

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E
CONTÁBEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

JÉSSICA CARVALHO DA SILVA

PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM MODELO DE APOIO À DECISÃO
PARA A PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE RECURSOS HÍDRICOS

RIO GRANDE / RS

2019

JÉSSICA CARVALHO DA SILVA

**PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM MODELO DE APOIO À DECISÃO
PARA A PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE RECURSOS HÍDRICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande

Orientador: Prof. Dr. André Andrade Longaray

RIO GRANDE / RS

2019

Resumo

Devido à limitada capacidade financeira para executar todos os projetos pertencentes a um portfólio, ocasionada pelo fato de, normalmente, o custo total de realização dos projetos exceder o orçamento de programas disponíveis, se faz necessário a priorização dos mesmos para a execução, levando à seleção de um número reduzido de projetos. Tratando-se de recursos hídricos que, frequentemente, envolvem empreendimentos de grande porte que necessitam de um alto investimento para a execução dos projetos, uma das questões importantes na gestão desses recursos é a priorização de projetos. Considerando-se que diversos aspectos devem ser avaliados na seleção de projetos de recursos hídricos, não somente os econômicos, percebe-se a complexidade do contexto decisório acerca da priorização desses projetos. Com isso, métodos de apoio à decisão multicritério mostram-se capazes de lidar com essa complexidade, por possibilitarem a avaliação dos critérios econômicos, técnicos, sociais, ambientais e políticos que envolvem os projetos desse setor. Frente a esse cenário, o objetivo geral do estudo é desenvolver um modelo multicritério que apoie a decisão referente à priorização de projetos de recursos hídricos. Esse estudo classifica-se com uma pesquisa diagnóstica, descritiva e exploratória, com uma abordagem quali-quantitativa. Para a coleta de dados, foram utilizados dados primários, através de entrevistas, e dados secundários, por meio de relatórios e artigos científicos. Na primeira etapa do estudo foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre a temática abordada nesse estudo. E na segunda etapa, foi realizada a proposição de um modelo de apoio à decisão multicritério para a priorização de projetos de recursos hídricos. Nesse contexto, foram desenvolvidas as etapas da MCDA, resultando em 31 EPAs, distribuídos em 5 Áreas de Preocupação: (i) Dimensão Técnica; (ii) Dimensão Econômica-Financeira; (iii) Dimensão Ambiental; (iv) Dimensão Social e; (v) Dimensão Política. A partir dos EPAs, foram construídos 38 descritores para possibilitar a avaliação de desempenho. Com isso, a avaliação global do modelo resultou em 77,48 pontos e 7 descritores apresentaram nível de desempenho comprometedor, para os quais foram propostos planos de ações de melhorias. O modelo oportunizou a expansão do conhecimento acerca do contexto mensurado, permitindo a identificação de pontos fracos que necessitam de melhorias, auxiliando no planejamento a nível estratégico.

Palavras-chave: Avaliação de desempenho; MCDA; Priorização de projetos; Recursos Hídricos.

Abstract

The limited financial capacity to execute all projects in a portfolio, due to the fact that the total cost of realizing these projects usually exceeds the available budget, means that prioritization is required for execution, leading to the selection of a reduced number of projects. When it comes to water resources, which often involve large enterprises that require a high investment for project implementation, one of the important issues in managing these resources is project selection. Considering that several aspects must be evaluated in the selection of water resources projects, and not the economic ones only, the complexity of the decision context regarding the prioritization of these projects is perceived. Multi-criteria decision aid methods have proven adequate in dealing with this complexity, as they enable the evaluation of the economic, technical, social, environmental and political criteria that involve the projects of this sector. In this context, the general objective of the study was to develop a multicriteria model that aids decision making regarding prioritization of water resources projects. This study is classified as a diagnostic, descriptive and exploratory research with a qualitative and quantitative approach. For data collection techniques, primary data were used through interviews and secondary data through reports and scientific articles. In the first stage of the study, a systematic review was conducted on the subject investigated in this study, and in the second stage, a multi-criteria decision aid model was proposed for the prioritization of water resources projects. In this context, the MCDA stages were developed, resulting in 31 PEEs, distributed in 5 Areas of Concern: (i) Technical Dimension; (ii) Economic and Financial Dimension; (iii) Environmental Dimension; (iv) Social Dimension and; (v) Political Dimension. From the PEEs, 38 descriptors were constructed to enable performance evaluation. As a result, the overall evaluation of the model resulted in 77.48 points and 7 descriptors presented compromising performance level, for which improvement action plans were proposed. The model contributed to the expansion of knowledge about the measured context, allowing the identification of weaknesses that need improvement, supporting the strategic planning.

Keywords: *Performance evaluation; MCDA; Projects prioritization; Water resources.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de filtragem do Portfólio Bibliográfico (PB).....	26
Figura 2 – Distribuição do PB quanto à origem das publicações do PB.....	29
Figura 3 – Distribuição do PB nas bases de dados.....	30
Figura 4 – Rede de co-citação dos autores no período de 1972-2018.....	32
Figura 5 – Rede de interação entre as instituições no período de 1972-2018.....	33
Figura 6 – Rede de co-ocorrência de palavras-chave no período de 1972-2018.....	34
Figura 7 – Arvore de Valor e PVEs da Área de Preocupação Dimensão Ambiental.....	52
Figura 8 – Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores dos PVEs da Área de Preocupação Dimensão Ambiental.....	54
Figura 9 – Funções de Valor para o PVE 3.2.3 Consumo de matéria prima não renovável.....	56
Figura 10 – Identificação das alternativas para o PVE 3.2 Consumo.....	58
Figura 11 – Taxas de Compensação de todos os PVEs do PVF 3 Dimensão Ambiental.....	60
Figura 12 – Pontuações por área de preocupação.....	65
Figura 13 – Arvore de Valor e PVEs da Área de Preocupação Dimensão Técnica.....	79
Figura 14 – Arvore de Valor e PVEs da Área de Preocupação Dimensão Econômica-Financeira.....	80
Figura 15 – Arvore de Valor e PVEs da Área de Preocupação Dimensão Social.....	81
Figura 16 – Arvore de Valor e PVEs da Área de Preocupação Dimensão Política.....	82
Figura 17 – Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores dos PVEs da Área de Preocupação Dimensão Técnica.....	83
Figura 18 – Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores dos PVEs da Área de Preocupação Dimensão Econômica-Financeira.....	84
Figura 19 – Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores dos PVEs da Área de Preocupação Dimensão Social.....	85
Figura 20 – Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores dos PVEs da Área de Preocupação Política.....	86
Figura 21 – Funções de Valor para o PVE 1.1.1 Utilização de tecnologias e recursos locais.....	87
Figura 22 – Funções de Valor para o PVE 1.2.1 Qualidade da água oferecida.....	88
Figura 23 – Funções de Valor para o PVE 1.2.2 Qualidade da no serviço de esgotamento sanitário.....	88
Figura 24 – Funções de Valor para o PVE 1.3.1 Urgência no prazo de execução da obra.....	89
Figura 25 – Funções de Valor para o PVE 1.4.1 Rebaixamento no lençol freático.....	89
Figura 26 – Funções de Valor para o PVE 1.5.1 Complexidade na manutenção.....	90
Figura 27 – Funções de Valor para o PVE 2.1.1 Retorno financeiro.....	90
Figura 28 – Funções de Valor para o PVE 2.2.1 Custo operacional.....	91
Figura 29 – Funções de Valor para o PVE 2.2.2 Custo de manutenção.....	92
Figura 30 – Funções de Valor para o PVE 2.2.3 Custo de mão de obra.....	92
Figura 31 – Funções de Valor para o PVE 2.2.4 Custo total.....	93
Figura 32 – Funções de Valor para o PVE 2.2.5 Custo gerado aos beneficiários.....	93
Figura 33 – Funções de Valor para o PVE 3.1.1 Emissões atmosféricas.....	94
Figura 34 – Funções de Valor para o PVE 3.1.2 Poluição da água.....	95
Figura 35 – Funções de Valor para o PVE 3.1.3 Produção de resíduos.....	96
Figura 36 – Funções de Valor para o PVE 3.1.4 Produção de ruído.....	96
Figura 37 – Funções de Valor para o PVE 3.2.1 Consumo de combustível ou energia não renovável.....	97
Figura 38 – Funções de Valor para o PVE 3.2.2 Consumo de água.....	97

Figura 39 – Funções de Valor para o PVE 3.3.1 Impacto na paisagem	98
Figura 40 – Funções de Valor para o PVE 3.3.2 Uso e ocupação de solo	98
Figura 41 – Funções de Valor para o PVE 4.1.1 Participação da comunidade local participativa	99
Figura 42 – Funções de Valor para o PVE 4.2.1 Cultura local	99
Figura 43 – Funções de Valor para o PVE 4.3.1 Conscientização pública sobre saneamento e higiene.....	100
Figura 44 – Funções de Valor para o PVE 4.4.1 Emprego da equipe local	101
Figura 45 – Funções de Valor para o PVE 4.5.1 Melhora no padrão de vida dos beneficiários.....	101
Figura 46 – Funções de Valor para o PVE 4.6.1 Indicador de abastecimento de água.....	102
Figura 47 – Funções de Valor para o PVE 4.6.2 Indicador de coleta de esgoto	102
Figura 48 – Funções de Valor para o PVE 4.7.1 Migração devido à falta de serviços de saneamento	103
Figura 49 – Funções de Valor para o PVE 5.1.1 Fonte da demanda.....	103
Figura 50 – Funções de Valor para o PVE 5.2.1 Efeito negativo em outros projetos.....	104
Figura 51 – Taxas de Compensação de todos os PVEs do PVF 1 Dimensão Técnica.....	105
Figura 52 – Taxas de Compensação de todos os PVEs do PVF 2 Dimensão Econômica-Financeira	106
Figura 53 – Taxas de Compensação de todos os PVEs do PVF 4 Dimensão Social	107
Figura 54 – Taxas de Compensação de todos os PVEs do PVF 5 Dimensão Política	108
Figura 55 – Avaliação global do modelo para priorização de projetos de recursos hídricos	109

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Enquadramento metodológico – Revisão Sistemática.....	16
Quadro 2 – Enquadramento metodológico – Proposição do modelo	18
Quadro 3 – Métodos de priorização de projetos.....	21
Quadro 4 – Métodos multicritério e desenvolvimentos históricos	23
Quadro 5 – Eixos de pesquisa e Palavras-chave.....	25
Quadro 6 – Portfólio Bibliográfico final	27
Quadro 7 – Dimensões e Critérios encontrados no PB	42
Quadro 8 – Elementos Primários de Avaliação – EPAs.....	48
Quadro 9 – Níveis de referência para o descritor do PVE 3.2.3 Consumo de matérias primas não renováveis	53
Quadro 10 – Matriz de Roberts para o PVE 3.2 Consumo	59
Quadro 11 – Perfil de desempenho do <i>Status Quo</i> do modelo.....	63
Quadro 12 – Análise de sensibilidade do PVE 3.2 Consumo	66
Quadro 13 – Descritores com nível de desempenho comprometedor	67
Quadro 14 – Planos de ação para o PVE 2.2 Custos	67
Quadro 15 – Análise de sensibilidade para as taxas de compensação.....	110
Quadro 16 – Planos de ação para os descritores com desempenho comprometedor	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM	Apoio à decisão multicritério
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ASCE	<i>American Society of Civil Engineers</i>
ANP	<i>Analytic Network Process</i>
CDP	<i>Criterion Decision Plus</i>
DNIP	<i>Drainage Nutrient Intervention Program</i>
ELECTRE	<i>Elimination et Choix Traduisant la Réalité</i>
EPA	Elemento Primário de Avaliação
FPV	Família de Pontos de Vista
FURG	Universidade Federal do Rio Grande
IDEC	Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor
JAS	<i>Judgemental Analysis System</i>
JAWRA	<i>Journal of the American Water Resources Association</i>
JCR	<i>Journal Citation Reports</i>
LabSADi	Laboratório de Pesquisas em Metodologias e Sistemas de Apoio à Decisão
MACBETH	<i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>
MCAT	<i>Multi Criteria Analysis Tool</i>
MAUT	<i>Multi-attribute Utility Theory</i>
MCDA	<i>Multicriteria Decision Aid</i>
MCDM	<i>Multicriteria Decision Making</i>
PB	Portfólio Bibliográfico
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i>
PVE	Ponto de Vista Elementar
PVF	Ponto de Vista Fundamental
RPM	<i>Robust Portfolio Modeling</i>
S/C	Sem critério
S/D	Sem dimensão
SJR	<i>Scientific Journal Rankings</i>
SubPVE	Ponto de Vista Subelementar
TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Delimitação do problema.....	12
1.2 Objetivo geral	12
1.3 Objetivos específicos	12
1.4 Justificativa.....	13
1.5 Estrutura do trabalho	14
2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO	15
2.1 Delineamento metodológico – Revisão sistemática.....	15
2.2 Delineamento metodológico – Proposição do modelo	17
3 REVISÃO SISTEMÁTICA	19
3.1 Introdução.....	19
3.2 Gerenciamento e priorização de projetos	20
3.3 Métodos de apoio à decisão multicritério.....	22
3.4 Metodologia	24
3.5 Resultados	28
3.5.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	28
3.5.1.1. Dispersão do PB.....	29
3.5.1.2. Produtividade dos autores	31
3.5.1.3. Temas relevantes	33
3.5.2 METASSÍNTESE.....	35
3.5.2.1. Aplicação do modelo de priorização de projetos de recursos hídricos.....	35
3.5.2.2. Métodos de priorização de projetos.....	37
3.5.2.3. Interesses envolvidos	39
3.5.2.4. Atores envolvidos na decisão e Técnicas que apoiam o consenso da decisão	40
3.5.2.5. Dimensões analisadas e Critérios utilizados	41
3.6 Conclusão	44
4 PROPOSIÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO	46
4.1 Fase de estruturação	46
4.1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	47
4.1.2. FAMÍLIAS DE PONTOS DE VISTA	48
4.1.2.1. PVF 1: Dimensão Técnica.....	49
4.1.2.2. PVF 2: Dimensão Econômica-Financeira	50

4.1.2.3. PVF 3: Dimensão Ambiental.....	50
4.1.2.4. PVF 4: Dimensão Social.....	50
4.1.2.5. PVF 5: Dimensão Política	51
4.1.3. CONSTRUÇÃO DOS DESCRITORES.....	51
4.2 Fase de avaliação	55
4.2.1. ELABORAÇÃO DAS FUNÇÕES DE VALOR	55
4.2.2. IDENTIFICAÇÃO DAS TAXAS DE COMPENSAÇÃO	57
4.2.3. AVALIAÇÃO GLOBAL	61
4.2.4. PERFIL DE IMPACTO DA SITUAÇÃO ATUAL.....	63
4.3 Fase de recomendações	65
4.3.1 ANÁLISE DA SENSIBILIDADE	65
4.3.2 FORMULAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES	66
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
Referências	72
Apêndice A – Estrutura Hierárquica de Valor por área de preocupação	79
Apêndice B – Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores por Área de Preocupação	83
Apêndice C – Funções de Valor	87
Apêndice D – Taxas de compensação	105
Apêndice E – Avaliação global do modelo para priorização de projetos de recursos hídricos	109
Apêndice F – Análise de sensibilidade das taxas de compensação.....	110
Apêndice G – Planos de ação.....	111

1 INTRODUÇÃO

A água possui papel central na economia global, abrangendo as atividades econômicas em sua plenitude. Essencial à vida humana, a utilização da água também é imprescindível na execução dos processos produtivos de zonas rurais e urbanas. De acordo com IDEC (2005), pode-se classificar o uso da água em: uso doméstico, saneamento básico, uso industrial, uso agrícola, navegação, geração de energia, pesca e lazer. Ou seja, sob a perspectiva de recurso hídrico, o uso da água possui valor econômico, seja no abastecimento humano, nas atividades industriais e de irrigação ou na geração de energia (GOMES e BARBIERI, 2004).

A escassez de água é um problema relevante para os recursos hídricos. Devido à limitada capacidade financeira para executar todos os projetos pertencentes a um portfólio, ocasionado pelo fato de normalmente o custo total de realização dos projetos exceder o orçamento de programas disponíveis, se faz necessário à priorização dos mesmos para a execução, levando a seleção de um número reduzido de projetos ou a um projeto. Portanto, uma das questões importantes na gestão de recursos hídricos é a classificação de projetos (TOSSI, SAMANI e DEZFULI, 2010; MARINONI, HIGGINS e HAJKOWICZ, 2010).

O processo de seleção de projetos de recursos hídricos geralmente visa maximizar os benefícios totais, ao mesmo tempo que é restrito a um determinado orçamento (MARINONI, HIGGINS e HAJKOWICZ, 2010). Além da dimensão econômica, é essencial que os aspectos técnicos, ambientais e sociais dos projetos de recursos hídricos sejam considerados em todas as fases dos projetos, incluindo a tomada de decisões referente à seleção do projeto, planejamento, implementação e gestão do mesmo. Com isso, torna-se importante que os interessados estejam envolvidos em todas essas etapas, principalmente no que diz respeito ao processo de tomada de decisão quanto à seleção do projeto (EC, 2004; ALSHUWAIKHAT, 2005; ZARGHAMI *et al.*, 2008; TOSSI, SAMANI e DEZFULI, 2010).

Um grande desafio na priorização de projetos de recursos hídricos, além da escolha apropriada dos critérios, é a identificação de um método capaz de avaliá-los. Assim, a análise multicritério é uma ferramenta flexível e multidisciplinar, que com base em um conjunto de critérios de avaliação, mostra-se adequada a classificação de um número finito de opções de projetos de recursos hídricos, que por envolver diversos objetivos, se tornam dinâmicos e complexos (KEENEY e RAIFFA, 1976; NIJKAMP,

RIETVELD e VOOGD, 1990; SAATY, 1994; GOUGH e WARD, 1996; MALCZEWSKI, 1997; WILSON, WHITEMAN e TORMIN, 2004; HAJKOWICZ e HIGGINS, 2008; HAMOUDA, ANDERSON e HUCK, 2009). Visto que, a análise multicritério é capaz de considerar critérios sociais, ambientais e econômicos (HAJKOWICZ e COLLINS, 2007), a mesma se torna uma ferramenta atraente frente às características desses tipos de projetos.

Nesse contexto, ferramentas e pacotes de software que apoiam a tomada de decisão multicritério têm sido utilizados com sucesso para a análise e seleção de projetos que envolvem recursos hídricos. Essas ferramentas permitem a elaboração de modelos de apoio a decisão, que além de possibilitar a identificação dos critérios de avaliação, proporcionam a estruturação do problema, de forma a identificar os fatores que afetam a decisão, assim como proporcionar um processo de tomada de decisão estruturado que ofereça uma apresentação interativa as agências reguladoras, comitês e ao público, de forma a identificar uma alternativa de projeto de recursos hídricos preferida. Muitas das empresas envolvidas nesse processo decisório estão solicitando modelos de apoio a tomada de decisão para auxiliar na realização de análises das alternativas desses tipos de projetos (AURIT, 2006).

1.1 Delimitação do problema

Fundamentado no que foi apresentado, origina-se o problema de pesquisa: De que forma é possível realizar a priorização de projetos de recursos hídricos de modo eficiente e eficaz?

1.2 Objetivo geral

Desenvolver um modelo multicritério que apoie a decisão referente a priorização de projetos de recursos hídricos.

1.3 Objetivos específicos

a) Identificar na literatura científica os periódicos, autores e temas relevantes sob a perspectiva da aplicação de modelos de apoio à decisão multicritério na priorização de projetos de recursos hídricos;

- b) Analisar na literatura científica como está sendo realizada a aplicação de modelos de apoio à decisão com ênfase ao método multicritério na priorização de projetos de recursos hídricos, de forma a identificar: os métodos que estão sendo utilizados; os grupos de interesses envolvidos; os atores atrelados ao processo decisório; as técnicas que apoiam o consenso dessa decisão; as dimensões e os critérios envolvidos na avaliação dos projetos para que ocorra a seleção dos mesmos;
- c) Identificar os aspectos relevantes à avaliação de desempenho para priorização de projetos de recursos hídricos;
- d) Mensurar, por meio de escalas ordinais e cardinais, os aspectos identificados;
- e) Propor recomendações para os indicadores com desempenho considerado como comprometedor.

1.4 Justificativa

A justificativa deste estudo é classificada segundo Roesch (2013) quanto à importância, oportunidade e viabilidade.

O fato de a água ser considerada um recurso hídrico escasso somado a limitada capacidade financeira para construção dos complexos projetos que envolvem esses recursos, seja para fins de uso doméstico, industrial, de irrigação ou geração de energia, torna o desenvolvimento de um modelo multicritério de apoio à decisão referente à priorização de projetos de recursos hídricos uma questão de importância, tanto organizacional, como social e ambiental.

Visto que metodologias que apoiam a tomada de decisão multicritério têm sido utilizadas com sucesso para a análise e seleção de projetos que envolvem recursos hídricos, observa-se a oportunidade de contribuir de forma positiva para a literatura sobre priorização de projetos de recursos hídricos.

Por fim, a viabilidade do estudo encontra-se no fato de existir agências de abastecimento de água na região de aplicação da pesquisa, além de obter-se um canal de comunicação entre Laboratório de Pesquisas em Metodologias e Sistemas de Apoio à Decisão – LabSADi/FURG e uma dessas agências, o que pode ser um facilitador no acesso a informações e dados relativos à pesquisa.

1.5 Estrutura do trabalho

A estrutura do trabalho é apresentada em 5 seções. Discorrida a introdução com a apresentação do problema de pesquisa, o objetivo geral e específicos, e com a posterior justificativa do tema de pesquisa, a Seção 2 trata-se do delineamento metodológico empregado, que está dividido em dois momentos para a realização do estudo: a revisão sistemática e a proposição de um modelo de apoio à decisão para a priorização de projetos de recursos hídricos. Na Seção 3, apresenta-se o resultado da primeira parte da metodologia, a revisão sistemática. E a seção 4 apresenta o resultado da segunda parte, retratando a proposição do modelo. Já na seção 5, exibem-se as considerações finais do estudo como um todo, ou seja, da revisão sistemática e da proposição do modelo multicritério.

2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Este estudo baseia-se na metodologia proposta por Roesch (2013), sendo classificado quanto ao propósito do projeto, método (delineamento) da pesquisa, abordagem metodológica e técnicas de coleta e análise de dados.

Conforme informado anteriormente, este estudo está dividido em duas etapas. A primeira corresponde a conclusão dos dois primeiros objetivos específicos por meio de uma revisão sistemática da literatura sobre o tema de aplicação de modelos de apoio à decisão com ênfase ao método multicritério na priorização de projetos de recursos hídricos, e a segunda etapa corresponde a execução dos três últimos objetivos específicos através da elaboração de um modelo multicritério que apoie o processo decisório de priorização de projetos de recursos hídricos.

Com isso, para uma melhor compreensão, o delineamento metodológico está dividido em dois subitens, o primeiro referente à revisão sistemática e o segundo relativo à proposição do modelo.

2.1 Delineamento metodológico – Revisão sistemática

No que tange ao propósito do projeto e ao delineamento, essa primeira etapa do trabalho é apontada como uma pesquisa diagnóstica descritiva, uma vez que a pesquisa diagnóstica tem o objetivo de explorar o ambiente ou algum tema, de forma a estabelecer problemas (ROESCH, 2013), e a pesquisa descritiva é utilizada para promover conhecimento sobre os atributos de um fenômeno ou população, buscando detalhar o comportamento dos mesmos (COLLIS e HUSSEY, 2005). Para uma ilustração mais clara e objetiva, apresenta-se o Quadro 1, com a indicação dos procedimentos metodológicos adotados.

Quadro 1. Enquadramento metodológico – Revisão Sistemática

Propósitos do projeto	Método	Técnicas de coleta	Técnicas de análise
		PESQUISA QUANTITATIVA	
Pesquisa aplicada (Gerar soluções potenciais para os problemas humanos)	- Experimento de campo	- Entrevistas - Questionários - Observação	- Métodos estatísticos
Avaliação de resultados (Julgar a efetividade de um plano ou programa)	- Pesquisa descritiva - Pesquisa exploratória	- Teses - Índices e relatórios escritos	(frequência, correlação, associação, ...)
Avaliação formativa (Melhorar um programa ou plano; acompanhar sua implementação)		PESQUISA QUALITATIVA	
Pesquisa-diagnóstico (Explorar o ambiente; levantar e definir problemas)	- Estudo de caso - Pesquisa-ação - Pesquisa participante	- Entrevistas em profundidade - Uso de diários - Observação participante - Entrevistas em grupo	- Análise de conteúdo - Construção de teoria (<i>grounded theory</i>) - Análise de discurso
Proposição de planos (Apresentar soluções para os problemas já diagnosticados)		- Documentos - Técnicas projetivas - Histórias de vida	- Metassíntese

Fonte: Adaptado de Roesch (2013).

Quanto à abordagem metodológica, caracteriza-se com uma pesquisa qualitativa, uma vez que foi realizada análise bibliométrica e metassíntese para analisar os dados. A Bibliometria possibilita medir os índices de produção através de técnica estatística, assim como desenvolver conhecimento acerca das características bibliográficas dos estudos selecionados (ARAÚJO, 2006; VALMORBIDA *et al.*, 2016). Já a Metassíntese permite uma análise meticulosa da teoria, métodos e resultados de um conjunto de publicações, através de parâmetros metodológicos e sistemáticos (NOBLIT e HARE, 1988; TORNE *et al.*, 2004; FINFGELD, 2003; SANDELOWSKI e BARROSO, 2003; BONDAS e HALL, 2007). Cabe salientar que a análise bibliométrica foi feita com o auxílio dos softwares *VOSviewer* e o *UCINET 6* em conjunto com o *NetDraw*, o primeiro produz mapas bibliométricos com as características das publicações e os outros dois proporcionam análise de redes, permitindo verificar interações entre as características das publicações.

A coleta de dados foi realizada na data de 11 de julho de 2018 nas bases: *American Society of Civil Engineers (ASCE)*; *Compendex*; *EBSCO*; *ProQuest*; *ScienceDirect*; *Scopus*; *Web of Science* e; *Wiley Online Library*. E para a análise dos mesmos, realizou-se uma revisão sistemática seguindo o protocolo de revisão

sistemática proposto por Moher *et al.*, (2009) e Cooper (2010). De acordo com o Campos *et al.*, (2017) e Govindan e Soleimani (2017), esse tipo de estudo tem a capacidade de fornecer aos pesquisadores uma visão aprofundada do passado, possibilitando um panorama sobre oportunidades de pesquisas futuras através da identificação das lacunas.

2.2 Delineamento metodológico – Proposição do modelo

No que diz respeito ao propósito e delineamento desta parte do estudo, caracteriza-se como uma pesquisa diagnóstico exploratória, com a proposição de um modelo multicritério que apoie a decisão de priorização de projetos no âmbito de recursos hídricos. Essa proposição foi realizada a partir da análise do que existe em campo através de um estudo exploratório somado ao que se encontrou na literatura científica por meio da revisão sistemática (Seção 3).

O instrumento de intervenção a ser aplicado nessa etapa será o Método Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) no intuito de identificar os critérios de priorização de projetos de recursos hídricos, centrando-se nas alternativas dos mesmos. No que tange a abordagem metodológica, trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa, onde a metodologia qualitativa será utilizada na primeira fase do modelo, que se trata da estruturação do mesmo, e a quantitativa será aplicada na fase de avaliação, que será a segunda fase do modelo. De acordo com Roesch (2013), a combinação destas duas abordagens oferece a facilidade de descrever a complexidade dos problemas, a compreensão e classificação das variáveis, de forma a mensurá-las e permitir um grau maior de objetividade ao mesmo tempo em que profundidade sobre o problema. Para fins de ilustração, apresenta-se o Quadro 2, com a indicação dos procedimentos metodológicos adotados nessa etapa.

Quadro 2. Enquadramento metodológico – Proposição do modelo

Propósitos do projeto	Método	Técnicas de coleta	Técnicas de análise
		PESQUISA QUANTITATIVA	
Pesquisa aplicada (Gerar soluções potenciais para os problemas humanos)	- Experimento de campo - Pesquisa descritiva	- Entrevistas - Questionários - Observação - Teses - Índices e relatórios escritos	- Métodos estatísticos (frequência, correlação, associação, ...)
Avaliação de resultados (Julgar a efetividade de um plano ou programa)	- Pesquisa exploratória		
Avaliação formativa (Melhorar um programa ou plano; acompanhar sua implementação)		PESQUISA QUALITATIVA	
Pesquisa-diagnóstico (Explorar o ambiente; levantar e definir problemas)	- Estudo de caso - Pesquisa-ação - Pesquisa participante	- Entrevistas em profundidade - Uso de diários - Observação participante - Entrevistas em grupo - Documentos	- Análise de conteúdo - Construção de teoria (<i>grounded theory</i>) - Análise de discurso
Proposição de planos (Apresentar soluções para os problemas já diagnosticados)		- Técnicas projetivas - Histórias de vida	

Fonte: Adaptado de Roesch (2013).

A coleta de dados foi realizada através de entrevistas e complementada com a análise de documentos, como relatórios e artigos científicos. Esses dados são classificados como primários e secundários, respectivamente. Para Barbetta (2014), os dados primários são coletados com o objeto de estudo, ou seja, provém dos indivíduos participantes, já os dados secundários existem independentemente do objeto da pesquisa, estando presentes em documentos, publicações, dentre outros. Através dos mesmos foi possível levantar os indicadores do modelo (ROESCH, 2013).

3 REVISÃO SISTEMÁTICA

Esta seção exibe o artigo científico referente à revisão sistemática da literatura realizada para representar o estado da arte sobre o tema de aplicação de modelos de apoio à decisão com ênfase ao método multicritério na priorização de projetos de recursos hídricos. Esse artigo tem como título “Priorização de projetos de recursos hídricos sob a perspectiva de modelos de apoio a decisão multicritério: Uma revisão sistemática” e está apresentado nos subitens dessa seção.

3.1 Introdução

O abastecimento de água é vital para a prosperidade da vida humana e para o avanço econômico da sociedade (MORAIS, FADUL e CERQUEIRA, 2018). No entanto, mesmo a água sendo abundante no globo terrestre, torna-se um recurso limitado sob o ponto de vista de recurso hídrico. As consequências do crescimento populacional, industrialização e expansão da agricultura trouxeram à tona problemas de deterioração dos recursos hídricos. Por isso, despontou o interesse político, social, econômico e acadêmico na gestão hídrica (MIRANDA e TEIXEIRA, 2004; CASTRO, 2012).

Aliada à perspectiva de sustentabilidade, o gerenciamento dos recursos hídricos possui destaque também sob a ótica empresarial (THEODORO, NASCIMENTO e HELLER, 2016), já que organizações envolvidas nas atividades de abastecimento de água possuem a necessidade de reduzir custos e aumentar eficiência (EVANS e SADLER, 2008). Para se manter competitivas, as organizações do setor passaram a focar mais em projetos e menos em atividades de rotina (PADOVANI, CARVALHO e MUSCAT, 2010).

No entanto, organizações dessa área ainda carecem de expertise na gestão de projetos, pois a multiplicidade de projetos que são desenvolvidos e conduzidos simultaneamente torna complexos os processos organizacionais (LIMA, OLIVEIRA e ALENCAR, 2014). Nesse sentido, o gerenciamento de projetos é importante justamente para lidar com essa quantidade de projetos concomitantes, pois geralmente as ideias desenvolvidas que se tornam projetos, extrapolam os recursos disponíveis para a realização dos mesmos (RIBEIRO e ALVES, 2017).

Como característica do gerenciamento de projetos, uma das atividades de maior importância atualmente, é a seleção e priorização de projetos, capaz de lidar com os

aspectos quantitativos e qualitativos envolvidos no processo de escolha desses (REINA *et al.*, 2014). A gestão de projetos deve propiciar mecanismos que desenvolvam critérios para justificar determinadas decisões quanto à priorização de um projeto em relação a outro (CASTRO e CARVALHO, 2010; LACERDA, ENSSLIN e ENSSLIN, 2010). Para o auxílio do decisor na etapa de priorização de projetos, ganha destaque a Avaliação de Desempenho, corroborando com a perspectiva de expandir a análise quanto à ótica limitada de critérios de tempo e custos, para uma análise com uma visão holística dos critérios que abrangem os projetos organizacionais (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Diante disso, e tendo em mente que o gerenciamento de projetos na gestão de recursos hídricos é essencial (CAMPOS e CAZARINI, 2017), principalmente na priorização de projetos estabelecida por multicritérios, sejam técnicos, sociológicos, ambientais, econômicos e políticos (KARNIB A., 2004), a presente pesquisa tem como objetivo analisar na produção científica, de forma estruturada, a aplicação de modelos de apoio à decisão multicritério na priorização de projetos de recursos hídricos.

3.2 Gerenciamento e priorização de projetos

Um projeto é uma atividade única e temporária com o objetivo de gerar uma mudança em uma organização, podendo ser realizada a mudança nos processos organizacionais, no desempenho da organização ou nos produtos desenvolvidos e serviços prestados pela mesma. Cada projeto é original e excepcional, tornando-o complexo, uma vez que existe na mudança objetivada pelo projeto, um *gap* entre o estado inicial e o estado final, influenciado pelo objetivo proposto pelo projeto, os recursos disponíveis, os controles sobre a condução do projeto, e o ambiente e contexto que cercam os mesmos (VIDAL e MARLE, 2008; VIDAL, MARLE e BOCQUET, 2011).

O gerenciamento de projetos quanto a organizações que operam com múltiplos projetos simultâneos, é denominada de gestão de portfólio. Com o portfólio, os projetos são agrupados para maior facilidade na gestão e aplicabilidade dos mesmos, podendo ser diferentes quanto ao tamanho e importância, e possuir relações, no caso de projetos interdependentes, ou serem individuais (PATANAKUL e MILOSEVIC, 2009).

Gerir um portfólio de projetos é considerado um processo dinâmico, onde os projetos são agrupados e listados. Conforme Padovani, Carvalho e Muscat (2010, p.

158): “o processo de gestão de portfólio de projetos envolve diferentes etapas de decisão, para que projetos que agreguem valor às organizações sejam selecionados e priorizados”. Com isso, como destacam Reina *et al.* (2014), nota-se a relevância da Avaliação de Desempenho organizacional no processo de priorização de projetos, pois auxilia os decisores na avaliação e mensuração dos mesmos, gerando informações que permitem identificar quais projetos se alinham aos anseios da organização.

Ainda segundo Padovani, Carvalho e Muscat (2010), na literatura sobre o tema de gestão de projetos, uma área de conhecimento relevante procura estudar a aplicação de métodos de priorização de projetos. Alguns desses foram sumarizados no estudo de Jorge, Alliprandini e Scur (2017), e estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Métodos de priorização de projetos

Método	Descrição	Aspectos	
		Positivos	Negativos
Financeiro	Técnicas financeiras como Valor Presente, Opção real de compra e Teoria de opção de preço	Maior compreensibilidade pelos <i>stakeholders</i> devido a uma linguagem comum aos mesmos	Limita a análise da estimativa de benefícios financeiros
Programação matemática	Programação linear ou não-linear, sendo objetiva e dinâmica	Permite a ordenação dos projetos e considera a interdependência entre eles	Menor compreensibilidade pelos <i>stakeholders</i> devido à complexidade e o caráter impessoal nas decisões
Estatístico	Ferramentas de simulações estatísticas, métodos probabilísticos e rede <i>Bayesiana</i>	Considera riscos e incertezas, desde que seja compreendido todo o sistema envolvido	Requer a utilização de <i>softwares</i> , e necessita de diferentes modelos para diferentes casos
Diagrama de bolhas	Chamado também de Mapa de portfólio, analisa os projetos em um diagrama XY	Apresenta um panorama geral do portfólio de projetos com clareza nas informações	Demasiado teórico e empírico, considera apenas dois projetos por análise, podendo levar a negligências
Lógica <i>Fuzzy</i>	Baseado na Teoria <i>Fuzzy</i>	Promove precisão, pela análise de uma gama de informações (completas ou incompletas)	Dificuldade no estabelecimento de regras do modelo, além de requerer simulações e testes
Árvore de decisão	Modelo gráfico para visualizar decisões presentes e futuras	Útil à tomada de decisões sequenciais	Projetos complexos tornam a árvore de decisão confusa, além de demandar tempo
Modelos de pontuação	Chamado também de <i>Checklist</i> , ordena projetos de acordo com <i>scores</i> previamente estabelecidos	Aplicabilidade fácil	Dar pesos aos projetos pode ser impreciso, e não considera a interdependência de projetos
Apoio à decisão multicritérios (ADM)	Conjunto de métodos que auxilia em cenários decisórios complexos (MAUT, AHP, MCDA)	Considera múltiplos critérios, além de serem prestigiados pelos tomadores de decisão	Dificuldade de mensuração de informações qualitativas

Fonte: Adaptado de Jorge, Alliprandini e Scur (2017).

Sob o ponto de vista da Avaliação de Desempenho, os métodos apresentados no Quadro 3, servem como um instrumento de construção de conhecimento para que as

decisões no contexto da priorização de projetos sejam tomadas de forma mais coerente com as singularidades de cada projeto e as diferentes perspectivas em termos de objetivos e indicadores. Mesmo assim, as aplicações dos métodos podem destoar com os princípios da Avaliação de Desempenho, se na análise dos projetos não forem levadas em consideração os agentes decisores e a noção do desempenho esperado, além da definição clara dos objetivos e atribuições de critérios, e a percepção do sistema de indicadores de forma holística (BARCLAY e OSEI-BRYSON, 2010).

3.3 Métodos de apoio à decisão multicritério

A tomada de decisão pode ser considerada uma tarefa difícil, principalmente quando a mesma está inserida em ambientes complexos (abrangem múltiplas variáveis quantitativas e qualitativas), incertos (os decisores não têm o conhecimento das informações do contexto), e conflituosos (envolvem atores e decisores com interesses e preocupações distintas) (LACERDA, ENSSLIN e ENSSLIN, 2009; ENSSLIN *et al.*, 2010; BORTOLUZZI, ENSSLIN e ENSSLIN, 2011; ALMEIDA, MORAIS e ALMEIDA, 2014; GOMES e GOMES, 2014).

Devido a sua complexidade, o processo decisório envolve múltiplos critérios que devem ser considerados para se chegar a uma ou mais alternativas ideais ao contexto decisório. Além disso, a maioria dos problemas voltados à tomada da decisão possuem ao menos duas alternativas e dois critérios de avaliação, fazendo com que se faça necessário analisá-los quanto aos objetivos e critérios que sejam ideais (ROY, 1996; ALMEIDA, 2011). Nesse sentido, não é interessante que a tomada de decisão seja feita de forma intuitiva, mas sim estar apoiada em instrumentos de apoio a tomada de decisão, como os métodos multicritério, uma vez que os mesmos têm a capacidade e a flexibilidade de considerar dados quantitativos e qualitativos (FARIAS, FONTANA e MORAIS, 2013).

O número de estudos sobre métodos de apoio a decisão multicritério vem evoluindo tanto em questão de diversidade quanto em questão de complexidade, resultando em técnicas inovadoras e mistas que levam a muitos desenvolvimentos diversificados. Tratando-se de gestão de portfólio de projetos, esses métodos multicritérios se destacam por ser considerados os mais adequados e capazes de lidar com a complexidade dos problemas envolvidos na gestão desses portfólios (FIGUEIRA

et al., 2005). A partir desse cenário, o Quadro 4 exhibe alguns dos principais métodos e desenvolvimentos históricos no âmbito da análise multicritério.

Quadro 4. Métodos multicritério e desenvolvimentos históricos

Período	Autor	Desenvolvimento
1951	Kuhn; Tucker	Os autores formularam condições de otimização para a programação não-linear, considerando problemas com múltiplos objetivos.
1955	Charnes; Cooper; Ferguson	Foi publicado um artigo que continha a essência da programação de metas, apesar de o nome ter sido usado pela primeira vez em um livro publicado por Charnes e Cooper em 1961.
1957	Churchman; Ackoff; Arnoff	O MAUT (<i>Multi Attribute Utility Theory</i>) é baseado no princípio da pontuação, através do uso das funções de utilidade (Teoria de Utilidades).
1960	Ron Howard; G.E. Kimball	Os autores escreveram sobre processos sequencias de decisão em 1959 e acredita-se que eles usaram o termo "análise de decisão" pela primeira vez em meados da década de 60.
1960s	Benayoun, R.; Bernard Roy; Sussman, B.	Desenvolveu a família dos métodos ELECTRE's (<i>Elimination et Choix Traduisant la Réalité</i>), composto por diferentes variações: ELECTRE I, II, III, IV, IS e TRI.
1968	Bruno Contini; Stan Zionts	Corroborando com a programação de metas, os autores desenvolveram um modelo de negociação com múltiplos critérios.
1968	Howard Raiffa	O autor esteve envolvido na temática sobre análise de decisão desde o princípio, publicando importantes estudos sobre o tema.
1970s	Thomas Saaty	Introduziu o <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP) e, posteriormente, o <i>Analytic Network Process</i> (ANP).
1972	Milan Zeleny; J. L. Cochrane	Os autores organizaram uma conferência internacional de MCDM na Columbia, na Carolina do Sul, cujo evento ainda é frequentemente citado.
1973	Zionts; Jyrki Wallenius	Desenvolveram o método interativo <i>Zionts-Wallenius</i> para resolver problemas de programação linear com múltiplos objetivos.
1975	Bernard Roy	Fundou a <i>EURO Working Group "Multiple Criteria Decision Aiding"</i> .
1976	Ralph Keeney; Howard Raiffa	Os autores publicaram um livro de grande importância para criação da teoria do valor multi-atributo (incluindo a teoria da utilidade). Como uma disciplina, tornou-se uma referência padrão para muitas gerações de estudo de análise de decisão e MCDM.
1980s	Brans, J; Vincke, P; Mareschal	O PROMETHEE (<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i>) é baseado na concordância, na relação <i>outranking</i> e foi desenvolvido com diferentes variações: PROMETHEE I, II, III, IV, V, VI e GAIA.
1981	Yoon, K. Hwang, C.	No TOPSIS (<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>) a distância da melhor alternativa deve ser grande para a solução ideal negativa e pequena para a solução ideal positiva.
1994	Bana e Costa, C.; Vansnick, J.	O MACBETH (<i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>) determina os pesos com base nas preferências do decisor.

Fonte: Adaptado de MCDM (2012).

De acordo com Danesh, Ryan e Abbasi (2018) não existe um método multicritério ideal para desenvolver e priorizar um portfólio de projetos, uma vez que um método pode ser melhor para uma cartela de projetos e para as características de uma determinada organização, mas pode não ser a melhor escolha em outra situação. Por isso, os autores salientam o quão desafiador se torna encontrar o método e as

técnicas mais adequadas a cada contexto, se tornando importante realizar uma investigação das possibilidades disponíveis no mercado.

3.4 Metodologia

A metodologia deste estudo está classificada de acordo com a metodologia proposta por Roech (2013). No que tange ao propósito do projeto e ao delineamento, esse trabalho é apontado como uma pesquisa diagnóstica descritiva sob a abordagem metodológica de uma pesquisa quali-quantitativa, uma vez que foi realizada bibliometria e metassíntese para analisar os dados. A Bibliometria possibilita medir os índices de produção através de técnica estatística, assim como desenvolver conhecimento acerca das características bibliográficas dos estudos selecionados (ARAÚJO, 2006; VALMORBIDA *et al.*, 2016). Já a Metassíntese permite uma análise metódica da teoria, métodos e resultados de um conjunto de publicações, através de parâmetros metodológicos e sistemáticos (NOBLIT e HARE, 1988; TORNE *et al.*, 2004; FINFGELD, 2003; SANDELOWSKI e BARROSO, 2003; BONDAS e HALL, 2007). Cabe salientar que a análise bibliométrica foi feita com o auxílio dos *softwares* *VOSviewer* e o *UCINET 6* em conjunto com o *NetDraw*.

Visando atingir o objetivo deste estudo mediante a metodologia adotada, realizou-se uma revisão sistemática seguindo o protocolo de revisão sistemática proposto por Moher *et al.* (2009) e Cooper (2010). De acordo com o Campos *et al.* (2017) e Govindan e Soleimani (2017), esse tipo de estudo tem a capacidade de fornecer aos pesquisadores uma visão aprofundada do passado, possibilitando um panorama sobre oportunidades de pesquisas futuras através da identificação das lacunas.

Para a condução da revisão sistemática, inicialmente definiu-se os eixos de pesquisa, que representam as áreas de conhecimento que retratam a temática a ser investigada. Para cada eixo estabelecido, determinou-se palavras-chave que refletissem o mesmo, como demonstrado no Quadro 5.

Foram realizadas combinações entre as 32 palavras-chave através do uso das expressões *booleanas* AND e OR, apontando que as publicações coletadas versam os 3 eixos de pesquisa definidos. Nesse sentido, utilizou-se a seguinte equação de pesquisa: (“*Project prioritization*” OR “*Portfolio management*” OR “*Project management*” OR “*Project portfolio selection*” OR “*Project portfolio management*” OR “*Project selection*” OR “*Project evaluation*” OR “*Project screening*” OR “*Project portfolio management*

performance) AND (*Groundwater resources* OR *Sanitation compan** OR *Urban water* OR *Water distribution networks* OR *Water distribution system** OR *Water management* OR *Water resources* OR *Water sanitation* OR *Water supply* OR *Water supply system** OR *water treatment*) AND (*Asset management* OR *Decision making* OR *Decision support* OR *MCDA* OR *Multicriteria analysis* OR *Multi-criteria decision making* OR *Performance assessment* OR *Performance evaluation* OR *Performance indicators* OR *Performance management* OR *Performance measurement* OR *Performance measures*).

Quadro 5. Eixos de pesquisa e Palavras-chave

Eixo 1: Priorização de projetos	Eixo 2: Recursos hídricos	Eixo 3: Avaliação de Desempenho e Apoio à Tomada de Decisão
<i>Project prioritization</i> <i>Portfolio management</i> <i>Project management</i> <i>Project portfolio selection</i> <i>Project portfolio management</i> <i>Project selection</i> <i>Project evaluation</i> <i>Project screening</i> <i>Project portfolio management performance</i>	<i>Groundwater resources</i> <i>Sanitation compan*</i> <i>Urban water</i> <i>Water distribution networks</i> <i>Water distribution system*</i> <i>Water management</i> <i>Water resources</i> <i>Water sanitation</i> <i>Water supply</i> <i>Water supply system*</i> <i>Water treatment</i>	<i>Asset management</i> <i>Decision making</i> <i>Decision support</i> <i>MCDA</i> <i>Multicriteria analysis</i> <i>Multi-criteria decision making</i> <i>Performance assessment</i> <i>Performance evaluation</i> <i>Performance indicators</i> <i>Performance management</i> <i>Performance measurement</i> <i>Performance measures</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

Posteriormente, determinou-se as bases de dados para consulta seguindo os requisitos de: constar no portal de periódicos da CAPES; notoriedade nas áreas de conhecimento das Ciências Sociais Aplicadas, Engenharias e Multidisciplinar e; adequar-se ao enquadramento teórico dos eixos de pesquisa determinados. Dessa forma, os dados foram coletados na data de 11 de julho de 2018 nas bases: *American Society of Civil Engineers (ASCE)*; *Compendex*; *EBSCO*; *ProQuest*; *ScienceDirect*; *Scopus*; *Web of Science* e; *Wiley Online Library*.

Ao pesquisar a equação nessas bases de dados, encontrou-se um total de 5.623 publicações que apresentaram uma ou mais das palavras-chave no título, resumo e/ou palavras-chave dos artigos. É relevante salientar que não houve limitação temporal na busca, uma vez que este estudo visa analisar o estado da arte sobre o tema de aplicação de modelos de apoio à decisão com ênfase ao método multicritério na priorização de

projetos de recursos hídricos. Após encontrar o Portfólio Bibliográfico (PB) inicial, verificou-se o alinhamento das publicações com o objetivo desse estudo através de filtragens demonstradas na Figura 1.

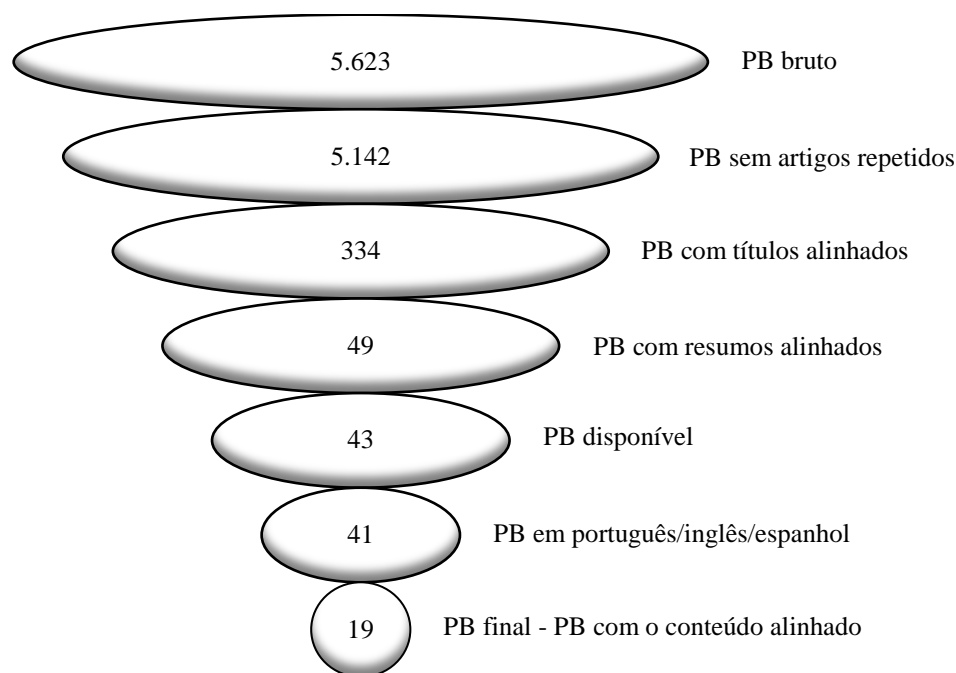


Figura 1. Processo de filtragem do Portfólio Bibliográfico (PB)

Fonte: Elaborado pela autora.

A primeira filtragem realizada no PB bruto está relacionada à exclusão de publicações repetidas, restando 5.142 artigos. Posteriormente, ocorreu a leitura dos títulos desses artigos, excluindo os títulos desalinhados com o tema investigado, resultando em 334 artigos. Na sequência, descartaram-se aqueles que não tinham o resumo alinhado, restando 49 publicações. Em seguida, verificou-se a disponibilidade dos artigos de forma *online* e gratuita, o que resultou em 43 publicações. Posteriormente, excluíram-se as publicações que não estivessem nos idiomas português, inglês e espanhol, restando 41 publicações. E por último, a leitura integral para verificar o alinhamento do conteúdo com o tema investigado, totalizando em 19 publicações pertencentes ao PB final. Cabe ressaltar a utilização do gerenciador bibliográfico *EndNote X7* para a manipulação dos dados. Para fins de ilustração, apresenta-se o Quadro 6 com o PB final, contendo informações a cerca de ano de publicação, autores, títulos e periódicos que compõem o PB final.

Quadro 6. Portfólio Bibliográfico final

(continua)

ID	Ano	Autor (es)	Título	Periódicos
1	1972	Bishop, A.B.	<i>An approach to evaluating environmental, social, and economic factors in water resources planning</i>	<i>Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)</i>
2	1976	Neely, W.P. e North, R.M.	<i>A portfolio approach to public water project decision making</i>	<i>Water Resources Research</i>
3	1979	Znotinas, N.M. e Hipel, K.W.	<i>Comparison of alternative engineering designs</i>	<i>Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)</i>
4	1989	Anandalingam, G. e Olsson, C.E.	<i>Multi-stage multi-attribute decision model for project selection</i>	<i>European Journal of Operational Research</i>
5	1994	Michelsen, A.M. e Bargur, J.	<i>Developing economic performance information for water management projects in North China</i>	<i>Water Policy and Management: Solving the Problems (Conference)</i>
6	1995	Barbarosoglu, G. e Pinhas, D.	<i>Capital rationing in the public sector using the analytic hierarchy process</i>	<i>The Engineering Economist</i>
7	1997	Al-Kloub, B., Al-Shemmeri, T. e Pearman, A.	<i>The role of weights in multi-criteria decision aid, and the ranking of water projects in Jordan</i>	<i>European Journal of Operational Research</i>
8	2000	Carriaga, C.C. e Schlund, S.S.	<i>Selection of best channel design alternative for watercourse master plan</i>	<i>Water Resource Engineering and Water Resources Planning and Management (Conference)</i>
9	2003	Tran, T.X.M., Malano, H.M. e Thompson, R.G.	<i>Application of the analytic hierarchy process to prioritise irrigation asset renewals: The case of the La Khe irrigation scheme, Vietnam</i>	<i>Engineering, Construction and Architectural Management</i>
10	2004	Karnib, A.	<i>An approach to elaborate priority preorders of water resources projects based on multi-criteria evaluation and fuzzy sets analysis</i>	<i>Water Resources Management</i>
11	2006	Aurit, S.A.	<i>The role of decision making software in effective selection of project alternatives</i>	<i>Water Environment Foundation (Conference)</i>
12	2008	Zarghami, M. <i>et al.</i>	<i>Extended OWA operator for group decision making on water resources projects</i>	<i>Journal of Water Resources Planning and Management</i>
13	2010	Marinoni, O., Higgins, A. e Hajkowicz, S.	<i>A multi criteria knapsack solution to optimise natural resource management project selection</i>	<i>Multiple Criteria Decision Making for Sustainable Energy and Transportation Systems (Conference)</i>
14	2010	Toosi, S.L.R., Samani, J.M.V. e Dezfuli, A.K.	<i>Ranking water transfer projects using fuzzy methods</i>	<i>Institution of Civil Engineers: Water Management (Conference)</i>
15	2011	Anagnostopoulos, K.P. e Petalas, C.	<i>A fuzzy multicriteria benefit-cost approach for irrigation projects evaluation</i>	<i>Agricultural Water Management</i>
16	2011	Garfi, M. e Ferrer-Martí, L.	<i>Decision-making criteria and indicators for water and sanitation projects in developing countries</i>	<i>Water Science and Technology</i>

(continuação)

17	2012	Toosi, S.L.R. e Samani, J.M.V.	<i>Evaluating water transfer projects using analytic network process (ANP)</i>	<i>Water Resources Management</i>
18	2017	Lahtinen, T.J., Hamalainen, R.P. e Liesio, J.	<i>Portfolio decision analysis methods in environmental decision making</i>	<i>Environmental Modelling and Software</i>
19	2017	Wu, W. <i>et al.</i>	<i>Identification of Optimal Water Supply Portfolios for a Major City</i>	<i>Journal of Water Resources Planning and Management</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

Contemplados todos os aspectos metodológicos adotados para a realização deste estudo, a próxima seção discorre a apresentação dos resultados de pesquisa, primeiramente com a análise quantitativa da produção, mediante a técnica de Bibliometria empregada (Seção 3.5.1) e posteriormente com Metassíntese realizada (Seção 3.5.2).

3.5 Resultados

Nesta seção, apresentam-se os resultados da Análise Bibliométrica e da Metassíntese do PB que representam a aplicação de modelos de apoio à decisão multicritério na priorização de projetos de recursos hídricos na literatura.

3.5.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Esta seção consiste em analisar o PB através do mapeamento bibliométrico e da análise de interações entre as características das publicações seguindo os objetivos das leis bibliométricas de Lotka (1926), Bradford (1934) e Zipf (1949). A lei de Lotka está relacionada à produtividade dos autores. Já a lei de Bradford está associada à dispersão da literatura periódica científica investigada. Por último, a lei de Zipf refere-se ao levantamento dos temas com maior relevância. Cabe lembrar que essa fração da análise foi feita com o auxílio dos *softwares* VOSviewer e o UCINET 6 em conjunto com o NetDraw. Dessa forma, a Análise Bibliométrica está dividida em 3 itens: Dispersão do PB (3.5.1.1); Produtividade dos autores (3.5.1.2) e; Temas relevantes (3.5.1.3).

3.5.1.1. Dispersão do PB

Possuindo 19 artigos que foram publicados no período de 1972 a 2017, o PB demonstra a evolução sobre a aplicação de modelos de apoio à decisão com ênfase ao método multicritério na priorização de projetos de recursos hídricos. Essas publicações estão divididas entre 14 artigos publicados em revistas e 5 artigos publicados em eventos. No que tange a origem dessas publicações, apresenta-se a Figura 2 que exibe a listagem dos periódicos.

Ao todo foram constatadas 15 diferentes origens para os artigos pertencentes ao PB, no entanto somente 4 delas obtiveram um maior destaque quanto ao número de publicações, obtendo 2 publicações cada. São elas: *European Journal of Operational Research.*; *Journal of the American Water Resources Association*; *Journal of Water Resources Planning and Management* e; *Water Resources Management*.

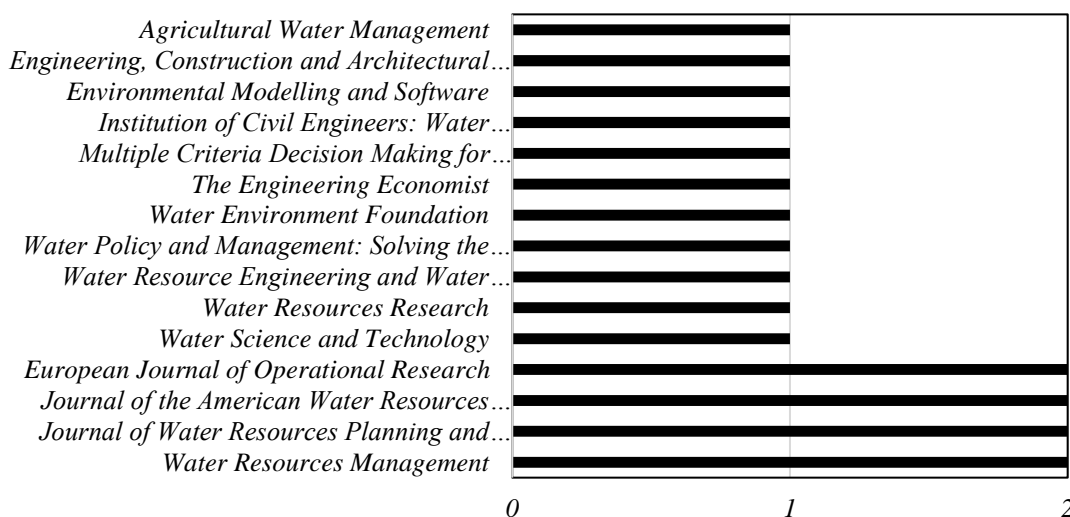


Figura 2. Distribuição do PB quanto à origem das publicações do PB

Fonte: Elaborado pela autora.

No intuito de reconhecer a relevância dos periódicos, cabe verificar o foco das publicações dos mesmos, assim como o fator de impacto. Nesse sentido, consultou-se os índices definidos pelas bases *Isiknowledge*, através do *Journal Citations Report (JCR)* e *Scopus*, por meio do *SCImago Journal & Country Rank (SJR)*.

Dentre os 4 periódicos mais relevantes, a *European Journal of Operational Research* é o único que não possui como foco de publicações a temática de recursos hídricos. Essa revista contribui para a metodologia de pesquisa operacional e para o

exercício da tomada de decisão. Esse periódico possui como fator de impacto o índice de 3.428 (JCR) e de 2.437 (SJR).

O *Journal of the American Water Resources Association* publica artigos caracterizados pela ampla abordagem à temática de recursos hídricos. Esse periódico possui como fator de impacto o índice de 2.160 (JCR) e de 1.015 (SJR).

A *Journal of Water Resources Planning and Management* é uma revista que aborda o desenvolvimento de teorias, métodos e aplicações dos mesmos em problemas sociais, administrativos, econômicos, de engenharia e de planejamento, focados em gestão de recursos hídricos. Esse periódico possui como fator de impacto o índice de 3.197 (JCR) e de 1.291 (SJR).

Já o *Water Resources Management* trata-se de um fórum que gera conhecimento sobre gestão de recursos hídricos. Em específico, a revista publica artigos que versam sobre controle, desenvolvimento, conservação e avaliação de recursos hídricos, com foco em políticas e estratégias. Essa revista possui como fator de impacto o índice de 2.644 (JCR) e de 1.185 (SJR).

Para a finalização deste item de análise, apresenta-se a distribuição do PB nas bases de dados. As bases de dados são essenciais para o desenvolvimento de pesquisas, além disso elas são responsáveis pela propagação do conhecimento científico. Dessa forma exibe-se a Figura 3.

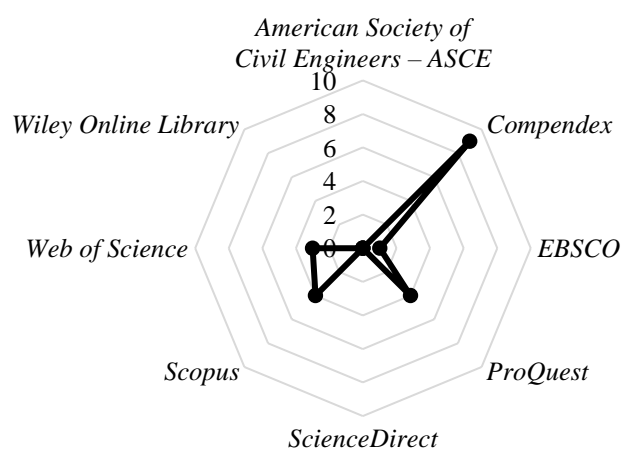


Figura 3. Distribuição do PB nas bases de dados

Fonte: Elaborado pela autora.

Como dito anteriormente, 8 bases foram consultadas nessa revisão sistemática. No entanto, as bases de maior relevância para a temática investigada foi a *Compendex*,

possuindo 9 artigos sobre o assunto. Na sequência, tem-se a *ProQuest* e *Scopus*, com 4 publicações, cada, seguida da *Web of Science* e da *EBSCO* com 3 e 1 publicação, respectivamente. Em contra partida, não foi encontrado nenhum artigo que tivesse como foco o tema investigado nas bases *American Society of Civil Engineers – ASCE*, *ScienceDirect* e *Wiley Online Library*. Cabe salientar que encontrou-se 2 artigos que se repetiram em mais de uma base de dados.

3.5.1.2. Produtividade dos autores

Dentre as 19 publicações pertencentes ao PB, constatou-se 44 autores. Para uma melhor ilustração, apresenta-se a Figura 4 que demonstra o mapa de correlação entre os autores. Considerando o tipo de análise de “co-autoria” e a unidade de análise “autor”, o *software VOSviewer* gerou o mapa de relacionamento entre os autores. Essas correlações são agrupadas em *clusters* que representam grupos de autores que se correlacionam, o tamanho do nó representa a quantidade de publicações e os *links* representam as correlações entre os autores. Além disso, é possível verificar o período dessas interações através das cores.

O *Software* identificou a existência de 18 *clusters*, praticamente um para cada estudo, somente 1 *cluster* envolve 2 estudos por motivo de essas publicações obterem 2 autores em comum. Esses autores são Jamal Mohammad Vali Samani e Seyedeh Leila Razavi Toosi, eles possuem os maiores nós do mapa.

O Autor Jamal Mohammad Vali Samani é professor da Universidade Tarbiat Modares, onde leciona disciplinas sobre Engenharia Hídrica. Os interesses de pesquisa do autor correspondem à gestão de recursos hídricos, principalmente no que tange a modelos matemáticos para simulação e controle de inundações, além da gestão de operações em reservatórios de água. A relação apresentada no *cluster* da Figura 4, entre o autor Jamal Mohammad Vali Samani e a autora Seyedeh Leila Razavi Toosi, aconteceu devido ao fato de que a autora tenha sido orientada por Samani durante o curso de doutorado que a mesma realizou na Universidade Tarbiat Modares, resultando em publicações em parceira de estudante e professor.

A Figura 4 também permite verificar que o autor A. Bruce Bishop é o que possui a publicação mais antiga sobre o tema investigado, já a correlação entre os autores Tuomas J. Lahtinen, Raimo P. Hamalainen e Juuso Liesio e a correlação entre os autores Wenyan Wu, Graeme C. Dandy, Holger R. Maier, Shiroma Maheepla, Angela

Marchi e Fared Mirza demonstra a produção das duas publicações mais recentes sobre o tema.

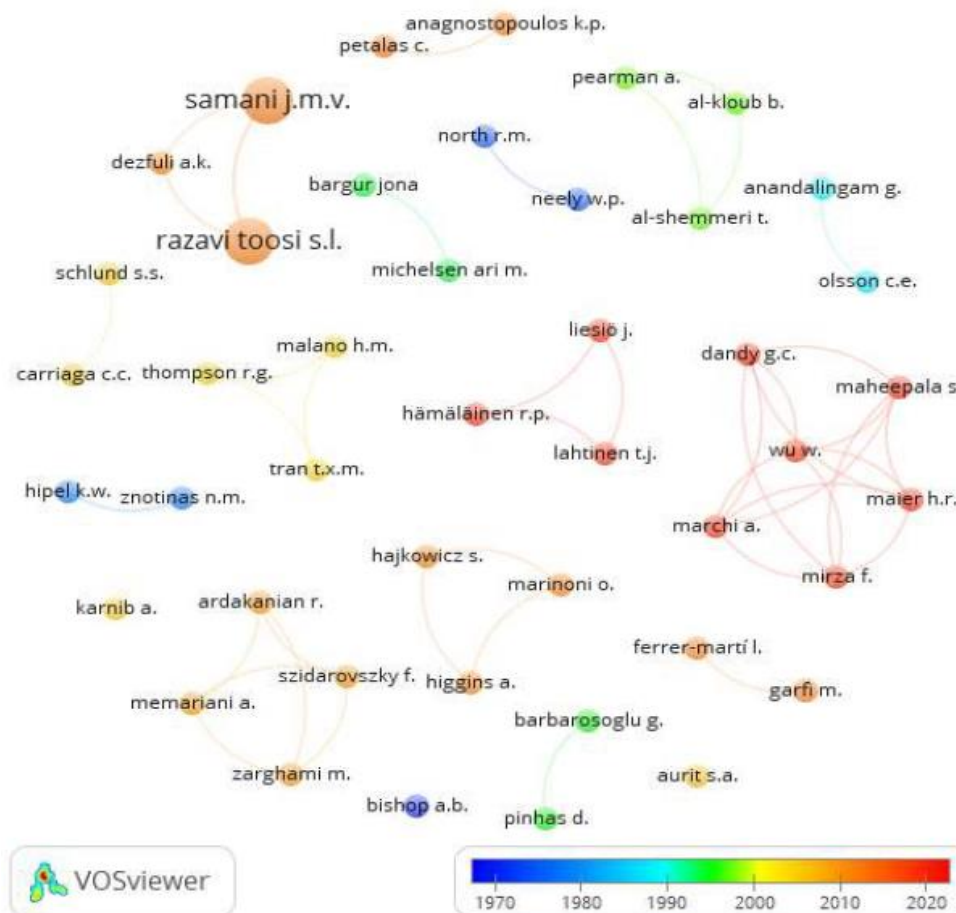


Figura 4. Rede de co-citação dos autores no período de 1972-2018

Fonte: Elaborado pela autora.

Dada a relevância da correlação entre os autores, também se mostra importante a demonstração da rede de interações das instituições dos autores que foi produzida pelo *UCINET 6* em conjunto com o *NetDraw* (Figura 5).

Dentre as 19 publicações pertencentes ao PB, foram constatadas 27 instituições. A partir da Figura 5, percebe-se que a grande maioria das instituições ou não interage com nenhuma outra instituição (nó laranja) ou interage somente com uma instituição (nó verde). Somente 4 instituições possuem um maior grau de interação (nó vermelho). Essas são: *Bu-Ali Sina University*; *University of Arizona*; *University of Tabriz* e; *Sharif University of Technology*. Os autores pertencentes a estas instituições são, respectivamente: A. Mematiani; F. Szidarovszky; M. Zarghami e; R. Ardakanian.

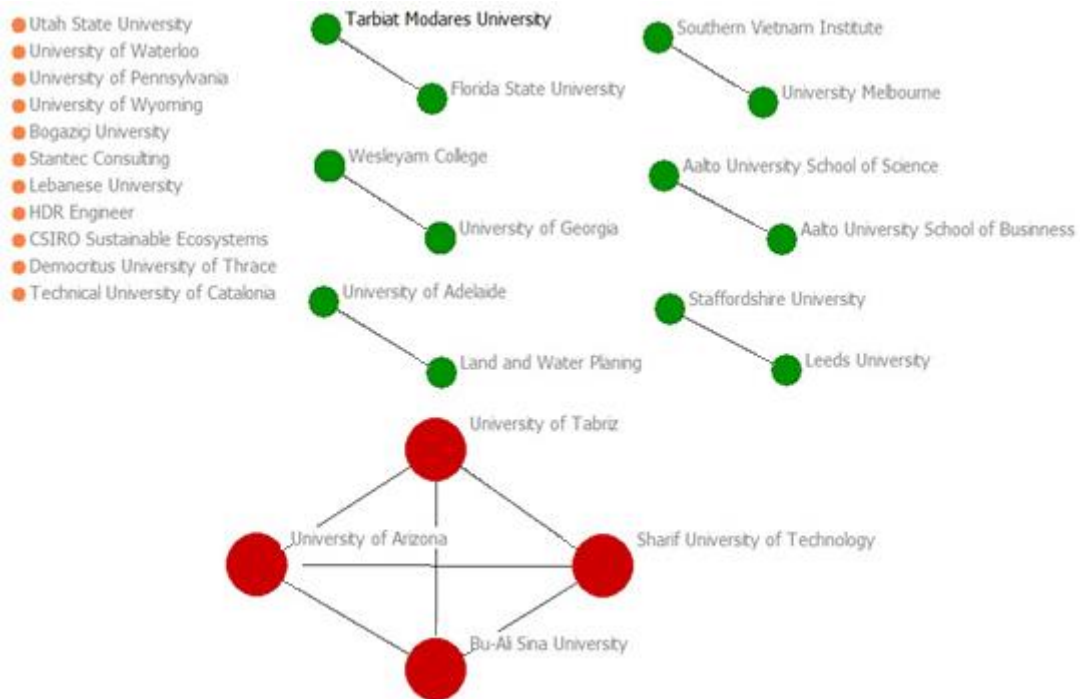


Figura 5. Rede de interação entre as instituições no período de 1972-2018
Fonte: Elaborado pela autora.

As instituições *Bu-Ali Sina Universit*, *University of Tabriz* e *Sharif University of Technology* estão localizadas no Irã, porém em cidades diferentes. Já a universidade do Arizona está localizada em Tucson, no Arizona, nos EUA. E a Universidade Tarbiat Modares, que está em destaque na Figura 5, é a instituição que os autores destaques do PB pertencem.

3.5.1.3. Temas relevantes

No intuito de levantar os temas de maior relevância, as opções “co-ocorrência” e “todas as palavras-chave” foram selecionadas no *software VOSviewer*. Com isso, foi possível identificar 281 palavras-chave dentre as 19 publicações (Figura 6).

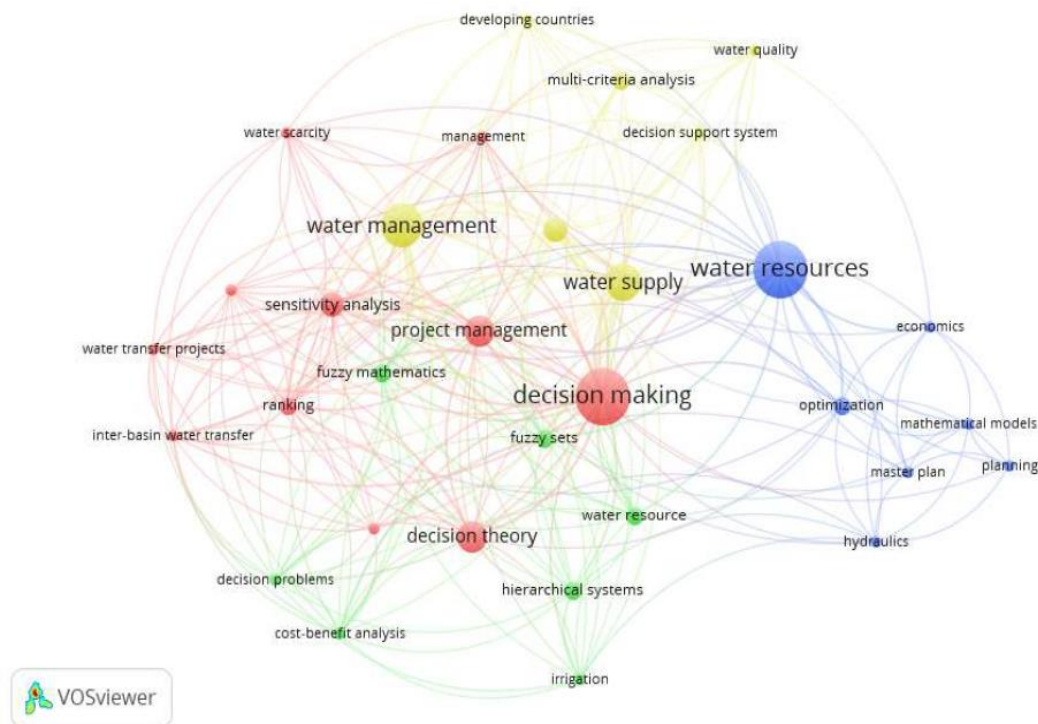


Figura 6. Rede de co-ocorrência de palavras-chave no período de 1972-2018
Fonte: Elaborado pela autora.

Para a elaboração dessa rede considerou-se somente as palavras que ocorreram mais de duas vezes no PB, com isso 32 palavras-chave participaram da rede. Considerando a distribuição dessas palavras-chave em 4 *clusters*, fica claro a partir da Figura 6 que a rede é suportada por 5 grandes temas: *Decision Making* (9 ocorrências e 66 *links*); *Water Resources* (9 ocorrências e 43 *links*); *Water Management* (7 ocorrências e 57 *links*) e; *Water supply* (6 ocorrências e 42 *links*).

Isso indica a existência de uma relação de centralidade e, portanto, uma densidade maior entre os tópicos que apresentam maior volume de ocorrência. Conseqüentemente, termos mais dispersos indicam a baixa incidência de estudos sobre os assuntos que são menos discutidos. Os dados obtidos a partir da rede de palavras-chave podem ser importantes para os pesquisadores terem uma referência sobre os tópicos relacionados à aplicação de modelos de apoio à decisão com ênfase ao método multicritério na priorização de projetos de recursos hídricos para trabalhos futuros.

3.5.2 METASSÍNTESE

Após a apresentação das características do PB no que diz respeito às peculiaridades dos periódicos, autores e temas relevantes envolvidos, mostra-se necessário apresentar um panorama quanto ao conteúdo das publicações pertencentes ao PB. Para isso, definiram-se alguns parâmetros através da literatura de priorização de projetos e de metodologias multicritério de apoio à decisão. Esses parâmetros são definidos como: (i) Aplicação do modelo de priorização de projetos de recursos hídricos; (ii) Métodos de priorização de projetos; (iii) Interesses envolvidos; (iv) Atores envolvidos na decisão e Técnicas que apoiam o consenso da decisão e; (v) Dimensões analisadas e Critérios utilizados. A partir dos parâmetros definidos, possibilitou-se detalhar de forma profunda e estruturada o conteúdo dos artigos do PB, e até mesmo provocar comparações entre os mesmos. Isso será apresentado nas subseções seguintes.

3.5.2.1. Aplicação do modelo de priorização de projetos de recursos hídricos

Essa pesquisa busca investigar a aplicação de modelos de apoio à decisão na priorização de projetos de recursos hídricos na literatura. Nesse sentido, a primeira etapa da metassíntese refere-se a verificar se os modelos de priorização de projetos propostos nas publicações pertencentes ao PB foram aplicados em alguma situação, seja ela real, com dados empíricos como em um estudo de caso, ou fictícia, como forma de ilustração. Nessa etapa também será apresentado de forma breve o objetivo de cada estudo, isso servirá de base para as etapas posteriores.

- Publicações sem aplicação de modelo de priorização de projetos em recursos hídricos:

Das 19 publicações pertencentes ao PB, somente 1 não aplicou um modelo priorização (GARFI e FERRER-MARTÍ, 2011). Esse artigo, inicialmente apresenta critérios gerais, organizados de acordo com as 4 dimensões analisadas (apresentadas no item 3.5.2.5.), que podem ser utilizados em priorização de todos os tipos de projetos de recursos hídricos, e posteriormente apresenta critérios específicos para projetos de abastecimento de água, tratamento de água e saneamento básico.

- Publicações com aplicação de modelo de priorização de projetos em recursos hídricos (com dados empíricos):

Dentre as publicações que elaboraram um modelo e o aplicaram em uma situação real, com dados empíricos através de um estudo de caso, encontra-se 14 artigos (NEELY e NORTH, 1976; ANANDALINGAM e OLSSON, 1989; MICHELSEN e BARGUR, 1994; BARBAROSOGLU e PINHAS, 1995; AL-KLOUB, AL-SHEMMERI e PEARMAN, 1997; CARRIAGA e SCHLUND, 2000; TRAN, MALANO e THOMPSON, 2003; AURIT, 2006; ZARGHAMI *et al.*, 2008; MARINONI, HIGGINS e HAJKOWICZ, 2010; TOOSI, SAMANI e DEZFULI, 2010; ANAGNOSTOPOULOS e PETALAS, 2011; TOOSI e SAMANI, 2012; WU *et al.*, 2017).

Os estudos de Neely e North (1976), Anandalingam e Olsson (1989) e Carriaga e Schlund (2000) tiveram seus modelos de priorização de projeto aplicados nos Estados Unidos. No entanto, o primeiro estudo teve aplicação nos projetos de recursos hídricos da Tennessee Valley Authority, uma corporação de propriedade federal. O segundo utilizou seu modelo para escolher um projeto de fornecimento de água fresca para a cidade de Newport News. E o terceiro teve seu modelo aplicado para o plano de curso do Middle New River, em Maricopa, Arizona, para avaliar cinco projetos de drenagem que transmitiriam com segurança as inundações.

Os autores Marinoni, Higgins e Hajkowicz (2010) e Wu (2017) aplicaram seu modelo de priorização de projetos na Austrália. A publicação de 2010 apresentou um estudo de caso no sistema fluvial Swan and Canning. Enquanto, a de 2017 determinou a combinação ideal de diferentes tipos de fontes de água que forneceriam as melhores compensações entre objetivos conflitantes sob diferentes condições climáticas futuras.

Nos estudos de Zarghami *et al.* (2008), Toosi, Samani e Dezfuli (2010) e Toosi e Samani (2012), os autores apresentaram modelos de priorização aplicados no Irã. No entanto, o primeiro estudo referiu-se a bacia hidrográfica de Sefidrud e nos demais, a aplicação foi feita em projetos de transferência de água nas bacias do rio Karun.

De forma diversa no que diz respeito à aplicação de modelos na tentativa de solucionar problemas em diferentes partes do mundo, em 1994, Michelsen e Bargur avaliaram o desempenho econômico dos projetos de água propostos e os impactos das alternativas de gestão de recursos para o norte da China. Em 1995, Barbarosoglu e Pinhas propuseram um modelo para amenizar o problema de racionamento de capital da Administração de Água e Esgoto do Istambul (IWSA), na Turquia. Os autores Al-Kloub, Al-Shemmeri e Pearman realizaram em 1997 um estudo de caso para classificar os principais projetos de recursos hídricos na Jordânia, na Ásia. Em 2003, um modelo

foi aplicado para priorizar a renovação de ativos na irrigação La Khe, no Vietnã, pelos autores Tran, Malano e Thompson. O autor Aurit (2006) avaliou alternativas de controle de odores em uma instalação de tratamento de efluentes. Já Anagnostopoulos e Petalas (2011), avaliaram três projetos alternativos de irrigação na parte grega da bacia hidrográfica do Rio Nestos com o objetivo de satisfazer as demandas de água nas Prefeituras de Kavala, Drama e Xanthi da Macedônia Trácia, na Região Leste da Grécia.

- Publicações com aplicação de modelo de priorização de projetos em recursos hídricos (com dados ilustrativos):

Somente 4 publicações do PB utilizaram dados ilustrativos para fins de aplicação do modelo de priorização (BISHOP, 1972; ZNOTINAS e HIPEL, 1979; KARNIB, 2004; LAHTINEN, HAMALAINEN e LIESIO, 2017).

A publicação mais antiga do portfólio, de 1972, apresentou um problema exemplo com 4 alternativas de controle de inundação. Nesse estudo, o autor enfatiza as semelhanças entre avaliação de projetos de transporte e de recursos hídricos, sugerindo a utilização de um modelo de priorização de projetos já utilizado no setor de transporte, para selecionar um projeto hídrico dentre as 4 alternativas fictícias que o autor apresenta.

Por último, de uma forma mais resumida, os autores Znotinas e Hipel avaliaram projetos alternativos de engenharia na gestão de recursos hídricos, em 1979. O autor Karnib (2004) aplicou seu modelo em um caso fictício de 5 projetos de recursos hídricos. Já Lahtinen, Hamalainen e Liesio (2017) ilustraram seu modelo de priorização descrevendo o planejamento dos serviços urbanos de água.

3.5.2.2. Métodos de priorização de projetos

Este segundo estágio da metassíntese diz respeito à identificação do método de priorização de projetos utilizado nos estudos pertencentes ao PB. Apesar do objetivo desse estudo envolver a análise da produção científica no que diz respeito à aplicação de modelos de apoio à decisão com ênfase ao método multicritério na priorização de projetos de recursos hídricos, identificou-se outros métodos de priorização desses tipos de projetos e mostrou-se interessante incluí-los no PB a fim de agregar maior conhecimento ao tema. Os métodos foram classificados de acordo com a sumarização apresentada anteriormente no Quadro 3.

Dentre as 19 publicações do PB, somente 1 delas utilizou o Método de Árvore de Decisão (BISHOP, 1972) em um estudo ilustrativo sobre controle de inundação. Quanto o Método de Programação Matemática, 2 foram os estudos que utilizaram esse método de forma isolada (CARRIAGA e SCHLUND, 2000; WU *et al.*, 2017), sendo que o primeiro utilizou o código otimizador *GAMS-MINOS*. Outro estudo que utilizou o Método de Programação Matemática foi o de Neely e North (1976), no entanto, os autores combinaram esse método com o Método Financeiro, em que foi realizada a modelagem de programação linear para a maximização do valor presente líquido e a maximização da relação custo benefício. Seguindo a linha do Método Financeiro, os autores Michelsen e Bargur (1994) utilizaram o Modelo Macroeconômico para analisar o desempenho econômico dos projetos de água propostos.

Os autores Toosi, Samani e Dezfuli (2010) empregaram diferentes métodos para classificar projetos de transferência de água, sendo eles: Conjuntos *Fuzzy* de minimização e maximização; Grupo *Topsis Fuzzy*; Método de *Bonissone* e o *Software FDM*. De forma isolada, 2 publicações utilizaram a Lógica *Fuzzy* (ZNOTINAS e HIPEL, 1979; KARNIB, 2004).

Os 11 artigos restantes utilizaram Métodos de Apoio a Decisão Multicritério (ADM) (ANANDALINGAM e OLSSON, 1989; BARBAROSOGLU e PINHAS, 1995; AL-KLOUB, AL-SHEMMERI e PEARMAN, 1997; TRAN, MALANO e THOMPSON, 2003; AURIT, 2006; ZARGHAMI *et al.*, 2008; MARINONI, HIGGINS e HAJKOWICZ, 2010; ANAGNOSTOPOULOS e PETALAS, 2011; GARFI e FERRER-MARTÍ, 2011; TOOSI e SAMANI, 2012; LAHTINEN, HAMALAINEN e LIESIO, 2017), algumas vezes de forma isolada, outras vezes combinados a outros métodos.

Os autores Anandalingam e Olsson (1989) empregaram o Método de ADM utilizando funções de valores multi-atributo com a aplicação da Teoria da Utilidade Multi-Atribuída (MAUT). Já o estudo de Garfi e Ferrer-Martí (2011), que não teve nenhum modelo de priorização aplicado, apresentou uma lista ampla e abrangente de critérios e indicadores de avaliação como uma diretriz para Métodos de ADM sobre projetos de água e saneamento básico em pequenas comunidades rurais de países em desenvolvimento.

Nos estudos de Aurit (2006) e Lahtinen, Hamalainen e Liesio (2017), foi aplicado o Método ADM com o auxílio de *softwares*, no primeiro foi utilizado

Criterion Decision Plus (CDP), já no segundo foi usado o *Robust Portfolio Modeling* (RPM) com o apoio do *software RPM-Decisions*.

Os autores Zarghami *et al.* (2008) empregaram o Método de ADM, seguindo as indicações de MCDM combinado com um Modelo Estatístico, aplicando a Média Ponderada Ordenada (OWA). Já no artigo Marinoni, Higgins e Hajkowicz (2010), foi utilizado o Método ADM com a aplicação do *Multi Criteria Analysis Tool* (MCAT).

Quatro publicações utilizaram o Método de ADM aplicando os métodos de comparação entre pares AHP e ANP (BARBAROSOGLU e PINHAS, 1995; TRAN, MALANO e THOMPSON, 2003; ANAGNOSTOPOULOS e PETALAS, 2011; TOOSI e SAMANI, 2012). No estudo de 1995, além do AHP, foi utilizado o Método de Programação Matemática em um modelo matemático de números inteiros mistos. Em 2011, foi utilizado a Lógica *Fuzzy* em conjunto com o AHP. E o estudo de 2012 foi o que utilizou o ANP.

Por último, os autores Al-Kloub, Al-Shemmeri e Pearman (1997) utilizaram uma combinação de Métodos ADM. No estudo, foi aplicado o *Multi-Criteria Decision Aid* (MCDA) combinado com o método de organização de ranking de preferências *PROMETHEE* com o auxílio do *Judgemental Analysis System* (JAS).

3.5.2.3. Interesses envolvidos

Devido ao fato de a água ser um recurso limitado e os projetos de recursos hídricos demandarem um alto investimento, desperta-se o interesse de diversos grupos, dentre eles: a comunidade, as companhias de saneamento, os órgão financiadores, o governo e questões políticas. Nesse sentido, investigou-se no PB quais os setores de interesse identificados quanto à aplicação dos modelos de priorização de projeto de recursos hídricos apresentados nas pesquisas.

Ao analisar o PB, percebeu-se que em menos da metade das publicações, 8 artigos, eram citados os tipos de setores envolvidos e interessados na aplicação da priorização dos projetos (NEELY e NORTH, 1976; MICHELSEN e BARGUR, 1994; BARBAROSOGLU e PINHAS, 1995; CARRIAGA e SCHLUND, 2000; AURIT, 2006; ZARGHAMI *et al.*, 2008; MARINONI, HIGGINS e HAJKOWICZ, 2010; WU *et al.*, 2017).

O governo foi o grupo de interesse mais citado em todas essas 8 publicações. Isso se dá devido ao fato de as companhias de saneamento, em sua maioria, serem

instituições governamentais. Os autores Neely e North (1976) e Barbarosoglu e Pinhas (1995) além de citar o governo, apontaram os Órgãos Financiadores como um grupo de interesse, uma vez que esses órgãos estabelecem algumas regras que devem ser seguidas. Para fins de exemplo, na publicação de 1995, os autores identificaram o Banco Mundial como o Órgão Financiador do projeto.

Outros artigos apontaram as questões políticas (NEELY e NORTH, 1976) e companhias de saneamento (AURIT, 2006) como grupos de interesse. Além desse grupo, o autor Aurit também destacou que os funcionários da operação e manutenção do projeto eram um grupo de bastante interesse, ressaltando a importância do envolvimento das pessoas que operarão no pós projeto.

3.5.2.4. Atores envolvidos na decisão e Técnicas que apoiam o consenso da decisão

A utilização dos Métodos de Apoio a Decisão Multicritério na grande maioria das publicações pertencentes ao PB instigou a investigação dos atores que participam das decisões, os reais tomadores da decisão, assim como as técnicas aplicadas para que essa decisão ocorra. De forma similar a análise do parâmetro anterior, a identificação dos atores, decisores e técnicas ainda ocorrem de maneira tímida nas publicações, uma vez que poucos foram os artigos que apontaram essas informações.

Dentre as 19 publicações, 7 foram as que identificaram os atores e/ou decisores (ANANDALINGAM e OLSSON, 1989; BARBAROSOGLU e PINHAS, 1995; AL-KLOUB, AL-SHEMMERI e PEARMAN, 1997; AURIT, 2006; ZARGHAMI *et al.*, 2008; MARINONI, HIGGINS e HAJKOWICZ, 2010; WU *et al.*, 2017) e 2 apontaram as técnicas utilizadas para apoiar o consenso da decisão (AL-KLOUB, AL-SHEMMERI e PEARMAN, 1997; ZARGHAMI *et al.*, 2008).

No artigo de Anandalingam e Olsson (1989), os autores apontaram o que eles chamaram de o Gerente da Cidade de Newport News como o decisor para selecionar um projeto de fornecimento de água fresca para a cidade. Já os autores Barbarosoglu e Pinhas (1995) apontaram os gerentes de nível médio e superior da Administração de Água e Esgoto do Istambul (IWSA) como atores participantes do processo decisório, no entanto os principais tomadores de decisão identificados foram os gerentes do Departamento de Finanças, do Departamento de Planejamento e do Departamento de Relações com o Cliente da IWSA. Outro gerente apontado como ator participante da decisão, porém em outro artigo (AURIT, 2006), foi o Gerente do projeto de recursos

hídricos em conjunto com o proprietário da companhia responsável pela construção do mesmo.

De forma distinta, os autores Al-Kloub, Al-Shemmeri e Pearman (1997) indicaram a existência de principais decisores, no entanto não os identificaram. Além disso, nesse artigo foi apontado um dos co-autores como facilitador e as técnicas *Brainstorming* e Técnica Nominal de Grupo como apoiadoras do consenso da decisão. Já no estudo de Zarghami *et al.* (2008), foram apontadas como atores influenciadores da decisão, as 6 autoridades de água da Bacia Hidrográfica de Sefidrud, com a aplicação dos Sistemas de Suporte à Decisão em Grupo (GDSS) como técnica apoiadora do consenso da decisão.

Tratando-se do estudo de Marinoni, Higgins e Hajkowicz (2010), os atores envolvidos na decisão fazem parte da equipe do *Swan River Trust* que gerencia o *Drainage Nutrient Intervention Program* (DNIP) que financia projetos na Bacia de Canicultura para remover nutrientes e sedimentos antes que eles entrem no sistema fluvial. De forma inusitada, os autores Wu (2017) identificaram um departamento como ator ativo na decisão do projeto hídrico, o Departamento de Meio Ambiente, Água e Recursos Naturais da Austrália do Sul (DEWNR).

3.5.2.5. Dimensões analisadas e Critérios utilizados

Através da literatura, sob a ótica da avaliação de desempenho no desenvolvimento sustentável, percebe-se que as dimensões que mais impactam nos projetos de recursos hídricos são as Dimensões Ambiental, Social, Econômica, Política e Técnica (KARNIB, 2004; PIZELLA, SOUZA, 2007; IBGE, 2017). Nota-se que são a partir dessas dimensões que são criados os critérios pelos quais os projetos são avaliados e selecionados. Corroborando com isso, a complexidade dos projetos hídricos envolvem múltiplos critérios (MELO *et. al.*, 2018). Nesse sentido, verificaram-se no PB quais dessas dimensões foram apontadas nas prorizações de projetos hídricos propostas nos artigos. Isso é apresentado de forma mais clara no Quadro 7. Cabe ressaltar que se utilizou nesse quadro a identificação dos artigos usada no Quadro 6, apresentado na Seção 3.

Quadro 7. Dimensões e Critérios encontrados no PB

(continua)

ID	Dimensões	Critérios
1	Ambiental	Oportunidades de recreação local
	Social	Planejamento comunitário; Impacto comunitário; Instalações comunitárias
	Econômica	Economia regional; Efeito nos impostos
2	Econômica	Valor Presente Líquido (VPL); Relação custo benefício
3	Ambiental	Vida selvagem
	Social	Recreação social
	Econômica	Custo de capital
	Política	Abastecimento de água
	Técnica	Agricultura; Pesca
4	Ambiental	Meio ambiente
	Social	Impacto social; Abastecimento de água futuro
	Econômica	Investimento; Custo anual
	Política	Confiabilidade
5	Econômica	S/C
	Política	
6	Ambiental	Benefícios ambientais
	Social	Satisfação aos clientes
	Econômica	Valor Presente Líquido (VPL); Tamanho do projeto
	Política	Tempo de comissionamento; preferências gerenciais.
7	S/D	Extração, Quantidade e Qualidade da água subterrânea; Quantidade e Qualidade da água superficial; Sedimentação; Qualidade da terra; Estética; Qualidade do ar; Saneamento; Abastecimento de água; Conservação; Exigência de energia; Trabalho estrangeiro; Área irrigada; Resultados; Eficiência; Compromisso com um plano abrangente e estável; Compromisso com a reestruturação do setor de águas; Utilização do gerenciamento de demanda; Consciência pública; Evaporação; Custo de capital; Recuperação de custos
8	Econômico	Custos com: escavação de canal e terraplanagem; estruturas hidráulicas; aquisição de direito de passagem e realização de drenagem; trabalho de revegetação; recuperação de água; mobilização; engenharia; contingência; operação; manutenção; reparo
9	S/D	Desempenho hidráulico; Condição de operação; Importância do projeto
10	Ambiental	Novos recursos energéticos; Novos ecossistemas
	Social	Desenvolvimento econômico das regiões mais pobres
	Econômica	Custo efetivo; Motivação de fundos monetários
	Técnica	Design perfeito; Necessidades de terra; Quantidade de água; Alocação de água doméstica; Alocação de água de irrigação; Emprego do setor agrícola
11	Econômica	Questões tecnológicas (confiabilidade, desempenho, previsibilidade); Construções das redes (número de unidades de processo, dutos, implementação em fases); Impactos nas operações existentes (capacidade do processo, construção, uso do gás digestor existente); Operações e Manutenção (preocupações com a saúde, gerenciamento de risco, complexidade operacional, operação sazonal, pessoal)
12	Ambiental	Gama de impactos ambientais
	Social	Participação do público; Criação de emprego
	Econômica	Custo benefício
	Técnica	Atribuição de água a usos prioritários; Número de beneficiários; Apoio a outros projetos
13	Econômica	Redução de nitrogênio; Redução de fósforo; Outras oportunidades ambientais; Disponibilidade de terras; Restrições de outros locais; Gestão contínua; Benefícios sociais; Benefícios estratégicos

(continuação)

14	Ambiental	Prioridade de uso; Efeitos ambientais negativos
	Social	Emprego
	Econômica	Custo benefício
	Política	Compatibilidade com os atos nacionais da água; Efeitos negativos em outros projetos; Gama de conflitos entre as partes interessadas
15	Ambiental	Controle de inundação; Maior recarga de águas subterrâneas; Bombeamento reduzido de água subterrânea; Melhoria da qualidade do solo
	Social	Qualidade de vida; Sustentabilidade para fazendas pequenas
	Econômica	Aumento da produção; Emprego; Investimento pré e pós produção
16	Ambiental	Emissões atmosféricas; Poluição da água; Produção de resíduos; Ruído; Impacto na paisagem; Consumo de combustível, energia e matérias primas não renovável de água; Uso e ocupação de solo
	Social	Acesso e participação da comunidade local; Cultura local; Igualdade e migração; Saúde; Consciência pública; Padrão de vida
	Econômica	Custo; Renda; Emprego
	Técnica	Tecnologia, Gestão
17	Ambiental	Diminuir limite de origem; Danos à floresta; Danos à vida selvagem; Danos a aquíferos
	Social	Danos ao patrimônio cultural; Obtenção terras; Autorização; Impactos ambientais; Emprego; Gestão de inundações; Recreação e turismo; Projeto de gestão
	Econômica	Fornecimento Potável; Fornecimento Industrial; Fornecimento Agrícola; Custo de Refinaria; Obtenção de Terras; Parâmetro de transferência de água industrial; Parâmetro transferência de água potável; Parâmetro transferência de água agrícola; Desenvolvimento agrícola; Desenvolvimento industrial; Emprego
18	Ambiental	Redução na liberação de fósforo; Redução na liberação de nitrogênio; Impactos nas mudanças climáticas
	Econômica	Economia de longo prazo; Custos de implementação; Redução na demanda de água
19	Econômica	S/C

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota. S/D: Sem dimensões; S/C: Sem critérios

Tratando da incidência de cada uma das 5 dimensões investigadas no PB, percebe-se, a partir do Quadro 7, que a Dimensão Econômica é a mais considerada quando se trata de priorização de projetos de recursos hídricos, com 16 estudos, seguido das Dimensões Ambiental e Social, com 9 artigos cada, e das Dimensões Política e Técnica, com 5 e 4 publicações, respectivamente. Isso corrobora com o fato de que no início da priorização dos projetos em geral havia uma maior preocupação com os custos atrelados aos mesmos. Foi no decorrer dos anos que surgiu uma maior preocupação relacionada às demais dimensões, principalmente no que diz respeito ao meio ambiente e sociedade. Essa recente importância com as outras dimensões, que não somente a Econômica, é abordada de forma assídua em grande parte do PB.

3.6 Conclusão

O objetivo dessa pesquisa foi de analisar na produção científica, de forma estruturada, a aplicação de modelos de apoio à decisão com ênfase ao método multicritério na priorização de projetos de recursos hídricos. Nesse sentido, o objetivo foi integralmente atingido, permitindo identificar tanto características sobre os periódicos, autores e temas de maior relevância, a partir da bibliometria, como atributos atrelados ao conteúdo de cada uma das publicações pertencentes ao PB, a partir da metassíntese.

Como principais resultados, percebeu-se: *i)* uma carência na produção científica sobre o tema investigado, pois mesmo não ocorrendo a limitação do período de tempo investigado, encontrou-se somente 19 artigos que se enquadravam na temática; *ii)* recorrente aplicação de Métodos de Apoio a Decisão Multicritério para a priorização de projetos de recursos hídricos com a utilização da Lógica *Fuzzy*, AHP, PROMETHEE; *iii)* existência de diversos setores de interesse quando se trata de projetos de recursos hídricos, recebendo uma maior atenção do governo e das companhias de saneamento; *iv)* os atores envolvidos na decisão não são muito divulgados, talvez devido ao fato de se manter sigilo sobre os participantes, assim como também não é dada tanta atenção as técnicas que apoiam o consenso da decisão e; *v)* além da análise da Dimensão Econômica, outras dimensões vêm sendo consideradas na seleção desses projetos, principalmente as Dimensões Social e Ambiental.

A contribuição deste estudo ocorre em duas vertentes: a prática e a teórica. A contribuição prática é dada através do conhecimento gerado para as companhias e instituições que desejam realizar a priorização de projetos de recursos hídricos, uma vez que esse estudo exhibe diversos tipos de metodologias e técnicas que podem ser utilizadas para esse fim, além de apresentar as dimensões e critérios que vem sendo considerados cientificamente na priorização de projetos no setor de recursos hídricos. Já a contribuição teórica é realizada por meio da apresentação de um panorama atual do tema objeto de estudo, com a exibição de um portfólio completo de estudos que realizaram a aplicação de modelos de apoio à decisão na priorização de projetos de recursos hídricos, apresentando ainda os periódicos e autores mais relevantes a temática. Além disso, a apresentação do estado da arte realizada através dessa revisão sistemática permite identificar lacunas, apontando áreas em desenvolvimento para pesquisas futuras.

Por fim, com a extensa lista de palavras-chave, aponta-se como limitação o número de bases utilizadas para a coleta de dados, embora todas elas representassem de forma fiel o tema estudado, o que pode ser visto como uma oportunidade para estudos futuros, de forma a ampliar o campo de busca.

4 PROPOSIÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO

Esta etapa do estudo refere-se à elaboração de um modelo que apoie a decisão no âmbito de priorização de projetos de recursos hídricos. Esse modelo foi elaborado a partir de entrevistas com funcionários da Superintendência Regional Sul de uma companhia de abastecimento de água que atende grande parte das cidades do Rio Grande do Sul, somada as evidências encontradas na literatura científica por meio da revisão sistemática apresentada na seção 3 desse estudo.

Para a construção do modelo, foi utilizada a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA). Essa metodologia assume a orientação racionalista dedutiva e sustenta-se em conhecimentos, valores e preferências genéricas e universais (ROY, 1993; ENSSLIN *et al.*, 2010; ZAMCOPE, ENSSLIN e ENSSLIN, 2012). Com essa metodologia, esse processo pode ser realizado com ou sem a participação do decisor (KEENEY, 1992; ROY e BOUYSSOU, 1993; ROY, 1996; GOODWIN e WRIGHT, 1998, ENSSLIN *et al.*, 2010; ENSSLIN *et al.*, 2013b).

4.1 Fase de estruturação

Essa etapa tem por objetivo o entendimento do problema e do contexto no qual o mesmo está inserido, de forma a identificar, caracterizar e organizar os aspectos relevantes no processo decisório, possibilitando a geração de conhecimento no decisor (LACERDA, ENSSLIN e ENSSLIN, 2011; AZEVEDO *et al.*, 2013a; LONGARAY e ENSSLIN, 2015; LONGARAY *et al.*, 2015; BORTOLUZZI *et al.*, 2017; LACERDA *et al.*, 2017). No intuito de estimular a aprendizagem, essa fase acontece de forma dinâmica e interativa (BANA E COSTA, 1993; ROY, 2005; SANCHEZ-LOPES, BANA E COSTA e BAETS, 2012). É nesse momento que são identificados os atores envolvidos no processo decisório, o rótulo que refletirá o objetivo do modelo, assim como a identificação, organização e mensuração ordinal dos objetivos determinados para a avaliação do contexto decisório de acordo com os valores e preferências (ENSSLIN *et al.*, 2010). Essa fase é dividida em 3 etapas: 4.1.1. Contextualização; 4.1.2. Famílias de pontos de vista e; 4.1.3. Construção dos descritores.

4.1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Na primeira etapa, ocorre o reconhecimento da problemática e do contexto decisório, em que além de identificar o decisor e os atores que estão envolvidos no processo decisório e aqueles que sofrem as consequências pela ocorrência do mesmo, determina-se um rótulo para o problema contendo o objetivo do trabalho (ENSSLIN, MONTIBELLER e NORONHA, 2001; BORTOLUZZI, ENSSLIN e ENSSLIN, 2010; AZEVEDO *et al.*, 2013b; ENSSLIN *et al.*, 2016).

Nesse contexto, para a elaboração do modelo, além da pesquisa diagnóstica realizada através da revisão sistemática apresentada na seção 3 desse estudo, foram realizadas entrevistas em uma companhia de saneamento a fim de entender como é realizada a priorização de projetos na empresa.

Essa companhia foi criada em 1965 e atende mais de 6 milhões de pessoas, abastecendo 64% dos municípios do Rio Grande do Sul. A mesma encontra-se dividida em 10 superintendências regionais, sendo a Superintendência Regional Sul uma das unidades autônomas desse grupo. Essa superintendência é responsável pela distribuição média de aproximadamente 3,2 milhões de água tratada por mês e pela coleta e tratamento médio de aproximadamente 227.000m³ de esgoto sanitário em 22 municípios.

Nessa superintendência foram entrevistados dois funcionários, a superintendente adjunto e um dos gestores da unidade. A primeira entrevista foi realizada de forma não estruturada, em que a entrevistada versou sobre como a unidade opera de forma geral. Já na segunda entrevista, com uma abordagem semiestruturada, realizada com o gestor, buscou-se compreender, de forma específica, como é realizada a priorização e seleção dos projetos que são postos em execução pela empresa na cidade de Rio Grande.

Com isso, identificou-se a existência de um documento que contém o plano municipal de saneamento básico da cidade, realizado sob o domínio da prefeitura. Nesse plano existem todas as diretrizes que a companhia de saneamento deve seguir referente à quais projetos devem ser executados e o prazo de execução dos mesmos. O entrevistado relatou que *“há alguns anos, a companhia tinha mais autonomia na seleção dos projetos, mas que desde que foi realizado o plano municipal de saneamento básico, deve-se seguir o que está no documento”*. Dessa forma, foi constatado que não é a companhia de saneamento que estabelece os critérios a ser avaliados para a priorização dos projetos, o que ocorre é a realização do estudo das necessidades da

cidade e a partir disso é feita a atualização do plano de saneamento de 4 em 4 anos. Esse documento foi consultado, porém não são disponibilizados os critérios utilizados para a priorização e seleção dos projetos incluídos no mesmo.

4.1.2. FAMÍLIAS DE PONTOS DE VISTA

Essa fase tem o objetivo de levantar a família dos objetivos estratégicos (dimensões) que deverão ser considerados na avaliação do contexto. Com isso, são identificadas, através de entrevistas semiestruturadas com o decisor, os Elementos Primários de Avaliação (EPAs) (KEENEY, 1992; ENSSLIN *et al.*, 2010; AZEVEDO *et al.*, 2013b; ENSSLIN *et al.*, 2013a; ENSSLIN *et al.*, 2013b) que são os aspectos do contexto considerados importantes pelo decisor pelo fato de estarem relacionados ao objetivo e/ou aos seus valores e preferências quanto ao contexto (ENSSLIN *et al.*, 2010; AZEVEDO *et al.*, 2013; ENSSLIN *et al.*, 2013a; ENSSLIN *et al.*, 2013b).

Nesse estudo, a partir das evidências identificadas no decorrer da segunda entrevista sobre o que é importante no âmbito do processo de priorização de projetos de saneamento somado as constatações levantadas na revisão sistemática, vide seção 3 deste estudo, sobre o que veem sendo considerado na priorização de projetos de recursos hídricos no decorrer dos anos, e nos relatórios de agências de saneamento, será apresentada a proposta das dimensões e critérios que devem ser analisados quando for realizada a priorização de projetos de recursos hídricos. Nesse sentido segue o Quadro 8 com a apresentação dos EPAs, salientando que os mesmos já estão em forma de conceitos.

Quadro 8. Elementos Primários de Avaliação – EPAs

(Continua)

EPA	Descrição
1	Utilização de tecnologia e recursos locais
2	Qualidade da água oferecida
3	Qualidade do serviço de saneamento
4	Urgência no prazo de execução da obra
5	Rebaixamento do lençol freático
6	Complexidade na manutenção
7	Retorno financeiro
8	Custo operacional
9	Custo de manutenção
10	Custo de mão de obra
11	Custo total
12	Custo gerado aos beneficiários

(Continuação)

13	Emissões atmosféricas
14	Poluição da água
15	Produção de resíduos
16	Produção de ruído
17	Consumo de combustível ou energia não renovável
18	Consumo de água
19	Consumo de matérias primas não renováveis
20	Impacto na paisagem
21	Uso e ocupação de solo
22	Participação da comunidade local
23	Cultura local
24	Conscientização pública sobre saneamento e higiene
25	Emprego de equipe local
26	Melhora no padrão de vida dos beneficiários
27	Indicador de abastecimento de água
28	Indicador de coleta de esgoto
29	Migração devido à falta de serviços de saneamento
30	Fonte da demanda
31	Efeito negativo em outros projetos

Fonte: Elaborado pela autora.

Os EPAs que representam preocupações estratégicas similares são agrupados por Áreas de Preocupação que são compostas por um conjunto de conceitos que as reflitam (ENSSLIN *et al.*, 2010; BORTOLUZZI *et al.*, 2017). Dessa forma, nesse estudo, as áreas de preocupação estão representadas pelas dimensões: (i) Técnica; (ii) Econômica-financeira; (iii) Ambiental; (iv) Social e; (v) Política. A partir disso, é formada a Estrutura Hierárquica de Valor com os Pontos de Vista Fundamentais (PVFs). Para um melhor entendimento, essas dimensões estão explicadas de forma sucinta nos próximos subitens.

4.1.2.1. PVF 1: Dimensão Técnica

Quando se trata de empreendimentos de grande porte, como os projetos de saneamento que envolvem Estações de Tratamento de Água (ETA's) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's), por exemplo, a análise da viabilidade técnica é fundamental na priorização de projetos. Será somente depois da seleção das alternativas de projetos tecnicamente viáveis que serão analisadas as alternativas de projetos viáveis financeiramente.

Essa dimensão está relacionada à prestação de serviços, tanto de abastecimento de água quanto de esgotamento sanitário, com qualidade e quantidade, de forma

assegurar a regularidade, continuidade, modicidade dos custos e segurança, com manutenção e controle de qualidade (BRASIL, 2004). Além disso, também será considerada a avaliação da tecnologia utilizada nos projetos.

4.1.2.2. PVF 2: Dimensão Econômica-Financeira

Tratando-se de serviços de saneamento, os projetos normalmente dependem de financiamento, o que faz com que a execução dos projetos dependa de planos de investimento, assim como dotação orçamentária anual que cubra os custos dos projetos (BRASIL, 2004). Outro ponto importante é que quanto mais lucrativo for o empreendimento, mais atraente o mesmo será quanto aos aspectos financeiros. Além disso, outros pontos a ser considerados referem-se a custo e impacto econômico gerado aos beneficiários a partir da execução dos projetos selecionados.

4.1.2.3. PVF 3: Dimensão Ambiental

Essa dimensão está relacionada à capacidade dos projetos de executar o serviço de saneamento, com o abastecimento de água e esgotamento sanitário, sem comprometer o ambiente (BRASIL, 2004). De acordo com a legislação brasileira, através da Resolução Conama 01 de 23 de janeiro de 1986, o impacto ambiental foi definido como qualquer tipo de alteração nas propriedades biológicas, químicas e físicas do meio ambiente, causada pela intervenção humana por meio de qualquer forma de energia ou matéria, que impacte de forma direta ou indireta no bem estar, saúde e segurança da sociedade; nas atividades econômicas e sociais e; na qualidade dos recursos ambientais e, nas condições sanitárias e estéticas do meio ambiente.

4.1.2.4. PVF 4: Dimensão Social

Nessa dimensão é considerada a forma que os projetos impactam na sociedade, se esse impacto se dá de forma negativa ou positiva nas comunidades. É através dela que serão analisados os efeitos dos empreendimentos no desenvolvimento e saúde da sociedade, dentre outros fatores.

4.1.2.5. PVF 5: Dimensão Política

Nessa dimensão, será avaliado tanto o conflito entre as partes interessadas quanto à fonte do poder de demanda, já que dependendo do poder do solicitante, o projeto poderá ter maior prioridade. Além disso, também deve ser levado em consideração os possíveis efeitos negativos a ser causados pelas alternativas dos projetos em outros projetos, sejam eles já implementados ou futuros.

4.1.3. CONSTRUÇÃO DOS DESCRITORES

Essa etapa tem o objetivo de construir escalas ordinais, de forma a operacionalizar os critérios e mensurar as propriedades do contexto. De forma que, os descritores são conjuntos de atributos que são utilizados para descrever os desempenhos para cada Ponto de Vista Fundamental (PVF) (ENSSLIN *et al.*, 2001; VALMORBIDA, 2012).

Para a criação da Estrutura Hierárquica de Valor utiliza-se a lógica da decomposição que considera que um critério mais complexo de ser mensurado pode ser decomposto em subcritérios, de forma a facilitar a mensuração (ENSSLIN *et al.*, 2000; ENSSLIN *et al.*, 2001; LONGARAY *et al.*, 2015). Com isso, consideram-se os Pontos de Vista Fundamentais (PVFs), que refletem as áreas de preocupação, os Pontos de Vista Elementares (PVEs) e os Pontos de Vista Subelementares (SubPVEs). A partir do apresentado, exhibe-se a Figura 7 com a Estrutura Hierárquica de Valor da área de preocupação Dimensão Ambiental. As demais Estruturas Hierárquicas de Valor encontram-se no Apêndice A.

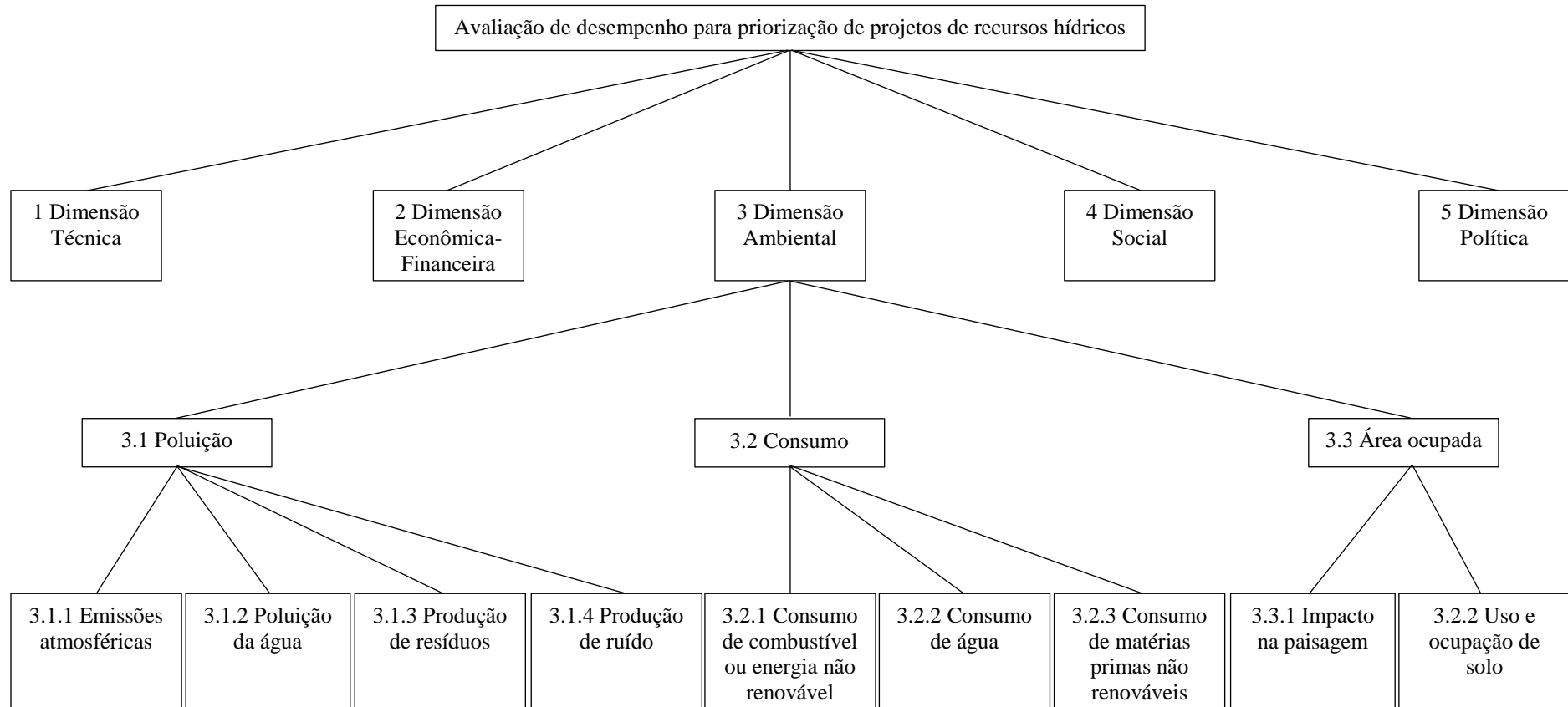


Figura 7. Arvore de Valor e PVEs da Área de Preocupação Dimensão Ambiental

Fonte: Elaborado pela autora.

Finalizando a elaboração da Estrutura Hierárquica de Valor, tem-se a construção dos descritores, ou escalas ordinais, no intuito de mensurar cada ponto de vista. Os descritores são indicadores de desempenho formados a partir dos PVEs que medem o impacto das ações. Esses desempenhos podem ser julgados como: (i) comprometedor; (ii) competitivo e; (iii) de excelência (LONGARAY *et al.*, 2015).

Nesse sentido, o descritor possui dois níveis de referência: o neutro e o bom. Abaixo do ponto de referência neutro, considera-se que o desempenho é comprometedor, entre os pontos de referência neutro e bom, considera-se um desempenho competitivo, e acima do ponto de referência neutro, considera-se que o desempenho é excelente (LONGARAY *et al.*, 2016). Dessa forma, apresentam-se no Quadro 9 os níveis de referência para o descritor do PVE 3.2.3.

Quadro 9. Níveis de referência para o descritor do PVE 3.2.3 Consumo de matérias primas não renováveis

3.2.3 Consumo de matérias primas não renováveis: Quantidade de matéria prima não renovável a ser utilizada		
Níveis de referência		
	N5	Muito baixa
Bom	N4	Baixa
	N3	Média
Neutro	N2	Alta
	N1	Muito alta

Fonte: Elaborado pela autora.

Foram elaborados 38 descritores a partir dos pontos de vistas. A Figura 8 exibe a Estrutura Hierárquica de Valor, os PVEs e os Descritores construídos para a Área de Preocupação Dimensão Ambiental. Os demais descritores encontram-se dispostos no Apêndice B.

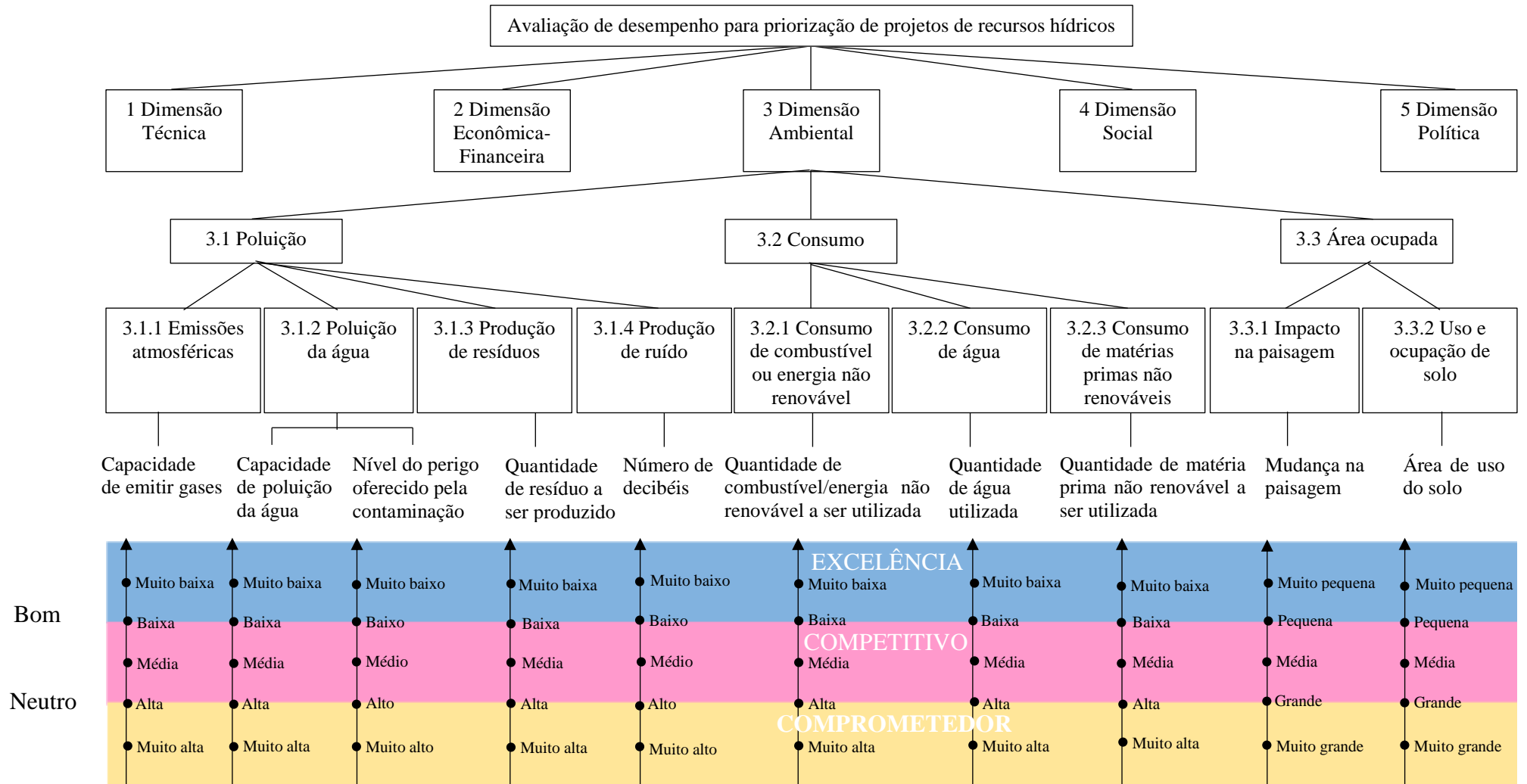


Figura 8. Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores dos PVEs da Área de Preocupação Dimensão Ambiental
 Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 Fase de avaliação

Nessa fase, as escalas qualitativas (ordinais) são transformadas em quantitativas (cardinais) denominadas de função de valor (ENSSLIN *et al.*, 2010; LACERDA, ENSSLIN e ENSSLIN, 2014; LACERDA *et al.*, 2014; LONGARAY *et al.*, 2017). Estudando-se as diferenças de atratividade entre os níveis das escalas ordinais, as preferências são inseridas na matriz de julgamento, variando de muito fraca à extrema (BANA E COSTA e VANSNICK, 1995; CARDOSO, ENSSLIN e DIAS, 2016). Na sequência, ocorre a determinação das taxas de compensação entre os critérios (LONGARAY e ENSSLIN, 2015) e a análise do desempenho das ações potenciais (ROY, 2010).

Essa fase pode ser feita com o auxílio do *software* MACBETH (LONGARAY e ENSSLIN, 2015) que é o *software* mais utilizado na MCDA, devido ao seu reconhecimento prático, representatividade e fundamentação teórica (ENSSLIN *et al.*, 2010). Nesse sentido, para esse estudo, o método MACBETH será utilizado para a transformação de escalar ordinais em cardinais.

Essa fase é composta por 4 etapas: 4.2.1. Elaboração das funções de valor; 4.2.2. Identificação das taxas de compensação; 4.2.3. Avaliação global e; 4.2.4. Perfil de impacto da situação atual.

4.2.1. ELABORAÇÃO DAS FUNÇÕES DE VALOR

Após a identificação das ações potenciais para cada ponto de vista, deve-se transformar as escalas ordinais dos descritores em escalas cardinais. Para esse objetivo pode-se utilizar as funções de valor que auxiliam na articulação das preferências, de forma a ordená-las, quanto à diferença de atratividade, entre pares de nível de impacto ou ações potenciais (ENSSLIN *et al.*, 2000).

Diversos métodos podem ser utilizados para a construção das funções de valor, dentre eles: Método de Julgamento Semântico; Método da Bisseção e; Método de Pontuação Direta (ENSSLIN, MONTIBELLER e NORONHA, 2001). Nesse estudo foi utilizado o Método do Julgamento Semântico, com a aplicação do *Measurind Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH) que permite a construção das funções de valor (BANA E COSTA e VANSNICK, 1995; LONGARAY e ENSSLIN, 2015).

Nessa etapa, ocorre a indicação da diferença de atratividade de cada descritor ao passar de um nível de impacto x para um nível de impacto y , baseando-se em 7 categorias: (i) nula; (ii) muito fraca; (iii) fraca; (iv) moderada; (v) forte; (vi) muito forte e; (vii) extrema (BORTOLUZZI *et al.*, 2017). A Figura 9 ilustra a diferença de atratividade para o descritor do PVE 3.2.3 Consumo de matéria prima não renovável, as demais funções de valor são exibidas no Apêndice C.

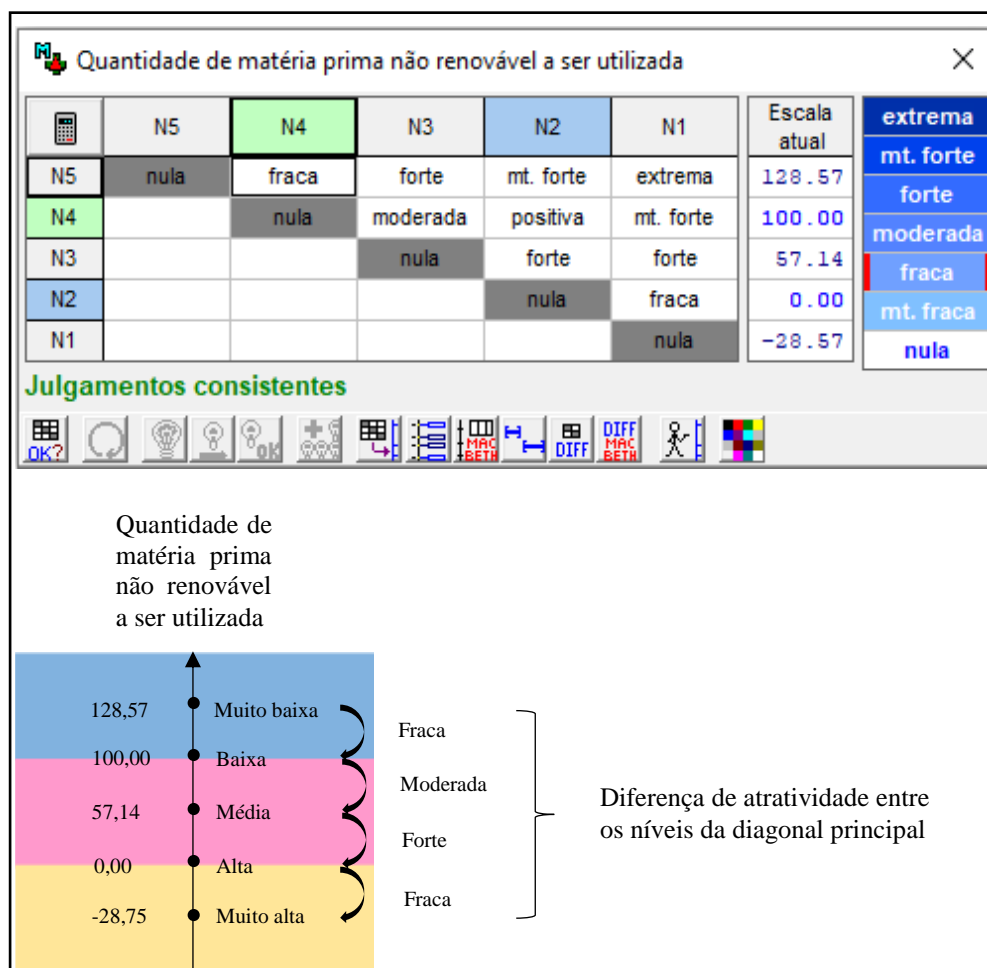


Figura 9. Funções de Valor para o PVE 3.2.3 Consumo de matéria prima não renovável
Fonte: Elaborado pela autora.

Os valores de 0 para o nível de impacto correspondente a “Neutro” e 100 para o nível de impacto considerado “Bom” foram fixados para cada descritor. De forma a explicar a Figura 9, para o descritor do PVE 3.2.3 Consumo de matéria prima não renovável passar do nível N4 para o nível N5, implica em um impacto local de 28,57 pontos no modelo.

Até essa etapa foram obtidas as funções de valor que possibilitam a mensuração cardinal de cada aspecto operacional do contexto decisório. Contudo, ainda não é

possível medir ou comparar desempenhos de aspectos táticos (PVEs) ou estratégicos (PVFs) (ENSSLIN *et al.*, 2016). Com isso, no próximo item ocorre a incorporação das informações que permitem integrar as escalas cardinais, possibilitando a posterior avaliação global do modelo.

4.2.2. IDENTIFICAÇÃO DAS TAXAS DE COMPENSAÇÃO

As taxas de compensação representam a existência da perda de performance de uma ação potencial de um critério para compensar o ganho de desempenho em outro (BOUYSSOU, 1986). Levando-se em consideração que uma ação potencial raramente será melhor do que outras em todos os critérios do modelo, faz-se necessário a identificação dessas taxas de compensação, ou substituição (ENSSLIN *et al.*, 2001).

Para definição das taxas de compensação podem ser utilizadas inúmeras técnicas, como Comparação par-a-par; *Swing Weights* e *Trade-Off* (ENSSLIN *et al.*, 2001). Nesse estudo, será utilizada a Comparação par-a-par através do Método MACBETH.

Inicialmente, realiza-se a ordenação preferencial de cada critério do modelo, utilizando a matriz de ordenamento de Roberts (LONGARAY, 2004). Essa matriz de ordenamento refere-se à pontuação e ordenamento decrescente das alternativas, assumindo valores 0 (quando é preferível a alternativa de uma coluna ao invés da alternativa da linha) ou 1 (quando é preferível a alternativa de uma linha ao invés da alternativa da coluna). A ancoragem de escala é obtida por meio da utilização de uma ação de referência com desempenho Neutro em todos os pontos de vista (VALMORBIDA, 2012). A Figura 10 exibe a identificação das alternativas para o PVE 3.2 Consumo.

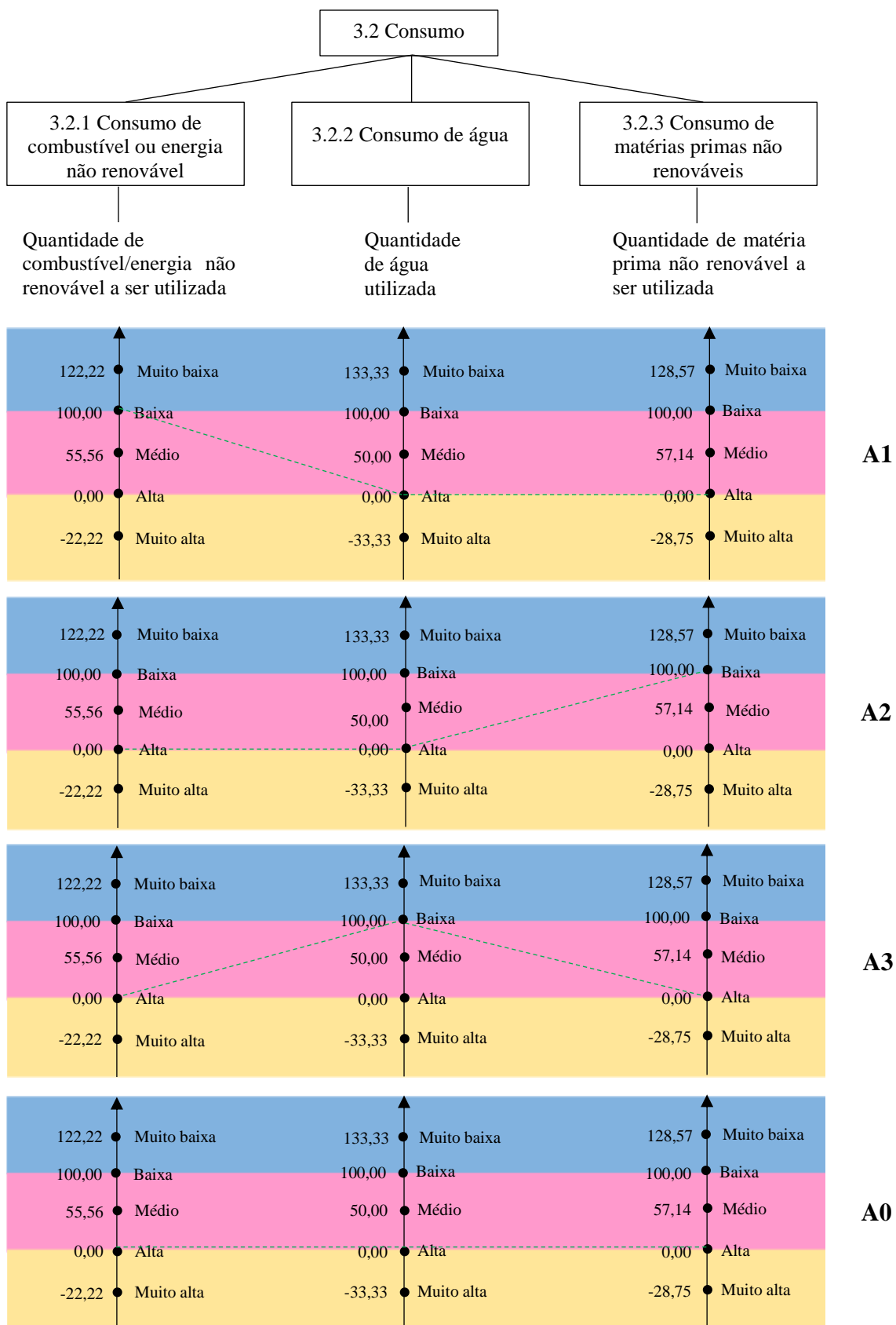


Figura 10. Identificação das alternativas para o PVE 3.2 Consumo
Fonte: Elaborado pela autora.

Apresentada a ordenação de alternativas possíveis dentro do PVE 3.2 Consumo, exibe-se o Quadro 10 com a Matriz de Roberts correspondente.

Quadro 10. Matriz de Roberts para o PVE 3.2 Consumo

	A1	A2	A3	A0	Somatório	Ordem
A1		0	0	1	1	3°
A2	1		1	1	3	1°
A3	1	0		1	2	2°
A0	0	0	0		0	4°
A2>A3>A1>A0						

Fonte: Elaborado pela autora.

Posteriormente, de forma semelhante à determinação das funções de valor, utilizou-se o MACBETH para a transformação das escalas ordinais em cardinais, considerando os julgamentos semânticos (i) indiferente; (ii) muito fraca; (iii) fraca; (iv) moderada; (v) forte; (vi) muito forte e; (vii) extrema, com o objetivo de calcular as taxas de compensação. Com isso, apresenta-se a Figura 11 com as taxas de compensação dos PVEs 3.1 Poluição, 3.2 Consumo e 3.3 Área ocupada do PVF 3 Dimensão Ambiental. As demais taxas de compensação estão exibidas no Apêndice D.

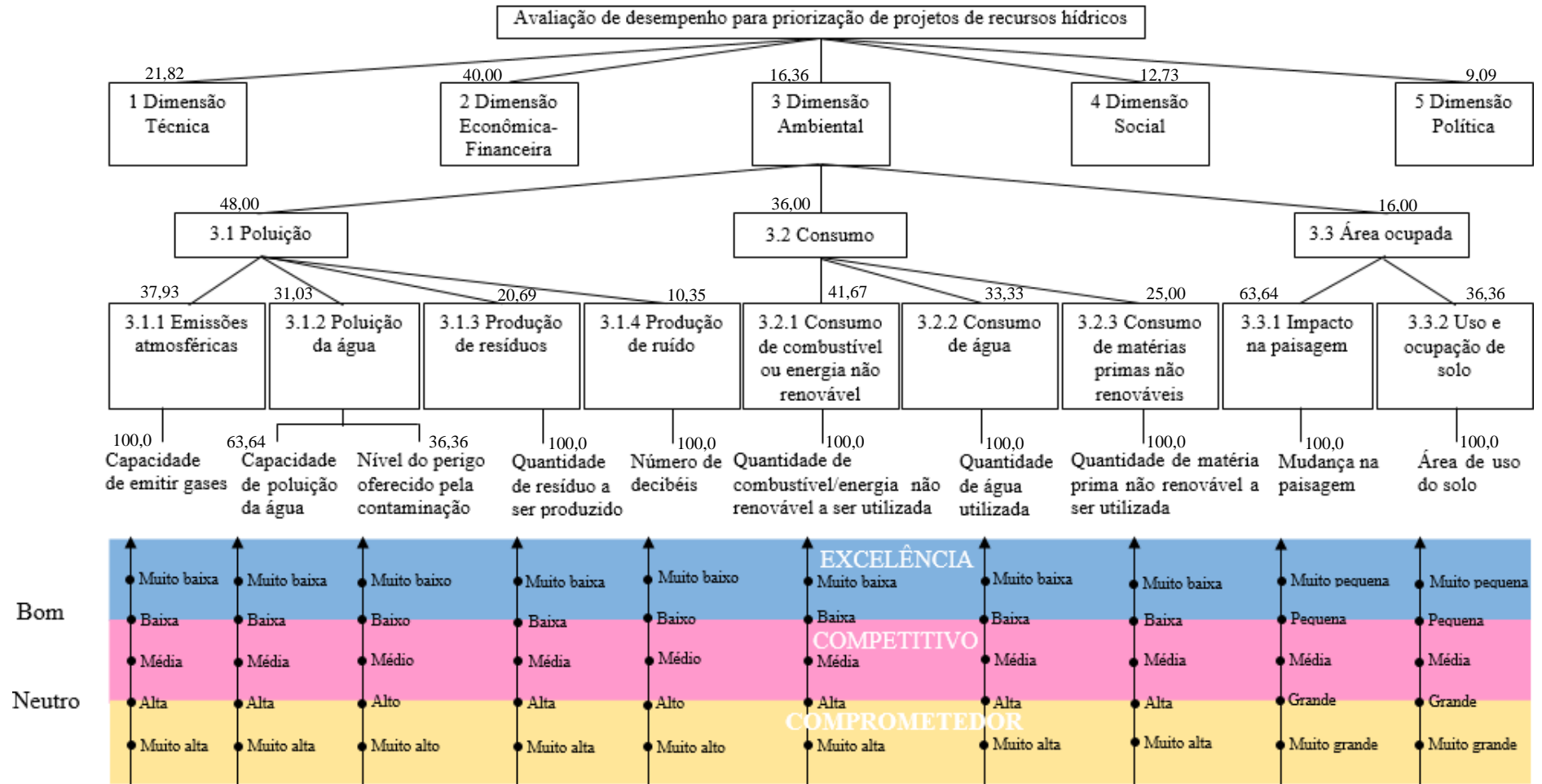


Figura 11. Taxas de Compensação de todos os PVEs do PVF 3 Dimensão Ambiental

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.3. AVALIAÇÃO GLOBAL

A conclusão da determinação das taxas de compensação possibilita as avaliações locais em uma única avaliação global. Para isso utiliza-se a fórmula de agregação aditiva (BANA E COSTA, 1993; ENSSLIN *et al.*, 2001):

$$V_{(a)} = w_1 \cdot v_1(a) + w_2 \cdot v_2(a) + w_3 \cdot v_3(a) \dots + w_n \cdot v_n(a)$$

$$V_{(a)} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot v_i(a)$$

Onde,

$V_{(a)}$ → Valor global da ação a.

$v_1(a), v_2(a), v_3(a), \dots, v_n(a)$ → Valor parcial da ação a nos critérios 1, 2, 3, ..., n.

$w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ → Taxas de compensação dos critérios 1, 2, 3, ..., n.

n → Número de critérios do modelo.

Desta maneira, a fórmula para o cálculo do desempenho global da priorização de projetos de recursos hídricos é:

$$V_{GLOBAL} = 0,2182 \cdot V_{Dimensão\ Técnica}(a) + 0,4 \cdot V_{Dimensão\ Econômica-Financeira}(a) + 0,1636 \cdot V_{Dimensão\ Ambiental}(a) + 0,1273 \cdot V_{Dimensão\ Social}(a) + 0,0909 \cdot V_{Dimensão\ Política}(a)$$

$$V_{Dimensão\ Técnica} = 0,0822 \cdot V_{Origem\ dos\ recursos}(a) + 0,274 \cdot V_{Qualidade}(a) + 0,3698 \cdot V_{Prazo}(a) + 0,0411 \cdot V_{Modificação\ de\ solo}(a) + 0,2329 \cdot V_{Manutenção}(a)$$

$$V_{Origem\ dos\ recursos} = 1 \cdot V_{Utilização\ e\ tecnologias\ e\ recursos\ locais}(a)$$

$$V_{Qualidade} = 0,6667 \cdot V_{Qualidade\ da\ água\ oferecida}(a) + 0,3333 \cdot V_{Qualidade\ do\ serviço\ de\ esgotamento\ sanitário}(a)$$

$$V_{Qualidade\ do\ serviço\ de\ esgotamento\ sanitário}(a)$$

$$V_{Prazo} = 1 \cdot V_{Urgência\ no\ prazo\ de\ execução\ da\ obra}(a)$$

$$V_{Modificação\ do\ solo} = 1 \cdot V_{Rebaixamento\ no\ lençol\ freático}(a)$$

$$V_{Manutenção} = 1 \cdot V_{Complexidade\ na\ manutenção}(a)$$

$$V_{Dimensão\ Econômica-Financeira} = 0,6364 \cdot V_{Lucro}(a) + 0,3636 \cdot V_{Custo}(a)$$

$$V_{Lucro}=1. V_{Retorno\ financeiro}(a)$$

$$V_{Custo}=0,2. V_{Custo\ operacional}(a)+0,224. V_{Custo\ de\ manuten\c\c{o}\ (a)+0,176.$$

$$V_{Custo\ de\ m\c{a}\ de\ obra}(a)+0,28. V_{Custo\ total}(a)+0,12. V_{Custo\ gerado\ aos\ benefici\c{a}\rios}(a)$$

$$V_{Dimens\c{o}\ Ambiental}=0,48. V_{Polui\c\c{o}\ (a)+0,36. V_{Consumo}(a)+0,16.$$

$$V_{\c{A}rea\ ocupada}(a)$$

$$V_{Polui\c\c{o}\ =0,3793. V_{Emiss\c{o}\ es\ atmosf\ericas}(a)+0,3103. V_{Polui\c\c{o}\ da\ \c{a}gua}(a)+0,2069.$$

$$V_{Produ\c\c{o}\ de\ res\iduos}(a)+0,1035. V_{Produ\c\c{o}\ de\ ru\ido}(a)$$

$$V_{Consumo}=0,4167. V_{Consumo\ de\ combust\ivel\ ou\ energia\ n\c{o}\ renov\c{a}vel}(a)+0,3333.$$

$$V_{Consumo\ de\ \c{a}gua}(a)+0,25. V_{Consumo\ de\ mat\er\ias\ primas\ n\c{o}\ renov\c{a}veis}(a)$$

$$V_{\c{A}rea\ ocupada}=0,6364. V_{Impacto\ na\ paisagem}(a)+0,3636. V_{Uso\ e\ ocupa\c\c{o}\ de\ solo}(a)$$

$$V_{Dimens\c{o}\ social}=0,1159. V_{Participa\c\c{o}\ (a)+0,087. V_{Cultura}(a)+0,058. V_{Sa\ude}(a)+0,2319. V_{Gera\c\c{o}\ de\ emprego}(a)+0,029. V_{Padr\c{o}\ de\ vida}(a)+0,4637.$$

$$V_{\c{I}ndice\ de\ cobertura\ do\ servi\c{o}}(a)+0,0145. V_{Migra\c\c{o}\ (a)}$$

$$V_{Participa\c\c{o}\ =1. V_{Participa\c\c{o}\ da\ comunidade\ local}(a)$$

$$V_{Cultura}=1. V_{Cultura\ local}(a)$$

$$V_{Sa\ude}=1. V_{Conscientiza\c\c{o}\ p\ubblica\ sobre\ saneamento\ e\ higiene}(a)$$

$$V_{Gera\c\c{o}\ de\ emprego}=1. V_{Emprego\ de\ equipe\ local}(a)$$

$$V_{Padr\c{o}\ de\ vida}=1. V_{Melhora\ no\ padr\c{o}\ de\ vida\ dos\ benefici\c{a}\rios}(a)$$

$$V_{\c{I}ndice\ de\ cobertura\ do\ servi\c{o}}=0,6923. V_{Indicador\ de\ abastecimento\ de\ \c{a}gua}(a)+0,307$$

$$7. V_{Indicador\ de\ coleta\ de\ esgoto}(a)$$

$$V_{Migra\c\c{o}\ =1. V_{Migra\c\c{o}\ devido\ \c{a}\ falta\ de\ servi\c{o}\s\ de\ saneamento}(a)$$

$$V_{Dimens\c{o}\ pol\itica}=0,6667. V_{Poder}(a)+0,3333. V_{Conflito}(a)$$

$$V_{Poder}=1. V_{Fonte\ da\ demanda}(a)$$

$$V_{Conflito}=1. V_{Efeito\ negativo\ em\ outros\ projetos}(a)$$

A partir da fórmula global, obtida através da agregação das áreas de preocupação, pode-se observar o impacto de cada área de preocupação no desempenho global, de forma a avaliar e priorizar as ações de aperfeiçoamento tanto a nível tático,

quanto estratégico. Sendo assim, a Dimensão técnica causa um impacto de 21,82% no desempenho global, a Dimensão econômica-financeira um impacto de 40%, a Dimensão ambiental um impacto de 16,36%, a Dimensão social um impacto de 12,73% e a Dimensão Política um impacto de 9,09%.

4.2.4. PERFIL DE IMPACTO DA SITUAÇÃO ATUAL

O diagnóstico da situação atual (*status quo*) possibilita um entendimento maior sobre os desempenhos considerados comprometedores, aceitáveis e excelentes, de forma a obter um parâmetro que servirá de referência para estratégias futuras.

Para a realização dessa etapa, são somados os valores dos desempenhos de cada indicador multiplicado pela respectiva taxa de compensação. Nesse sentido, o resultado detalhado do desempenho de cada descritor é apresentado no Quadro 11 e a avaliação global para a priorização de projetos de recursos hídricos está exibida no Apêndice E.

Quadro 11. Perfil de desempenho do *Status Quo* do modelo

(continua)

PVFs/Pontos		PVEs/Pontos		Descritor	Pontos	Perfil de desempenho
1 Dimensão Técnica	16,63	1.1 Origem dos recursos	0	% de tecnologias locais utilizadas	0	Comprometedor
				% de recursos locais utilizados	0	Comprometedor
		1.2 Qualidade	23,48	Qualidade da água oferecida	100	Excelente
				Qualidade do serviço de esgoto oferecido	57,14	Competitivo
		1.3 Prazo	36,98	Urgência no projeto	100	Excelente
		1.4 Modificação de solo	4,11	Necessidade de rebaixamento no lençol freático	100	Excelente
		1.5 Manutenção	11,64	Complexidade na manutenção	50	Competitivo
2 Dimensão Econômica-Financeira	30,74	2.1 Lucro	63,64	Retorno financeiro	100	Excelente
		2.2 Custos	13,2	Custo administrativo	0	Comprometedor
				Custo financeiro	25	Competitivo
				Custos não recuperáveis	25	Competitivo
				Custos de apresentação	0	Comprometedor
				Custos de manutenção	44,44	Competitivo
				Custos de mão de obra	50	Competitivo
				Somatório de todos os custos	55,56	Competitivo
Custos gerados aos usuários do serviço a ser prestado	-66,67	Comprometedor				

(continuação)

3 Dimensão Ambiental	11,28	3.1 Poluição	27,41	Capacidade de emissão de gases	50	Competitivo
				Capacidade de poluição da água	31,82	Competitivo
				Nível do perigo oferecido pela contaminação	36,36	Excelente
				Quantidade de resíduo a ser produzido	57,14	Competitivo
				Produção de ruídos	50	Competitivo
		3.2 Consumo	35,47	Quantidade de combustível/energia não renovável a ser utilizada	122,22	Excelente
				Quantidade de água utilizada	100	Excelente
				Quantidade de matéria prima não renovável a ser utilizada	57,14	Competitivo
		3.3 Área ocupada	11,28	Mudança na paisagem	60	Competitivo
				Área de uso do solo	0	Comprometedor
4 Dimensão Social	7,68	4.1 Participação	11,59	% da comunidade local participativa	100	Excelente
		4.2 Cultura	4,35	Consideração da cultura local	50	Competitivo
		4.3 Saúde	2,9	Número de treinamentos para a conscientização	31,82	Competitivo
				% da comunidade local treinada	18,18	Competitivo
		4.4 Geração de emprego	0	% da comunidade local empregada	0	Comprometedor
		4.5 Padrão de vida	1,45	% da comunidade local que poderá ter melhora no padrão de vida	50	Competitivo
		4.6 Índice de cobertura do serviço	39,23	% da poluição que será abastecida com água	100	Excelente
				% da população que receberá o serviço de esgotamento sanitário	50	Competitivo
4.7 Migração	0,83	% da população que deixará de migrar devido à falta de serviços de saneamento	57,14	Competitivo		
5. Dimensão Política	11,15	5.1 Poder	100	Fonte da demanda	150	Excelente
		5.2 Conflito	22,62	Nível de impacto negativo em outros projetos	35,71	Excelente
				Número de projetos a ser impactados negativamente	32,14	Competitivo

Fonte: Elaborado pela autora.

A pontuação global do modelo foi de 77,48 pontos. As pontuações por área de preocupação foram: 16,63 para a área 1 Dimensão Técnica, 30,74 para a área 2 Dimensão Econômica-Financeira, 11,28 para a área 3 Dimensão Ambiental, 7,68 para a área 4 Dimensão Social e 11,15 para a área 5 Dimensão Política. A Figura 12 apresenta as pontuações obtidas em cada área de preocupação.

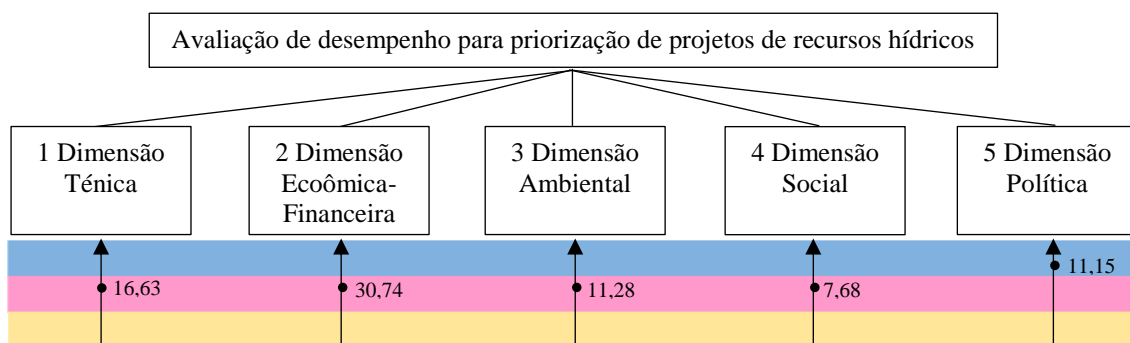


Figura 12. Pontuações por área de preocupação

Fonte: Elaborado pela autora.

Essa etapa possibilitou a expansão do conhecimento a respeito da situação atual, assim como a contribuição de cada critério para o modelo, de forma a identificar aqueles com maior impacto no desempenho global.

4.3 Fase de recomendações

Essa fase da construção do modelo visa levantar sugestões para cada descritor identificado como comprometedor na avaliação do contexto decisório, a partir da determinação do perfil de impacto da situação atual. Ela encontra-se dividida em 2 etapas: 4.3.1 Análise da sensibilidade e 4.3.2 Formulação das recomendações.

4.3.1 ANÁLISE DA SENSIBILIDADE

Essa etapa visa verificar se o resultado final das alternativas varia quando os valores dos parâmetros são mudados, de forma a permitir a visualização de uma possível variação na avaliação das ações potenciais, caso algum parâmetro seja alterado (ENSSLIN *et al.*, 2001). Dessa forma, neste estudo será realizada a análise de sensibilidade das taxas de compensação.

Para analisar a sensibilidade, Ensslin *et al.* (2001) sugere a alteração das taxas de compensação em 10% para mais e para menos. Sendo assim, utiliza-se a fórmula a seguir para calcular as novas taxas de compensação após a alteração:

$$w'_n = \frac{w_n(1 - w'_1)}{1 - w_1}$$

Onde,

$w_1, w_2, w_3, \dots, w_n \rightarrow$ Taxas de compensação originais dos critérios

$w'_1, w'_2, w'_3, \dots, w'_n \rightarrow$ Taxas de compensação modificadas dos critérios

Sendo assim, apresenta-se a análise de sensibilidade das taxas de compensação do PVE 3.2 Consumo no Quadro 12.

Quadro 12. Análise de sensibilidade do PVE 3.2 Consumo

Ação	Avaliação original		Avaliação + 10%		Avaliação - 10%	
	W1 = 36		W1' = 39,6		W'' = 32,4	
	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação
3.2.1 Consumo de combustível ou energia não renovável	50,93	1°	56,02	1°	45,84	1°
3.2.2 Consumo de água	33,33	2°	36,663	2°	30	2°
3.2.3 Consumo de matéria prima não renovável	14,28	3°	15,71	3°	12,85	3°

Fonte: Elaborado pela autora.

O modelo é considerado robusto quando as 3 primeiras posições permanecem inalteradas (ENSSLIN *et al.*, 2001). Dessa maneira, analisando o Quadro 12, percebe-se que tanto o aumento, quanto a redução de 10% da taxa de compensação do PVE 3.2 Consumo não gerou uma alteração expressiva na avaliação global, visto que a ordem de preferência das ações permanece a mesma. A análise de sensibilidade dos demais critérios encontra-se no Apêndice F.

4.3.2 FORMULAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES

Após a identificação do *status quo* do modelo são analisados os descritores que apresentaram um nível de desempenho comprometedor. Dessa forma, observou-se que 7 descritores apresentaram nível de desempenho comprometedor e com isso, realizou-se uma análise detalhada desses descritores, de forma a identificar sua influência na avaliação global do modelo, conforme apresentado no Quadro 13.

Quadro 13. Descritores com nível de desempenho comprometedor

PVE	Descritor	Contribuição do descritor para o modelo	Contribuição do PVF para o modelo
1.1 Origem dos recursos	% de tecnologias locais utilizadas	63,64%	O descritor impacta 63,64% no PVE 1.1.1, que por sua vez impacta 100% no PVE 1.1 que impacta 8,22% no PVF 1 que tem impacto global de 21,82%
	% de recursos locais utilizados	36,36%	O descritor impacta 36,36% no PVE 1.1.1, que por sua vez impacta 100% no PVE 1.1 que impacta 8,22% no PVF 1 que tem impacto global de 21,82%
2.2 Custos	Custo administrativo	25%	O descritor impacta 25% no PVE 2.2.1, que por sua vez impacta 20% no PVE 2.2 que impacta 36,36% no PVF 2 que tem impacto global de 40%
	Custos de apresentação	25%	O descritor impacta 25% no PVE 2.2.1, que por sua vez impacta 20% no PVE 2.2 que impacta 36,36% no PVF 2 que tem impacto global de 40%
	Custos gerados aos usuários do serviço a ser prestado	100%	O descritor impacta 100% no PVE 2.2.5, que por sua vez impacta 12% no PVE 2.2 que impacta 36,36% no PVF 2 que tem impacto global de 40%
3.3 Área ocupada	Área de uso do solo	100%	O descritor impacta 100% no PVE 3.3.2, que por sua vez impacta 36,36% no PVE 3.3 que impacta 16% no PVF 3 que tem impacto global de 16,36%
4.4 Geração de emprego	% da comunidade local empregada	100%	O descritor impacta 100% no PVE 4.4.1, que por sua vez impacta 100% no PVE 4.4 que impacta 23,19% no PVF 4 que tem impacto global de 12,73%

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir da identificação desses descritores com nível comprometedor elaborou-se ações de melhorias para cada um deles, através de metas e planos de ação. Um exemplo de plano de ação pode ser observado no Quadro 14, enquanto os demais estão ilustrados no Apêndice G.

Quadro 14. Planos de ação para o PVE 2.2 Custos

PVE	2.2 Custos
Descritor	Custo administrativo
Ações propostas	- Redução de gastos com salários, matéria prima, água, luz, dentre outros.
Resultado esperado	Passar de “Alto” para “Baixo”
Impacto no descritor	Passar de N2 (00,00) para N4 (63,64)

Fonte: Elaborado pela autora.

Com o atendimento do plano de ação proposto para os 7 descritores e a alteração dos demais indicadores no nível atual, objetiva-se que a avaliação global evolua de 77,48 pontos para 86,15 pontos, correspondendo a um aumento de 8,67 pontos.

Concluindo, essa etapa possibilitou a identificação de pontos fortes e pontos fracos do modelo, de forma a sugerir melhorias, planejando em nível estratégico metas para aperfeiçoar as áreas de preocupação com desempenhos que podem ser melhorados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à limitada capacidade financeira para executar todos os projetos de recursos hídricos pertencentes a um portfólio, ocasionado pelo fato de normalmente o investimento necessário para a realização dos projetos excederem o orçamento de programas disponíveis, torna-se necessário à priorização dos mesmos para a posterior execução. Diante desse cenário, surgiu o seguinte problema de pesquisa desse estudo: “De que forma é possível realizar a priorização de projetos de recursos hídricos de modo eficiente e eficaz?”. Para responder a esse questionamento, foi determinado o objetivo geral de “Desenvolver um modelo multicritério que apoie a decisão referente à priorização de projetos de recursos hídricos”.

No intuito de concluir o objetivo geral, foram definidos 5 objetivos específicos. O primeiro objetivo específico foi concluído através de uma análise bibliométrica que está apresentada no item 3.5.1. Já o segundo foi realizado a partir da metassíntese ilustrada no item 3.5.2. Esses dois primeiros objetivos correspondem à revisão sistemática da literatura que ilustrou o estado da arte sobre a aplicação de modelos de apoio à decisão com ênfase ao método multicritério na priorização de projetos de recursos hídricos. Em relação aos demais objetivos específicos, os três foram concluídos na seção 4 com a proposição do modelo multicritério, sendo que cada um dos 3 últimos objetivos corresponde a cada uma das fases de estruturação, avaliação e recomendações, respectivamente.

A realização da revisão sistemática da literatura permitiu a identificação de 19 artigos sobre a temática estudada. E através desse portfólio, além de terem sido identificados autores e periódicos relevantes para a temática, percebeu-se: (i) a recorrente aplicação de Métodos de Apoio a Decisão Multicritério para a priorização de projetos de recursos hídricos; (ii) a existência de diversos setores de interesse quando se trata de projetos de recursos hídricos, com uma maior atenção do governo e das companhias de saneamento; (iii) a falta de divulgação dos atores envolvidos na decisão, talvez devido ao fato de se manter sigilo sobre os participantes; (iv) a falta de atenção às técnicas que apoiam o consenso da decisão e; (v) que além da análise da Dimensão Econômica, outras dimensões vêm sendo consideradas na seleção desses projetos, principalmente as Dimensões Social e Ambiental.

Quanto à proposição do modelo de apoio a decisão multicritério para a priorização de projetos de recursos hídricos, o modelo foi construído a partir de

entrevistas com funcionários de uma companhia de abastecimento de água da região sul do país, somada as evidências encontradas através da revisão sistemática.

Na fase de estruturação, inicialmente dissertou-se sobre a contextualização do problema, de forma a oferecer um maior entendimento sobre a problemática e o contexto decisório. Posteriormente, foram definidos 31 Pontos de Vista Elementares (PVEs) agrupados em 5 Áreas de Preocupação: (i) Dimensão Técnica; (ii) Dimensão Econômica-Financeira; (iii) Dimensão Ambiental; (iv) Dimensão Social e; (v) Dimensão Política. E por último foram construídos 38 descritores, que são escalas ordinais com níveis de referência “Bom” e “Neutro” fixados nas escalas, de forma a permitir a comparação de desempenho entre os descritores.

Na fase de avaliação, primeiramente foi estabelecida a diferença de atratividade ao passar de um nível para o outro em cada um dos descritores. Com isso, foram construídas as funções de valor, através do julgamento semântico, com o auxílio do método *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* – MACBETH, transformando as escalas ordinais dos descritores em escalas cardinais. Posteriormente, também com a utilização do MACBETH, junto da Matriz de Roberts, realizou-se a identificação das taxas de compensação de cada critério, de forma a agregar o modelo através da fórmula de agregação aditiva.

Na última fase do modelo, foi verificada a robustez do modelo através da análise de sensibilidade, investigando se a alteração em uma taxa de compensação afeta significativamente as demais taxas de compensação. Após isso, foram elaboradas as recomendações para os 7 descritores que obtiveram um desempenho considerado comprometedor. Assim, o plano de ação proposto visa à evolução da avaliação global do modelo de 77,48 pontos para 86,15 pontos.

Com isso, de forma resumida, as contribuições do estudo estão na apresentação de um panorama atual sobre a temática estudada na revisão sistemática, e na proposição de um modelo multicritério de apoio à decisão para a priorização de projetos de recursos hídricos, que poderá servir como base para outras priorizações de projetos do mesmo setor analisado.

As delimitações do estudo se concentram no fato de o modelo proposto não poder ser reaplicado em outras situações por ter sido desenvolvido para um contexto decisório específico, somente se realizado os ajustes necessários ao contexto decisório. Somado a isso, outra limitação é que foi utilizado um método multicritério também específico que pode, eventualmente, não ser o método mais adequado para outro

contexto. Por isso, a análise e escolha do método a ser utilizado é sempre tão importante quanto o desenvolvimento do próprio modelo.

Como sugestão para estudos futuros, indica-se a elaboração de modelos de apoio a decisão em companhias de saneamento, possibilitando um apoio às decisões referentes à priorização de projetos, para que os investimentos sejam realizados de uma forma estruturada, com cunho científico, e que sejam considerados outros aspectos que não só os financeiros.

Referências

- AL-KLOUB, B.; AL-SHEMMERI, T.; PEARMAN, A. The role of weights in multi-criteria decision aid, and the ranking of water projects in Jordan. *European Journal of operational research*, v. 99, n. 2, 1997, p. 278-288.
- ALSHUWAIKHAT, H. M. Strategic environmental assessment can help solve environmental impact assessment failures in developing countries. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 25, 2005, p. 307–317.
- ANAGNOSTOPOULOS, K.P.; PETALAS, C. A fuzzy multicriteria benefit–cost approach for irrigation projects evaluation. *Agricultural Water Management*, v. 98, n. 9, 2011, p. 1409-1416
- ANANDALINGAM, G.; OLSSON, C. E. A multi-stage multi-attribute decision model for project selection. *European journal of operational research*, v. 43, n. 3, 1989, p. 271-283.
- ARAÚJO, C.A.A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em questão*, v. 12, n. 1, 2006, p. 11-32.
- AROEIRA, R. D. M. Plano Municipal de Saneamento Básico: a experiência de Belo Horizonte. In: BRASIL *Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e a gestão dos serviços públicos*. Brasília: Programa Modernização do Setor Saneamento, v. 1, 2009. Cap. 1.2, p. 54-86.
- AURIT, S.A. The Role of Decision Making Software in Effective Selection of Project Alternatives. *Proceedings of the Water Environment Federation*, v. 2006, n. 7, 2006, p. 4809-4821.
- AZEVEDO, R.C; ENSSLIN, L.; LACERDA, R.T.O.; FRANÇA, L.A.; JUNGLES, A.E.; ENSSLIN, S.R. Modelo para avaliação de desempenho: aplicação em um orçamento de uma obra de construção civil. *Produção*, v. 23, n.4, 2013b, p. 705-722.
- AZEVEDO, R.C.; LACERDA, R.T.O.; ENSSLIN, L.; JUNGLES, A.E. Performance measurement to aid decision making in the budgeting process for apartment-building construction: case study using MCDA-C. *Journal of Construction Engineering and Management*, v.139, n.2, 2013a, p.225–235.
- BANA E COSTA, C.A. Três convicções fundamentais na prática do apoio à decisão. *Pesquisa Operacional*, v. 13, 1993, p. 1-12.
- BANA e COSTA, C.A.; VANSNICK, J.C. Uma Nova Abordagem ao Problema de Construção de uma Função de Valor Cardinal: MACBETH. *Investigação Operacional*, v. 15, 1995, p. 15-35.
- BARBAROSOGLU, G; PINHAS, D. Capital rationing in the public sector using the analytic hierarchy process. *The Engineering Economist*, v. 40, n. 4, 1995, p. 315-341.
- BARBETTA, Pedro Alberto. *Estatística aplicada às ciências sociais*. 9. ed. Florianópolis: UFSC, 2014
- BARCLAY, C.; OSEI-BRYSON, K-M. Project performance development framework: An approach for developing performance criteria & measures for information systems (IS) projects. *International Journal of Production Economics*, v. 124, n. 1, 2010, p. 272-292.
- BISHOP, A. Bruce. An approach to evaluating environmental, social, and economic factors in water resources planning. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 8, n. 4, 1972, p. 724-734.

- BONDAS T, Hall EOC. Challenges in approaching metasynthesis research. *Qualitative Health Research*, v. 17, 2007, p. 113-21.
- BORTOLUZZI, S.C.; ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L. Avaliação de desempenho dos aspectos tangíveis e intangíveis da área de mercado: estudo de caso em uma média empresa industrial. *Revista brasileira de gestão de negócios*, v. 12, n. 37, 2010, p. 425-466.
- BORTOLUZZI, S.C.; ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L. Multicriteria performance evaluation as an aid for management of companies: Implementation in a service company. *Gestão e Produção*, v. 18, n. 3, 2011, p. 633-650.
- BORTOLUZZI, S.C.; ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L.; ALMEIDA, M.O. O. Multicriteria decision aid tool for the operational management of an industry: a constructivist case. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, v.14, n.2, 2017, p.165-182.
- BRADFORD, S. C. Sources of Information on scientific subjects. *Engineering*, n. 137, 1934, p. 85-6.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica*. Organização Pan-Americana da Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.
- CAMPOS, V.R.; CAZARINI, E.W. Indicadores para a avaliação de projetos de saneamento. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 8, n. 3, 2017.
- CAMPOS, E.A.R.D.; PAULA, I.C.D.; PAGANI, R.N.; GUARNIERI, P. Reverse logistics for the end-of-life and end-of-use products in the pharmaceutical industry: a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 22, n. 4, 2017, p. 375-392.
- CARDOSO, T.L.; ENSSLIN, S.R.; DIAS, J. Avaliação de desempenho da sustentabilidade financeira da universidade do mindelo (cabo verde): um modelo multicritério construtivista. *Revista Eletrônica de Estratégia e Negócios*, v. 9, n. 2, 2016, p. 221-252.
- CARRIAGA, C.C.; SCHLUND, S.S. Selection of Best Channel Design Alternative for Watercourse Master Plan. In: *Building Partnerships*. 2000. p. 1-10.
- CASTRO, H.G.; CARVALHO, M.M. Gerenciamento do portfólio de projetos: um estudo exploratório. *Gestão & Produção*, v. 17, n. 2, 2010, p. 283-296.
- CASTRO, C.N. Gestão das águas: experiências internacional e brasileira. Texto para Discussão, *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)*, 2012.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 01, de 23 de janeiro de 1986. *Dispõe sobre procedimentos relativos ao Estudo de Impacto Ambiental*. Publicada no Diário Oficial da União, de 17/02/1986, p. 2548-2549.
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. *Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação*. Bookman, 2005.
- COOPER, H. Applied social research methods series: Vol. 2. *Research synthesis and meta-analysis: A step-by-step approach* (4th ed.). Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc, 2010.
- DELLA BRUNA, E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R. Supply chain performance evaluation: a case study in a company of equipment for refrigeration. In: *Technology Management Conference*, 2011 IEEE International, 2011, 969-978.
- ENSSLIN, L.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S.R. MCDA: A Constructivist Approach to the Management of human Resources at a Governmental Agency. *International Transactions in Operational Research*, v. 17, n. 1, 2000, p. 79-100.
- ENSSLIN, L.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S.R.; LONGARAY, A.A.; DEZEM, V. Constructivist model of bank management support. *Espacios*, v. 37, n. 9, 2016.

- ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L.; BACK, F.; LACERDA, R.T.O. Improved decision aiding in human resource management: a case using constructivist multi-criteria decision aiding. *The International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 62, 2013b, p. 735-757.
- ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; ROCHA, S.; MARAFON, A.D.; MEDAGLIA, T.A. Multi-criteria decision-aid constructivist model in the supplier evaluation process. *Produção*, v. 23, n. 2, 2013a, p. 402-421.
- ENSSLIN, L.; GIFFHORN, E.; ENSSLIN, S.R.; PETRI, S.M.; VIANNA, W.B. Avaliação do Desempenho de Empresas Terceirizadas com o Uso da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão- Construtivista. *Revista Pesquisa Operacional*, v. 30, n. 1, 2010, p. 125-152.
- ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.N.; NORONHA, S.M. Apoio à Decisão: Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas. Insular, Florianópolis, 2001.
- EUROPEAN COMMISSION (EC). *Aid Delivery Methods - Project Cycle Management Guidelines*. V. 1, 2004. Disponível em: https://ec.europa.eu/europeaid/sites/devco/files/methodology-aid-delivery-methods-project-cycle-management-200403_en_2.pdf Acesso em: 15 de setembro de 2018.
- EVANS, R.G.; SADLER, E.J. Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water resources research*, v. 44, n. 7, 2008.
- FINFGELD, D.L. Metasynthesis: the state of the art – so far. *Qualitative Health Research*, v. 13, n. 6, 2003, p. 893-904.
- GARFÌ, M.; FERRER-MARTÍ, L. Decision-making criteria and indicators for water and sanitation projects in developing countries. *Water Science & Technology*, v. 64, n. 1, 2011, p. 83-101.
- GOMES, J.L.; BARBIERI, J.C. Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no Estado de São Paulo: um novo modelo de política pública. *Cadernos EBAPE. BR*, v. 2, n. 3, 2004, p. 01-21.
- GOODWIN, P.; WRIGHT, G. *Decision Analysis for Management Judgment*. John Wiley & Sons, Chichester, 1998.
- GOUGH, J.D.; WARD, J.C. 1996 Environmental decision making and lake management. *Journal of Environmental Management*, v. 48, 1996, P. 1-15.
- GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H. A review of reverse logistics and closed-loop supply chains: a Journal of Cleaner Production focus. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, 2017, p. 371-384.
- HAJKOWICZ, S.; COLLINS, K. 2007 A Review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resources Management*, 21, 2007, p. 1553-1566.
- HAJKOWICZ, S.; HIGGINS, A. A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. *European Journal of Operational Research*. v. 184, 2008, p. 255-265.
- HAMOUDA, M.A., ANDERSON, W.P.; HUCK, P.M. Decision support systems in water and wastewater treatment process selection and design: a review. *Water Science and Technology*, v. 60, n. 7, 2009, p. 1757-1770.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR (IDEC). *Consumo sustentável: Manual de educação*. Brasília: Consumers International/MMA/MEC/IDEC, 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. *Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2017*. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 7, 2017.

- JORGE, D.; ALLIPRANDINI, D.; SCUR, G. Framework for prioritizing industrial projects based on portfolio management: Development and application in an automotive company. *Framework*, v. 38, n. 12, 2017.
- KARNIB, A. An approach to elaborate priority preorders of water resources projects based on multi-criteria evaluation and fuzzy sets analysis. *Water resources management*, v. 18, n. 1, 2004, p. 13-33.
- KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. New York: Wiley, 1976.
- KEENEY, R. L. *Value-Focused thinking: a path to creative decision-making*. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- LACERDA, R.T.O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R. A Study Case about a Software Project Management Success Metrics. In: *Software Engineering Workshop (SEW)*, 2009 33rd Annual IEEE. IEEE, 2009. p. 45-54.
- LACERDA, R.T.O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R. Um estudo de caso sobre gerenciamento de portfólio de projetos e apoio à decisão multicritério. *Revista Gestão Industrial*, v. 6, n. 1, 2010.
- LACERDA, R.T.D.O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. A performance measurement framework in portfolio management: a constructivist case. *Management Decision*, v.49, n.4, 2011a, p.648-668.
- LACERDA, R.T.D.O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. A performance measurement view of IT project management. *The International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 60, n. 2, 2011b, p. 132-151.
- LACERDA, R.T.D.O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Research opportunities in strategic management field: a performance measurement approach. *International Journal of Business Performance Management*, v.15, n.2, 2014, p.158-174.
- LACERDA, R.T.D.O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; DUTRA, A. A constructivist approach to manage business process as a dynamic capability. *Knowledge and Process Management*, v.21, n.1, 2014, p.54-66.
- LACERDA, R.T.D.O., ENSSLIN, L.; KRUGER, A.C.; ENSSLIN, S.R. Performance Evaluation in the Brazilian Public Sector. *Public Administration Research*, v.6, n.1, 2017.
- LAHTINEN, T.J.; HÄMÄLÄINEN, R.P.; LIESIÖ, J. Portfolio decision analysis methods in environmental decision making. *Environmental Modelling & Software*, v. 94, 2017, p. 73-86.
- LIMA, M.T.A.; OLIVEIRA, E.C.B.; ALENCAR, L.H. Modelo de apoio à decisão para priorização de projetos em uma empresa de saneamento. *Production*, v. 24, n. 2, 2014, p. 351-363.
- LONGARAY, A.A.; ENSSLIN, L. Uso da MCDA na identificação e mensuração da performance dos critérios para a certificação dos hospitais de ensino no âmbito do SUS. *Produção*, n.1, 2014. p. 41-56.
- LONGARAY, A.A.; ENSSLIN, L. Use of Multi-Criteria Decision Aid to Evaluate the Performance of Trade Marketing Activities of a Brazilian Industry. *Management and Organizational Studies*, v. 2, n.1, 2015, p. 15-31.
- LONGARAY, A.; ENSSLIN, L.; MACKNESS, J. Multicriteria decision analysis to lead about messy problems: An illustrated case. *Independent Journal of Management & Production*, v. 5, n. 3, 2015, p. 677-692.
- LONGARAY, A.A.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; ALVES, G., DUTRA, A.; MUNHOZ, P. Using MCDA to evaluate the performance of the logistics process in public hospitals: the case of a Brazilian teaching hospital. *International Transactions in Operational Research*, v.25, n.1, 2017, p.133-156.

- LONGARAY, A.A.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; ROSA, I.O. Assessment of a Brazilian public hospital's performance for management purposes: a soft operations research case in action. *Operations Research for Health Care*, v. 5, 2015, p. 28–48.
- LOTKA, A.J. The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington academy of sciences*, v. 16, n. 12, 1926, p. 317-323.
- MALCZEWSKI, J. Propagation of errors in multicriteria location analysis: a case study. In: Multiple Criteria Decision Making (G. Fandel & T. Gal, ed.). *Proceedings of the Twelfth International Conference Hagen, Germany*, 1997.
- MARINONI, O.; HIGGINS, A.; HAJKOWICZ, S. A Multi Criteria Knapsack Solution to Optimise Natural Resource Management Project Selection. In: *Multiple Criteria Decision Making for Sustainable Energy and Transportation Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 47-55.
- MARQUES, G.; GOURC, D.; LAURAS, M. Multi-criteria performance analysis for decision making in project management. *International Journal of Project Management*, v. 29, n. 8, 2011, p. 1057-1069.
- MICHELSEN, A.M.; BARGUR, J. Developing Economic Performance Information for Water Management. Projects in North China. *Proceedings 1994 WWRC*, v. 94, 1994, p. 31.
- MELO, F.L.N.B.; SILVA, MP.; SILVA, R.R.; AIRES, R.F.F. Apoio ao processo de avaliação do serviço de abastecimento de água no Rio Grande do Norte: uma abordagem multicritério. *Rev. Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 23, n. 4, 2018, p. 675-686.
- MIRANDA, A.B.; TEIXEIRA, B.A.N. Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. *Rev. Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 9, n. 4, 2004, p. 269-279.
- MONTIBELLER, G.; BELTON, V.; ACKERMANN, F.; ENSSLIN, L. Reasoning maps for decision aid: an integrated approach for problem-structuring and multi-criteria evaluation. *Journal of the Operational Research Society*, v. 59, n. 5, 2008, p. 575-589.
- MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, v. 151, n. 4, 2009, p. 264-269.
- MORAES, L.; GARCIA, R.; ENSSLIN, L.; CONCEIÇÃO, M.; CARVALHO, S. The multicriteria analysis for construction of bench markers to support the Clinical Engineering in the Healthcare Technology Management. *European Journal of Operational Research*, v. 200, n. 2, 2010, p. 607-615.
- MORAIS, J.L.M.; FADUL, E.; CERQUEIRA, L.S. Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: Um estudo nos estados do nordeste do Brasil. *Revista Eletrônica de Administração*, v. 24, n. 1, 2018, p. 238-264.
- NEELY, W.P.; NORTH, R.M. A portfolio approach to public water project decision making. *Water Resources Research*, v. 12, n. 1, 1976, p. 1-5.
- NIJKAMP, P.; RIETVELD, P.; VOOGD, H. *Multicriteria Evaluation in Physical Planning*. Amsterdam: North Holland, 1990.
- NOBLIT, G.W.; HARE, R.D. *Meta-ethnography: synthesizing qualitative studies*. Newbury Park, CA: Sage, 1988.
- OLIVEIRA, L.V.; LACERDA, R.T.O.; FIATES, G.G.S.; ENSSLIN, S.R. Avaliação de Desempenho e Gerenciamento de Projetos: Uma Análise Bibliométrica. *Gestão e Projetos: GeP*, v. 7, n. 1, 2016, p.95-113.

- PADOVANI, M.; CARVALHO, M.M.D.; MUSCAT, A.R N. Seleção e alocação de recursos em portfólio de projetos: estudo de caso no setor químico. *Gestão & Produção*, v. 17, n. 1, 2010, p. 157-180.
- PATANAKUL, P.; MILOSEVIC, D. The effectiveness in managing a group of multiple projects: Factors of influence and measurement criteria. *International Journal of Project Management*, v. 27, n. 3, p. 216-233, 2009.
- PIZELLA, D.G.; SOUZA, M.P. Análise da sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas doces superficiais brasileiras. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 12, n. 2, 2007, p. 139-148.
- REINA, D.R.M.; ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L.E.; REINA, D. Seleção e Análise do Perfil da Produção Científica sobre o tema Seleção de Projetos. *REGE Revista de Gestão*, v. 21, n. 1, 2014, p. 3-25.
- RIBEIRO, M.C.C.R.; ALVES, A.S. O problema de seleção de portfólio de projetos de pesquisa em instituições de ensino: Um estudo de caso. *Gestão & Produção*, v. 24, n. 1, 2017, p. 25-39.
- ROBERTS, F.S. *Measurement theory*. Addison-Wesley, 1979.
- ROESCH, S.M.A. *Projetos de estágio e de pesquisa em Administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso* (3a ed.). São Paulo: Atlas, 2013.
- ROSA, F.S.; ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L.; LUNKES, R.J. Management environmental disclosure: a construtivist case. *Management Decision*, v. 50, n. 6, 2012, p. 1117-1136.
- ROY, B. Decision science or decision-aid science?. *European journal of operational research*, v. 66, n. 2, p. 184-203, 1993.
- ROY, B. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1996.
- ROY, B. *Paradigms and challenges*. In: Greco, J, & Ehrgott, S. (Ed.), *Multicriteria Decision Analysis: state of the art survey* (03-24). Boston: Springer Verlag, 2005.
- ROY, B. Robustness in operational research and decision aiding: A multi-faceted issue. *European Journal of Operational Research*, v. 200, n. 3, 2010, p. 629-638.
- Roy, B.; Bouyssou, D. Decision-aid: an elementary introduction with emphasis on multiple criteria. *Information Science and Technology*, v. 2, 1993, p. 109-123.
- SAATY, T. L. *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process in a Complex World*. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 1994.
- SANDELOWSKI, M, BARROSO, J. Writing the proposal for a qualitative research methodology project. *Qualitative Health Research*, v. 13, n. 7, 2003, p. 781-820.
- SANCHEZ-LOPES, R., BANA E COSTA, C.A., BAETS, B. The MACBETH approach for multi-criteria evaluation of development projects on cross-cutting issues. *Annals of Operations Research*, v. 199, n. 1, 2012, p. 393-408.
- SCIMAGO. *SCImago journal rank* (SJR). SCImago, 2017.
- TASCA, E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.; ALVES, B. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. *Journal of European Industrial Training*, v. 34, n. 7, 2010, p. 631-655.
- THEODORO, H.D.; NASCIMENTO, N.O.; & HELLER, L. Análise comparativa da gestão institucional de recursos hídricos via estudo de casos internacionais. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 13, n. 2, 2016, p. 110-128.
- THOMSON REUTERS. *Journal Citation Reports* (JCR). Thomson Reuters, 2017
- THORNE, S.; JENSEN, L.; KEARNEY, M.H., NOBLIT G., SANDELOWSKI M. Qualitative metasynthesis: reflections on methodological orientation and ideological agenda. *Qualitative Health Research*, v. 14, n. 4, 2004, p.1342-1365.

- TOOSI, S.L.R.; SAMANI, J.M.V; DESFULI, A.K. Ranking water transfer projects using fuzzy methods. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, v. 163, n. 4, 2010, p. 189.
- TOOSI, S.L.R.; SAMANI, J.M.V. Evaluating water transfer projects using analytic network process (ANP). *Water resources management*, v. 26, n. 7, 2012, p. 1999-2014.
- VALMORBIDA, S.M.I. *Avaliação de desempenho como instrumento de apoio ao gerenciamento da Diretoria de Planejamento e Administração de uma Universidade Pública Federal: uma perspectiva multicritério* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.
- VALMORBIDA, S.M.I.; ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L.; RIPOLL-FELIU, V. M. Rankings universitários mundiais. Que dizem os estudos internacionais? *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, v. 14, n. 2, 2016, p. 5-29.
- VIDAL, L-A.; MARLE, F. Understanding project complexity: implications on project management. *Kybernetes*, v. 37, n. 8, 2008, p. 1094-1110.
- VIDAL, L-A.; MARLE, F.; BOCQUET, J-C. Using a Delphi process and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate the complexity of projects. *Expert systems with applications*, v. 38, n. 5, 2011, p. 5388-5405.
- WILSON, D.; WHITEMAN, A., TORMIN, A. Strategic Planning Guide for Municipal Solid Waste Management. *Environmental Resources Management (ERM)*, 2004. Disponível em: www.worldbank.org/urban/solid_wm/erm/start_up.pdf. Acesso em: 3 de setembro de 2018.
- WU, W.; DANDY, G.C.; MAIER, H.R.; MAHEEPALA, S.; MARCHI, A.; MIRZA, F. Identification of optimal water supply portfolios for a major city. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 143, n. 9, 2017, p. 05017007.
- XUAN MY TRAN, T.; MALANO, H.M.; THOMPSON, R.G. Application of the analytic hierarchy process to prioritise irrigation asset renewals: the case of the La Khe irrigation scheme, Vietnam. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 10, n. 6, 2003, p. 382-390.
- ZAMCOPE, F.C.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Construction of a model for corporate sustainability assessment: A case study in the textile industry. *Gestão & Produção*, v. 19, n. 2, 2012, p. 303-321.
- ZARGHAMI, M.; ARDAKANIAN, R.; MEMARIANI, A.; SZIDAROVSKY, F. Extended OWA operator for group decision making on water resources projects. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 134, n. 3, 2008, p. 266-275.
- ZIPF, G. K. *Human Behavior and the Principle of Least Effort*. Cambridge: Addison-Wesley, 1949.
- ZNOTINAS, N. M.; HIPEL, K.W. Comparison of alternative engineering. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 15, n. 1, 1979, p. 44-59.

Apêndice A – Estrutura Hierárquica de Valor por área de preocupação

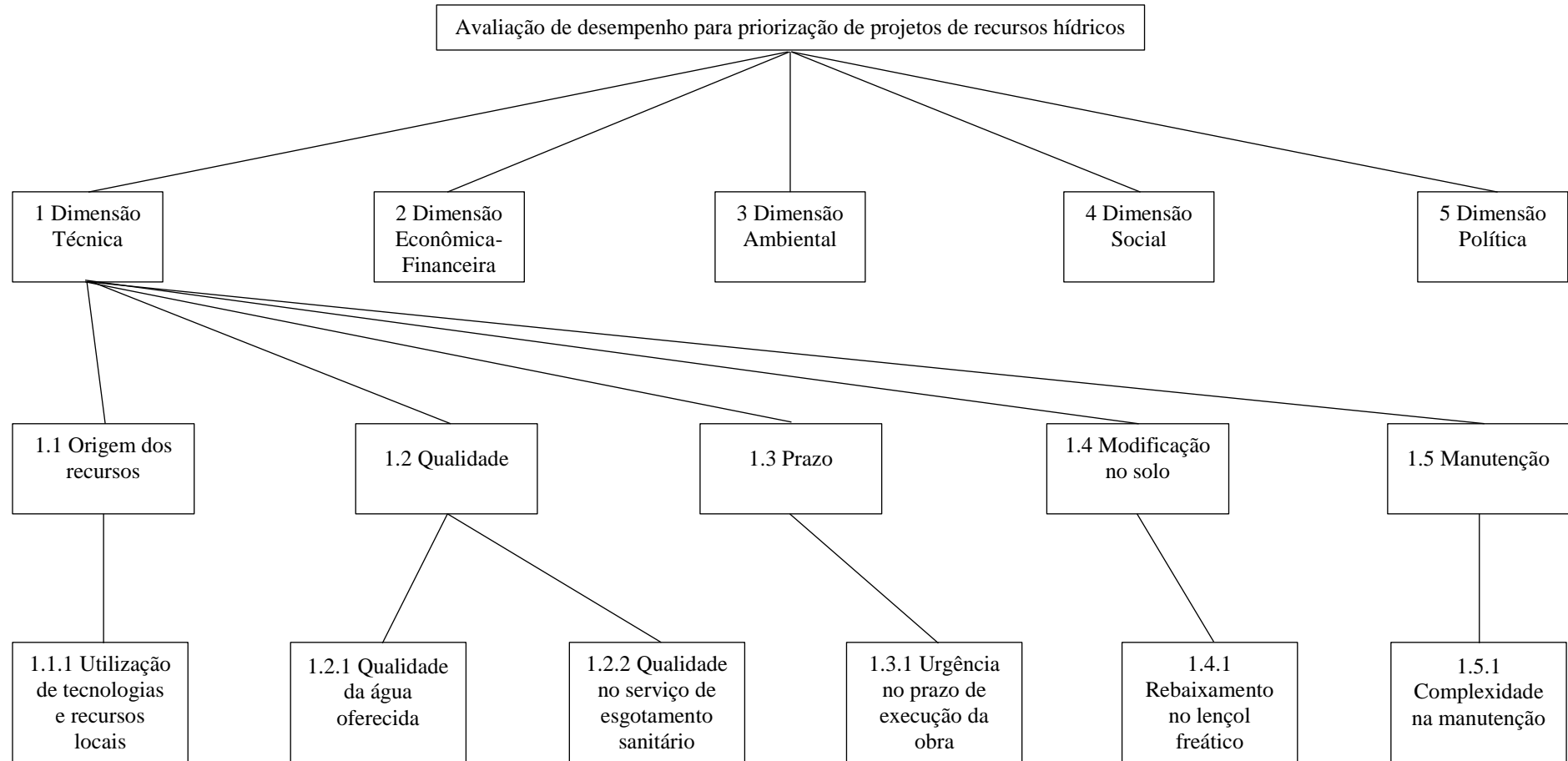


Figura 13. Arvore de Valor e PVEs da Área de Preocupação Dimensão Técnica

Fonte: Elaborado pela autora.

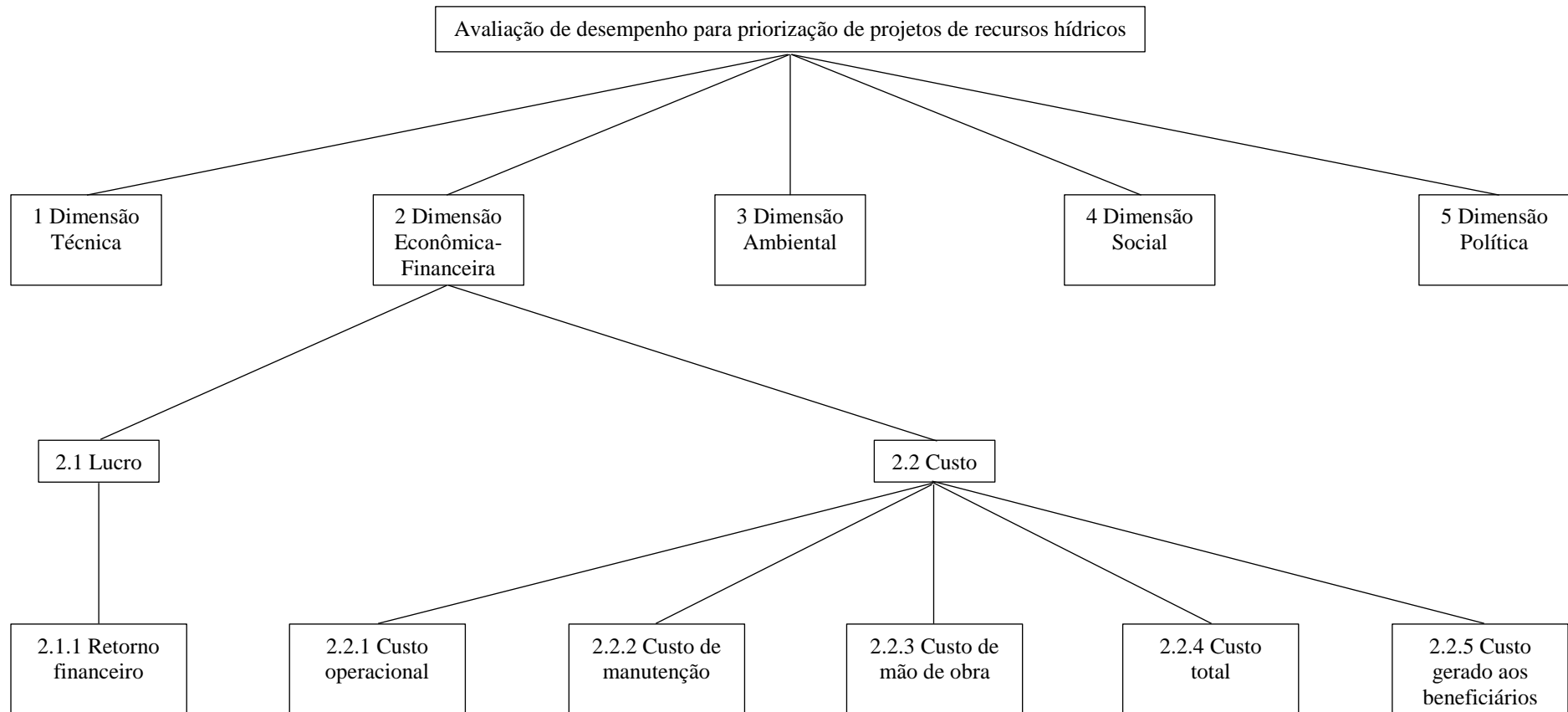


Figura 14. Arvore de Valor e PVEs da Área de Preocupação Dimensão Econômica-Financeira
Fonte: Elaborado pela autora.

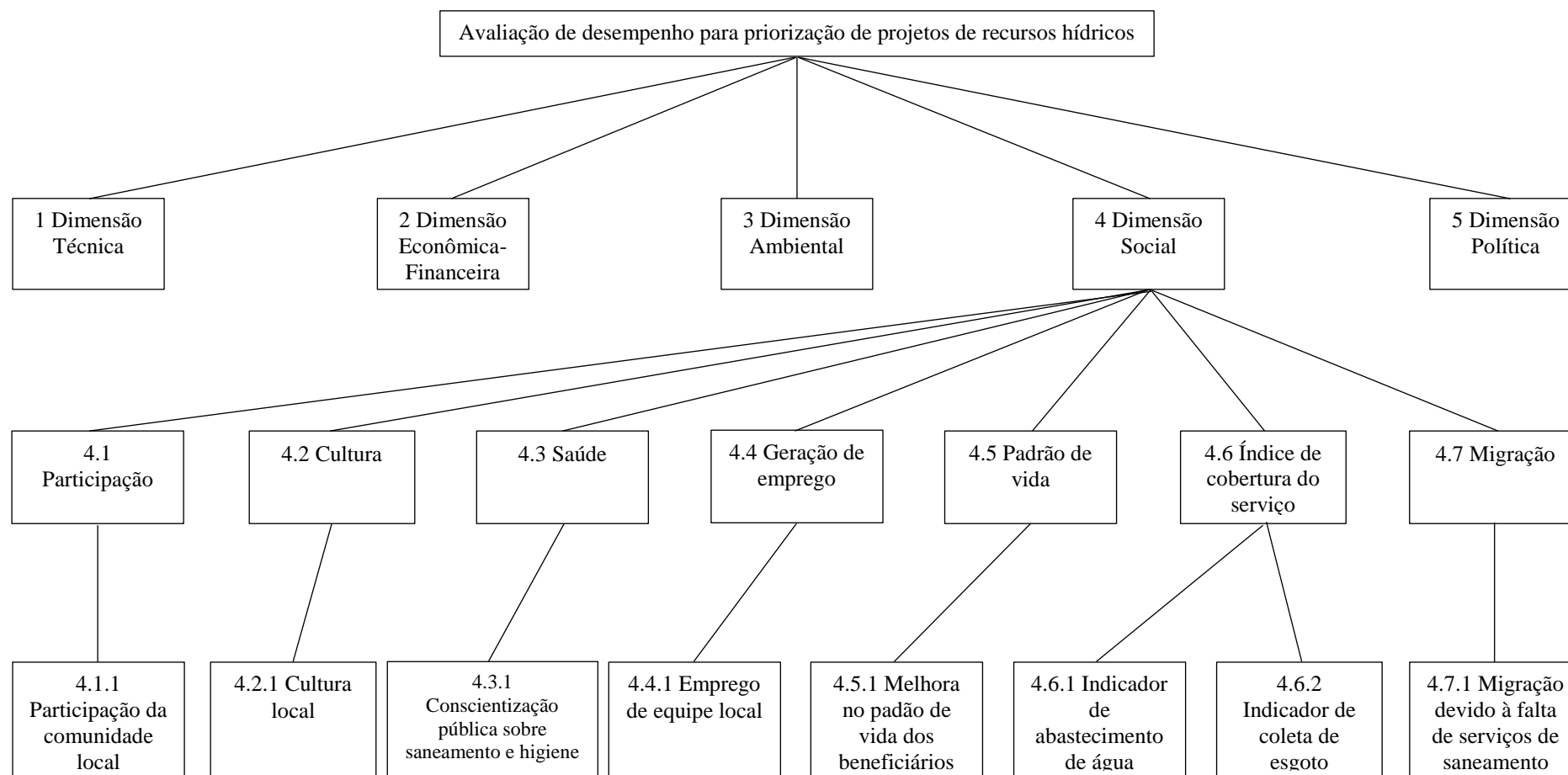


Figura 15. Arvore de Valor e PVEs da Área de Preocupação Dimensão Social

Fonte: Elaborado pela autora.

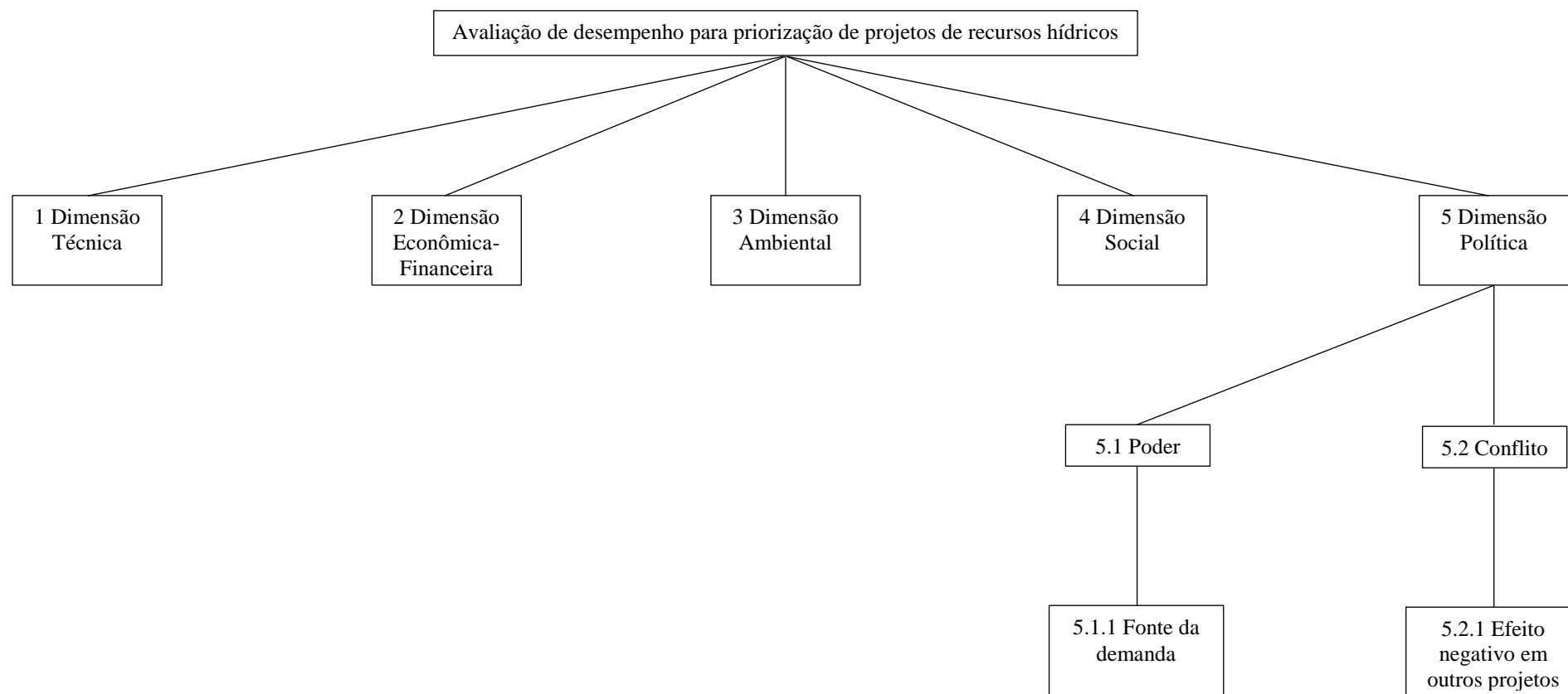


Figura 16. Arvore de Valor e PVEs da Área de Preocupação Dimensão Política
Fonte: Elaborado pela autora.

Apêndice B – Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores por Área de Preocupação

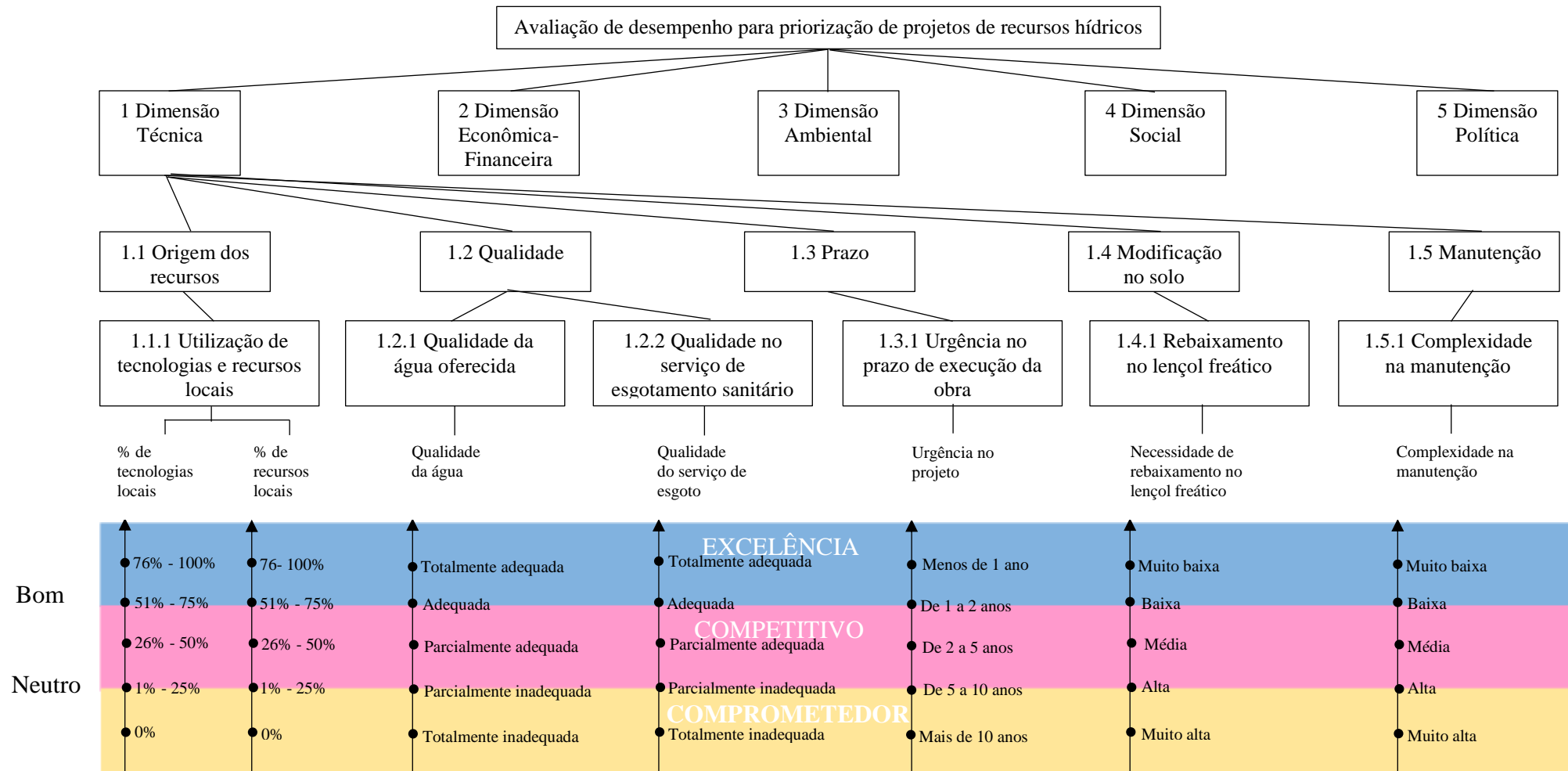


Figura 17. Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores dos PVEs da Área de Preocupação Dimensão Técnica
 Fonte: Elaborado pela autora.

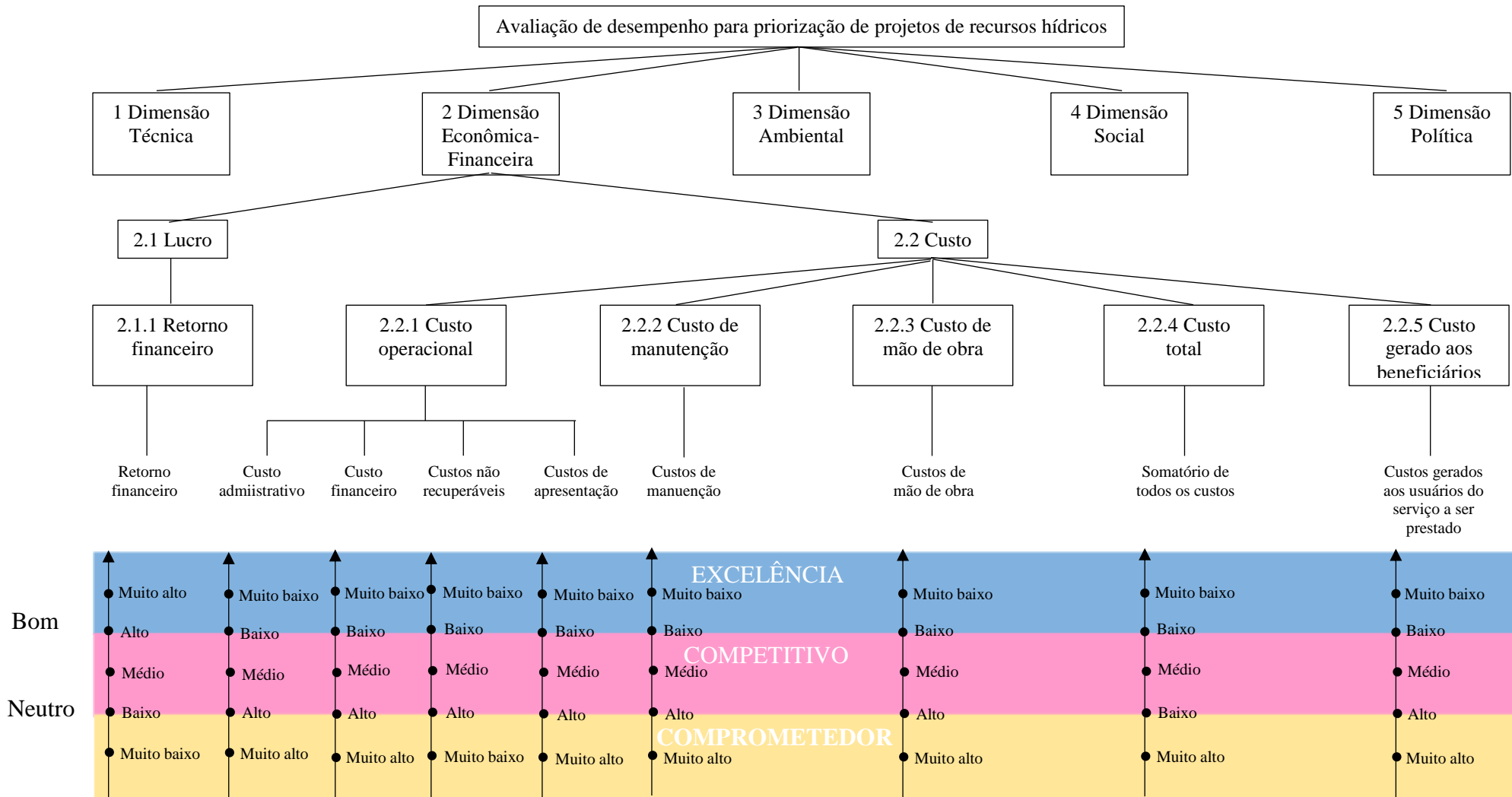


Figura 18. Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores dos PVEs da Área de Preocupação Dimensão Econômica-Financeira
 Fonte: Elaborado pela autora.

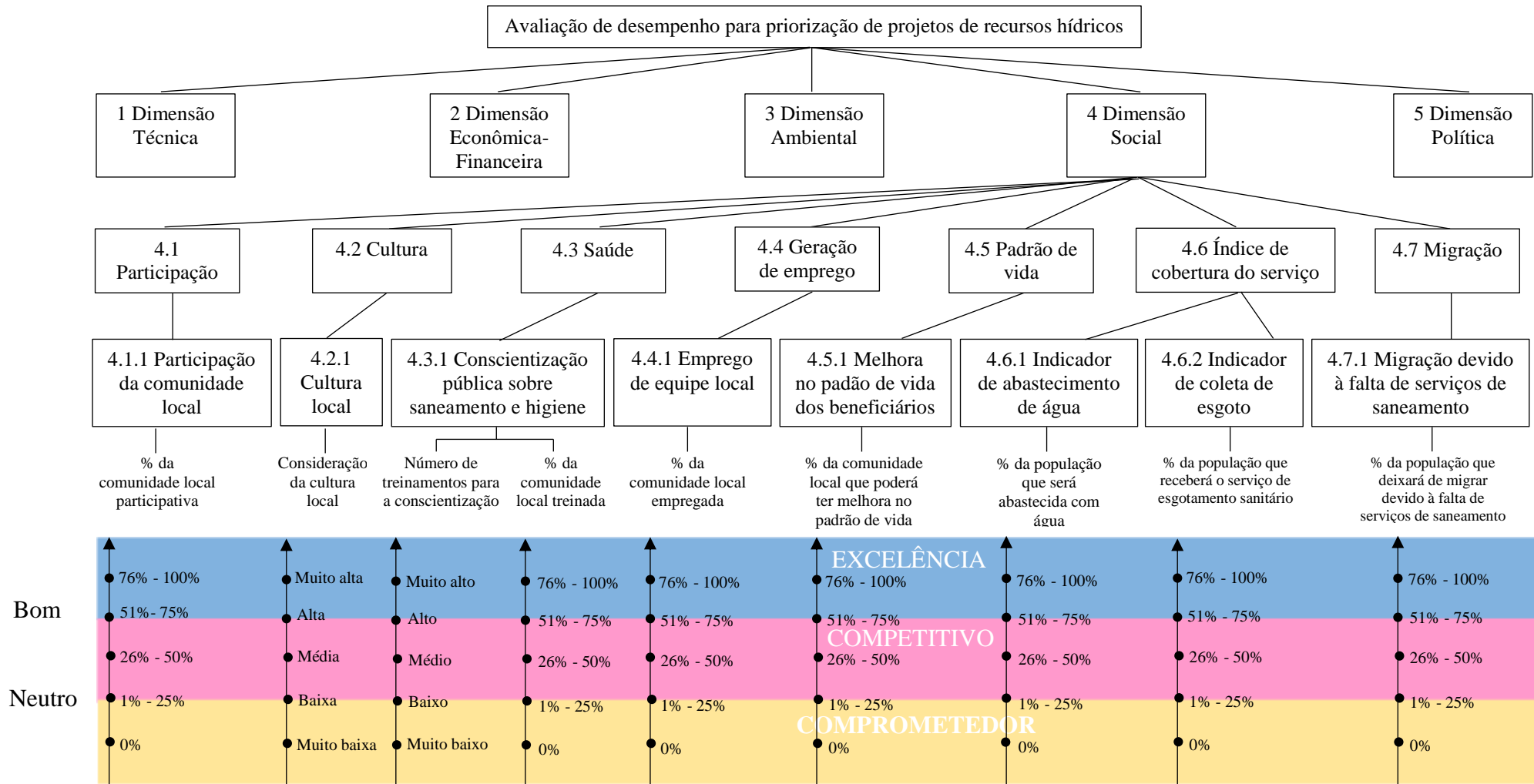


Figura 19. Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores dos PVEs da Área de Preocupação Dimensão Social
 Fonte: Elaborado pela autora.

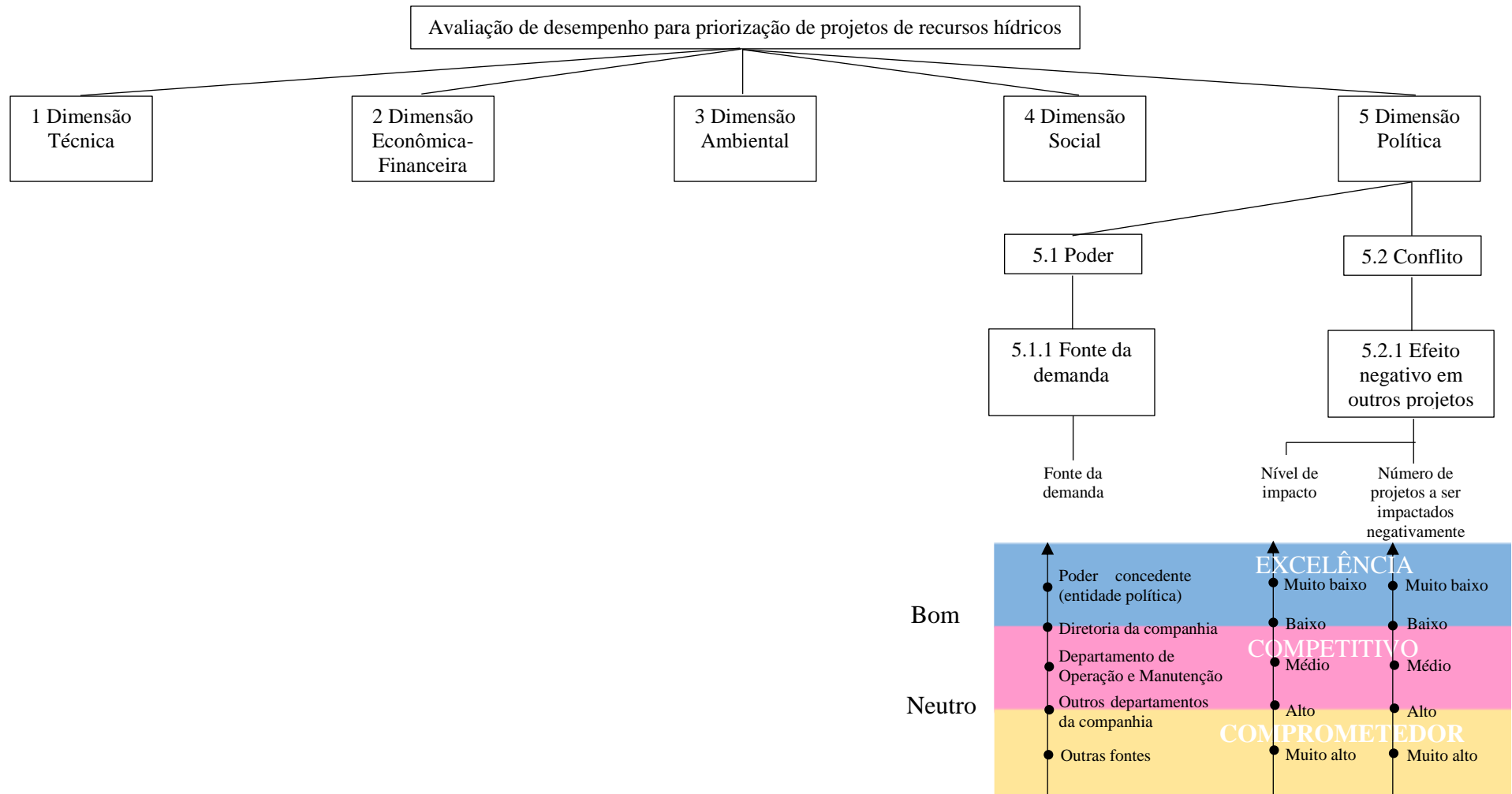


Figura 20. Estrutura Hierárquica de Valor, PVEs e Descritores dos PVEs da Área de Preocupação Política
 Fonte: Elaborado pela autora.

Apêndice C – Funções de Valor

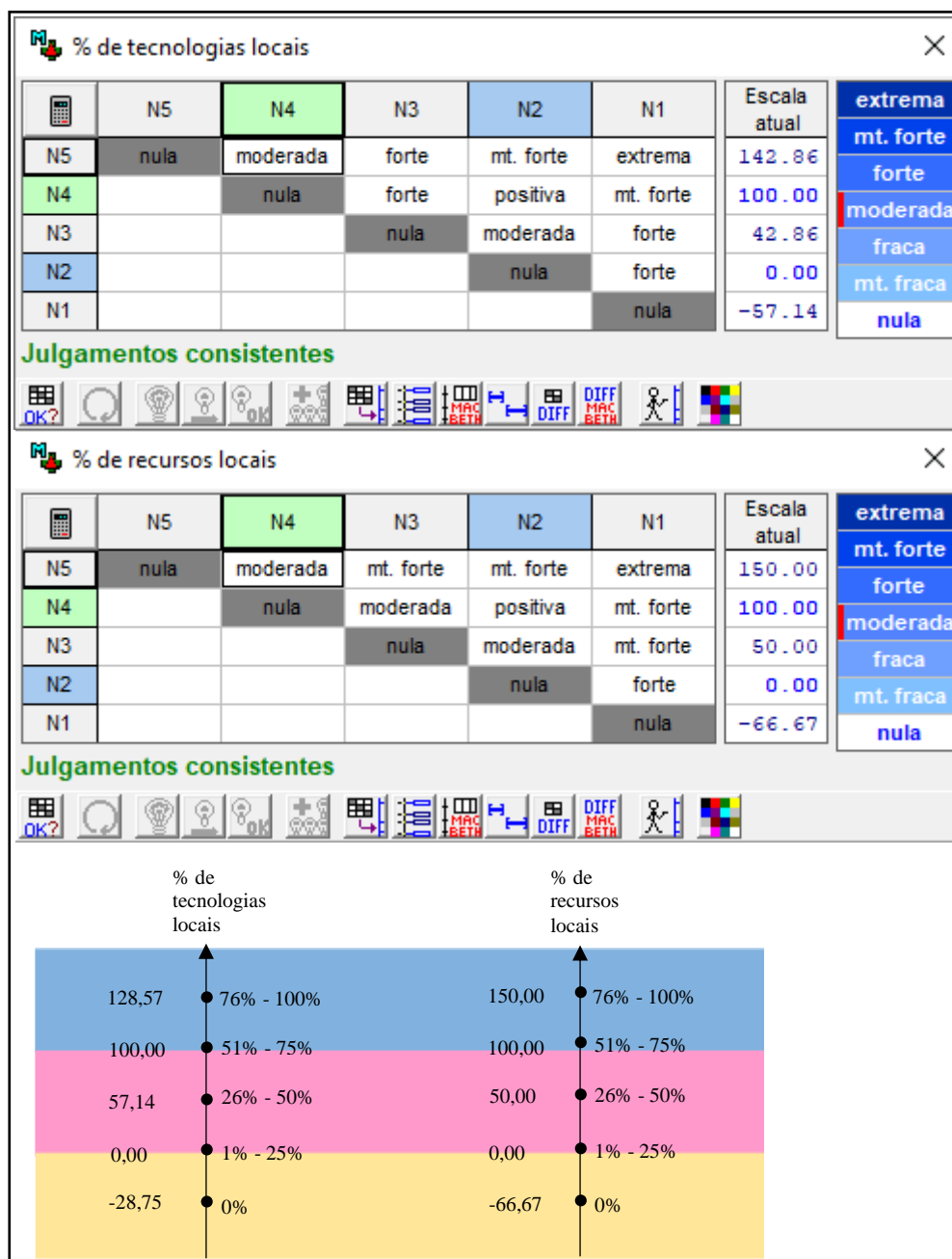


Figura 21: Funções de Valor para o PVE 1.1.1 Utilização de tecnologias e recursos locais

Fonte: Elaborado pela autora.

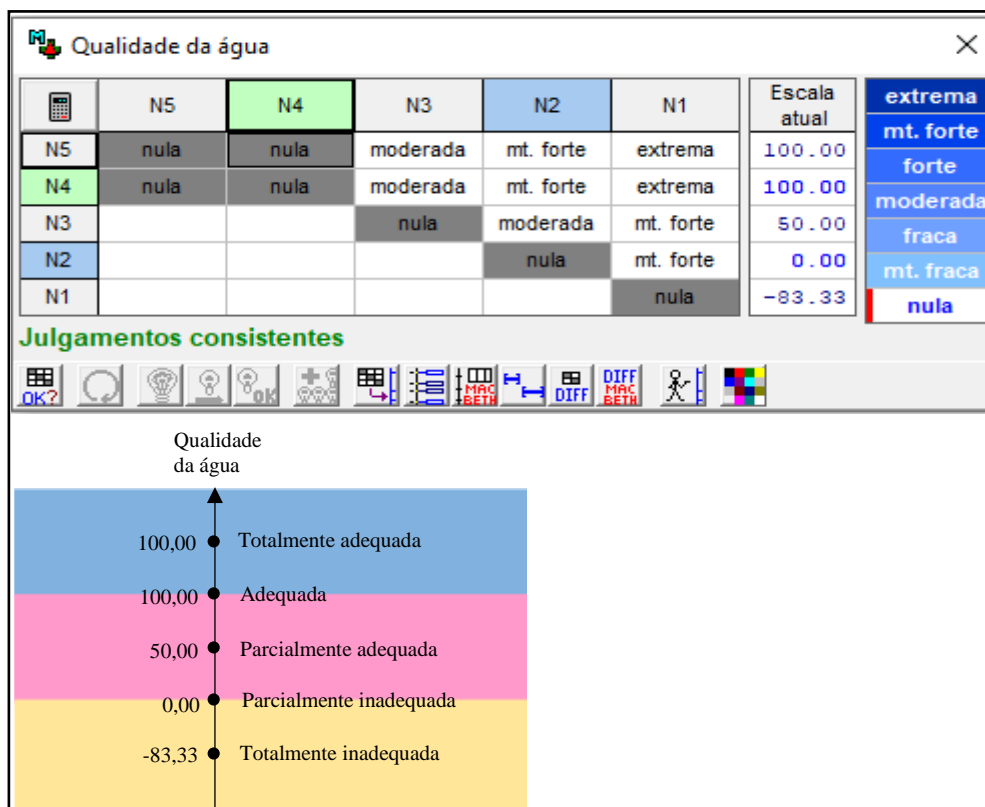


Figura 22: Funções de Valor para o PVE 1.2.1 Qualidade da água oferecida
Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 23: Funções de Valor para o PVE 1.2.2 Qualidade da no serviço de esgotamento sanitário
Fonte: Elaborado pela autora.

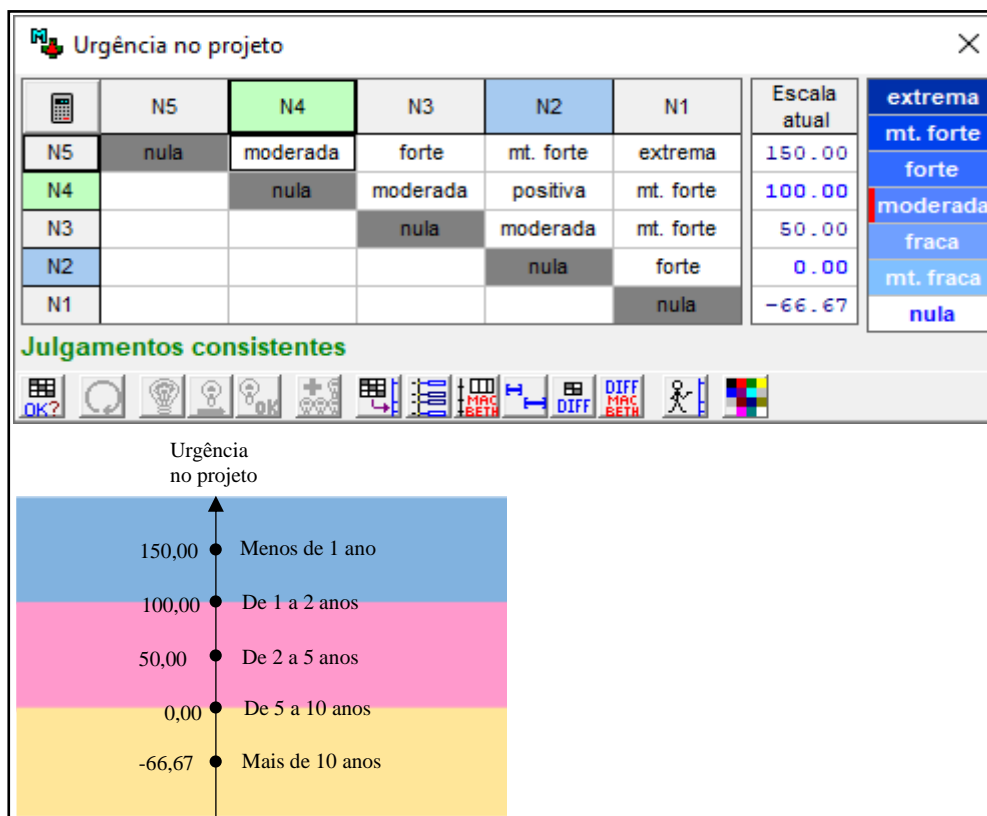


Figura 24: Funções de Valor para o PVE 1.3.1 Urgência no prazo de execução da obra
Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 25: Funções de Valor para o PVE 1.4.1 Rebaixamento no lençol freático
Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 26: Funções de Valor para o PVE 1.5.1 Complexidade na manutenção

Fonte: Elaborado pela autora.

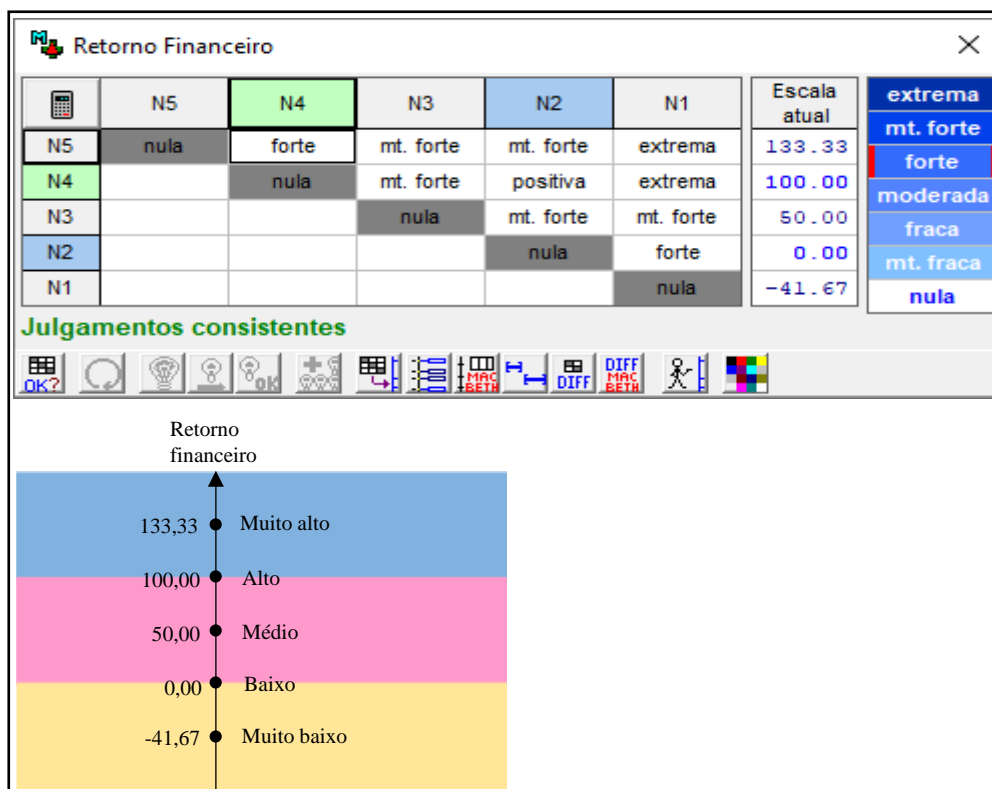


Figura 27: Funções de Valor para o PVE 2.1.1 Retorno financeiro

Fonte: Elaborado pela autora.

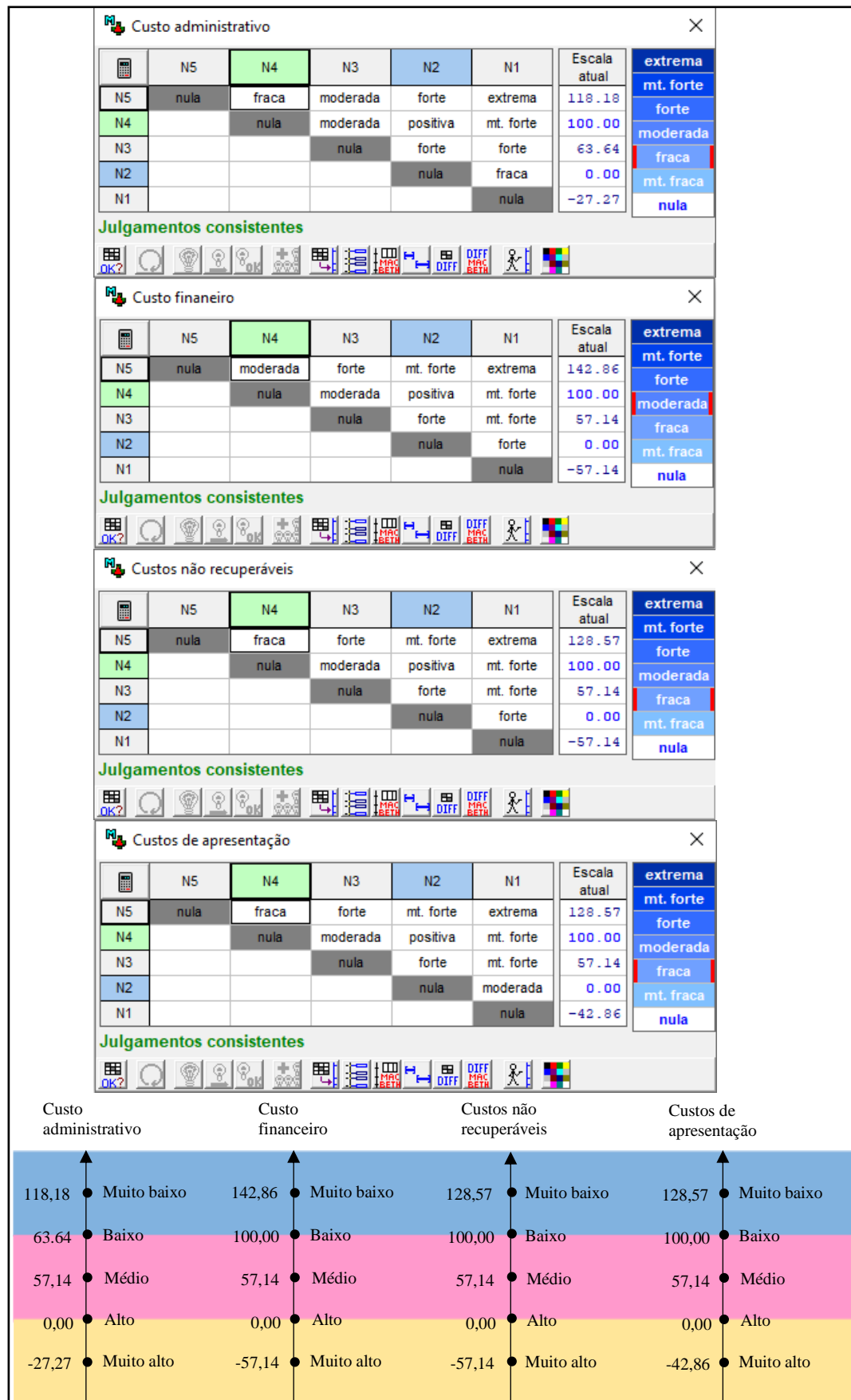


Figura 28: Funções de Valor para o PVE 2.2.1 Custo operacional
Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 29: Funções de Valor para o PVE 2.2.2 Custo de manutenção
Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 30: Funções de Valor para o PVE 2.2.3 Custo de mão de obra
Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 31: Funções de Valor para o PVE 2.2.4 Custo total

Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 32: Funções de Valor para o PVE 2.2.5 Custo gerado aos beneficiários

Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 33: Funções de Valor para o PVE 3.1.1 Emissões atmosféricas

Fonte: Elaborado pela autora.

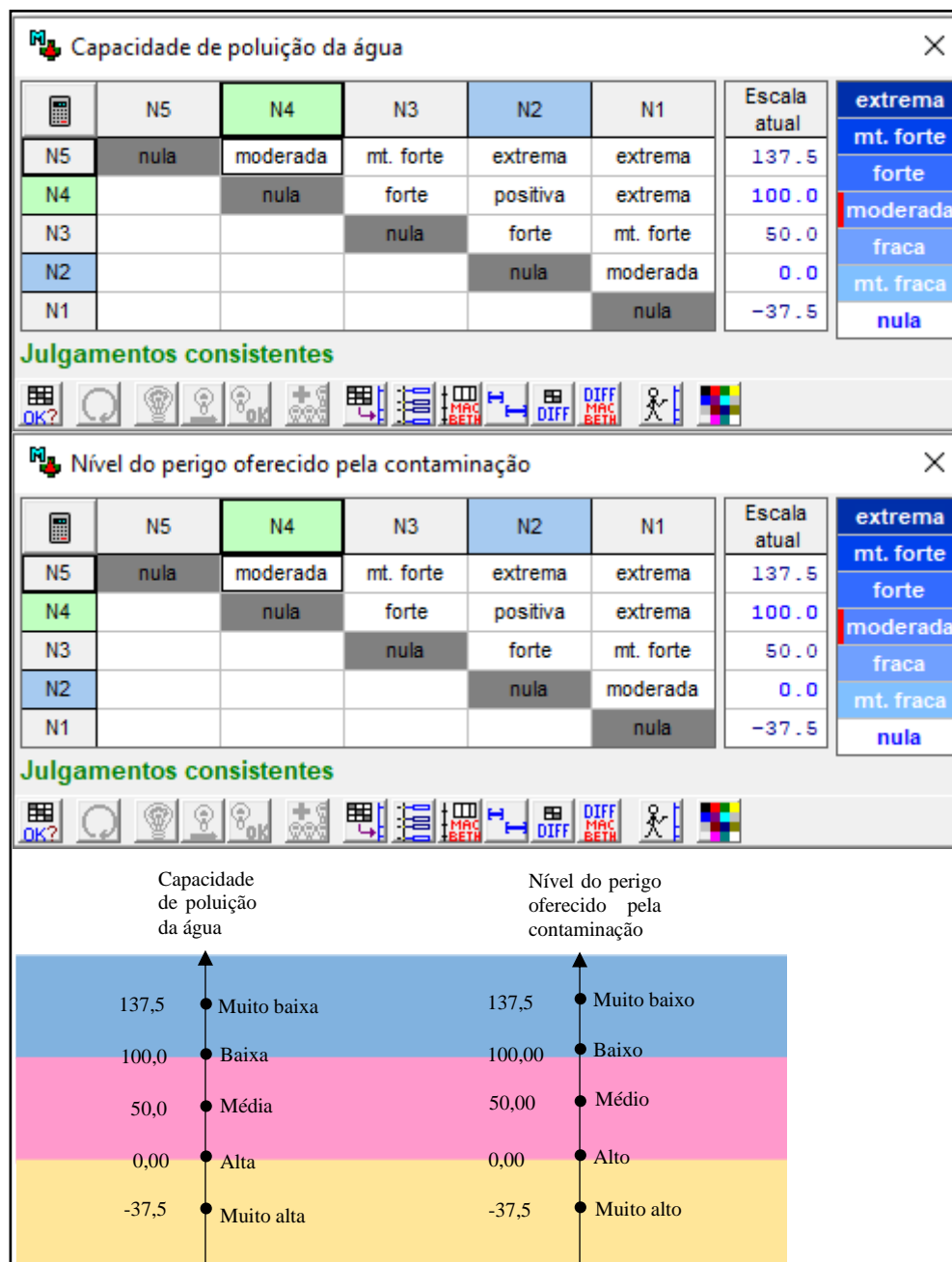


Figura 34: Funções de Valor para o PVE 3.1.2 Poluição da água

Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 35: Funções de Valor para o PVE 3.1.3 Produção de resíduos
Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 36: Funções de Valor para o PVE 3.1.4 Produção de ruído
Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 37: Funções de Valor para o PVE 3.2.1 Consumo de combustível ou energia não renovável

Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 38: Funções de Valor para o PVE 3.2.2 Consumo de água

Fonte: Elaborado pela autora.

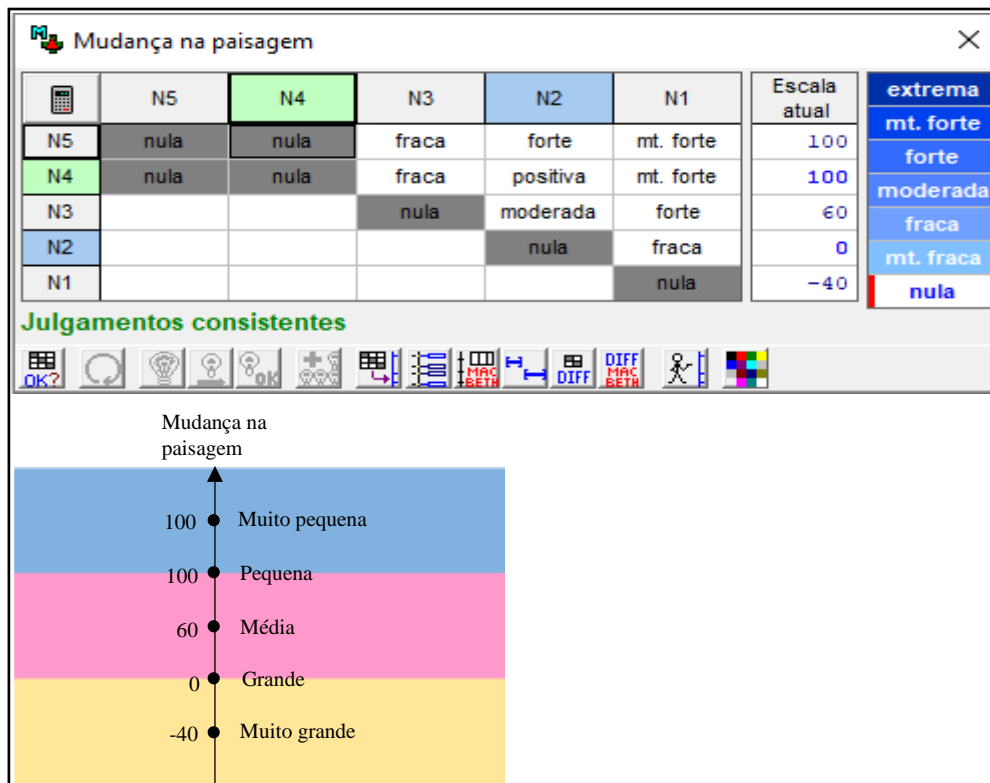


Figura 39: Funções de Valor para o PVE 3.3.1 Impacto na paisagem

Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 40: Funções de Valor para o PVE 3.3.2 Uso e ocupação de solo

Fonte: Elaborado pela autora.

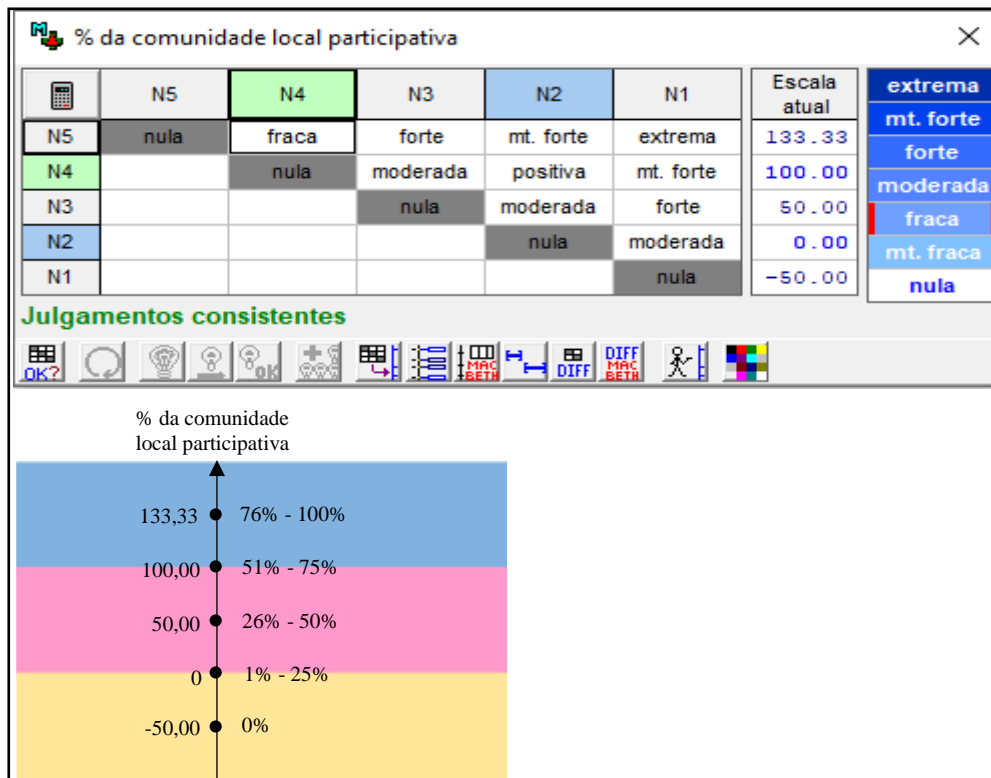


Figura 41: Funções de Valor para o PVE 4.1.1 Participação da comunidade local participativa

Fonte: Elaborado pela autora.

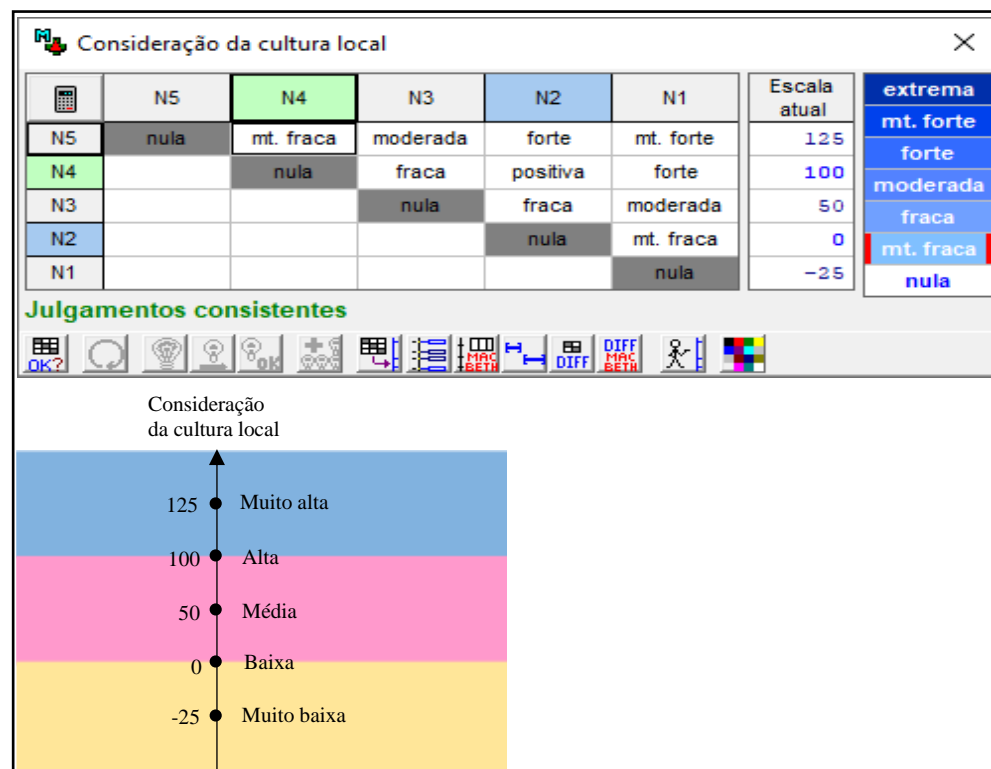


Figura 42: Funções de Valor para o PVE 4.2.1 Cultura local

Fonte: Elaborado pela autora.

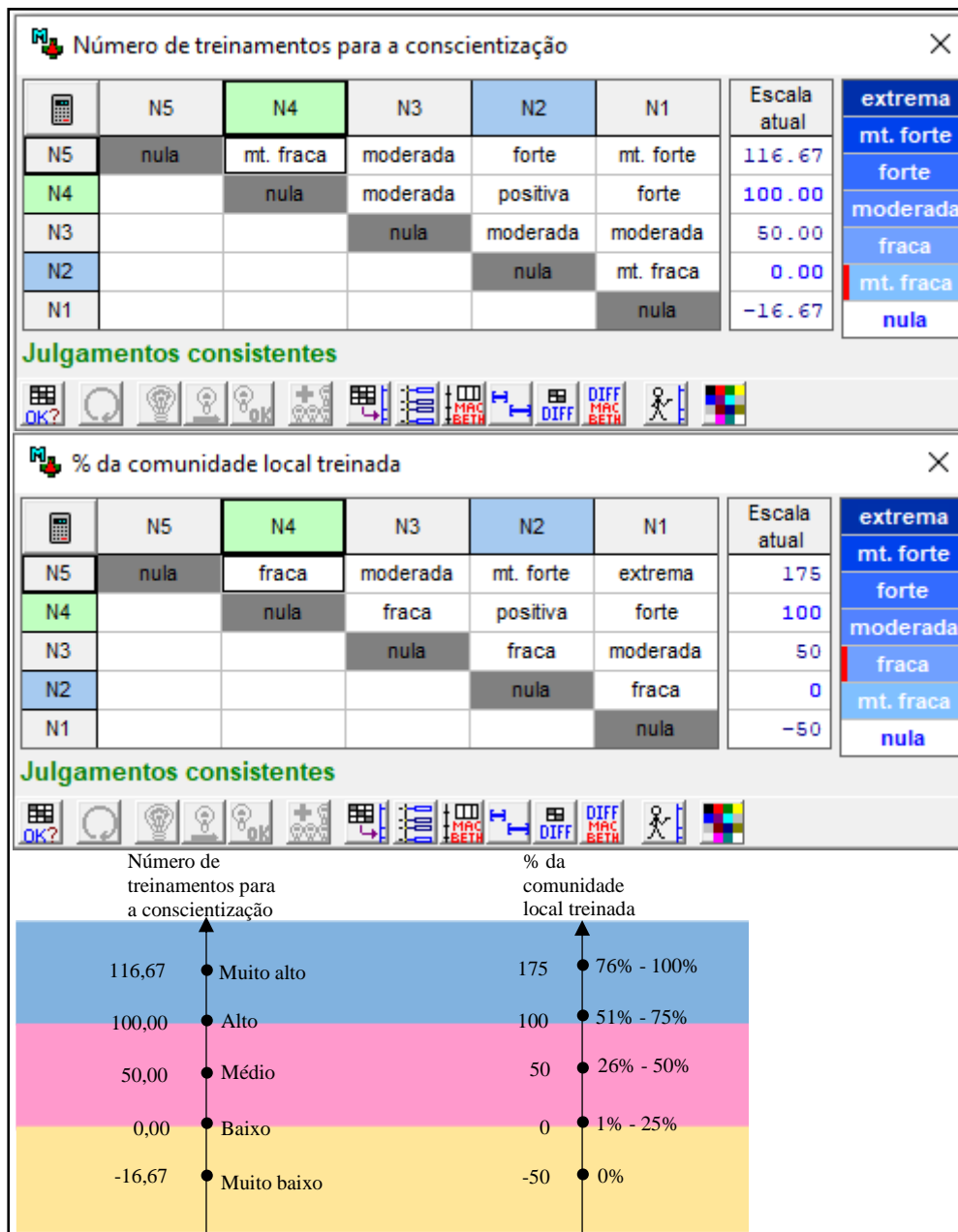


Figura 43: Funções de Valor para o PVE 4.3.1 Conscientização pública sobre saneamento e higiene

Fonte: Elaborado pela autora.

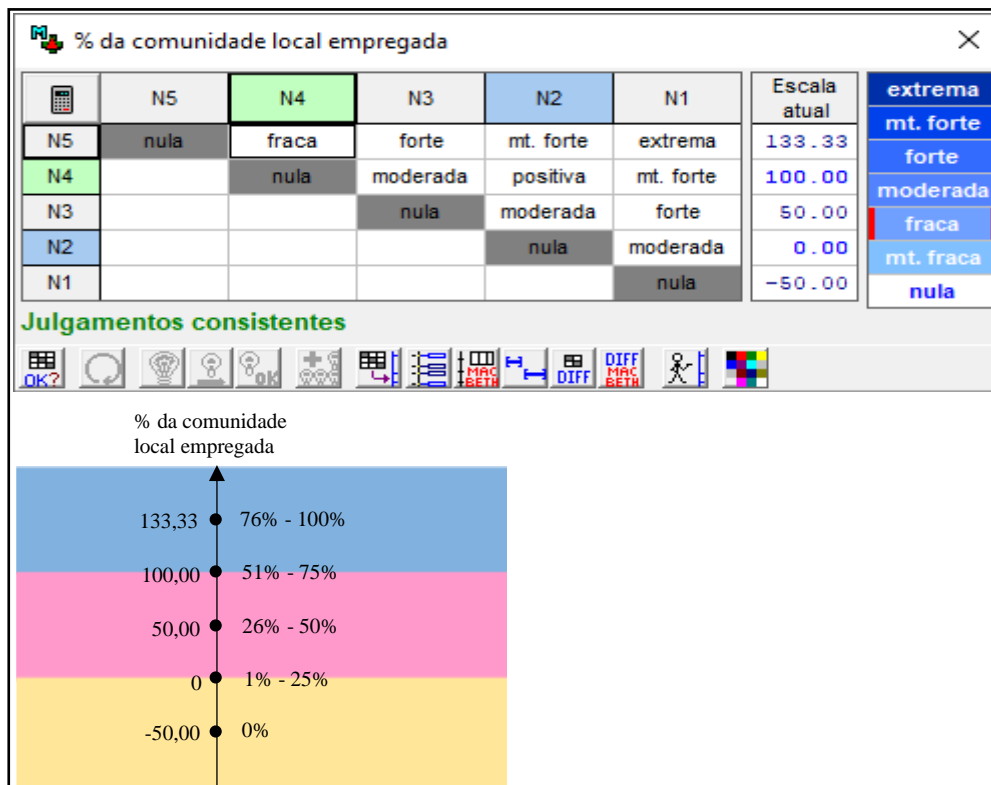


Figura 44: Funções de Valor para o PVE 4.4.1 Emprego da equipe local
Fonte: Elaborado pela autora.

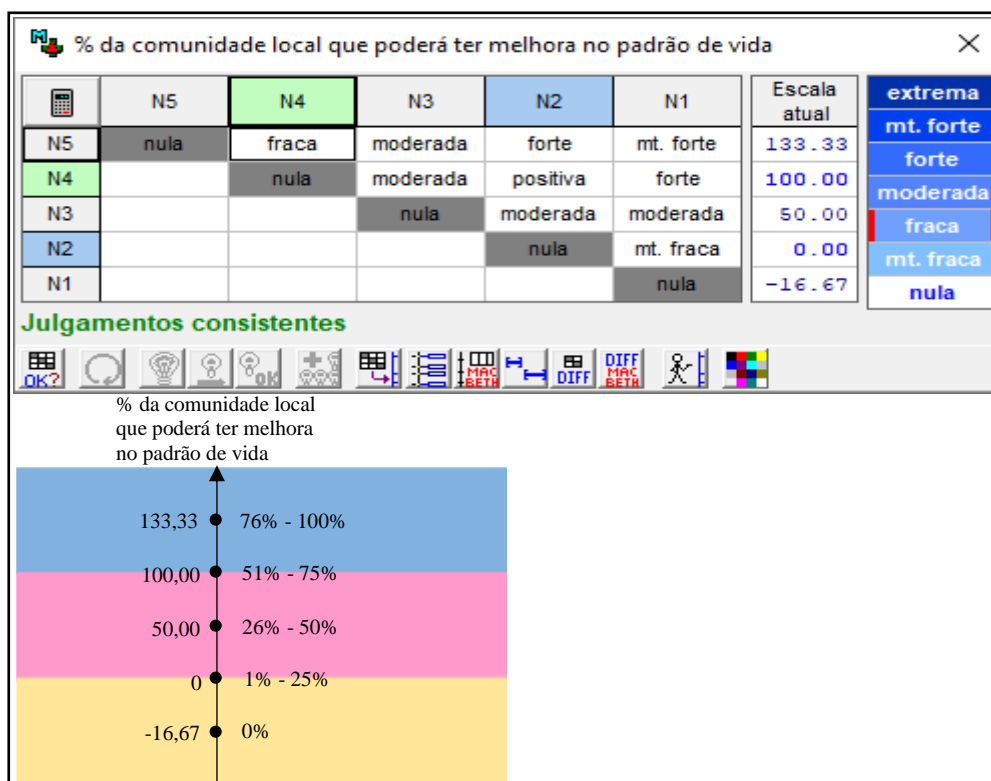


Figura 45: Funções de Valor para o PVE 4.5.1 Melhora no padrão de vida dos beneficiários
Fonte: Elaborado pela autora.

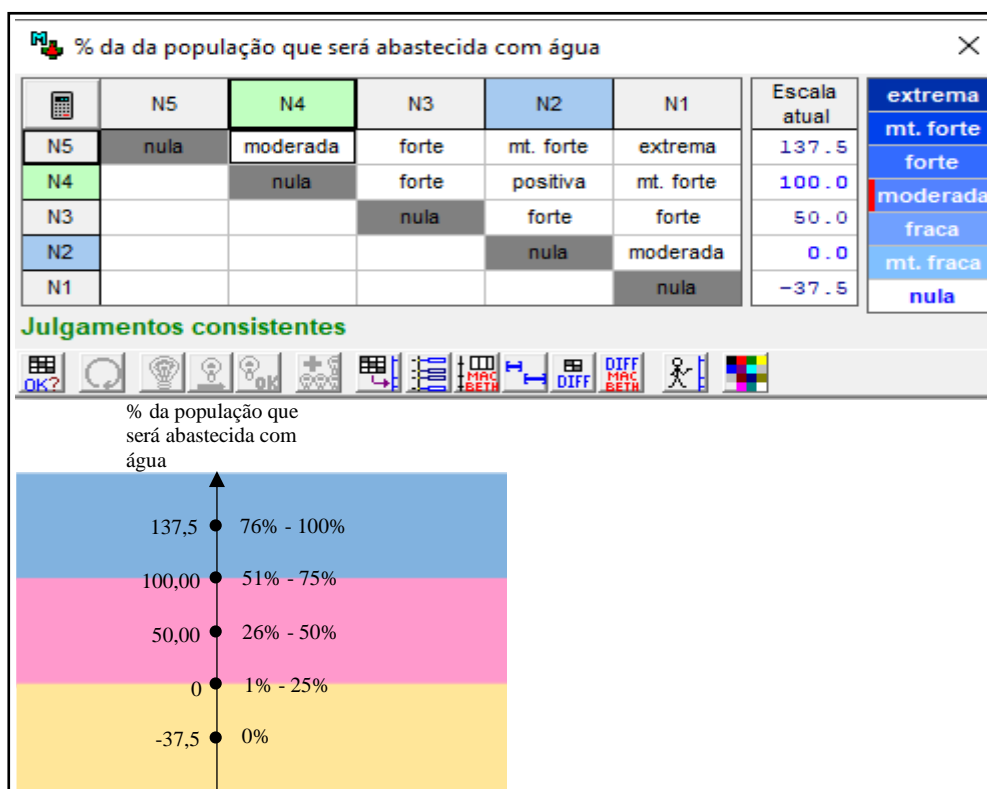


Figura 46: Funções de Valor para o PVE 4.6.1 Indicador de abastecimento de água
Fonte: Elaborado pela autora.

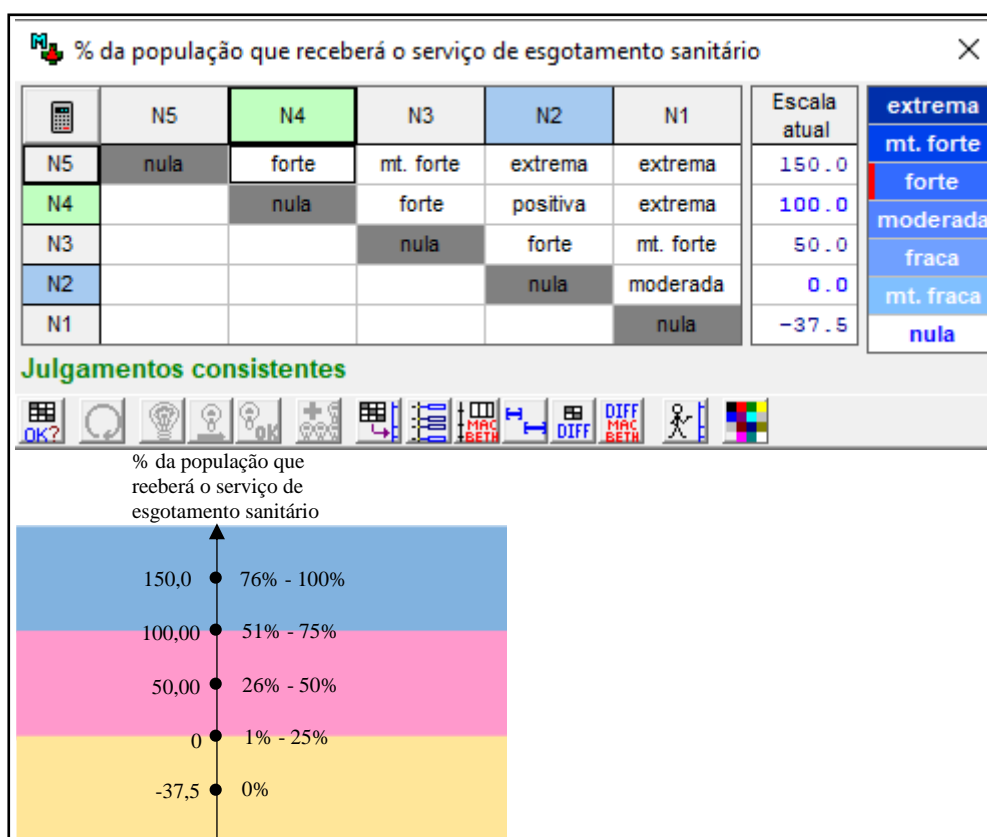


Figura 47: Funções de Valor para o PVE 4.6.2 Indicador de coleta de esgoto
Fonte: Elaborado pela autora.

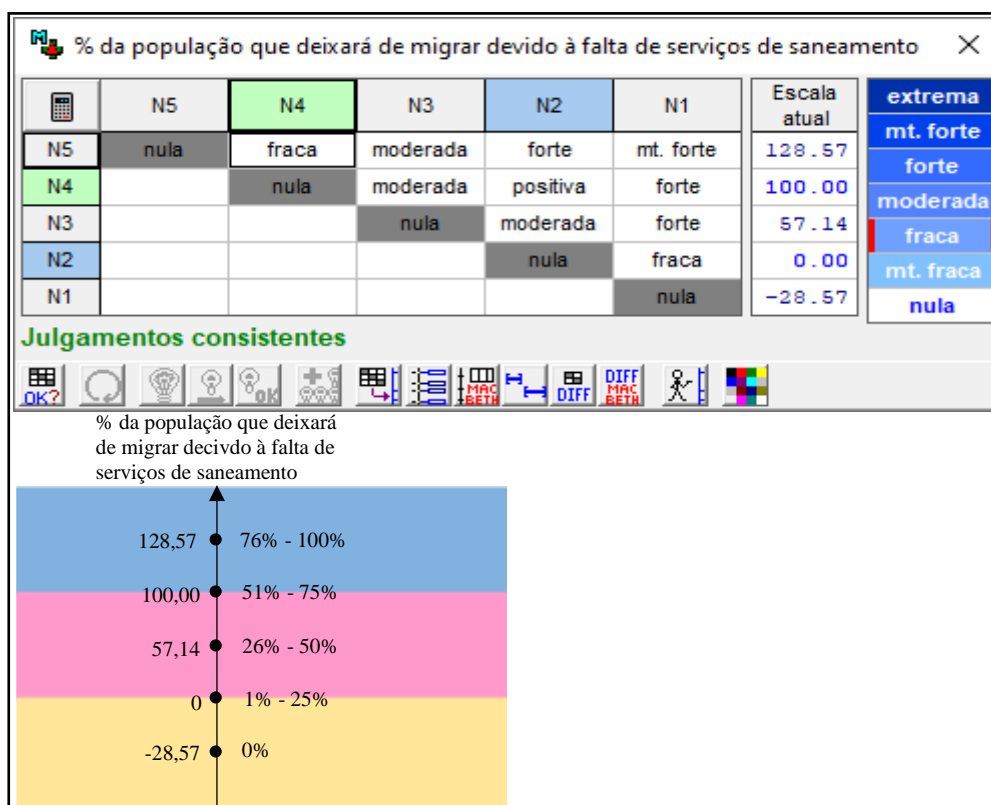


Figura 48: Funções de Valor para o PVE 4.7.1 Migração devido à falta de serviços de saneamento

Fonte: Elaborado pela autora.

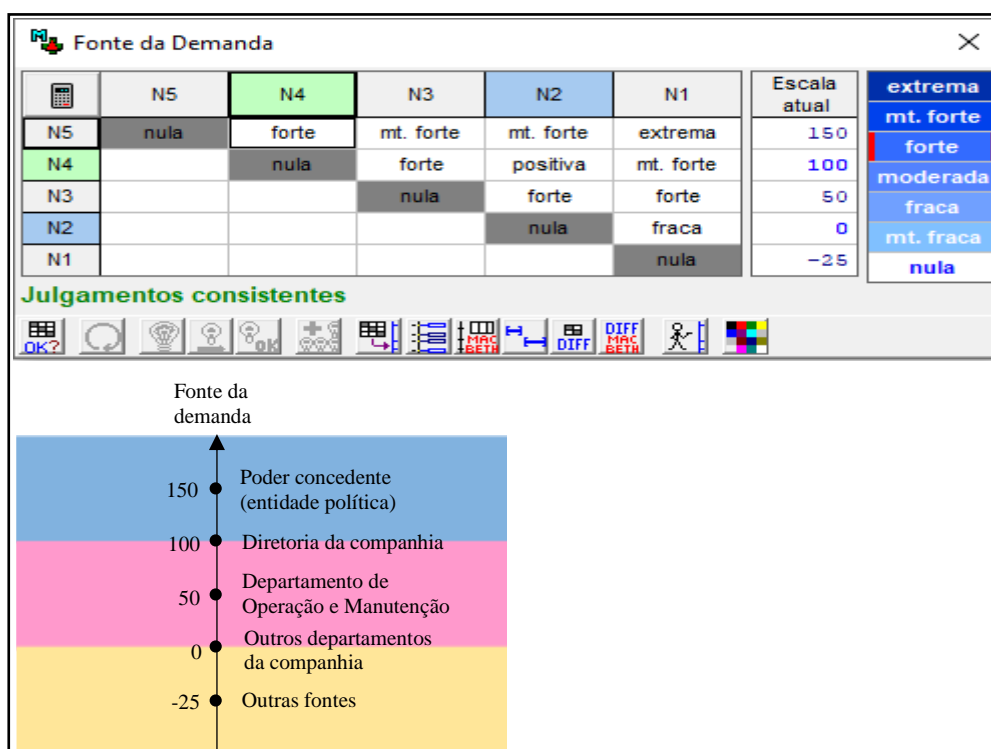


Figura 49: Funções de Valor para o PVE 5.1.1 Fonte da demanda

Fonte: Elaborado pela autora.

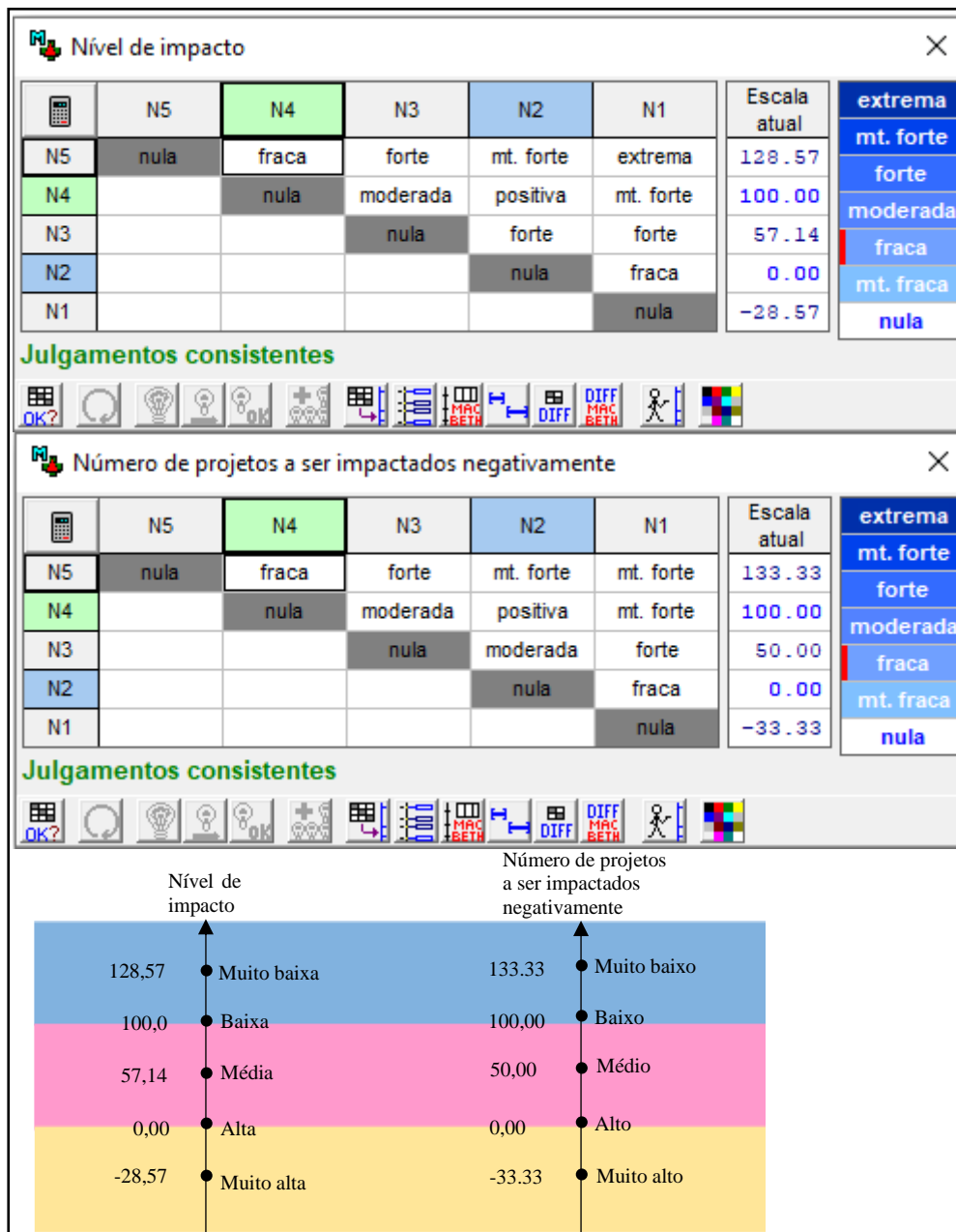


Figura 50: Funções de Valor para o PVE 5.2.1 Efeito negativo em outros projetos
 Fonte: Elaborado pela autora.

Apêndice D – Taxas de compensação

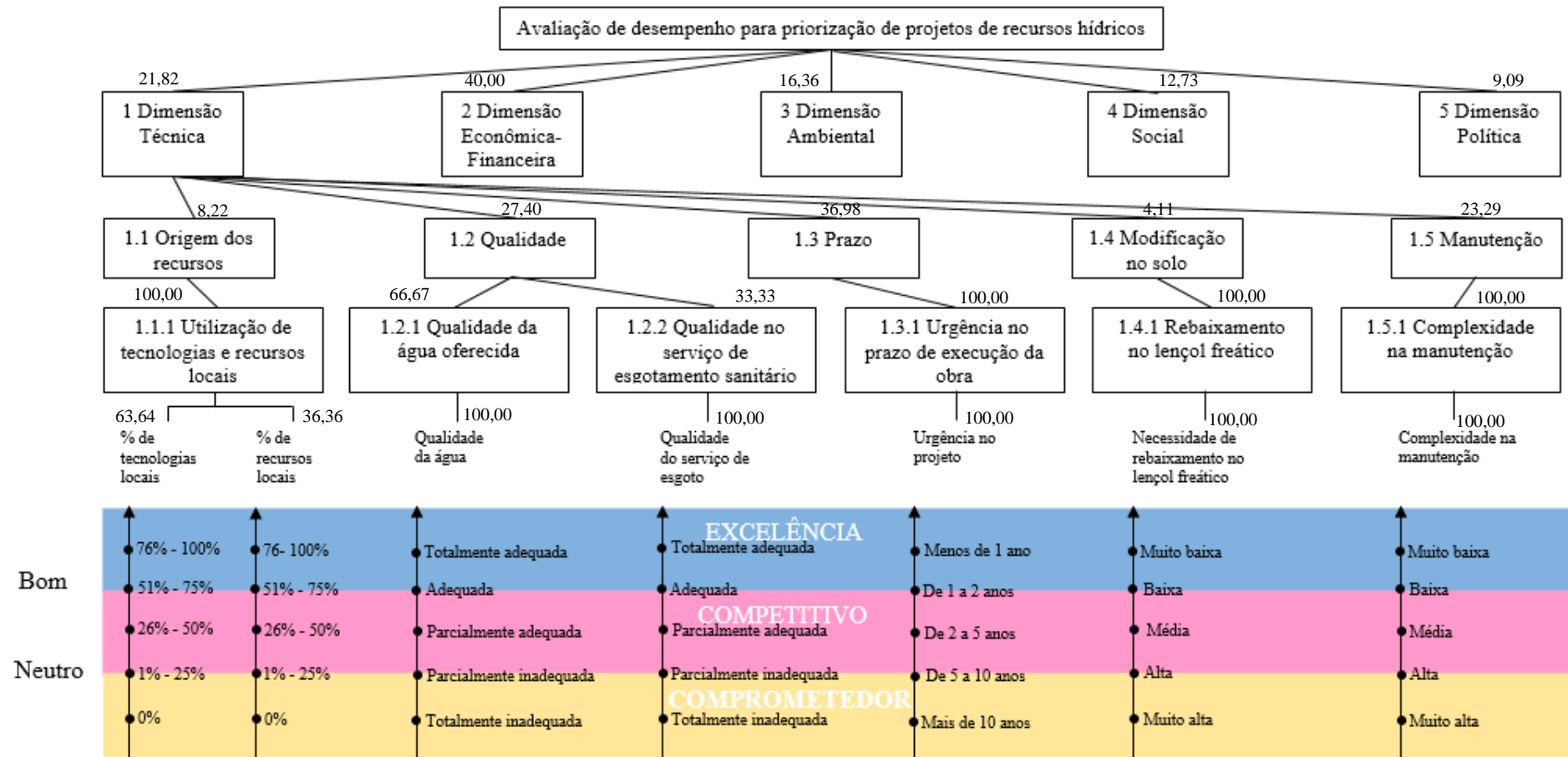


Figura 51. Taxas de Compensação de todos os PVEs do PVF 1 Dimensão Técnica
 Fonte: Elaborado pela autora.

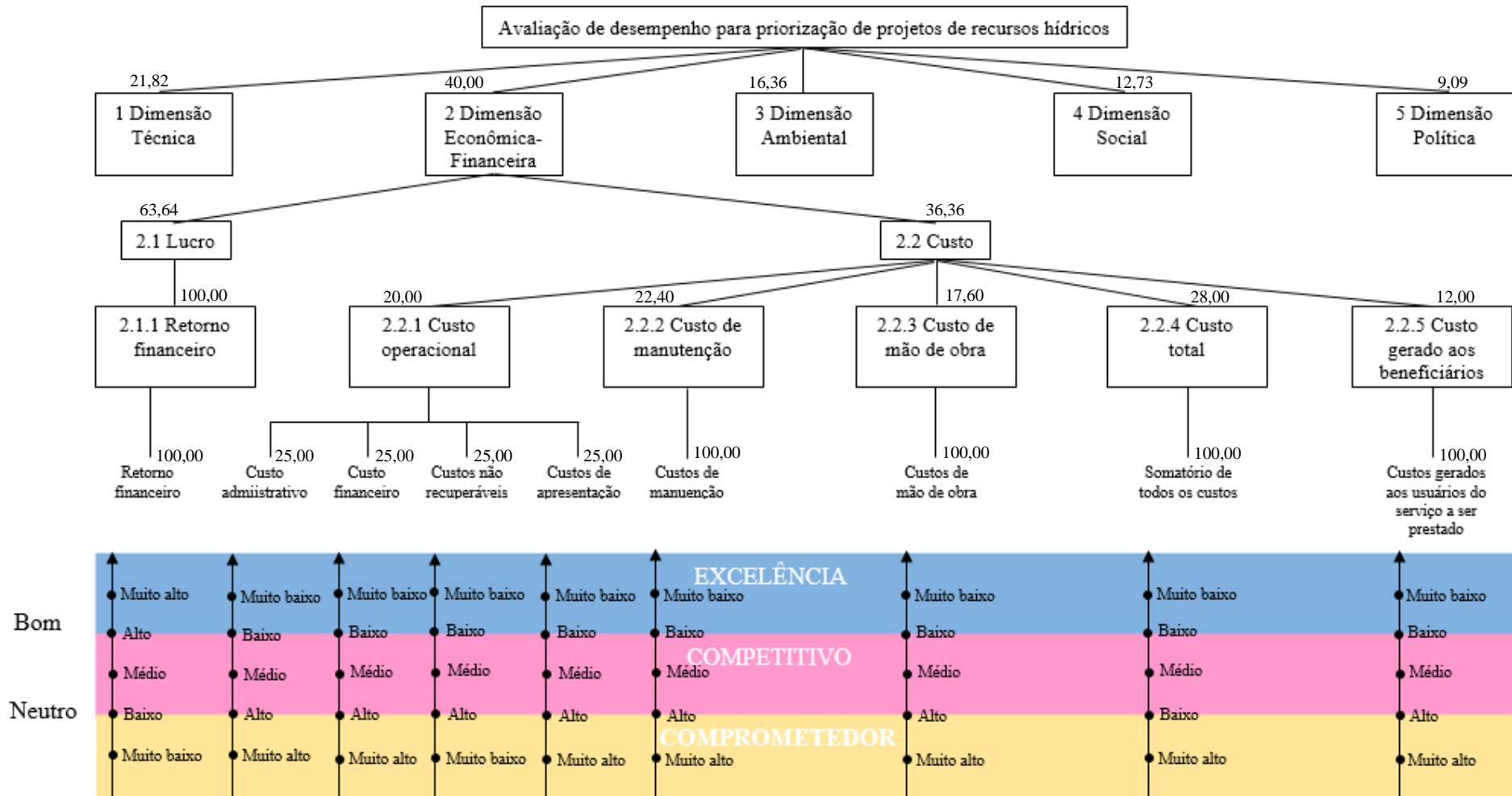


Figura 52. Taxas de Compensação de todos os PVEs do PVF 2 Dimensão Econômica-Financeira
 Fonte: Elaborado pela autora.

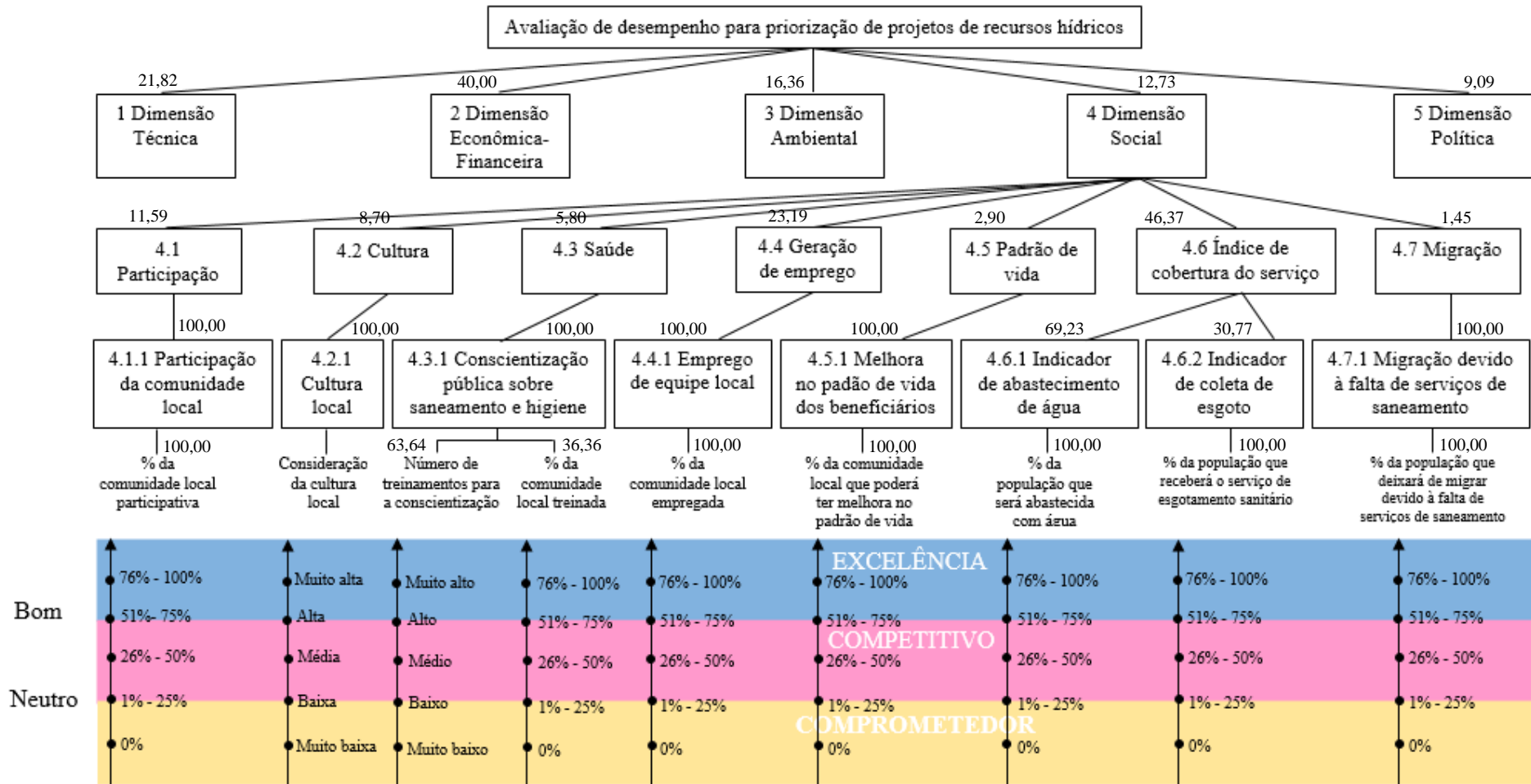


Figura 53. Taxas de Compensação de todos os PVEs do PVF 4 Dimensão Social
 Fonte: Elaborado pela autora.

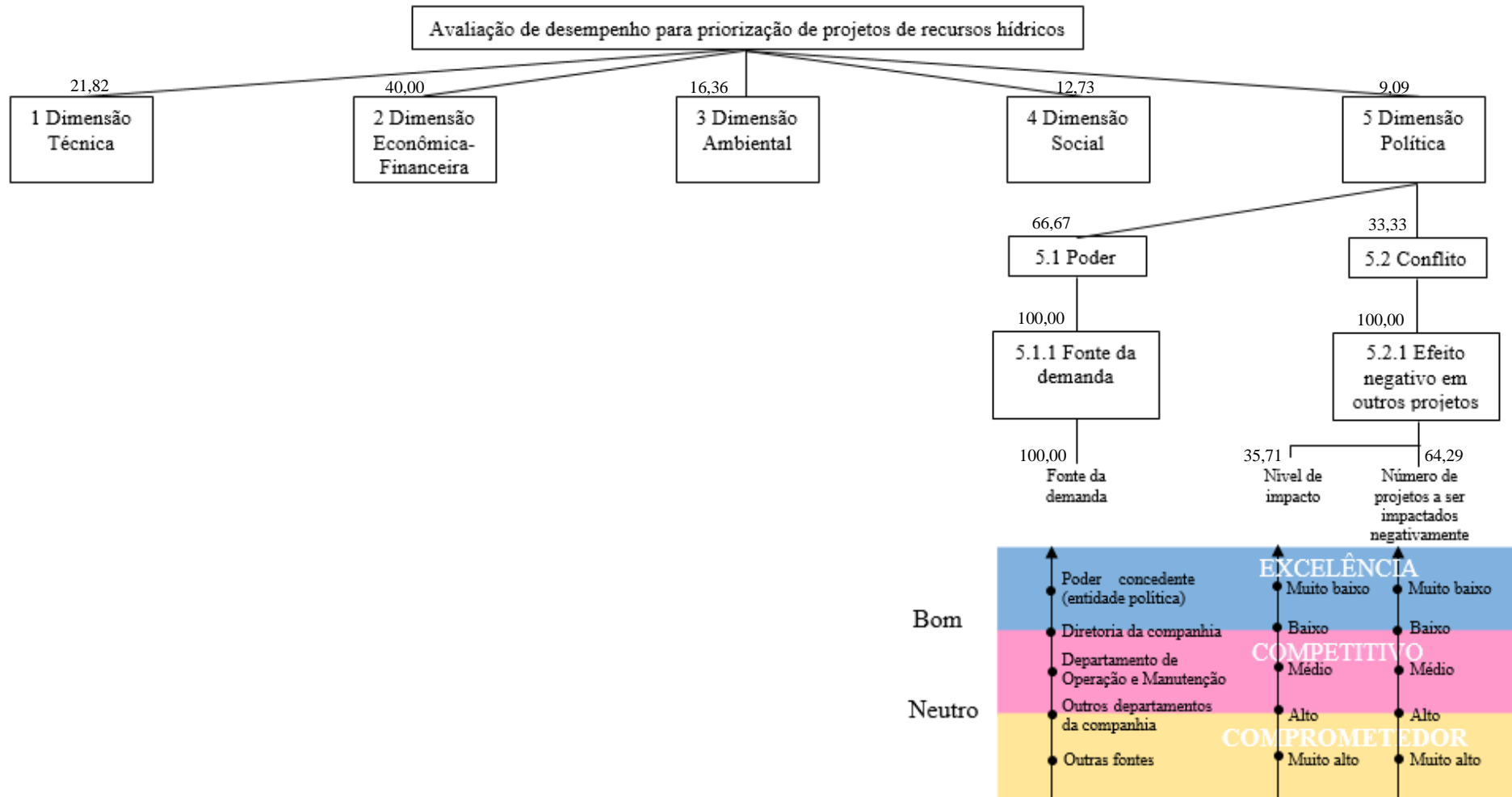


Figura 54. Taxas de Compensação de todos os PVEs do PVF 5 Dimensão Política
 Fonte: Elaborado pela autora.



Apêndice E – Avaliação global do modelo para priorização de projetos de recursos hídricos

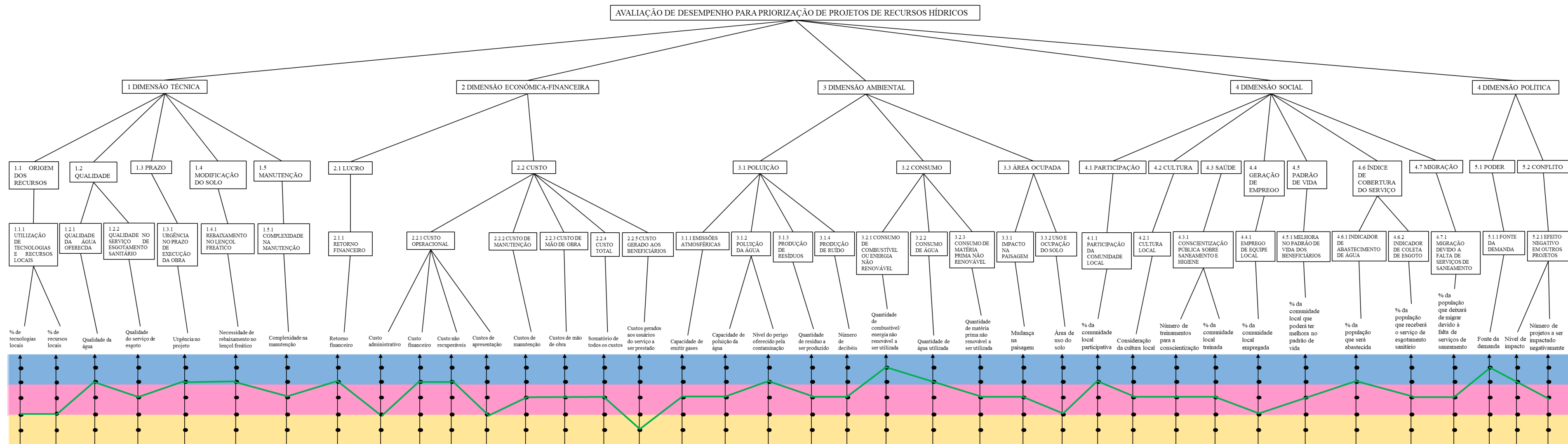


Figura 55. Avaliação global do modelo para priorização de projetos de recursos hídricos

Fonte: Elaborado pela autora.

Apêndice F – Análise de sensibilidade das taxas de compensação

Quadro 15. Análise de sensibilidade para as taxas de compensação

1.2 Qualidade						
Ação	Avaliação original		Avaliação + 10%		Avaliação – 10%	
	W1 = 27,40		W1' = 30,14		W'' = 24,66	
	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação
1.2.1 Qualidade da água oferecida	66,67	1°	73,34	1°	60	1°
1.2.2 Qualidade no serviço de esgotamento sanitário	19,05	2°	20,95	2°	17,14	2°
2.2 Custo						
Ação	Avaliação original		Avaliação + 10%		Avaliação – 10%	
	W1 = 36,36		W1' = 40		W'' = 32,72	
	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação
2.2.1 Custo operacional	10	2°	11	2°	9	2°
2.2.2 Custo de manutenção	9,95	3°	10,94	3°	8,95	3°
2.2.3 Custo de mão de obra	8,8	4°	9,68	4°	7,92	4°
2.2.4 Custo total	15,56	1°	17,12	1°	14	1°
2.2.5 Custo gerado aos beneficiários	-8	5°	-7,2	5°	-8,8	5°
3.1 Poluição						
Ação	Avaliação original		Avaliação + 10%		Avaliação – 10%	
	W1 = 48,00		W1' = 52,8		W'' = 43,2	
	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação
3.1.1 Emissões atmosféricas	18,96	2°	20,86	2°	17,06	2°
3.1.2 Poluição da água	21,16	1°	23,28	1°	19,04	1°
3.1.3 Produção de resíduos	11,82	3°	13	3°	10,64	3°
3.1.4 Produção de ruído	5,17	4°	5,687	4°	4,65	4°
3.3 Área ocupada						
Ação	Avaliação original		Avaliação + 10%		Avaliação – 10%	
	W1 = 16,00		W1' = 17,6		W'' = 14,4	
	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação
3.3.1 Impacto na paisagem	38,18	1°	42	1°	34,36	1°
3.3.2 Uso e ocupação de solo	0	2°	0	2°	0	2°
4.6 Índice de cobertura do serviço						
Ação	Avaliação original		Avaliação + 10%		Avaliação – 10%	
	W1 = 46,37		W1' = 51,01		W'' = 41,73	
	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação	Avaliação global	Colocação da ação
4.6.1 Indicador de abastecimento de água	69,23	1°	76,15	1°	62,31	1°
4.6.2 Indicador de coleta de esgoto	15,38	2°	16,92	2°	13,84	2°

Fonte: Elaborado pela autora.

Apêndice G – Planos de ação

Quadro 16. Planos de ação para os descritores com desempenho comprometedor

PVE	1.1 Origem dos recursos
Descritor	% de tecnologias locais utilizadas
Ações propostas	Dentre as tecnologias necessárias para a execução do projeto, buscar utilizar o maior número possível de tecnologias disponíveis localmente, isso implica em redução de custos e um maior benefício à comunidade local
Resultado esperado	Passar de “1%-25%” para “51%-75%”
Impacto no descritor	Passar de N2 (00,00) para N4 (100,00)
PVE	1.1 Origem dos recursos
Descritor	% de recursos locais utilizados
Ações propostas	Da mesma forma que o plano de ação anterior, buscar utilizar o maior número possível de recursos locais, devido ao fato de reduzir custos e beneficiar a comunidade local.
Resultado esperado	Passar de “1%-25%” para “51%-75%”
Impacto no descritor	Passar de N2 (00,00) para N4 (100,00)
PVE	2.2 Custos
Descritor	Custos de apresentação
Ações propostas	Buscar minimizar custo de apresentação do projeto, como materiais impressos, viagens corporativas e despesas com refeição, por exemplo.
Resultado esperado	Passar de “Alto” para “Baixo”
Impacto no descritor	Passar de N2 (00,00) para N4 (100,00)
PVE	2.2 Custos
Descritor	Custos gerados aos usuários do serviço a ser prestado
Ações propostas	Minimizar as taxas de implementação e manutenção dos projetos que serão pagas pelos beneficiários do serviço prestado
Resultado esperado	Passar de “Muito alto” para “Baixo”
Impacto no descritor	Passar de N2 (-66,67) para N4 (100,00)
PVE	3.3 Área ocupada
Descritor	Área de uso do solo
Ações propostas	Ocupar o menor espaço possível com a obra de implementação do projeto, de forma a não prejudicar o meio ambiente e a circulação da comunidade local
Resultado esperado	Passar de “Grande” para “Pequena”
Impacto no descritor	Passar de N2 (00,00) para N4 (100,00)
PVE	4.4 Geração de emprego
Descritor	% da comunidade local empregada
Ações propostas	Em relação à equipe que precisará ser contratada, sempre que possível dar preferência para os membros da comunidade local, de forma a beneficiá-los financeiramente.
Resultado esperado	Passar de “1%-25%” para “51%-75%”
Impacto no descritor	Passar de N2 (00,00) para N4 (100,00)

Fonte: Elaborado pela autora.