação recebida foi 100. Estas divergências ocorreram por conta da atribuição dos níveis BOM e NEUTRO, o que é individual para cada decisor. Em outros casos, pode ainda haver atribuição de níveis de impacto diferente para diferentes alternativas, como no caso de um decisor ter tido uma experiência ruim de trabalho com uma determinada tecnologia, o que o faz avaliá-la negativamente em algum critério, causando uma maior diferença de avaliações.

Além destes aspectos citados, é importante ainda considerar o caráter do estudo realizado. Por se tratar de uma primeira avaliação do modelo decisório e por se tratar de um exemplo fictício, levanta-se a possibilidade de julgamentos realizados de forma imprecisa, ou cujos pontos de vista não foram bem compreendidos. O fato de eles não manifestarem interesse em rever seus julgamentos aumenta esta possibilidade. Por fim, há a chance de que alguns julgamentos possam ser diferentes em um caso real, como no caso de atribuição de julgamentos através de discussões com outros intervenientes. Desta forma, infere-se que os resultados apresentados devam ser interpretados essencialmente como uma forma de avaliação do modelo, e não como uma forma de avaliação dos decisores.

b) Perfil de impacto por grupo;

O perfil de impacto por grupo trata da mesma forma de análise utilizada no item anterior, com mudanças na forma de apresentação. No lugar de apresentar o perfil de impacto por PVF, opta-se por apresentar os resultados por grupos de pontos de vista. Neste caso, consideraram-se quatro grupos: custos, benefícios de execução, satisfação psicológica e satisfação quanto ao desempenho no uso. Ressalta-se que o objetivo deste tipo de gráfico é nada mais do que contribuir para uma melhor compreensão da avaliação realizada, e assim contribuir para o apoio à decisão.

No caso do grupo custos e do grupo satisfação psicológica, os resultados são os mesmos já apresentados no gráfico do subitem anterior. No caso dos benefícios de execução e do desempenho no uso, os resultados apresentados por este gráfico apresenta uma síntese dos resultados específicos. Ou seja, através do procedimento de agregação aditiva e do uso de planilhas eletrônicas, foi possível obter os gráficos relativos ao perfil impacto por grupo. No caso do decisor C, os resultados são apresentados na figura 85.

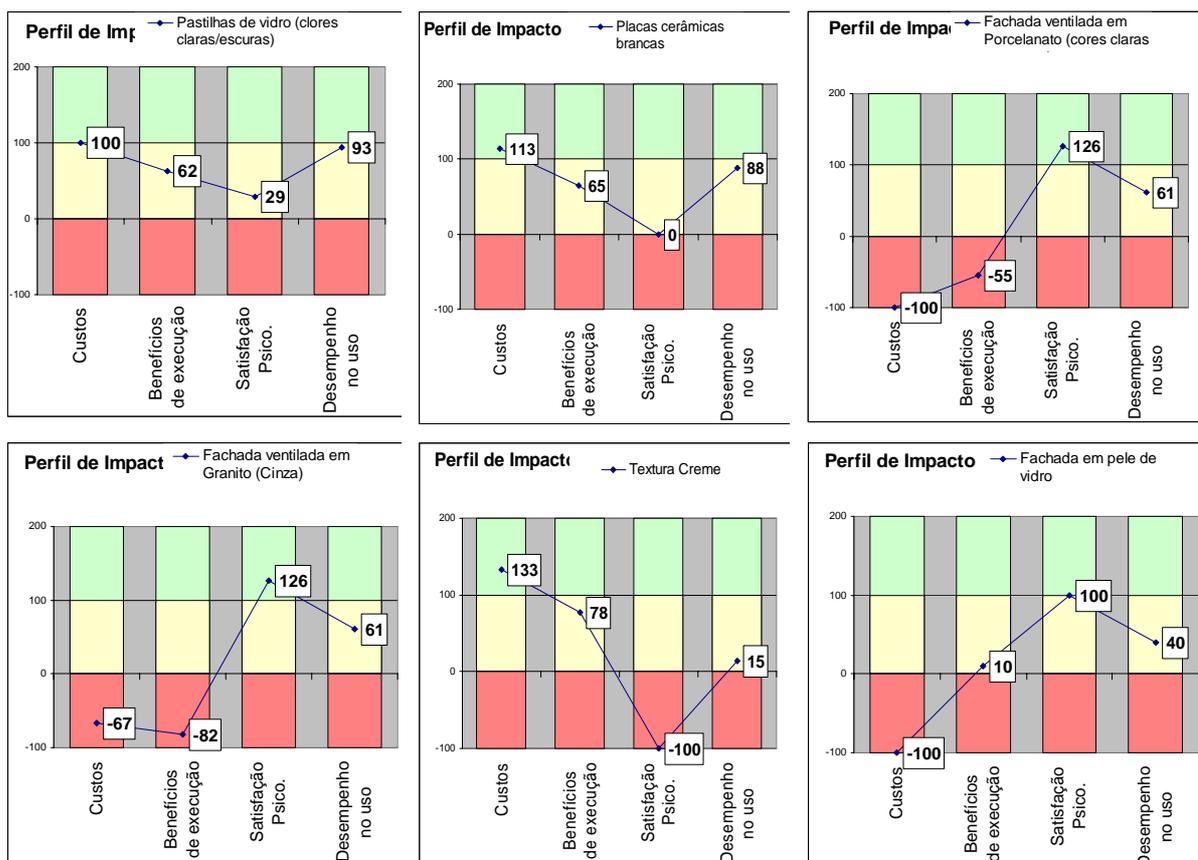


Figura 85: Perfil de impacto por grupo de ponto de vista (Decisor C)

De acordo com a figura 85, em verde situa-se a faixa de intervalo acima do nível BOM, ou seja, acima das expectativas do decisor. Em vermelho situa-se a faixa abaixo das suas expectativas, representada pelo valor inferior a 0. Quando às pontuações obtidas nos perfis, observa-se que as pastilhas de vidro e as placas cerâmicas apresentam-se como as únicas soluções cuja pontuação não se apresenta de forma negativa nos grupos de pontos de vista. Já as fachadas ventiladas em porcelanato e em granito, apresentam como aspectos negativos os custos e os benefícios de execução. Por sua vez, a textura acrílica se mostra bastante negativa na satisfação psicológica, assim como é alternativa que possui menor pontuação no desempenho no uso. No caso da pele de vidro, ressalta-se como principal fator restritivo o custo, para o referido decisor. Observa-se ainda que os revestimentos mais nobres e caros (fachada ventilada em porcelanato e granito, e pele de vidro) apresentaram melhor avaliação no item satisfação psicológica.

c) Pontuação do grupo de Benefícios;

Outra forma de análise apresentada aos decisores foi o gráfico relativo à pontuação dos benefícios. Este gráfico é interessante, pois apresenta ao decisor de forma sistemática, e em forma de pontuação, o resultado da avaliação das ações potenciais excluindo-se os aspectos de viabilidade econômica. Ou seja, seria provavelmente a decisão a ser tomada caso não fosse houvesse aspectos restritivos em relação a custos.

Para o caso do decisor C, foi apresentado o seguinte gráfico (figura 86).

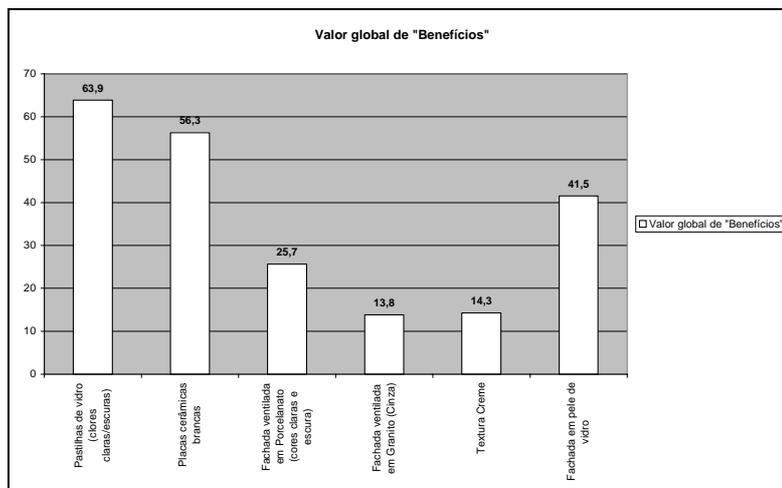


Figura 86: Pontuação dos pontos de vistas relativos a benefícios (Decisor C)

Tal qual pode ser observado na figura, para este decisor, a solução com maior pontuação obtida foram as pastilhas de vidro. Em seguida, as placas cerâmicas brancas. O único tipo de revestimento que apresentou uma pontuação bastante diferente foi a textura acrílica.

É importante observar também, que devido ao sistema de valores pessoal de cada decisor, o perfil de pontuação das ações potenciais foi diferente para cada decisor. A figura 87 apresenta o resultado obtido para todos os decisores.

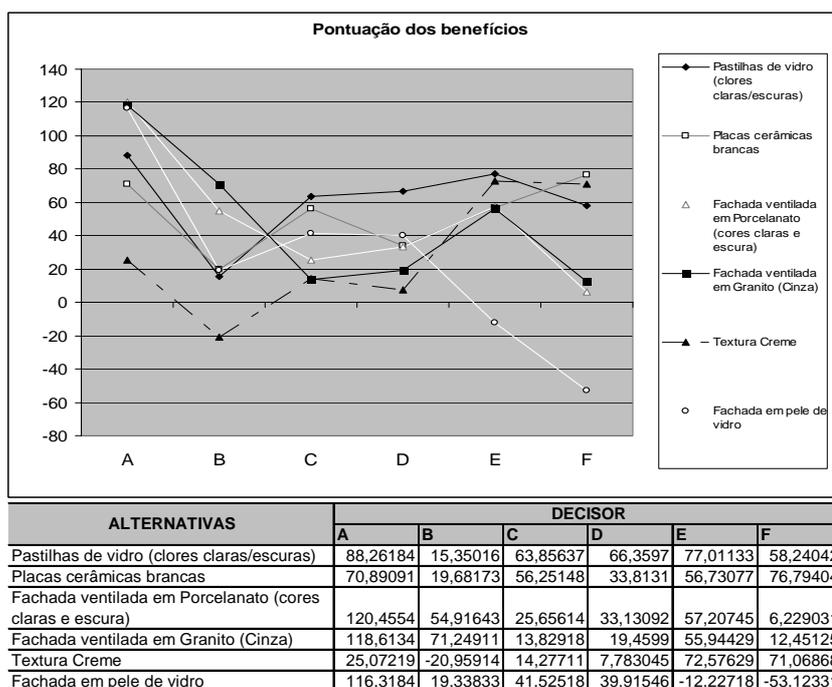


Figura 87: Pontuação dos pontos de vistas relativos a benefícios considerando-se todos os decisores

Conforme pode ser observado na figura 87, para os decisores A e B, a alternativa com maior pontuação foram as fachadas ventiladas. Para os decisores C, D e E, a maior pontuação foi atribuída às pastilhas de vidro. Por fim, para o decisor F, as placas cerâmicas demonstraram uma melhor avaliação. Salienta-se ainda que, em diversos casos, estas alternativas com melhor avaliação são seguidas de perto por outras tecnologias. Estas pontuações representam as melhores avaliações dos decisores, desconsiderando os aspectos de custo, que são essenciais para a justificativa de viabilidade.

d) Análise Custo x benefícios;

Na análise custo x benefícios, além de se considerar a pontuação dos benefícios, leva-se em conta os valores de custo das ações potenciais. Este tipo de análise é importante para se verificar a viabilidade econômica das ações. No caso, considera-se em um eixo a pontuação de valores relativos aos benefícios, e no outro eixo os valores em unidades monetárias das alternativas. Para o caso do decisor C, obteve-se o seguinte resultado, apresentado na figura 88.

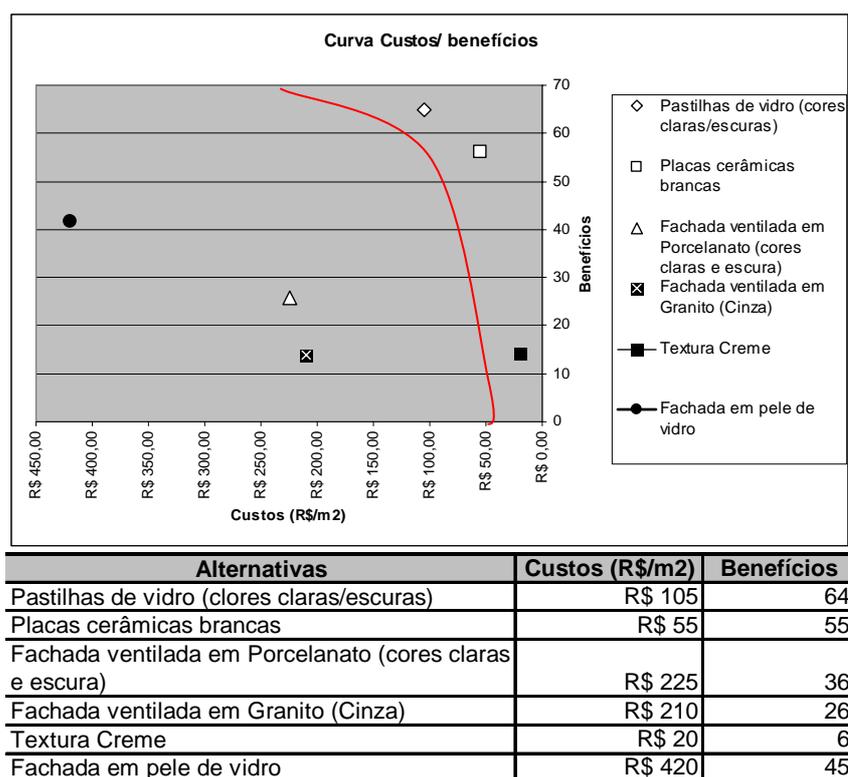


Figura 88: Análise custo x benefícios para o decisor C

De acordo com a figura, pode ser observado que à medida que os pontos apresentados situam-se à direita, significa que o custo é menor. Quanto mais alto no gráfico, significa que a pontuação obtida da avaliação dos benefícios é maior. Desta forma, pode-se definir como uma fronteira de eficiência, as alternativas que situam-se a direita ou acima da linha traçada em vermelho. Ou seja, são as soluções apresentadas com melhor relação entre custos e benefícios. Para o caso dos demais decisores, foi

apresentado o mesmo tipo de gráfico, considerando-se os mesmos valores monetários. A variação ficou por conta de suas respectivas pontuações obtidas para os benefícios.

e) Pontuação global;

Outro tipo de análise apresentada aos decisores, foi a pontuação global. Nesta análise, é atribuído um valor de taxa de substituição ao grupo de pontos de vista relativos a custos. Para o caso do decisor C, foi apresentado seguinte resultado (figura 89).

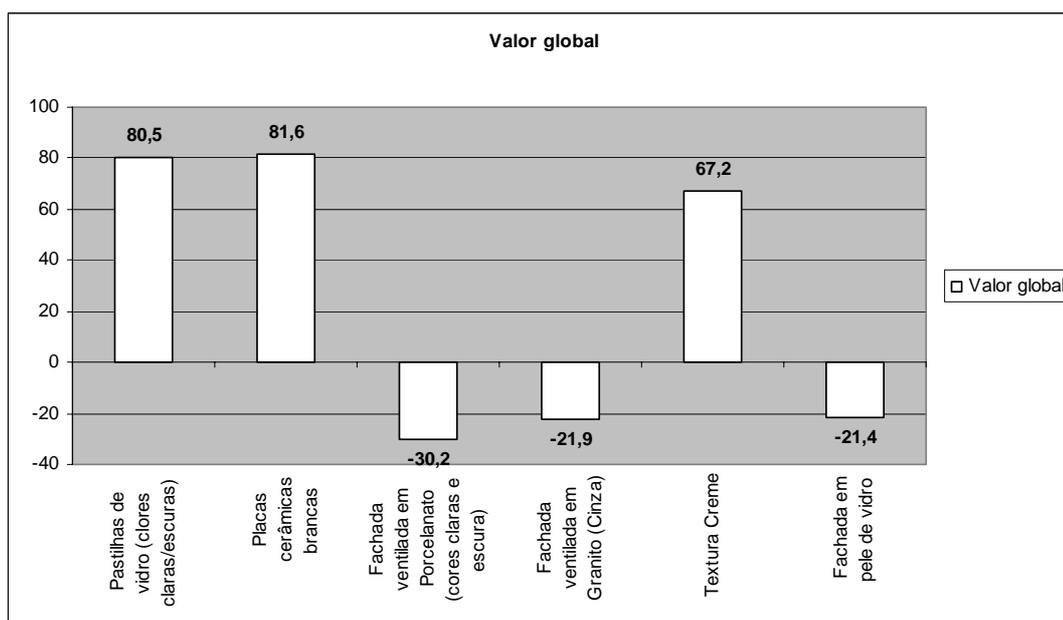


Figura 89: Valor global das ações potenciais para o decisor C

Tal qual pode ser observado, quando se considera os custos como uma taxa de substituição, a textura acrílica passa a receber uma pontuação bastante superior ao observada no gráfico relativos aos benefícios. Isto ocorre principalmente devido ao baixo custo de aplicação deste tipo de revestimento. Por sua vez, a melhor pontuação foi atribuída às placas cerâmicas. Ressalta-se que este tipo de gráfico merece algumas ressalvas. É difícil estabelecer compensações para valores monetários, comparando-os com benefícios. Além disso, através do gráfico custo x benefícios a dimensão custos é representada de forma bastante eficaz. Desta forma, a pontuação global das alternativas através deste gráfico deve ser interpretada de forma cuidadosa, podendo não ser um indicativo de melhor solução a ser tomada. No entanto, optou-se por apresentá-lo e recomendá-lo como forma de apoio à decisão. Assim, partiu-se do pressuposto que as recomendações obtidas a partir deste gráfico devem ser opção final dos decisores.

Considerando-se todos os profissionais que participaram da avaliação, foram obtidos os seguintes valores de pontuação, apresentados na figura 90.

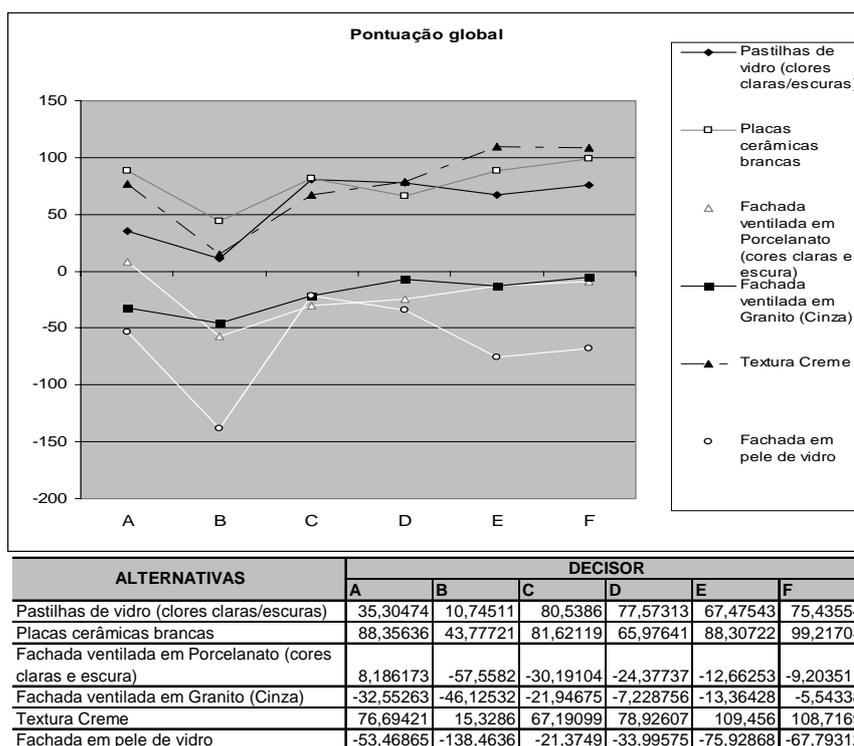


Figura 90: Valor global das ações potenciais considerando-se todos os decisores

Através de observação sobre a figura, é possível notar que a textura creme conquistou pontuações significativamente maiores quando comparado com a figura 55, que trata da pontuação dos benefícios. No caso dos decisores E e F, recebeu a melhor avaliação global. Outro aspecto interessante é que as placas cerâmicas brancas passaram a ter a melhor avaliação no caso do decisor A. Para o caso do decisor B, a melhor avaliação continuou a ser da fachada ventilada em granito.

f) Análise de sensibilidade

Com o objetivo de analisar a confiabilidade dos resultados gerados pelo modelo, foram realizadas algumas análises de sensibilidade com o auxílio de planilhas eletrônicas. Esta análise, conforme apresentado no capítulo 4, consiste na verificação das pontuações das ações de acordo com variações impostas na taxa de substituição de um determinado ponto de vista. Para esta dissertação, foram analisadas as taxas de sensibilidade para o grupo de PVs desempenho no uso, satisfação psicológica e benefícios de execução. Foram escolhidos estes grupos, devido a sua representatividade na pontuação final.

No caso do decisor C, apresentam-se as seguintes análises para o Desempenho no uso e para a satisfação psicológica (ver figura 91). Por se tratar de taxas de substituições atribuídas dentro de uma mesma hierarquia (satisfação do cliente), os gráficos são simétricos entre si.

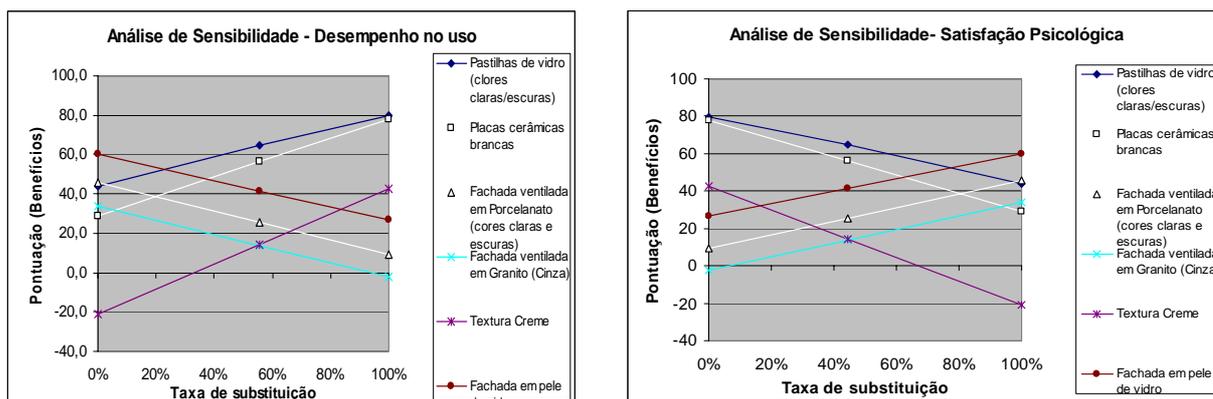


Figura 91: Valor global das ações potenciais considerando-se todos os decisores

Conforme pode ser observado, há uma boa robustez na solução atribuída pelo modelo, quando variadas as taxas para estes pontos de vista. Por exemplo, para que houvesse uma alteração na ordem da alternativa com melhor pontuação, seria necessário que a taxa de substituição do desempenho no uso diminuísse em mais de 30% na escala considerada. Ou seja, a taxa de substituição da satisfação psicológica precisaria aumentar mais que 30% na escala.

Por sua vez, na análise do grupo benefícios de execução e do grupo satisfação do cliente, foram obtidos os seguintes resultados, apresentados na figura 92.

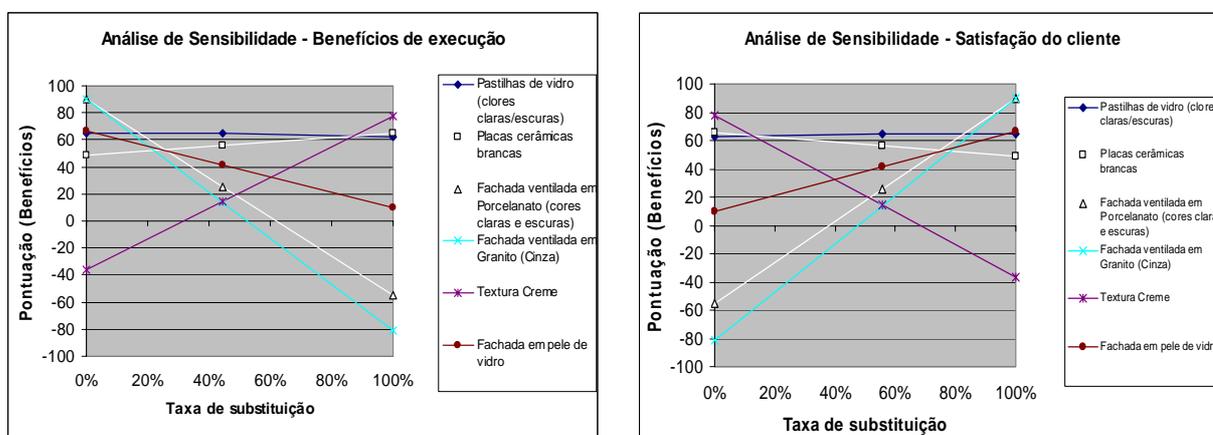


Figura 92: Valor global das ações potenciais considerando-se todos os decisores

Nesta figura, pode ser observado que a pontuação dos benefícios sofre alterações ao se diminuir a taxa de substituição do grupo benefícios de execução, ou ao se aumentar a taxa do grupo satisfação do cliente. No entanto, esta variação é perto de 20% no caso da ação com maior pontuação. Para este estudo, foi considerado que variações a partir de 10% representam uma boa robustez.

As análises para os demais decisores são apresentadas no apêndice 5.

6.4 RESULTADOS DA FASE 4: VALIDAÇÃO DO MODELO

A avaliação do modelo foi realizada através de entrevistas e de um formulário onde os decisores deveriam manifestar uma nota. Quanto aos comentários citados nas entrevistas, optou-se por apresentar nesta seção somente os mais relevantes. As respostas completas encontram-se no apêndice 6. No caso da validade conceitual e formal, os relatos sobre estas validades serão apresentados conjuntamente, pois, para parte dos usuários, o modelo conceitual foi apresentado junto ao modelo formal, através do formulário de avaliação.

De uma forma geral, no caso da validade conceitual e lógica, os decisores concordam que o modelo se mostra adequado ao problema, ajudando a compreendê-lo. As únicas ressalvas sobre o mesmo, foram quanto à avaliação de algumas descrições, que necessitariam ser mais objetivas, segundo o decisor C, e fatores externos difíceis de ser mensurados no modelo e que influenciam bastante na decisão final, segundo o decisor D. Quanto ao primeiro caso, ressalta-se que foram realizadas modificações em diversas descrições ao longo das aplicações, e que o mesmo decisor, sugeriu em outro momento da entrevista, que o ideal para melhorá-lo seria aplicar e realizar refinamentos. Quanto aos aspectos citados pelo decisor D, sugere-se que o possa auxiliar a demonstrar para o cliente, de forma mais clara, o ponto de vista do mesmo decisor. Um resumo de comentários sobre a validade conceitual e lógica é apresentado na figura 93.

Assunto do comentário:	Comentário:
Ao comentar sobre o modelo formal.	“Ele torna muito mais fácil o entendimento.” (Decisor A).
Ao responder se o modelo é capaz de auxiliar na condução de soluções apropriadas.	“O modelo é capaz de analisar diversas perspectivas. Não é um instrumento de decisão final, no entanto pode ser bastante interessante no auxílio à decisão.” (Decisor B)
Aspectos que poderiam ser melhorados com relação forma estruturada do modelo (estes aspectos sofreram modificações ao longo da seqüência de aplicação)	“Acho que está em um estágio inicial. Com mais utilizações pode ser refinado e melhor aplicado. Acho que a grande questão está principalmente por conta das descrições dos critérios. Por exemplo, criar elementos que se possa diferenciar de forma objetiva o reparo envolvido em uma queda de placa ventilada e uma infiltração em uma pele de vidro. Colocar mais subtítulos seria interessante.” (Decisor C)
Ao ser questionado se o modelo permite que a situação problema seja vista da perspectiva apropriada.	“Sim. Porém sempre há outros fatores externos que também influenciam. Por exemplo, a insistência do cliente em uma determinada solução.” (Decisor D).
Ao ser questionado sobre o construto do modelo.	“Achei bem complexo. Achei que ele tenta atingir bem todas as exigências e implicações que possa ter nos materiais.” (Decisor E).
Ao ser questionado se o modelo permite que a situação problema seja vista da perspectiva apropriada.	“Sim. A árvore ajuda a separar os critérios e compreender o problema.” (Decisor F).

Figura 93: Comentários relatados nas perguntas referentes às validades conceitual e lógica

Com relação à validade experimental, de forma geral, os decisores mostram-se satisfeitos com o mecanismo utilizado na obtenção das soluções. É importante lembrar que no caso dos decisores A e B, as informações cardinais foram obtidas a partir do método *MACBETH*, enquanto que para os demais, utilizou-se dos métodos *swing weights* e *direct rating*. No caso dos primeiros, observou-se que, para o

caso específico da simulação realizada nesta pesquisa, a atribuição de julgamentos mostrou-se muito demorada, levando cerca de quase quatro horas para o preenchimento completo. No caso dos demais decisores, não foram observadas pelo pesquisador, dificuldades inerentes à atribuição de julgamentos quantitativos. Neste caso, o procedimento levou cerca de uma hora e trinta minutos e não foi observado cansaço devido ao preenchimento de julgamentos. Quanto à forma de solução apresentada e mecanismos de transformação utilizados, todos se mostraram satisfeitos. Um resumo de alguns comentários sobre estas questões relatadas é apresentado na figura 94.

Assunto do comentário:	Comentário:
Ao serem questionados sobre a eficiência do mecanismo de solução.	“É fácil de ser realizado. Acredito que este procedimento de julgamentos semânticos inclusive deva ser mais simples que aplicar pontuações diretamente. A desvantagem fica por conta da demora. No caso de uma situação complexa de decisão, acredito que a análise deste procedimento pode ser adequada.” (Decisor B)
	“Achei interessante, em especial, a análise de sensibilidade, que permite ver como variações no julgamento alterariam o resultado final.” (Decisor D).

Figura 94: Comentários relatados nas perguntas referentes à validade experimental

Ao se observar os resultados da entrevista quanto à validade operacional, todos disseram achar que as soluções apresentadas podem ser consideradas aplicáveis e de boa qualidade. De forma sintética, alguns comentários sobre a qualidade e a aplicabilidade das soluções são apresentados na figura 95.

Assunto do comentário:	Comentário:
Ao serem questionados sobre como vêm a qualidade a aplicabilidade das soluções apresentadas pelo modelo.	“Interessante e de boa qualidade.” (Decisor A)
	“A qualidade é boa. Sua aplicabilidade pode ser considerada dentro de alguns contextos. Muitas soluções são determinadas pela conjuntura. No caso da minha aplicação, como solução foi apresentada uma alternativa que talvez no caso real não deveria ser aplicada. Isso aconteceu porque considerei mais importantes todos os aspectos que eu gostaria, minimizando aspectos de custo. Em um caso real, não poderia ser tão simples assim. O ideal seria um consenso entre os agentes do empreendimento.” (Decisor B)
	“Acho para a avaliação realizada está bom. No entanto, para soluções práticas, acredito que é necessário passar por vários ciclos de aplicação em casos reais para poder validar. Como ferramenta, acho muito interessante, pois no mercado imobiliário muitas vezes é necessário chegar a valores de custos muito aproximados ao que se deseja, muito antes do projeto definido. Neste tipo de ferramenta, é possível avaliar alguns critérios para saber como trabalhar com o custo.” (Decisor C)
	“Acredito que auxiliam quando se está em dúvida entre duas ou mais soluções” (Decisor D)
	“Acho que as soluções apresentadas auxiliam a tomar uma decisão mais racional. É interessante de se aplicar quando se há dúvidas na aplicação de um determinado tipo de revestimento. Aplicando este modelo ficaria bem claro.” (Decisor E)
	“Acho que o modelo apresentaria as soluções que seriam necessárias, dado seu propósito.” (Decisor F).

Figura 95: Comentários relatados nas perguntas referentes à validade experimental

Conforme a figura 95, o decisor B ressaltou apenas que, no caso da simulação, seus julgamentos foram realizados somente nos seus interesses, o que em um caso real seria mais complexo. O decisor C salientou a importância de realizar ciclos de aplicação em casos reais para validá-la.

Ainda sobre a validade operacional, ao serem questionados sobre recomendações que dariam a outras pessoas que fossem utilizar o modelo, os comentários foram bem variados. O decisor A ressaltou a importância do uso em grupo, já o decisor B ressaltou que o profissional que vai aplicar deve ter um bom conhecimento do assunto. O decisor C julgou importante não utilizá-lo isoladamente em um primeiro momento e o decisor D salientou a importância de uma análise para cada projeto. O decisor E ressaltou a importância de utilizá-lo na fase preliminar de discussão do empreendimento, assim como proposto nas delimitações deste trabalho. Por fim, o decisor F falou sobre a facilidade do funcionamento do modelo. Estes comentários podem ser visualizados na figura 96.

Assunto do comentário:	Comentário:
<p>Ao serem questionados sobre que recomendações dariam a alguém que tem a intenção de utilizar o modelo.</p>	<p>“[...] eu não responderia sozinho. Discutiria com o arquiteto ou o pessoal de vendas. Tem que ter o cuidado para, no momento de preencher, não responder somente no que você acha intuitivamente (sem muita certeza). Deve-se despir dos seus conceitos (barreiras pessoais) e pensar no caso, o empreendimento.” (Decisor A).</p> <p>“O decisor deve ter um bom conhecimento do que ele está trabalhando. Deve também ter conhecimento do procedimento de preenchimento e aplicação do modelo decisório. Deve ter testado antes de utilizá-lo.” (Decisor B)</p> <p>“No momento não deve ser utilizado isoladamente. Deve-se tomar as decisões do modo tradicionalmente utilizado, e aplicar o modelo paralelamente. Desta forma, é possível validá-lo e adquirir confiança nele ao longo do tempo.” (Decisor C)</p> <p>“Apenas ressaltar que cada projeto de revestimento requer uma análise diferente.” (Decisor D)</p> <p>“Acho que deve ser utilizado principalmente quando se vai lançar um empreendimento e se está na fase preliminar de discussão. Isso é estudado sempre com muitas pessoas interessadas no empreendimento. É um bom instrumento para a tomada de decisão.” (Decisor E).</p> <p>“Acho que não tem o que retirar ou acrescentar do modelo. Nas primeiras questões, senti um pouco de dificuldade em entender como funciona. No entanto, após entender, o restante tornou-se simples.” (Decisor F).</p>

Figura 96: Comentários relatados nas perguntas referentes à validade experimental

Com relação à validade de dados, todos os decisores consideraram válidos, realizando curtos comentários de aceitação. Terminadas as perguntas sobre as validades conceituadas por Landry et al. (1983), os decisores foram questionados sobre vantagens, desvantagens e sugestões para melhorias, cujas respostas estão parcialmente apresentadas na figura 97. Conforme pode ser observado na figura, observam-se várias vantagens e motivos para aceitação do modelo. Nas desvantagens e sugestões, observam-se espaços para a melhoria do modelo, nas quais algumas foram realizadas ao longo da sequência de aplicação.

Vantagens:	<p>“É interessante poder visualizar de forma mais objetiva os aspectos (critérios) que mais valorizamos nas nossas escolhas. [...] A decisão bastante intuitiva poderia ser tomada de forma mais precisa, pois seria orientada por algum indicador.” (Decisor A).</p> <p>“As análises produzidas são interessantes. Você passa a ter subsídios para a tomada decisão.” (Decisor B)</p> <p>“Quantificar algo que é bastante subjetivo. A decisão se torna mais clara e quantificável.” (Decisor C)</p> <p>“A grande vantagem é demonstrar graficamente para o cliente que uma decisão que pode estar de acordo a nossa. Desta forma, mais objetiva e visualizável, torna-se mais simples.” (Decisor D)</p> <p>“No caso de novas soluções nas quais não estamos muito acostumados a trabalhar, é interessante para se ter parâmetros de avaliação para analisar sua aplicabilidade”. (Decisor F).</p>
Desvantagens:	<p>“Talvez o fato do escopo de soluções. Por exemplo, uma fachada que fosse composta por dois ou mais tipos de tecnologias.” (Decisor A).</p> <p>“Foi um processo demorado” (Decisor B)</p> <p>“[...] carregar um pouco de subjetividade, que infelizmente não há como se retirar totalmente do processo.” (Decisor C)</p> <p>“No mercado local, o espaço do arquiteto é limitado. Os custos estão sempre como objetivo das construtoras. [...]Desta forma, qualquer coisa que encareça, mesmo que apresente mais benefícios, se torna de difícil aplicação.” (Decisor E)</p>
Sugestões para melhoria:	<p>“[...] o julgamento diretamente no <i>software</i> ou planilha eletrônica seria mais interessante, onde os resultados e relatório fossem apresentados logo em seguida”. (Decisor A).</p> <p>[...] descrições internas em alguns critérios podem ser refinadas ou melhoradas. (Decisor B)</p> <p>“O básico é aplicar e refinar” (Decisor C)</p>

Figura 97: Comentários relatados nas perguntas referentes à validade conceitual e lógica

Com o intuito de obter um valor de avaliação global, foi pedido aos decisores para preencherem um formulário de atribuição de notas (escala de 0 a 5) ao modelo, tal como relatado no capítulo 5 desta dissertação. O resultado é apresentado na tabela 4. Conforme pode ser observado, a média obtida situou-se entre as duas maiores notas, o que gera um resultado bastante satisfatório. Desta forma, considera-se que o modelo atingiu os resultados a que se propôs.

Tabela 4: Resultados da avaliação do modelo pelos decisores

Resultados de avaliação quanto à validade do modelo construído							
	Decisor A	Decisor B	Decisor C	Decisor D	Decisor E	Decisor F	Média
Validade Conceitual	5	5	4	4	5	5	4,7
Validade Lógica	4	5	4	3	5	4	4,2
Validade Experimental	5	5	2	5	5	5	4,5
Validade Operacional	5	4	2	4	5	5	4,2
Validade de dados	4	4	3	5	5	5	4,3

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo a elaboração de um modelo de apoio à decisões tecnológicas de fachadas. O estudo foi realizado em quatro fases de pesquisa, cujos comentários finais são sintetizados neste capítulo. Após os comentários, são apresentadas sugestões para futuros trabalhos.

7.1 COMENTÁRIOS FINAIS

Na fase 1, foi possível a descrição de um cenário comum à maioria das empresas construtoras de edifícios na cidade de Fortaleza-CE. Observou-se que, entre outros aspectos, as decisões são tomadas ao longo do tempo e sob influência de diferentes intervenientes ao longo do processo. Como principais atores, citam-se a direção da empresa construtora (considerando-se incorporadora e construtora) e o arquiteto. Enquanto o arquiteto cria as soluções, a direção da empresa que o contratou pode vetar e exigir mudanças caso considere assim necessário. Foi observado ainda que, dependendo do grau da relação entre construtor (incorporador e construtor) – arquiteto, há um maior ou menor grau de liberdade para escolhas durante o desenvolvimento do projeto arquitetônico. Um outro ator que, embora não possua poder de decisão final, possui influência nesta decisão é o corretor de imóveis. Conforme citado por um dos entrevistados, este ator surge como um influenciador nas decisões de revestimento, sem muitas vezes ter um embasamento técnico sobre o desempenho de alguns critérios. Seria como propor uma cor escura, sem avaliar o conforto térmico proporcionado. De acordo com o entrevistado, este tipo de influência leva a decisões equivocadas sobre o que seria melhor para o cliente. É importante que as decisões durante as fases de concepção do empreendimento sejam discutidas de forma criteriosa, levando em conta o interesse dos diversos intervenientes, a fim de evitar maiores problemas durante as fases de vendas e uso do empreendimento.

Na fase 2, durante a elaboração do modelo decisório, foram levados em conta critérios citados na literatura científica e por decisores da cidade de Fortaleza-CE. Desta forma o modelo proposto buscou se constituir em uma forma de apoio à decisão adequada a esta realidade. Ressalta-se que nesta fase, alguns critérios, tais como resistência ao fogo e conforto acústico, não foram considerados no modelo. Nestes casos, considerou-se que as alternativas que deveriam ser avaliadas pelo modelo já apresentavam desempenho adequado nestes quesitos, e que os mesmos não apresentariam diferenciação significativa entre si, para que fossem colocados no modelo. No caso ainda do conforto acústico, outros parâmetros são muito mais relevantes para sua obtenção, como a vedação utilizada, seus fechamentos e esquadrias. Outro aspecto importante a ser ressaltado sobre esta fase, se refere à elaboração de descritores. Em diversos critérios, ao serem questionados, os decisores manifestavam suas avaliações em termos da diferenciação entre alternativas. Desta forma, durante o

desenvolvimento da ferramenta, foi complicada a tarefa de descrever objetivamente níveis de impacto, que eram avaliados de maneira intuitiva, ou com base na experiência dos especialistas. Outra característica importante das descrições dos níveis de impacto se refere a sua capacidade de tornar possível a operacionalização do modelo. Ou seja, no caso do ponto de vista relacionado ao conforto térmico, era mais viável descrever os mecanismos envolvidos na fachada que propiciam o conforto térmico, do que utilizar índices. Neste caso, o uso de índices tornaria a avaliação mais interessante e precisa, no entanto, seria difícil para os decisores apresentarem uma sensibilidade para julgamentos de diferença de atratividade entre níveis de impacto quantitativos.

Na fase 3, iniciou-se a aplicação da ferramenta com seis decisores, realizada de forma seqüencial. Considerando que a avaliação foi desenvolvida com base em um cenário simulado, alguns aspectos devem ser observados ao se analisar os resultados apresentados pelo modelo. O primeiro é a forma como o decisor interpretou todo o esforço de avaliação. Enquanto alguns manifestaram uma certa tendência de atribuir taxas de substituição melhores aos pontos de vista de seu interesse, sem considerar os impactos totais (o que não fariam em um caso real), outros procuraram pensar mais nos interesses de outros intervenientes. Outro aspecto sobre o caráter de simulação, se refere ao cuidado empregado para efetuar os julgamentos de valor. Durante o período de aplicação referente à construção das funções de valor, por exemplo, os decisores preencheram os formulários em seqüência, com base no seu conhecimento e experiência, sem se preocupar em consultar outras fontes, no caso de dúvidas. Em um caso real, provavelmente o decisor consultaria algum especialista para responder sobre alguns dos critérios fora do seu domínio de conhecimento.

Ainda nesta fase, observou-se a ocorrência de outro tipo de situação. O método *MACBETH*, utilizado inicialmente na obtenção das funções de valor e taxas de substituição (decisores A e B), mostrou-se um método bastante demorado para aplicação. Eram necessárias cerca de quatro horas, divididas em duas sessões de duas horas (um total de cerca de quatro horas), para a aplicação dos formulários. Sua demora se deu principalmente devido a grande quantidade de julgamentos necessários, já que os níveis de impacto e taxas de substituição são avaliados através de comparação **par a par**. Se tratando de uma pesquisa, com participação voluntária, e considerando que os decisores possuíam uma rotina de trabalho bastante intensa, observou-se certo cansaço e impaciência dado o tempo requerido para preenchimento dos formulários. Desta forma, optou-se por utilizar o método *direct rating* e *swing weights* para obtenção das funções de valor e das taxas de substituição, respectivamente, com os demais decisores. Nestes métodos a quantidade de julgamentos necessários é menor, tornando o procedimento mais rápido.

Outras mudanças realizadas ao longo do processo incluíram o refinamento e as modificações de algumas descrições dos níveis de impacto. Estas mudanças foram realizadas de modo a melhorar a

operacionalização do modelo. No caso das primeiras descrições, em alguns critérios, os níveis de impacto estavam vinculados a algumas alternativas. Apesar de propiciar a operacionalização do modelo, esta forma de descrição dificulta a avaliação de novas tecnologias que não estejam listadas nas descrições. Com a mudança este problema foi reduzido. Novas tecnologias podem ser avaliadas. Como o presente trabalho não tem como objetivo interpretar as diferenças de perfis entre os decisores, nenhum aspecto foi prejudicado.

Por fim, na fase 4 foi realizada uma avaliação do modelo junto aos decisores que participaram da aplicação, de modo a contribuir para sua validação como uma ferramenta de apoio à decisão. Os comentários mostraram que a ferramenta possui bom potencial de aplicação. O decisor B ressaltou a demora no processo devido ao uso do método *MACBETH*. Apesar de demonstrar sua insatisfação quanto ao tempo necessário para o preenchimento dos julgamentos, o mesmo alegou facilidade no preenchimento. A média de notas atribuídas para os diversos aspectos do modelo de validação utilizado, se manteve entre 4 e 5, as notas máximas. Como exceção, teve-se o decisor C, que foi mais cauteloso, atribuindo menores pontuações para a utilidade do modelo proposto. Apesar disso, o mesmo reconheceu a ferramenta como interessante e sugeriu que a melhor forma de melhorá-la, seria realizando aplicações, que subsidiariam refinamentos. Observou-se ainda, no caso dos dois últimos decisores, uma melhor avaliação média em relação aos primeiros.

Ainda na fase 4, entre as vantagens, foram ressaltados aspectos relativos a sistematização de uma decisão tomada usualmente de forma bastante subjetiva, a quantificação que o modelo permite observar e tornar claro o problema, o uso como uma forma de consenso e comunicação entre as partes, assim como na avaliação sobre o uso de novas tecnologias. Como desvantagens, foram ressaltados aspectos e oportunidades para melhoria no modelo, como incorporar avaliação de uso de dois ou mais revestimentos simultaneamente, a dificuldade em se utilizar a ferramenta em ambientes onde as soluções são tomadas pelos demais intervenientes, e algumas possibilidades de refinamentos através do uso da ferramenta. De forma geral, considera-se que as avaliações foram bastante positivas para aceitação e melhoria do modelo.

7.2 CONCLUSÕES FRENTE AOS OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES

Haja vista as considerações relatadas neste capítulo, percebe-se que, durante esta pesquisa, foi gerado um modelo considerado como útil e viável no apoio às decisões tecnológicas de fachadas. Considerando-se o objetivo principal desta pesquisa, observa-se que o mesmo foi atingido ao obter-se no trabalho ao se apresentar e realizar testes com o modelo de apoio à decisão elaborado.

Com relação aos objetivos específicos, foram obtidos os seguintes resultados:

- No caso da identificação do contexto de decisão, escopo e atores envolvidos, foram identificadas as fases de projeto nas quais as decisões são tomadas assim como os principais atores e seus níveis de influência sobre o escopo de decisões delimitado neste trabalho. Com relação ao contexto, considerou-se as decisões envolvidas nas fases de projeto arquitetônico e detalhadas no capítulo 6 desta dissertação. Dos atores envolvidos, foram identificados como principais decisores o diretor técnico (ou outro membro da direção da empresa contratante) e o arquiteto (que tem liberdade de decisões delimitada pelo contratante). Entre os atores que podem realizar sugestões, encontra-se o corretor de vendas e o engenheiro de obra.
- No caso da identificação dos critérios importantes, foi possível captar uma extensa lista de critérios a serem considerados nas decisões tecnológicas. Captados de fontes bibliográficas e de profissionais de mercado, observou-se que estes obtiveram uma boa aceitação nos testes, considerando-se satisfatório o alcance deste objetivo específico.
- No caso da estruturação e teste do modelo, foi obtido um modelo baseado na abordagem multicritério, conforme especificado no terceiro objetivo específico listado. Em uma forma média, houve uma boa aceitação do modelo entre os profissionais que realizaram os testes.

Como conclusão geral, observa-se que o modelo pode ser utilizado como ferramenta de apoio às decisões em grupo, como forma de identificação dos critérios mais relevantes, como auxílio na avaliação de tecnologias de revestimento de fachadas, entre outras. Desta forma, espera-se contribuir para que decisões possam ser tomadas de forma mais estruturada e adequada, garantindo que se considere e formalizem os valores dos decisores envolvidos, o que contribui para a transparência e eficiência do processo, e permite análises de retroalimentação e aprendizado.

7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A fim de gerar conhecimentos e aplicações práticas que possam ser acrescentados aos resultados alcançados por este trabalho, sugere-se a realização dos seguintes trabalhos complementares:

- a) Aplicar o modelo decisório proposto em casos reais, com grupos de decisores, podendo haver debate e consenso entre os intervenientes de um empreendimento;
- b) Adaptar as descrições e critérios considerados de modo que o modelo possa ser aplicado em outras regiões do país, levando-se em conta os valores dos decisores;

- c) Dentro de uma empresa, estabelecer *clusters* de empreendimentos, de modo que haja uma modelagem de preferências de acordo com o perfil do empreendimento;
- d) Refinar o modelo para que possam ser realizadas análises levando-se em conta diferentes tipos de revestimento;
- e) Elaborar e aplicar uma ferramenta computacional (*software*) para aplicação do modelo, de modo a propiciar os resultados de forma mais rápida aos decisores.
- f) Fazer uso do modelo considerando a escolha de sistemas construtivos existentes;

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.531**: Elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas. Rio de Janeiro, 1995.
- _____. **NBR 13.707**: Projeto de revestimento de paredes e estruturas com placas de rocha. Rio de Janeiro, 1996a.
- _____. **NBR 13.755**: Revestimento de paredes externas e fachadas com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996b.
- _____. **NBR 13.818**: Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 1997.
- _____. Projeto de norma **02:136.07-001/3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3. Rio de Janeiro, 2003.
- BANA e COSTA, C.A. **Três Convicções Fundamentais na Prática do Apoio à Decisão**. Revista Pesquisa Operacional, vol. 13, nº 1, (1993).
- _____. (Ed.) **Processo de Apoio à Decisão**: Problemáticas, Actores e Acções. Apostila do curso de Mestrado da EPS/UFSC, 1995a.
- _____. **Métodos de decisão multicritério e aplicações**. Apostila do curso Metodologias multicritérios de apoio à decisão – ENE/UFSC. Florianópolis, 1995b.
- BANA e COSTA, C. A.; ENSSLIN, L.; CORRÊA, E. C.; VANSNICK, J-C. Decision Support Systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process. **European Journal of Operational Research** 113 (1999), pp. 315-335.
- BANA e COSTA, A. C.; DE CORTE, J-M.; VANSNICK, J-C. **MACBETH**. 2003, London School of Economics. Disponível em <<http://web.ist.utl.pt/carlosbana/bin/papers.htm>>. Acessado em 27 de maio de 2007.
- BARROS, M.M.B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. São Paulo, 1996. 422p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- BETENCOURT, P.R.B. **Desenvolvimento de um modelo de análise multicriterial para justificativa de investimentos em tecnologia da informação**. Porto Alegre, 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BORENSTEIN, D. A.; BECKER, J.L. **Validating Decision Support Systems**. In: Kent, A. and Williams, J.G. (Eds.), *Encyclopedia of Microcomputers*, Marcel Dekker, New York (no prelo).
- CAIXA. Apresentação de projeto GIDUR-Fortaleza. 2007. Disponível em <ww.caixa.gov.br>. Acessado em 20 de junho de 2007.
- CAMPANTE, E. F. **Metodologia de diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada**. São Paulo, 2001. 407p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CUNHA, E. G. **A cobertura nos edifícios de grandes vãos**: uma proposta de ferramenta de apoio. 2005. 196 p. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DELL'ISOLA, A. J. **Value Engineering in the Construction Industry**. 3a ed., New York : Van Nostrand Reinhold, 1982.

DETONI, M. M. M. L. **Aplicação de Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão na definição de características de projetos de construção**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DUARTE, R. B. **Elementos de Avaliação da Industrialização na Construção por Sistemas no Rio Grande do Sul**. 1982. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, D.; NORONHA, S.M. **Apoio à Decisão**. Florianópolis: Insular, 2001.

FINESTRA. **Pedras no revestimento de fachadas**. Texto resumido a partir de reportagem de Cida Paiva. Publicada originalmente em Finestra. Edição 33 de maio de 2003. Disponível em <<http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/tecnologia35.asp>> Acessado em 23 de julho de 2007.

GANN, D. M. **Building Innovation**: Complex constructs in a changing world. Thomas Telford, London, 2000.

GEHBAUER, F.; EGGENSPERGER, M.; ALBERTI, W. E.; NEWTON, S. A. **Planejamento e Gestão de Obras**: Um resultado prático da Cooperação Técnica Brasil - Alemanha. Curitiba: CEFET-PR, 2002.

GOMES, C. F. S.; GOMES, L. F. A. **A Função de Decisão Multicritério**. Parte I: Dos Conceitos Básicos à Modelagem Multicritério. Revista do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial. Rio de Janeiro, RJ, v.2, n.3, pp. 77-88, 2002.

GOMES, C. F. S.; GOMES, L. F. A. **A Função de Decisão Multicritério**. Parte II: Dos Conceitos Básicos à Modelagem Multicritério. Revista do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial. Rio de Janeiro, RJ, v.2, n.3, pp. 89-100, 2002.

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

GOMES, L. F.A.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. Editora Thomson. São Paulo, 2004.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Versão eletrônica. Disponível em <<http://houaiss.uol.com.br/busca.jhtm>>. Acessado em 20 de julho de 2007.

ISATTO, E. L. **As relações entre empresas construtoras de edificações e seus fornecedores de materiais**. 1996. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION. Draft International Standard ISO/DIS 7164. **Performance standards in building** – Definitions and means of expression for the performance of a whole building. ISO, 1985.

- JACQUES, J. J. **Contribuições para a gestão da definição e transmissão de informações técnicas no processo de projeto**. 2000. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- JOBIM, S. S. M.; OLIVEIRA, G. G.; ROMAN, H. R.; ROSA, M. M. **Critérios para a seleção tecnológica na construção civil**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC): ENTAC 2006 - A Construção do Futuro, 1, ISBN: Português, Meio digital. Florianópolis, 2006.
- KEENEY, R.L. **Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decisionmaking**. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- KONDO, S. T. **Subsídios para seleção dos principais revestimentos de fachada de edifícios**. 2003. 71p. Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- LANDRY, M.; MALOUIN, J-L.; ORAL, M. Model validation in operations research. **European Journal of Operational Research**, v.14, n.3, p.207-220, 1983.
- MACIEL, L. M.; MELHADO, S. B. **A Inserção do Projeto dos Revestimentos de Argamassa de Fachada no Processo de Produção do Edifício**. 1997. 29p. São Paulo, EPUSP, 1990. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/189).
- MELLO, C. W. **Avaliação de Sistemas Construtivos para Habitação de Interesse Social**. 2004. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MEDEIROS, J. S. **Alvenaria Estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto**. 1993. 449p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- MITROPOULOS, P.; TATUM, C.B. Technology adoption decisions in construction organizations. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.125, n.5, p.330–8, Sep./Oct. 1999.
- PISKE, I. **Modelo de avaliação do gerenciamento da programação e controle da produção – PCP**. Tese de Doutorado. Florianópolis, UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 1999.
- PROJETO DESIGN. **Condomínio residencial atualiza modernismo dos anos 1960**. Texto resumido a partir de reportagem publicada originalmente em PROJETO DESIGN. Edição 322. Dezembro de 2006. Disponível em <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura735.asp>>. Acessado em 25 de julho de 2007.
- ROCHA LIMA JR., J. **Sistemas de Informação para o Planejamento na Construção Civil: Gênese e informatização**. São Paulo, EPUSP, 1990. 80p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/26).
- SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill, Makron Books, 1991.
- SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

SALOMON, V.A.P. **Desempenho da Modelagem do auxílio à decisão por múltiplos critérios na análise do planejamento e controle da produção.** São Paulo, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

SAN MARTIN, A. P. **Método de Avaliação de Tecnologias de Edificação para a Habitação de Interesse Social sob o Ponto de Vista da Gestão dos Processos de Produção.** 1999. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

SAN MARTIN, A. P.; FORMOSO, C. T. **Método de avaliação de sistemas construtivos para a habitação de interesse social sob o ponto de vista da gestão dos processos de produção.** In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, 1998.

SHIMIZU, T. **Decisão nas Organizações:** introdução aos problemas de decisão encontrados nas organizações e nos sistemas de apoio à decisão. Editora Atlas. São Paulo, 2001.

SILVA, E. L.; MENEZES, E.M. **Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação.** Florianópolis: Laboratório de ensino da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SILVA, J. C. T. **Tecnologia: conceitos e dimensões.** XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba-PR, 2002.

SILVA, M.A.C. **Metodologia de seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custos ao longo da vida útil.** 1996. 336p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

SIQUEIRA JÚNIOR, A. A. **Tecnologia de fachada-cortina com placas de grês porcelanato.** 2003. 199p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

SOUZA, H. F.; ALMEIDA, I. R.; VERÇOSA, D. K. **Fachadas prediais** – Considerações sobre o Projeto, os Materiais, a Execução, a Utilização, a Manutenção e a Deterioração. Construção 2004. 2º Congresso Nacional da Construção. FEUP – CD ROM. Porto, Portugal, 2004.

SOUZA, J. C. S. **Metodologia de Análise e Seleção de Inovações Tecnológicas na Construção de Edifícios:** Aplicação para a vedação vertical de gesso acartonado. 2003. 205p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

SOUZA, J. C. S.; SABBATINI, F. H. **Metodologia de Análise e Seleção de Inovações Tecnológicas na Construção de Edifícios.** BT/PCC/370. Boletim Técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

APÊNDICES

B) RESPONSÁVEIS PELAS DECISÕES.

Nos itens a seguir, identificar o nível de influência dos intervenientes (arquiteto, engenheiro de obra, construtor, consultor, ou outro) nas decisões sobre o revestimento. A legenda para o nível de influência a ser assinalado encontra-se abaixo.

Legenda:

No:	Significado:	Descrição:
1	O responsável pela decisão.	É considerado responsável pela decisão final, e assina, quando necessário, a responsabilidade.
2	Apresenta poder de veto para a decisão.	Não assina a responsabilidade, porém tem o poder de vetar a aceitação da decisão, assim como influenciar da forma que for conveniente.
3	Influencia na decisão.	Manifesta-se através de opiniões diretas, contribuindo para a decisão.
4	Influencia indiretamente.	Não participa da decisão diretamente, mas sua satisfação e conformidade em relação a decisão é levada em conta.

Obs: Caso seja assinalado a opção "outros", especificar o interveniente o qual se trata, com sua respectiva numeração da legenda acima.

DECISÃO A SER TOMADA:	A R Q U I T E T O	E N G E N H E I R O	D I R E C T O R	C O N S U L T O R	P R O J. R E V E S T.	F O R N E C E D O R	OUTROS:	
Escolhe a fachada (cores, visualização, layout)								
Decide o tipo de acabamento final (Se é cerâmica, textura, granito, painéis pré-moldados)								
Decide o tipo de material utilizado no acabamento final (tipo e classe de cerâmica, dimensões e especificações do granito, da textura)								
Escolhe as cores de rejuntas								
Escolhe os materiais aplicados nos rejuntas								
Define os espaçamentos e localizações das juntas								
Escolhe os materiais aplicados nas juntas								
Define a localização das colocações de tela								
Define quantas camadas de revestimento e suas espessuras								
Escolhe os traços de argamassa								
Define o processo construtivo								
Dimensiona e define as equipes de serviço								
Define os equipamentos de transporte a serem utilizados no serviço								
Define as ferramentas de trabalho a serem utilizadas no serviço								

C) LEVANTAMENTO DE CRITÉRIOS

- 1) Quais os cinco fatores mais importantes a serem levados em conta na escolha de um revestimento externo de fachada em edifícios? Considerar todos os tipos de revestimento externo (Mínimo 3 e máximo

- 2) O que o levaria a mudar o tipo de acabamento final?

- 3) O que o levaria a mudar o processo construtivo (camadas de argamassa, ou outro tipo de fixação)?

- 4) Que tipo de revestimento o sr. acha que tenderia a estar sendo aplicado pela sua empresa em um prazo de cinco anos? Por quê?

APÊNDICE 2: Roteiro utilizado para direcionamento das entrevistas

Nome do entrevistado:
Empresa:
Formação:
Experiência Profissional:

Parte A – Conhecimento geral da empresa e da sua atuação

- 1) Quais os tipos de revestimento que o sr. (a) já utilizou?
- 2) Com quais tipos de edificações o sr. (a) trabalha?
- 3) Como são tomadas as decisões relativas ao revestimento de Fachada?
- 4) No caso de edifícios Comerciais, residenciais, de outras naturezas?

Parte B – Conhecimento do Fluxo de Projeto

- 5) O que o diretor técnico ou contratante define e qual o papel do arquiteto?
- 6) Quais as etapas, e como as definições tecnológicas da fachada se encaixam? Que tipo de decisão, relacionada ao revestimento é tomada em cada uma das etapas?
 - a) Programa de necessidades
 - b) Estudo Preliminar
 - c) Anteprojeto
 - d) Projeto Legal
 - e) Projeto Básico
 - f) Projeto para Execução

Parte C – Escolha da tecnologia

- 7) Quais critérios o sr.(a) considera importante para definir a tecnologia de fachada?
- 8) O que o (a) levaria a utilizar outra tecnologia de fachada? Já teve dúvidas sobre qual o tipo de revestimento utilizar?
- 9) Quais critérios o sr. (a) considera essencial de se avaliar durante a escolha de uma tecnologia de revestimentos de fachada?
 - a) de Desempenho: Estabilidade, Segurança ao Fogo, Segurança no uso, Estanqueidade, Conforto Higrotérmico, Pureza do ar (ventilação e controle de odor), Conforto Acústico, Conforto Visual, Conforto Tátil, Conforto Antropodinâmico, Higiene, Funcionalidade espacial, Durabilidade e economia (ISO, 1985).
 - b) Satisfação psicológica: Status, tradição e cultura, facilidade de compor padrões.

- c) Execução: Suporte do Fornecedor, Cumprimento de Prazos e aproveitamento dos recursos, Dificuldade de domínio da técnica construtiva, Cuidados necessários com os materiais.
- d) Custos: aquisição, implantação, manutenção.

10) Explicar a ferramenta multicritério.

11) O que o sr. acha sobre essa ferramenta? Acha que pode ser útil?

12) O sr. concorda com os critérios estabelecidos? Citar discordâncias.

13) O sr. aceitaria um convite p/ aprimorar o uso da ferramenta, participando em outras etapas do desenvolvimento do modelo decisório?

Parte D – Fechamento do modelo e construção de níveis de impacto

Esta etapa foi realizada em um outro momento, onde foram apresentados alguns resultados iniciais da estruturação dos pontos de vistas, e níveis de impacto. O objetivo do pesquisador era colher informações a fim de estabelecer níveis de impacto e descritores plausíveis, assim como realizar alguma alteração na árvore quando necessário. As perguntas que direcionaram a entrevista foram:

14) O sr. concorda com o estabelecimento destes critérios, nesta estrutura de decisão?

15) Como avaliar este critério?

16) Quais os parâmetros mais adequados para a determinação de níveis de impacto no referido critério?

17) Qual ação apresentaria uma boa ou ótima avaliação, e qual ação representaria insatisfações neste critério?

18) O que leva à diferenciação entre duas ações no critério?

APÊNDICE 3: Conjunto de níveis de impacto e descritores utilizados de acordo com a seqüência de aplicação

PVE 1.1. Custos por m² acabado

N.I.	Descritor utilizado para todos os decisores
N6	Até R\$30,00/m ²
N5	Entre R\$35,01/m ² e R\$60,00/m ²
N4	Entre R\$60,01/m ² e R\$100,00/m ²
N3	Entre R\$100,01/m ² e R\$200,00
N2	Entre R\$200,01/m ² e R\$300,00
N1	Acima de R\$300,00/m ²

PVE 1.2. Forma de pagamento

N.I.	Descritor utilizado para todos os decisores
N3	Atende bem às necessidades de desembolso através do fluxo de caixa
N2	Atende moderadamente às necessidades de desembolso através do fluxo de caixa
N1	Não atende adequadamente às necessidades de desembolso através do fluxo de caixa

PVF 2. Suporte do fornecedor

N.I.		Descritor utilizado para todos os decisores
		A tecnologia (ou conjunto) possui ___ (quantidade) características da lista abaixo.
N5	8	<input type="checkbox"/> Disponibilidade de mercado; <input type="checkbox"/> O gerenciamento de aquisição dos componentes e materiais pode ser realizado através de relações com um número reduzido de fornecedores. Apresenta fornecedores (materiais e/ou serviços) com: <input type="checkbox"/> Histórico de bom relacionamento com a empresa; e tradição de mercado em: <input type="checkbox"/> Prazo de entrega adequado; <input type="checkbox"/> Fornecimento de produtos conformes com os especificados; <input type="checkbox"/> Assistência técnica eficiente; <input type="checkbox"/> Entrega em embalagens adequadas e na quantidade correta; <input type="checkbox"/> Pontualidade na entrega;
N4	6 ou 7	
N3	4 ou 5	
N2	2 ou 3	
N1	0 ou 1	

PVE 3.1. Agregação de Valor em elementos construtivos

N.I.	Descritor utilizado para todos os decisores
N4	Os elementos construtivos aglutinam mais de uma etapa em relação à tecnologia tradicional de revestimento cerâmico e que necessariamente tem dimensões pré-determinadas .
N3	Os elementos construtivos aglutinam mais de uma etapa em relação à tecnologia tradicional de revestimento cerâmico e não são necessariamente uniformes .
N2	Os elementos construtivos possuem um número de etapas equivalente à tecnologia tradicional de revestimento cerâmico e não são necessariamente uniformes.
N1	A tecnologia tradicional de revestimento cerâmico representa aglutinação de etapas em relação à referida tecnologia.

PVE 3.1. Nível de facilidade logística

N.I.	Descritor utilizado para os decisores A, B, C, D e E	Descritor utilizado para o decisor F
N5	Revestimento argamassado com pintura	
N4	Revestimento argamassado com placas cerâmicas na Fachada	A tecnologia utiliza componentes de fácil inspeção, transporte e armazenamento em obra
N3	Fachada ventilada com placas de Porcelanato	O uso da tecnologia implica em poucas dificuldades relativas à inspeção, manuseio e transportes dos componentes
N2	Fachada ventilada com placas de Granito	O uso da tecnologia implica em dificuldades moderadas relativas à inspeção, manuseio e transportes dos componentes
N1	Painéis de Vidro	O uso da tecnologia implica em muitas dificuldades relativas à inspeção, manuseio e transportes dos componentes

PVE 3.2. Segurança na execução

N.I.	Descritor utilizado para os decisores A, B, C, D e E	Descritor utilizado para o decisor F
N5	Revestimento argamassado ou polimérico <u>sem peças que possam causar danos</u> em caso de queda	Envolve o manuseio de componentes leves e que não provocam riscos de acidentes em caso de queda. Ex: revestimento de argamassa e pintura.
N4	Revestimento de pastilhas de vidro ou placas cerâmicas assentadas com argamassa	Envolve o manuseio de componentes leves e pequenos, e que provocam alguns riscos de acidentes em caso de queda. Ex: revestimento de placas cerâmicas
N3	Placas de granito ou porcelanato de <u>pequenas</u> dimensões	Envolve o manuseio de componentes de peso moderado e de pequenas dimensões, e que provocam riscos de acidentes em caso de queda. Ex: revestimento de placas cerâmicas. Ex: Placas de granito 40 x 40 cm
N2	Painéis de vidro e/ou alumínio	Envolve o manuseio de componentes de peso moderado e de grandes dimensões, que provocam riscos de acidentes em caso de queda. Ex: Painéis de vidro.
N1	Placas de granito ou porcelanato de <u>grandes</u> dimensões	Envolve o manuseio de componentes pesados e de grandes dimensões, que provocam sérios riscos de acidentes em caso de queda. Ex: Placa de granito de grandes dimensões (60cm x 120cm)

PVE 4.1. Adaptação à capacidade produtiva em termos de prazos

N.I.	Descritor utilizado para todos os decisores
N2	A adoção da tecnologia se mostra adequada ao cumprimento de prazos.
N1	A adoção deste tipo de tecnologia implica em dificuldades no cumprimento de prazos planejados.

PVE 4.2. Adaptação à capacidade produtiva em termos de equipamentos

N.I.	Descritor utilizado para todos os decisores
N4	Não exige equipamentos extras aos disponibilizados na empresa.
N3	Exige equipamentos e ferramentas de pequeno porte disponíveis no mercado.
N2	Exige equipamentos e ferramentas de grande porte disponíveis no mercado.
N1	Exige equipamentos e ferramentas não disponíveis do no mercado.

PVE 4.3. Adaptação à capacidade produtiva em termos de mão de obra

N.I.	Descritor utilizado para todos os decisores
N3	Não exige mão de obra especializada .
N2	Exige mão de obra especializada e esta é disponível no mercado.
N1	Exige mão de obra especializada , e esta não é disponível .

PVE 5.1. Status

N.I.	Descritor utilizado para todos os decisores
N4	A tecnologia está associada ao uso em edifícios de alto padrão em Fortaleza.
N3	A tecnologia está associada ao uso em edifícios de bom e médio padrão.
N2	A tecnologia está associada ao uso em edifícios de alto padrão em importantes metrópoles mundiais.
N1	O tipo de revestimento é comumente utilizado em edifícios de caráter popular.

PVE 5.2. Composição estética

N.I.		Descritor utilizado para todos os decisores
		A tecnologia (ou o conjunto) possui ____ (quantidade) características da lista abaixo.
N5	7	<input type="checkbox"/> Facilita a composição de padrões e formas estéticas; <input type="checkbox"/> Apresenta facilidade de modulação; <input type="checkbox"/> Adequa-se a geometria da fachada; <input type="checkbox"/> As peças especificadas apresentam precisão dimensional; <input type="checkbox"/> Evita brilho ofuscante quando irradiado diretamente pelo sol; <input type="checkbox"/> Permite visibilidade à noite sem iluminação artificial; <input type="checkbox"/> Expectativa de manutenção da aparência ao longo do tempo;
N4	5-6	
N3	3-4	
N2	1-2	
N1	0	

PVE 5.3. Tradição e cultura

N.I.	Descritor utilizado para todos os decisores
N4	Adequa-se ao estilo arquitetônico da região e adequa-se ao estilo associado ao o uso do edifício.
N3	Não adequa-se ao estilo arquitetônico da região e adequa-se ao estilo associado ao o uso do edifício.
N2	Adequa-se ao estilo arquitetônico da região mas não adequa-se ao estilo associado ao o uso do edifício.
N1	Não adequa-se ao estilo arquitetônico da região nem adequa-se ao estilo associado ao o uso do edifício.

PVE 6.1. Gravidade do acidente em caso de queda

N.I.	Descritor utilizado para os decisores A, B, C, D e E	Descritor utilizado para o decisor F
N5	Revestimento argamassado ou polimérico sem peças que possam causar danos em caso de queda	No caso de queda, a gravidade do acidente pode ser desconsiderada.
N4	Revestimento de pastilhas de vidro ou placas cerâmicas assentadas com argamassa	No caso de queda, a gravidade do acidente é dada pelo impacto de componentes leves, pequenos e rígidos com bens materiais ou pessoas em trânsito.
N3	Placas de granito ou porcelanato de pequenas dimensões	No caso de queda, a gravidade do acidente é dada pelo impacto de componentes pequenos, rígidos e de massa moderada , com bens materiais ou pessoas em trânsito.
N2	Painéis de vidro e/ou alumínio	No caso de queda, a gravidade do acidente é dada pelo impacto de componentes grandes, rígidos e de massa moderada, com bens materiais ou pessoas em trânsito.
N1	Placas de granito ou porcelanato de grandes dimensões	No caso de queda, a gravidade do acidente é dada pelo impacto de componentes grandes, rígidos e de grande massa, com bens materiais ou pessoas em trânsito.

PVE 6.2. Riscos inerentes à qualidade dos componentes

N.I.	Descritor utilizado para todos os decisores
N3	Os fornecedores dos componentes utilizados possuem certificação de qualidade e tradição de mercado no fornecimento de produtos de boa qualidade .
N2	Os fornecedores dos componentes utilizados não possuem certificação de qualidade, mas possuem tradição de mercado no fornecimento de produtos de boa qualidade. ou Os fornecedores dos componentes utilizados possuem certificação de qualidade, mas não possuem tradição de mercado no fornecimento de produtos de boa qualidade.
N1	Os fornecedores dos componentes utilizados não possuem certificação de qualidade nem possuem tradição de mercado no fornecimento de produtos de boa qualidade.

PVF 7. Conforto Térmico

N.I.	Descritor utilizado para os decisores A, B, C, D e E	Descritor utilizado para o decisor F
N4	Fachada Ventilada ou não aderida diretamente	A tecnologia apresenta em seu revestimento uma câmara projetada como ventilada. As correntes convectivas de ar atuam como isolantes térmicas entre o exterior e as paredes do edifício.
N3	Argamassa + Pintura, pastilha ou placa de baixa absorvância à radiação solar (α) (função da cor)	A tecnologia apresenta revestimento aderido diretamente (sem câmara de ar) e sua superfície apresenta baixa absorvância à radiação solar (α) (função da cor).
N2	Argamassa + Pintura, pastilha ou placa de alta absorvância à radiação solar (α) (função da cor)	A tecnologia apresenta revestimento aderido diretamente (sem câmara de ar) e sua superfície apresenta alta absorvância à radiação solar (α) (função da cor).
N1	Painéis de vidro	A tecnologia é constituída por elementos translúcidos que permitem a passagem de calor através da radiação solar.

PVF 8. Estanqueidade

N.I.	Descritor utilizado para os decisores A, B, C, D e E	Descritor utilizado para o decisor F
N5	Fachada ventilada	A barreira à passagem de água é constituída pela camada de revestimento com placas e uma câmara de ar. Desta forma, forma-se uma barreira à absorção de água pelas vedações externas.
N4	Pastilha/placa cerâmica/vidro com rejunte tipo 2	A barreira à passagem de água é constituída pela camada de revestimento com placas (com baixa absorção de água) assentadas de forma direta. As placas e suas juntas funcionam como principais barreiras à absorção de água pelas vedações externas.
N3	Painel de vidro	A barreira à passagem de água é constituída painéis translúcidos em vidro. Neste caso os painéis funcionam como vedações e revestimento.
N2	Pastilha/placa cerâmica/vidro com rejunte produzido em obra	A barreira à passagem de água é constituída pela camada de revestimento com placas (com baixa absorção de água) assentadas de forma direta. As placas e suas juntas (produzidas in loco) funcionam como principais barreiras à absorção de água pelas vedações externas.
N1	Pintura acrílica ou textura	A barreira à passagem de água é constituída pela camada de revestimento com pintura.

PVE 9.1. Resistência à expansões (térmica e por umidade)

N.I.	Descritor utilizado para os decisores A, B, C, D e E	Descritor utilizado para o decisor F
N6	Sistema não aderido	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas somente em juntas entre placas.
N5	Revestimento argamassado com pintura	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas sobre uma camada de argamassa e outra de pintura
N4	Revestimento argamassado com pastilhas cerâmicas/vidro e expansão por umidade (EPU) próximo de 0mm/m	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas sobre uma camada de argamassa cobertas com placas/pastilhas cuja expansão por umidade (EPU) em torno de 0mm/m.
N3	Revestimento argamassado com placas cerâmicas e expansão por umidade (EPU) abaixo de 0,4mm/m	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas sobre uma camada de argamassa cobertas com placas/pastilhas cuja expansão por umidade (EPU) em torno de até 0,4mm/m.
N2	Revestimento argamassado com placas cerâmicas e expansão por umidade (EPU) acima de 0,4mm/m e menor que 0,6mm/m.	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas sobre uma camada de argamassa cobertas com placas/pastilhas cuja expansão por umidade (EPU) entre 0,4 e 0,6mm/m.
N1	Revestimento argamassado com placas cerâmicas e expansão por umidade (EPU) acima de 0,6mm/m.	Considerando-se o revestimento, as tensões devido à expansões são geradas sobre uma camada de argamassa cobertas com placas/pastilhas cuja expansão por umidade (EPU) acima de 0,6mm.

PVE 9.2. Manutenção da cor

N.I.	Descritor utilizado para os decisores A, B, C, D e E	Descritor utilizado para o decisor F
N4	Sistema não aderido com placas pétreas ou porcelanato/vidro	O revestimento é extremamente resistente à mudança de cor ao longo do tempo, causada por intempéries e fatores ambientais normalmente presentes.
N3	Revestimento cerâmico com rejunte cinza	O revestimento é bastante resistente à mudança de cor ao longo do tempo, causada por intempéries e fatores ambientais normalmente presentes.
N2	Revestimento cerâmico com rejunte preto ou branco	Em sua maior parte, o revestimento é bastante resistente à mudança de cor ao longo do tempo, causada por intempéries e fatores ambientais normalmente presentes.
N1	Revestimento argamassado com pintura	O revestimento é pouco resistente à mudança de cor ao longo do tempo, causada por intempéries e fatores ambientais normalmente presentes.

PVE 9.3. Resistência à corrosão

N.I.	Descritor utilizado para os decisores A, B, C, D, E e F
N4	Revestimentos sem uso de elementos metálicos
N3	Revestimento com uso de elementos em aço inoxidável
N2	Revestimento com uso de elementos de fixação em alumínio Revestimento com uso de elementos em aço inoxidável do tipo ABNT 304: para atmosferas urbanas e industriais isentas de cloretos ou
N1	Revestimento com placas de alumínio ou esquadrias de alumínio

PVE 10.1. Limpeza

N.I.	Descritor utilizado para os decisores A, B, C, D e E	Descritor utilizado para o decisor F
N4	Placas com superficial lisa ou polida (Cerâmica esmaltada, pedra polida)	Necessita de baixa frequência quanto à necessidade de limpeza e apresenta facilidade de remoção de manchas e sujeiras em sua superfície.
N3	Cerâmica não esmaltada ou pedra sem polimento	Necessita de baixa frequência quanto à necessidade de limpeza e apresenta algumas dificuldades de remoção de manchas e sujeiras em sua superfície.
N2	Pinturas (textura, acrílica)	Necessita de baixa frequência quanto à necessidade de limpeza e apresenta dificuldades moderadas de remoção de manchas e sujeiras em sua superfície.
N1	Painéis de vidro, ou materiais translúcidos, que necessitem de constante limpeza para manter a aparência limpa.	Necessita de alta frequência quanto à necessidade de limpeza.

PVE 10.2. Manutenção preventiva

N.I.	Descritor utilizado para os decisores A, B, C, D e E	Descritor utilizado para o decisor F
N3	Prazos superiores aos estimados abaixo.	Exige inspeções visuais em um período superior a cinco anos.
N2	Verificação de juntas a cada 5 anos	Exige inspeções de alguns componentes a cada cinco anos para verificação da necessidade de substituição.
N1	Pintura a cada 3 anos.	Exige recolocação/pintura do revestimento entre um prazo de três a seis anos.

PVE 10.3. Reparos

N.I.	Descritor utilizado para os decisores A, B, C, D e E	Descritor utilizado para o decisor F
N4	Fachada Ventilada em Porcelanato ou granito	O mais provável é a necessidade da troca/substituição/reparo de poucos componentes na fachadas, podendo ser executada rapidamente
N3	Painel de Vidro	O mais provável é a necessidade da troca/substituição/reparo de poucos componentes na fachadas, necessitando-se de mão de obra altamente especializada e podendo ser executada rapidamente,.
N2	Textura acrílica	O mais provável é ocorrer a necessidade troca/substituição/reparo de componentes presentes em grande parte da fachada, envolvendo uma execução rápida e de custos moderados (em relação ao investimento da fachada).
N1	Revestimento Cerâmico argamassado	O mais provável é ocorrer a necessidade troca/substituição/reparo de componentes presentes em grande parte da fachada, envolvendo uma execução demorada e de alto custo (em relação ao investimento da fachada).

APÊNDICE 4: Tabelas com valores obtidos referente às funções de valor

PVE 1.1 Custo por m2 acabado						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N6	133,3	100	150	300	200	200
N5	100	100	120	150	150	150
N4	0	0	100	100	100	100
N3	-100	-133	0	0	0	0
N2	-200	-400	-100	-100	-100	-50
N1	-300	-667	-150	-300	-200	-100

PVE 1.2 Forma de pagamento						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N3	100	100	100	100	100	100
N2	0	0	0	0	0	0
N1	-100	-133	-100	-200	-100	-70

PVE 2. Suporte do fornecedor						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N5	100	100	100	120	100	200
N4	100	100	0	100	-100	100
N3	0	0	-50	0	-150	0
N2	-100	-100	-100	-50	-200	-50
N1	-200	-200	-200	-100	-250	-200

PVE 3.1 Agregação de valor em elementos construtivos						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N4	200	233,3	150	100	150	100
N3	100	166,7	100	50	100	50
N2	0	100	0	0	50	0
N1	-150	0	-50	-50	0	-100

PVE 3.2 Nível de facilidade						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N5	450	100	100	100	100	100
N4	300	0	0	0	0	100
N3	200	-150	-50	-50	-80	0
N2	100	-150	-150	-50	-100	-50
N1	0	-350	-100	-100	-150	-100

PVE 3.3 Segurança na execução						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N5	400	100	100	100	120	100
N4	300	0	0	80	100	0
N3	100	-300	-100	0	0	-50
N2	200	-150	-50	-150	-50	-70
N1	0	-500	-150	-150	-100	-100

PVE 4.1 Adaptação à capacidade produtiva em termos de prazos						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N2	100	100	100	100	100	100
N1	0	0	0	-100	-150	-50

PVE 4.2 Adaptação à capacidade produtiva em termos de mão de obra						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N3	100	225	100	100	120	100
N2	0	100	0	0	100	0
N1	-100	0	-100	-200	-100	-100

PVE 4.3 Adaptação à capacidade produtiva em termos de equipamentos						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N4	100	100	100	100	150	100
N3	50	0	0	80	100	0
N2	0	-125	-50	0	0	-10
N1	-50	-250	-100	-150	-100	-100

PVE 5.1 Status						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N4	200	200	150	100	100	100
N3	100	100	100	80	100	0
N2	0	0	0	0	0	-50
N1	-100	-225	-100	-200	0	-100

PVE 5.2 Composição Estética						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N5	100	100	120	110	100	200
N4	100	0	100	100	0	100
N3	0	-133	0	0	-25	0
N2	-100	-267	-50	-100	-50	-50
N1	-200	-400	-100	-300	-100	-100

PVE 5.3 Tradição e cultura						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N4	100	100	100	100	100	100
N3	0	0	0	0	0	0
N2	0	-125	-50	-200	-50	-50
N1	-150	-250	-100	-300	-100	-200

Gravidade do acidente PVE 6.1 em caso de queda						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N5	200	100	120	100	100	100
N4	100	0	100	0	0	0
N3	-100	-140	-100	-200	-50	-50
N2	0	-100	-50	-250	-80	-100
N1	-200	-140	-150	-300	-100	-200

PVF 7. Conforto térmico						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N4	100	100	120	110	150	100
N3	0	0	100	100	100	0
N2	-100	-133	0	0	0	-50
N1	-200	-400	-50	-150	-50	-100

Resistência à expansões PVE 9.1 (térmica e por umidade)						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N6	350	250	200	150	150	100
N5	0	100	-20	-100	0	-50
N4	250	100	150	100	-20	0
N3	190	0	100	100	100	-70
N2	100	-150	0	0	80	-100
N1	-50	-600	-100	-200	-50	-200

PVE 9.3 Resistência à corrosão						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N4	200	100	120	200	200	100
N3	100	100	100	120	100	0
N2	100	0	0	100	100	-50
N1	0	-33,3	-50	0	100	-70

PVE 10.2. Manutenção Preventiva						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N3	100	100	100	100	150	100
N2	0	0	0	0	100	0
N1	-100	-100	-100	-100	0	-100

Riscos inerentes à PVE 6.2 qualidade dos componentes						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N3	100	100	100	100	100	100
N2	0	0	0	0	0	0
N1	-200	-167	-100	-150	-100	-100

PVF 8. Estanqueidade						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N5	300	100	150	100	120	100
N4	200	0	100	0	100	0
N3	-100	0	100	-50	0	-100
N2	100	-100	0	-100	80	-50
N1	0	-200	-50	-150	50	-70

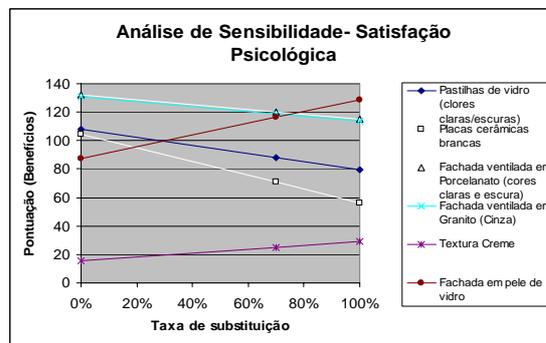
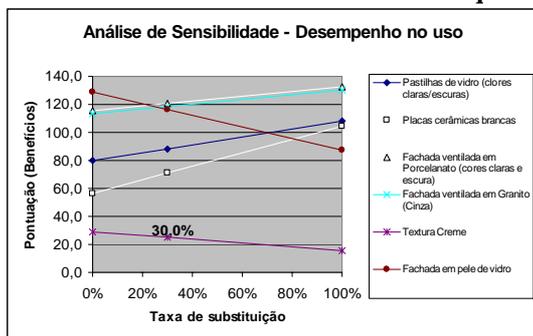
Manutenção da cor PVE 9.2						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N4	100	100	150	150	120	100
N3	0	0	100	100	100	0
N2	-200	-400	0	0	0	-50
N1	-400	-600	-100	-100	-30	-100

PVE 10.1. Freqüência e facilidade de limpeza						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N4	100	100	100	100	100	100
N3	0	0	0	0	0	0
N2	-100	-100	-50	-100	-50	-50
N1	-200	-333	-100	-200	-100	-100

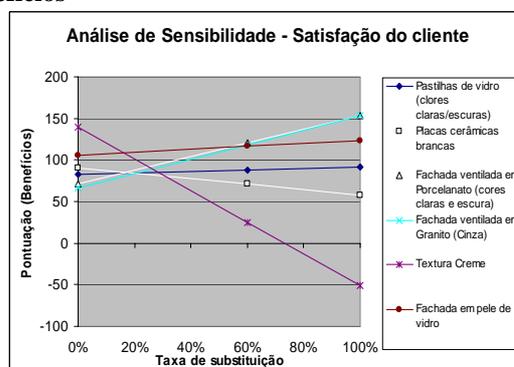
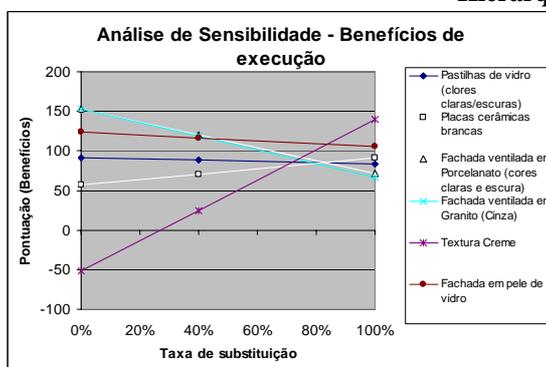
PVE 10.3. Reparos						
Nível de impacto	Decisores					
	A	B	C	D	E	F
N4	200	100	100	100	120	120
N3	100	0	0	50	10	10
N2	0	-300	-50	0	0	0
N1	-100	-700	-100	-50	-50	-50

APÊNDICE 5: Gráficos obtidos na análise de sensibilidade das taxas de substituição

Decisor A
Hierarquia “Satisfação do cliente”

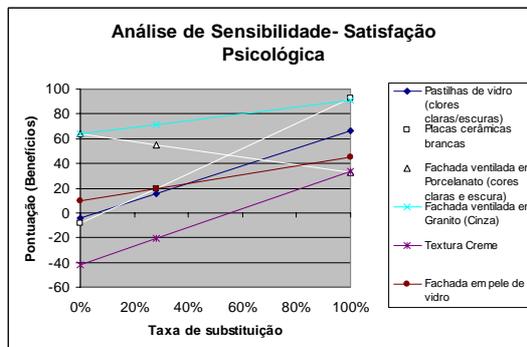
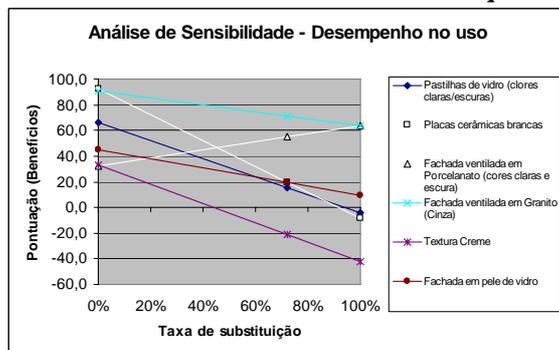


Hierarquia “Benefícios”

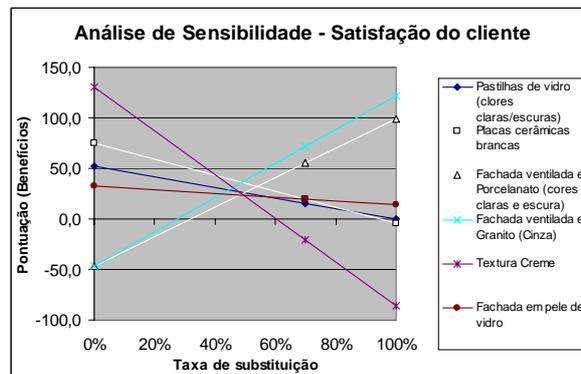
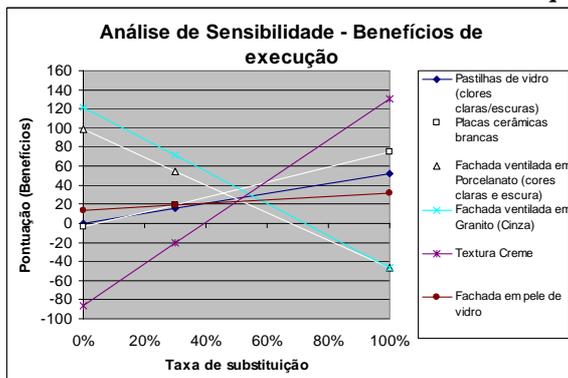


Decisor B

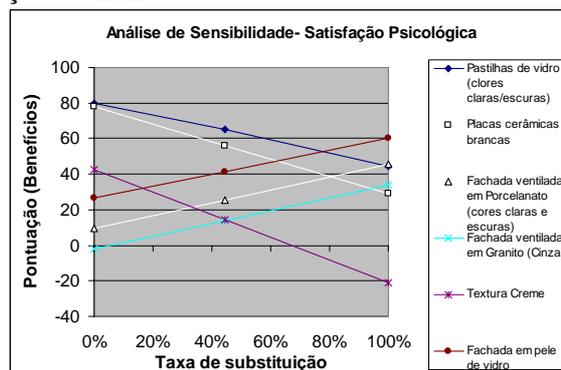
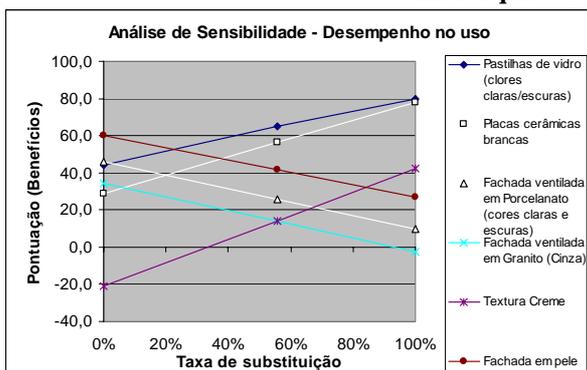
Hierarquia “Satisfação do cliente”



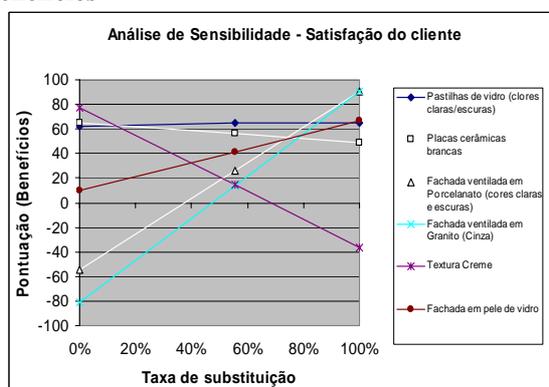
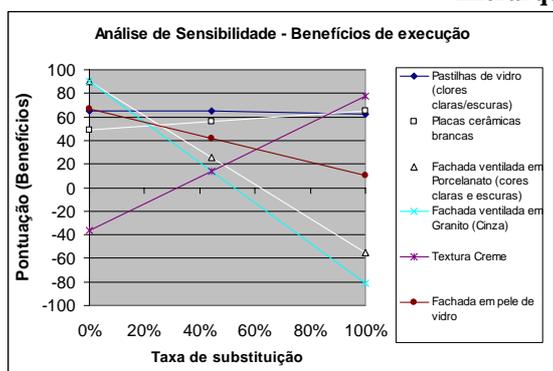
Hierarquia “Benefícios”



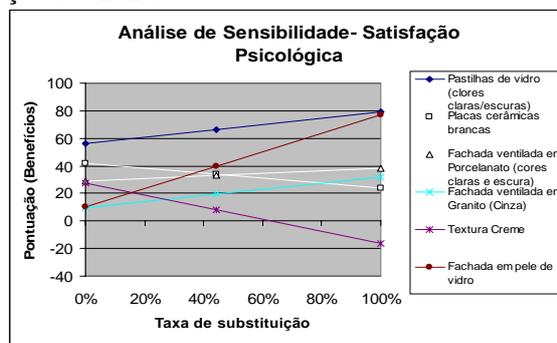
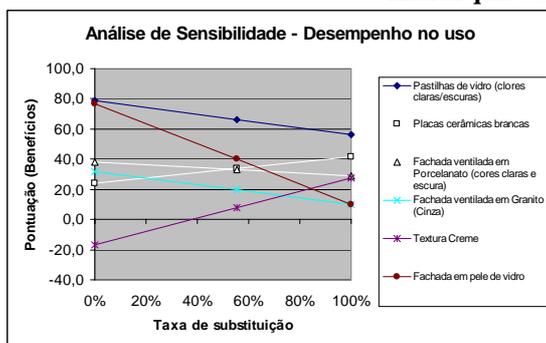
Decisor C Hierarquia “Satisfação do cliente”



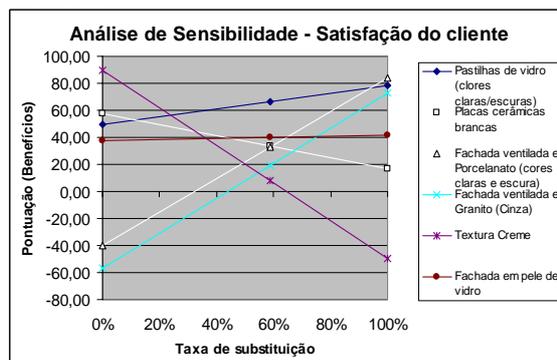
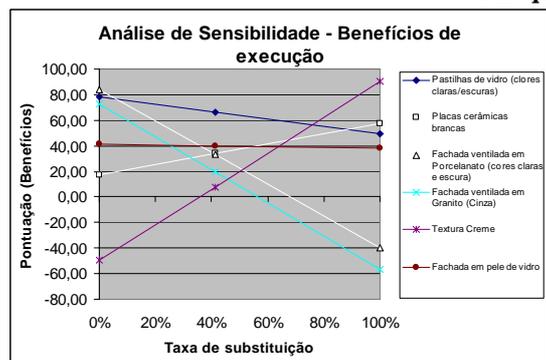
Hierarquia “Benefícios”



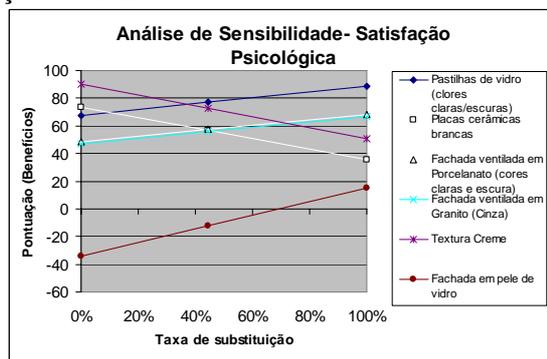
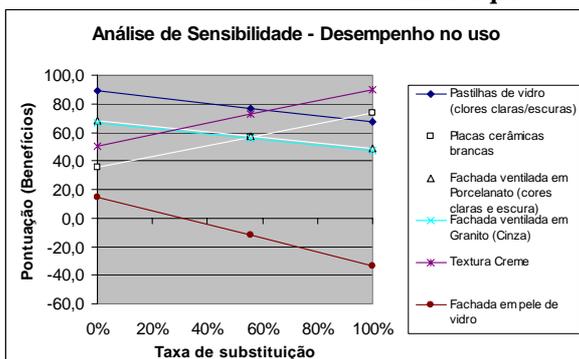
Decisor D Hierarquia “Satisfação do cliente”



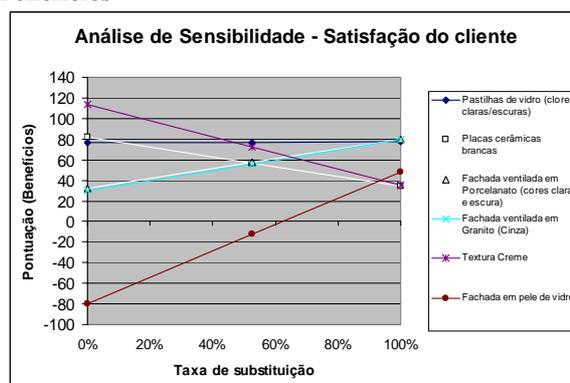
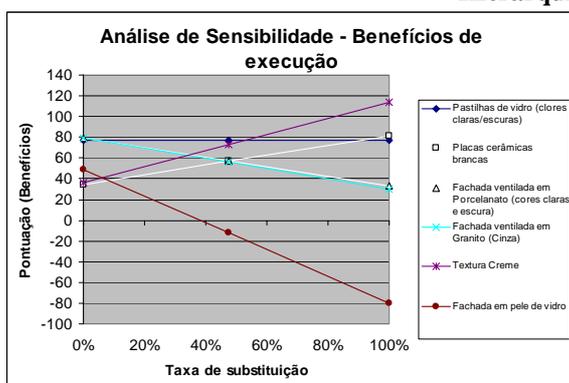
Hierarquia “Benefícios”



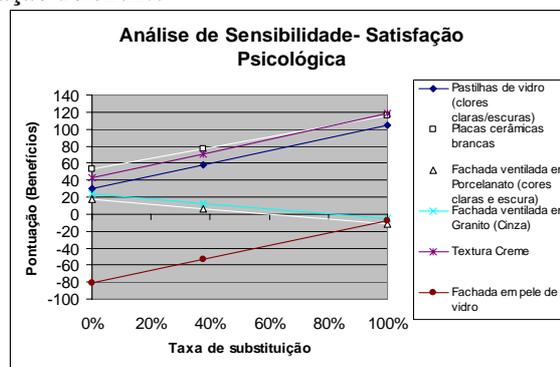
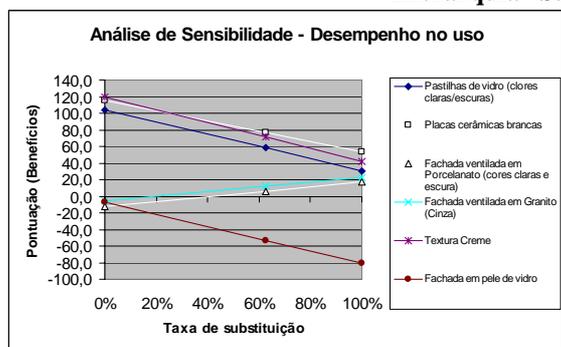
Decisor E Hierarquia “Satisfação do cliente”



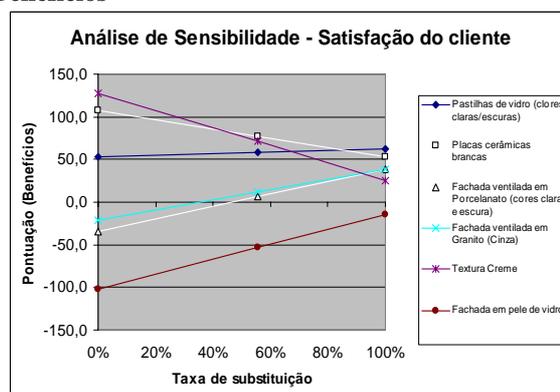
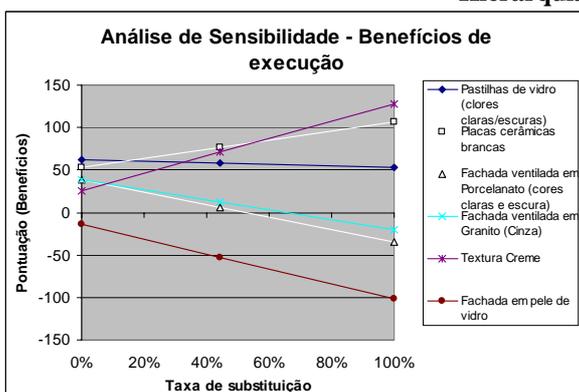
Hierarquia “Benefícios”



Decisor F Hierarquia “Satisfação do cliente”



Hierarquia “Benefícios”



APÊNDICE 6: Questionário utilizado para entrevista sobre validação do modelo

Objetivo:

O objetivo deste instrumento é identificar o(s) caso(s) estudado(s), a organização em que o caso foi estudado e os níveis de validade do modelo proposto, sendo eles medidos através das seguintes dimensões: Validade Conceitual, Validade Lógica, Validade Experimental e Validade Operacional.

Questões sobre o entrevistado e a empresa:

1. Dados de Identificação do entrevistado e da organização
2. Ramo de atividade.
3. Poder de decisão do respondente em projetos da organização.
4. Experiência do respondente relativa a decisões tecnológicas de fachada.

Questões relativas à validação do modelo:

Validade Conceitual: Neste ponto, a situação problema tem que ser adequadamente detectada, tanto que considere os elementos e os relacionamentos julgados pertinentes por aqueles atores que vivem e lidam com a situação-problema e em conformidade com as ferramentas e as técnicas que estão disponíveis para o uso em outras fases do processo de modelar- validar.

5. Na sua opinião, o modelo proposto (estrutura arborescente de pontos de vista) permite que a situação problema seja vista da perspectiva apropriada?
6. Esta perspectiva é capaz de auxiliar na condução de soluções apropriadas?
7. Em que grau está o construto (a forma como os critérios foram relacionados), no sentido de representar a situação em questão, na sua percepção?

Validade Lógica: Este tipo de validade está relacionado com a capacidade do modelo formal em descrever correta e precisamente a situação problema como definida no modelo conceitual. É o atributo do modelo para o qual a tradução foi feita corretamente.

8. O modelo formal apresentado, na sua opinião, descreve correta e precisamente a situação problema como ela foi definida no modelo conceitual?
9. Você consegue identificar algum critério ou relação que tenha sido omitido do modelo formal?

Validade Experimental: A validade experimental refere-se à qualidade e à eficiência do mecanismo de solução.

10. Como você avalia a qualidade e a eficiência do mecanismo de solução?

Validade Operacional: Determina a qualidade e a aplicabilidade das soluções e das recomendações com respeito às expectativas do usuário e do uso do modelo formal em relação à situação problema.

11. Como você vê a qualidade e a aplicabilidade das soluções apresentadas pelo modelo, caso fosse um caso real?

12. Que recomendações você daria a alguém que tem intenção de utilizá-lo?
13. Na sua opinião, o modelo tem potencial de justificativa em termos de tempo, esforço e custos?

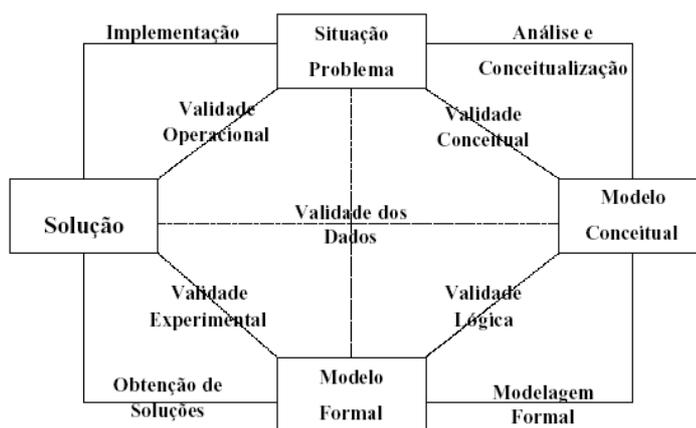
Validade dos Dados: Está fortemente relacionada com a suficiência, a precisão e o grau em que o dado é apropriado ao uso, bem como com a disponibilidade destes, dentro de custos aceitáveis.

14. Os dados (tanto *hard* como *soft*) necessários às quatro etapas de validação do modelo, na sua opinião, são suficientes, precisos, apropriados e estão disponíveis dentro de custos aceitáveis?

Questões de ordem geral:

15. Baseado em seus comentários anteriores, como você julga ser possível melhorar o modelo?
16. Liste as vantagens obtidas através da utilização do modelo na justificativa de decisões sobre revestimentos de fachadas.
17. Liste as desvantagens do uso do modelo decisório.
18. Preencha a tabela abaixo (pintando as áreas de grau de satisfação) de forma que represente a sua opinião global sobre o modelo proposto.

Critérios: Tipo de avaliação	Grau de avaliação				
	Nenhuma satisfação 1	2	3	4	Satisfação total 5
Validade Conceitual					
Validade Lógica					
Validade Experimental					
Validade Operacional					
Validade dos dados					



Esquema de relação entre os modelos

RESPOSTAS OBTIDAS PARA AS QUESTÕES 1 À 17 - DECISOR A

Respostas obtidas, de acordo com o item.

Itens 1, 2, 3, e 4.

Nome: Mauro Albuquerque

Empresa: Construtora Colméia

Experiência Profissional:

Formado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará em 1991. Trabalhei durante três anos em sala técnica (planejamento e orçamento). Há treze anos trabalho na construtora no gerenciamento de obras de construção civil.

Ramo de atividade: Construção Civil

Como engenheiro eu posso contribuir com opiniões, através de reuniões e quando for requisitado.

5. Sim. No caso deste exemplo pareceu bem adequado.

6. Sim.

7. O construto é adequado.

8. Ele torna muito mais fácil o entendimento.

9. A princípio não.

10. (*MACBETH*) Me parece bem eficaz. Imagino apenas que o complicado seja a estruturação do modelo, que parece complicado.

11. Interessante e de boa qualidade.

12. No meu caso, se eu tivesse o poder de decisão, eu não responderia sozinho. Discutiria com o arquiteto ou o pessoal de vendas. Você também tem que se dispor de alguns princípios para tentar ser o mais impessoal possível. Tem que ter o cuidado para, no momento de preencher, não responder somente no que você acha intuitivamente (sem muita certeza). Deve-se despir dos seus conceitos (barreiras pessoais) e pensar no caso, o empreendimento.

13. Acredito que sim. Tem que se ter somente o cuidado dos valores de custos citados no modelo estarem de acordo o mercado.

14. Sim.

15. Acredito que o julgamento diretamente no *software* ou planilha eletrônica seria mais interessante, onde os resultados e relatório fossem apresentados logo em seguida.

16. É interessante poder visualizar de forma mais objetiva os aspectos (critérios) que mais valorizamos nas nossas escolhas. Por exemplo, se visamos principalmente o cliente, os custos baixos ou execução. Desta forma, é possível começar a pensar na viabilidade de se abrir mão uma boa avaliação em um critério para que possa ser compensado de forma mais interessante em outro critério. A decisão bastante intuitiva poderia ser tomada de forma mais precisa, pois seria orientada por algum indicador. Daria ainda a sugestão da utilização de um *software* na aplicação. Como preenchi os formulários no papel, as soluções não eram apresentadas no mesmo momento.

17. Talvez o fato do escopo de soluções. Por exemplo, uma fachada que fosse composta por dois ou mais tipos de tecnologias.

RESPOSTAS OBTIDAS PARA AS QUESTÕES 1 À 17 - DECISOR B

Respostas obtidas, de acordo com o item.

1, 2, 3 e 4.

Me formei em 1982, há vinte e cinco anos. Desde então trabalhei na área de materiais de construção, especialmente com argamassas e concreto. Já no início de formado comecei trabalhar no NUTEC. Atuo na área de materiais de construção. Costumo lidar com decisões de uma maneira geral. Decisões e recomendações sobre materiais. No entanto, somente ligado a revestimento cerâmico (aderido ou ventilado). Em menor número, já trabalhei com revestimento em granito. Essas decisões estão mais ligadas às especificações técnicas dos materiais e componentes, assim como do procedimento executivo.

5. Sim.

6. Sim. É capaz de analisar diversas perspectivas. Não é um instrumento de decisão final, no entanto pode ser bastante interessante no auxílio à decisão.

7. Sim.

8. Sim.

9. A princípio não.

10. É fácil de ser realizado. Acredito que este procedimento de julgamentos semânticos inclusive deva ser mais simples que aplicar pontuações diretamente. A desvantagem fica por conta da demora. No caso de uma situação complexa de decisão, acredito que a análise deste procedimento pode ser adequada.

11. A qualidade é boa. Sua aplicabilidade pode ser considerada dentro de alguns contextos. Muitas soluções são determinadas pela conjuntura. No caso da minha aplicação, como solução foi apresentada uma alternativa que talvez no caso real não deveria ser aplicada. Isso aconteceu porque considerei mais importantes todos os aspectos que eu gostaria, minimizando aspectos de custo. Em um caso real, não poderia ser tão simples assim. O ideal seria um consenso entre os agentes do empreendimento.

12. O decisor deve ter um bom conhecimento do que ele está trabalhando. Deve também ter conhecimento do procedimento de preenchimento e aplicação do modelo decisório. Deve ter testado antes de utilizá-lo.

13. Desde que haja interesse no seu uso, sim.

14. Para mim é pouco complicado de avaliar, pois talvez não seja o perfil principal do interessado neste tipo de projeto (devido à minha área de atuação). No entanto, quando o profissional representa o perfil do decisor, acredito que sim. Os dados são suficientes, desde que o decisor possua algum conhecimento sobre o que está avaliando no sistema.

15. Alguns critérios são difíceis de avaliar, levando ainda um pouco de subjetividade, tornando um pouco difícil a avaliação. Algumas descrições internas em alguns critérios podem ser refinadas ou melhoradas.

16. As análises produzidas são interessantes. Você passa a ter subsídios para a tomada decisão.

17. Foi um processo demorado (cerca de quatro horas). Se o avaliador estiver conhecendo e não se interessar, ele vai utilizar quatro horas.

RESPOSTAS OBTIDAS PARA AS QUESTÕES 1 À 17 - DECISOR C

Respostas obtidas, de acordo com o item.

1. Dados de Identificação do entrevistado e da organização

Sócio e diretor técnico da Construtora Placic Ltda. Me formei em 1979. Trabalho com construção civil desde 1977.

2. Ramo de atividade.

Construção Civil. Principalmente incorporação de edifícios de múltiplos pavimentos.

3. Poder de decisão do respondente em projetos da organização.

Normalmente eu faço todas as especificações. Como somos três sócios, eu faço, nos reunimos e definimos.

4. Experiência do respondente relativa a decisões tecnológicas de fachada.

No caso de decisões do arquiteto, procuramos normalmente trabalhar com pessoas nas quais podemos estar participando mais ativamente do processo. Inclusive já mudamos algumas vezes de profissionais devido à dificuldade de se participar no processo de desenvolvimento do projeto. Nós entendemos, que como proprietários da obra e principais interessados, corremos todos os riscos na comercialização. Nós damos uma liberdade ao arquiteto, no entanto fazemos questão de participar do processo (como uma equipe multidisciplinar). Ele formula o projeto e as decisões finais são nossas. No caso de fachadas por exemplo, colocamos em discussão duas ou três possibilidades de fachada, e chamamos inclusive profissionais ligados à área de vendas para verificar e opinar. Depois de tudo isso, definimos qual o tipo que iremos empregar.

5. Sim.

6. Acredito que sim. O modelo não deve ser considerado para uma decisão final, no entanto fornece bastante indicativos que auxiliam a tomada de decisão.

7. Acho que está em um estágio inicial. Com mais utilizações pode ser refinado e melhor aplicado. Acho que a grande questão está principalmente por conta das descrições dos critérios. Por exemplo criar elementos que se possa diferenciar de forma objetiva o reparo envolvido em uma queda de placa ventilada e uma infiltração em uma pele de vidro. Colocar mais subtítulos seria interessante.

8. Sim. Ainda não seria uma ferramenta talvez tão precisa, mas que pode se desenvolver.

9. Critério que seja omitido acho que não. Acho que talvez as descrições possam sofrer uma maior expansão, com a finalidade de se diferenciar melhor as alternativas.

10. (*Direct rating/ Swing Weights/ processo*) Acho que está bom.

11. Acho para a avaliação realizada está bom. No entanto, para soluções práticas, acredito que é necessário passar por vários ciclos de aplicação em casos reais para poder validar. Como ferramenta, acho muito interessante, pois no mercado imobiliário muitas vezes é necessário chegar a valores de custos muito aproximados ao que se deseja, muito antes do projeto definido. Neste tipo de ferramenta, é possível avaliar alguns critérios para saber como trabalhar com o custo.

12. No momento não deve ser utilizado isoladamente. Deve-se tomar as decisões do modo tradicionalmente utilizado, e aplicar o modelo paralelamente. Desta forma, é possível validá-lo e adquirir confiança nele ao longo do tempo.

13. Sim.

14. Acho que sim. Para a versão inicial sim.

15. O básico é aplicar e refinar. Inclusive os parâmetros, pode ser algo que mude ao longo do tempo. A realidade daqui a dez anos pode ser diferente.

16. Quantificar algo que é bastante subjetivo. É possível transformar em números e gráficos (indicadores objetivos) o que está na sensibilidade e experiência do decisor. A decisão se torna mais clara e quantificável.

17. As desvantagens são ainda por carregar um pouco de subjetividade, que infelizmente não há como se retirar totalmente do processo.

RESPOSTAS OBTIDAS PARA AS QUESTÕES 1 À 17 - DECISOR D

Respostas obtidas, de acordo com o item.

1. Me formei há dois anos pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e sou sócio deste escritório há um ano e meio.
2. Ramo de atividade.
Projetos de Edifícios.
3. Poder de decisão do respondente em projetos da organização.
Quando se tem uma sociedade, seria meio a meio.
4. Experiência do respondente relativa a decisões tecnológicas de fachada.
O cliente tem relativo poder de escolha. No entanto cabe a nós, informá-lo os prós e os contras relativos a cada tipo de escolha que ele pede.
5. Sim. Porém sempre há outros fatores externos que também influenciam. Por exemplo, a insistência do cliente em uma determinada solução.
6. Sim.
7. Está bem adequado.
8. Sim.
9. A princípio não.
10. (*Direct rating/ Swing Weights/* processo) Acho eficiente. Achei interessante, em especial, a análise de sensibilidade, que permite ver como variações no julgamento alterariam o resultado final.
11. Acredito que auxiliam quando se está em dúvida entre duas ou mais soluções.
12. Apenas ressaltar que cada projeto de revestimento requer uma análise diferente.
13. Sim.
14. Sim. Acredito que como ferramenta de auxílio foi bem eficiente. Os dados necessários à avaliação não são muito difíceis de se obter, pois as próprias descrições auxiliam a compreensão.
15. A princípio não sei. Talvez com outras avaliações possa ser possível algum julgamento.
16. A grande vantagem é demonstrar graficamente para o cliente que uma decisão que pode estar de acordo a nossa. Desta forma, mais objetiva e visualizável, torna-se mais simples.
17. Foi um pouco extenso para realizar os julgamentos. No entanto na empresa, pode ser melhor planejado o tempo de aplicação.

RESPOSTAS OBTIDAS PARA AS QUESTÕES 1 À 17 - DECISOR E

Respostas obtidas, de acordo com o item.

1. Durante a faculdade, estagiei com um arquiteto chamado Reginaldo Rangel, e outro chamado Carvalho Neto. Em seguida, estagiei no INOCOP, que se tratava de uma cooperativa de construção sediada na Bahia. Era um órgão governamental. Fiquei por lá três anos. Trabalhei dois anos em obra e um ano em escritório. Isso me deu uma visão muito boa da engenharia. Assim que me formei, montei um escritório de arquitetura em parceria com minha mulher, que também é arquiteta (Rosa). Trabalhei durante dois anos e em seguida passei a trabalhar na prefeitura na parte de aprovação de projetos. Era a antiga SUOB, que hoje quem trata disto é a SEMAN. Trabalhei paralelamente nos dois. Após este período, montei uma construtora chamada de grau engenharia, onde produzimos quatro condomínios fechados e o *shopping* SALINAS (primeiro casa shopping no nordeste). A construtora hoje executa projetos para o SALINAS e parei de construir condomínios devido ao tempo. Hoje procuro me dedicar mais aos projetos, que é a parte que gosto mais. Atualmente tenho um escritório de arquitetura com meu irmão (também arquiteto), o Vidal Arquitetos.
2. O foco principal da Vidal Arquitetura são projetos de edifícios de múltiplos andares.
3. Todas as construtoras têm um perfil bem definido. O arquiteto tem pouca condição de inovar. Quando aparece um material novo, nós discutimos e apresentamos. As construtoras já tem uma faixa de custos em mente e seus fornecedores. Em geral fica a nosso cargo, a paginação e a escolha de cor. A escolha se dá principalmente pela faixa de custo e padrão do empreendimento.
4. Sempre trabalho dentro dos projetos que desenvolvo.
5. Sim.
6. Sim. Fica muito clara a leitura após os resultados apresentados.
7. Achei bem complexo. Achei que ele tenta atingir bem todas as exigências e implicações que possa ter nos materiais.
8. Sim.
9. Pelo que eu li, está bem abrangente e não me vêm em mente nenhum critério que possa ter sido esquecido. Talvez com uma análise mais criteriosa poderia afirmar com mais certeza.
10. (*Direct rating/ Swing Weights/ processo*) Achei excelente. Bem interessante.
11. Acho que as soluções apresentadas auxiliam a tomar uma decisão mais racional. É interessante de se aplicar quando se há dúvidas na aplicação de um determinado tipo de revestimento. Aplicando este modelo ficaria bem claro.
12. Acho que deve ser utilizado principalmente quando se vai lançar um empreendimento e se está na fase preliminar de discussão. Isso é estudado sempre com muitas pessoas interessadas no empreendimento. É um bom instrumento para a tomada de decisão. Acho que tem uma aplicabilidade.
13. Sim.
14. Sim.
15. Neste momento não tenho condições de realizar esta avaliação. Acho que como está, é possível de atingir bons resultados.
16. Além das já relatadas em outros comentários, não lembro.
17. No mercado local, o espaço do arquiteto é limitado. Os custos estão sempre como objetivo das construtoras. Nunca se pode ter um custo além do que a construtora planeja para o empreendimento. Desta forma, qualquer coisa que encareça, mesmo que apresente mais benefícios, se torna de difícil aplicação. E em uma determinada faixa de custo, não existe diversidade de opções. O que geralmente muda é cor do revestimento, a espessura, mas não a tecnologia em si.

RESPOSTAS OBTIDAS PARA AS QUESTÕES 1 À 17 - DECISOR F

Respostas obtidas, de acordo com o item.

1. Escritório do setor de engenharia da Portobello S.A. Formei-me em arquitetura e urbanismo pela Universidade Federal do Ceará no meio de 2004. Eu trabalho junto aos arquitetos e engenheiros do mercado assim como às construtoras. Eu dou assistência aos arquitetos, indico os melhores produtos quanto à tamanho, preços e cores. Passo então as informações para a representante comercial finalizar a venda.
2. Indústria Cerâmica e construção civil.
- 3 e 4. Como te disse, eu dou as diretrizes para os clientes. Por exemplo, eles querem um produto com determinada cor e tamanho, e eu indico o produto mais adequado de acordo com a obra. Eu informo também as especificações técnicas. Desta forma, acho que contribuo muito para suas decisões.
5. Sim. A árvore ajuda a separar os critérios e compreender o problema.
6. Sim.
7. Bem adequado.
8. Sim.
9. Não.
10. (*Direct rating/ Swing Weights/* processo) É bastante prático e interessante.
11. Acho que o modelo apresentaria as soluções que seriam necessárias, dado seu propósito.
12. Acho que não tem o retirar ou acrescentar do modelo. Nas primeiras questões, senti um pouco de dificuldade em entender como funciona. No entanto, após entender, o restante tornou-se simples.
13. Sim.
14. Sim.
15. Não tenho nenhum comentário.
16. É bastante interessante. No caso de novas soluções nas quais não estamos muito acostumados a trabalhar, é interessante para se ter parâmetros de avaliação para analisar sua aplicabilidade.
17. A princípio, não consigo enxergar nenhuma.