

A produção do conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra 2

6,0 Gt CO₂
Ingrid Aparecida Gomes
(Organizadora)



Ingrid Aparecida Gomes

(Organizadora)

**A Produção do Conhecimento nas
Ciências Exatas e da Terra**

2

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P964 A produção do conhecimento nas ciências exatas e da terra 2
[recurso eletrônico] / Organizadora Ingrid Aparecida Gomes. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A produção do
Conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-239-5

DOI 10.22533/at.ed.395190404

1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Gomes,
Ingrid Aparecida. II. Série.

CDD 507

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “A produção do conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 21 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca do ensino e educação.

As Ciências Exatas e da Terra englobam, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Estas ciências estudam as diversas relações existentes da Astronomia/Física; Biodiversidade; Ciências Biológicas; Ciência da Computação; Engenharias; Geociências; Matemática/ Probabilidade e Estatística e Química.

O conhecimento das mais diversas áreas possibilita o desenvolvimento das habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o seu meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

A ideia moderna das Ciências Exatas e da Terra refere-se a um processo de avanço tecnológico, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador de pesquisas.

Neste sentido, este volume é dedicado aos trabalhos relacionados a ensino e aprendizagem. A importância dos estudos dessa vertente, é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Ingrid Aparecida Gomes

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
APLICAÇÃO DA FUNÇÃO DENSIDADE COM DISTRIBUIÇÃO BETA EM UM AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO INTERVALAR	
Dirceu Antonio Maraschin Junior Alice Fonseca Finger	
DOI 10.22533/at.ed.3951904041	
CAPÍTULO 2	6
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO FATORIAL PARA A OTIMIZAÇÃO NA SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POLISSACARÍDICAS	
Nilvan Alves da Silva Edilson Lima Cosmo Júnior Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu	
DOI 10.22533/at.ed.3951904042	
CAPÍTULO 3	15
APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA DETECÇÃO DE FALHAS E DIAGNÓSTICO TERMODINÂMICO NOS COMPONENTES DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO COMERCIAL E INDUSTRIAL	
Ronald de Paiva Gonçalves Euler Guimarães Horta	
DOI 10.22533/at.ed.3951904043	
CAPÍTULO 4	23
APLICAÇÃO DO MÉTODO PROMETHEE I PARA CLASSIFICAÇÃO DE SETORES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Gabriele M. Keszarek Fernando Jorge C. M. Filho	
DOI 10.22533/at.ed.3951904044	
CAPÍTULO 5	34
ANÁLISE DE GESTÃO DO ESTOQUE DE MATÉRIA-PRIMA UTILIZANDO A METODOLOGIA MASP EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA	
Elizabeth Cristina Souza Baltazar De Mesquita João Marcelo Carneiro Mariana Brasil Accioly Paula Nilton da Silva Oliveira Junior Raissa Costa Martins Thuanny Cunha dos Reis	
DOI 10.22533/at.ed.3951904045	
CAPÍTULO 6	41
CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLÓGICA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO CENTRAL DE RONDÔNIA	
Mirian Gusmão Emanuel Maia Anna Frida Hatsue Modro Fernando Ferreira Morais	

DOI 10.22533/at.ed.3951904046

CAPÍTULO 7 58

ANÁLISES DO ACÚMULO DE SEDIMENTOS EM UM REPRESAMENTO DO RIBEIRÃO SÃO BARTOLOMEU NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA – MG

Lucas José Ferreira Viana

Youlia Kamei Saito

Mateus Ribeiro Benhame

Ítalo Oliveira Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.3951904047

CAPÍTULO 8 71

UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LINGUAGENS DE MODELAGEM DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS

João Felipe Pizzolotto Bini

Marcos Antonio Quináia

DOI 10.22533/at.ed.3951904048

CAPÍTULO 9 89

COMPARATIVO SOBRE OS PRINCIPAIS MODELOS DE BANCOS DE DADOS NOSQL

João Dutra Cristoforu

Josiane Michalak Hauagge Dall’Agnol

Lucélia de Souza

Gisane Aparecida Michelon

DOI 10.22533/at.ed.3951904049

CAPÍTULO 10 101

DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE GRÁFICA PARA ANÁLISE E MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE FUNCIONAMENTO DE UM FÓRMULA SAE

Piêtro da Silva Santos

Ronald de Paiva Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.39519040410

CAPÍTULO 11 114

DESENVOLVIMENTO WEB: SOFTWARE DE AUXILIO NA GESTAO DE EVENTOS

Francisco de Assis Nunes Cavalcante

Rafael Miranda Correia

DOI 10.22533/at.ed.39519040411

CAPÍTULO 12 126

ELABORAÇÃO DE PRODUTOS EM ROBOTICA ASSOCIADOS A CONCEITOS SOBRE AS EXPERIÊNCIAS DOS USUÁRIOS

Nathalino Pachêco Britto

Maria Elizabeth Sucupira Furtado

Atiele Oliveira Cavalcante

Bruno Lourenço

Natã Lael Gomes Raulino

DOI 10.22533/at.ed.39519040412

CAPÍTULO 13 134

ESTRUTURA PARA APLICAÇÃO EM ROBÔ PARA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS SUSTENTÁVEL

Rudi Artur Munieweg
Karla Beatriz Vivian Silveira
Sidney Ferreira de Arruda

DOI 10.22533/at.ed.39519040413

CAPÍTULO 14 141

ESTUDO DE FERRAMENTAS DE TESTE BASEADO EM MODELOS EM APLICAÇÕES ANDROID

Jean Carlos Hrycyk
Inali Wisniewski Soares
Luciane Telinski Wiedermann Agner

DOI 10.22533/at.ed.39519040414

CAPÍTULO 15 148

FT-NIR IN THE CONSTRUCTION OF PLS MODELS FOR DETERMINATION OF TOTAL FLAVONOIDS IN SAMPLES OF PROPOLIS SUBMITTED TO DIFFERENT PROCESSES

Matheus Augusto Calegari
Bruno Bresolin Ayres
Larrisa Macedo dos Santos Tonial
Tatiane Luiza Cadorin Oldoni

DOI 10.22533/at.ed.39519040415

CAPÍTULO 16 162

MODELAGEM MATEMÁTICA E ESTABILIDADE DE SISTEMAS PREDADOR-PRESA

Paulo Laerte Natti
Neyva Maria Lopes Romeiro
Eliandro Rodrigues Cirilo
Érica Regina Takano Natti
Camila Fogaça de Oliveira
Altair Santos de Oliveira Sobrinho
Carolina Massae Kita

DOI 10.22533/at.ed.39519040416

CAPÍTULO 17 178

MODELAGEM POR SUPERFÍCIE DE RESPOSTA SOBRE O USO COMBINADO DO NITROGÊNIO NA BASE COM DIFERENTES ÉPOCAS DE FORNECIMENTO EM COBERTURA EM SISTEMA SOJA/AVEIA

Adriana Roselia Krausig
Douglas César Reginatto
Odenis Alessi
Vanessa Pansera
Ângela Teresinha Woschinski de Mamann
José Antonio Gonzalez da Silva

DOI 10.22533/at.ed.39519040417

CAPÍTULO 18	185
PROPOSTA DE AMBIENTES INTELIGENTES IOT SOB A ÓTICA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Larissa Souto Del Rio	
João Octávio Barros Silva	
Marcelo da Silva de Azevedo	
Éder Paulo Pereira	
Ivania Aline Fischer	
Roseclea Duarte Medina	
DOI 10.22533/at.ed.39519040418	
CAPÍTULO 19	194
LANÇAMENTO DE SATÉLITES ARTIFICIAIS	
Jadilene Rodrigues Xavier	
Edinei Canuto Paiva	
Sebastiao Batista De Amorim	
Celimar Reijane Alves Damasceno Paiva	
DOI 10.22533/at.ed.39519040419	
CAPÍTULO 20	219
REMOTE SENSING TOOLS FOR FIRE MONITORING: THE CASE OF WILDFIRE IN CHILE IN 2017	
Gabriel Henrique de Almeida Pereira	
Clóvis Cechim Júnior	
Giovani Fronza	
Flávio Deppe	
Eduardo Alvim Leite	
DOI 10.22533/at.ed.39519040420	
CAPÍTULO 21	229
LÓGICA FUZZY COMO PROPOSTA INOVADORA NA SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE TRIGO PELAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E USO DO NITROGÊNIO	
Ana Paula Brezolin Trautmann	
Osmar Bruneslau Scremin	
Anderson Marolli	
Adriana Roselia Krausig	
Ângela Teresinha Woschinski de Mamann	
José Antonio Gonzalez da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.39519040421	
SOBRE A ORGANIZADORA	236

APLICAÇÃO DO MÉTODO PROMETHEE I PARA CLASSIFICAÇÃO DE SETORES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA¹

Gabriele M. Keslarek

Acadêmica de graduação em Engenharia Civil e aluna do programa de iniciação científica da UCDB, Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: ra153484@ucdb.br

Fernando Jorge C. M. Filho

Prof. pela UCDB. Doutor em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pelo PGTA da UFMS. Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: fernando@ucdb.br

RESUMO: O presente trabalho apresenta a aplicação do método de análise multicritério PROMETHEE I para ordenação e classificação dos setores do sistema de abastecimento de água, para tomada de decisão. Na construção do método as alternativas utilizadas foram as 16 regiões com mais de 1000 matrículas que compõe os setores de abastecimento. Os critérios para a diferenciação das alternativas foram obtidos através do cálculo dos indicadores de desempenho de cada setor. A opinião dos decisores foi aplicada na ponderação dos pesos de cada critério. A pesquisa de opinião foi realizada através de um questionário respondido pelos decisores de diversas repartições da empresa responsável pelo serviço de abastecimento. A aplicação do método resultou na indicação de um setor

de maior prioridade para direcionamento de investimentos, principalmente pelo alto índice de reclamações de qualidade da água, item definido como maior relevância pelos decisores. A análise de sensibilidade foi realizada utilizando pesos iguais para todos os critérios, depois comparada a ordenação baseada na opinião fornecida por cada decisor. Embora tenha havido variações na ordenação, indicando que o método é sensível, as primeiras colocações em todas as ordenações tenderam a apontar para as mesmas regiões prioritárias.

PALAVRAS-CHAVE: Multicritério; Apoio à decisão; MCDA; Indicadores de desempenho.

INTRODUÇÃO

As diversas situações enfrentadas no cotidiano, pessoal ou empresarial, estão, em sua maioria, voltadas para soluções de problemas. Para que se encontrem opções que sejam satisfatórias e efetivas, a principal ferramenta está na percepção de suas reais causas e origens. Dependendo do âmbito que se encontra, um único problema pode ser resultado de várias origens implícitas e pouco evidentes.

Uma análise criteriosa de um cenário, composto por parâmetros variáveis e distintos, é uma tarefa complexa. A escolha entre solucionar um problema ao invés de outro, especialmente em

1 Artigo formulado no formato da revista Water Resources Management.

ambientes corporativos, depende da percepção de cada decisor. Decisões assertivas resultam das múltiplas perspectivas de diferentes pessoas. Tendo esse objetivo, torna-se necessária a substituição das escolhas individuais por uma única preferência coletiva (GHANBARPOUR et al., 2005).

Diversas metodologias foram desenvolvidas e aperfeiçoadas para auxiliar e apoiar decisões. Essas ferramentas, denominadas Apoio Multicritério à Decisão (MCDA), avaliam alternativas através de múltiplos critérios. Suas aplicações são amplas e tem como principal vantagem a estruturação dos problemas. Sendo os critérios os principais fatores para gerar distinções entre as alternativas, o grau de importância de cada um é determinado pelos decisores, fazendo com que os resultados das análises se aproximem ao máximo da realidade.

Os métodos de análise multicritério são ferramentas aplicadas em larga escala na gestão de recursos e planejamento. Os resultados obtidos pelo método estão vinculados aos objetivos, pois a cada alternativa é agregado um valor que parte da união de suas próprias características às opiniões de decisores. Por analisar o desempenho de cada alternativa em relação às outras, os métodos conduzem os decisores a escolha das alternativas mais adequadas para cada situação.

As aplicações do método de análise multicritério em SAA são diversas, como por exemplo a priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água (MORAIS, 2010), no planejamento estratégico para gerenciamento de perdas de água (MUTIKANGA, 2011) e avaliação de impactos econômicos e sociais consequentes de transições do SAA (SEMPEWO, 2013).

Em sistemas tão complexos quanto aos de abastecimento de água, é necessária a elaboração de um sistema de análise constituído por diferentes tipos de indicadores para diagnóstico e monitoramento de um determinado problema (FLORISSI, 2009). Os indicadores de desempenho são medidas da eficiência e da eficácia das entidades gestoras, referentes a aspectos específicos da atividade desenvolvida ou do comportamento dos sistemas.

A avaliação de cada região de abastecimento, utilizando os indicadores de desempenho, facilita a gestão de recursos das prestadoras de serviço. Utilizando os indicadores de desempenho como critérios de diferenciação entre os setores de abastecimento, cujo grau de relevância pode ser elicitado junto aos diretores gestores e técnicos, seus resultados permitem demonstrar, com maior clareza, a real situação do sistema e seus principais problemas (MORAIS; ALMEIDA, 2010). Devido esta análise não depender de um único critério, pode ser aplicado o Método PROMETHEE I para classificação de setores de um sistema de abastecimento de água (SAA), para auxiliar e apoiar os decisores na priorização de ações.

MÉTODO PROMETHEE I

Segundo Vincke (1992), o método PROMETHEE significa *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*, que quer dizer método de ordenação de preferência para o enriquecimento da avaliação. É um dos métodos MCDA da

família dos métodos de superação, também denotados em português por métodos de sobreclassificação (*outranking*), cuja aplicação é dividida em duas etapas: (1) a partir de uma matriz de avaliação se estabelece uma relação de sobreclassificação entre as alternativas que representam as preferências do decisor; (2) explorando-se as relações de sobreclassificação para auxiliar na resolução do problema.

Neste trabalho foram utilizados os indicadores de desempenho das regiões do SAA de Campo Grande – MS, selecionados e calculados no plano de trabalhos referente à “Seleção de Indicadores Associados à Avaliação de Serviços de Abastecimento de Água”, onde:

ID	Indicador	Cálculo
1	Reclamações qualidade da água	
2	Reclamações sobre serviços	Número total de reclamações / Total de matrículas
3	Reclamações sobre falta d'água	
4	Reclamações sobre baixa pressão	
5	Educação ambiental	Número de campanhas socioeducativas realizadas
6	Avárias na rede	Número total de ordens de serviço / quilômetros de rede
7	Energia por m ³	Energia gasta (W) ÷ volume de água micromedido (m ³)
8	Capacidade de bombeamento	Horas de funcionamento das bombas / 21h

Quadro 1 – Indicadores calculados por setor.

Setor	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
1	1,88	5,54	2,97	0,68	8	882,17	0,94	0,85
2	12,57	16,56	3,59	0,40	1	512,97	0,75	0,00
3	2,02	7,40	4,35	1,03	4	872,89	0,73	0,83
4	6,60	10,19	2,98	0,61	3	928,35	0,73	0,96
5	11,18	14,89	3,10	0,61	0	885,86	0,78	0,86
6	2,04	6,10	3,18	0,88	5	1048,01	0,83	0,88
7	6,39	11,20	3,82	0,96	1	1044,92	0,83	0,72
8	0,35	2,90	2,09	0,46	1	1086,79	1,81	0,99
14	0,86	7,32	5,17	1,29	0	771,98	0,73	0,73
15	0,90	2,69	1,19	0,60	0	976,95	0,93	0,00
19	1,31	3,93	1,75	0,87	1	771,15	0,77	0,87
22	0,64	3,86	1,93	1,29	0	1036,87	0,74	0,74
24	0,57	4,57	3,42	0,57	0	1028,78	0,73	0,65
33	0,00	6,31	5,41	0,90	0	1089,24	0,65	0,43
34	0,00	6,60	3,88	2,72	0	1194,56	0,94	0,91
38	2,17	5,42	1,81	1,45	0	1217,52	0,75	0,93

Tabela 1: Matriz de avaliação.

Construção da relação de sobreclassificação

O desempenho de um setor em relação a outro em um critério é representado pela diferença entre um e outro (BRANS; VINCKE, 1985). Se a preferência for positiva, por serem critérios usuais e utilizar a função de preferência tipo 1, a diferença recebe

o valor 1.

$$d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (1)$$

Determinação dos pesos

Foram convidados 7 profissionais para participar da pesquisa, ocupantes dos cargos de coordenador de planejamento estratégico operacional, coordenador de sistema de abastecimento de água, coordenador de meio ambiente e qualidade, diretor executivo, gerente de engenharia, gerente de operações e técnico responsável pelo monitoramento e controle de perdas.

Foram ordenados pelos decisores, o grau de relevância de cada indicador em relação aos demais. As respostas das prioridades, foram agregadas na tabela abaixo, sendo que:

- 1- Grau 1 (Extremamente irrelevante)
- 2- Grau 2
- 3- Grau 3
- 4- Grau 4
- 5- Grau 5
- 6- Grau 6
- 7- Grau 7
- 8- Grau 8 (Extremamente importante)

Tabela 2 – Resultado da pesquisa de opinião

Decisor	Relevância							
	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
1	8	3	4	6	2	1	5	7
2	6	3	5	4	7	1	2	8
3	7	5	6	3	2	1	8	4
4	8	7	6	5	2	1	3	4
5	7	5	6	1	4	2	8	3
6	8	5	7	2	4	1	6	3
7	6	4	3	2	7	1	5	8

A cada grau de relevância foi atribuído o valor da média ponderada das relevâncias. Os pesos foram calculados multiplicando a frequência das opiniões pelo seu grau de relevância e depois, como resultado, o peso foi determinado pela média de relevância de cada critério.

	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
Peso	0,20	0,13	0,15	0,09	0,11	0,03	0,15	0,15

Tabela 3: Resultado dos pesos.

Índice de preferência global

O índice de preferência global é calculado através da soma da preferência de uma alternativa sobre as demais, multiplicada pelo seu peso. Seu resultado é uma matriz que é utilizada para a composição dos fluxos de sobreclassificação.

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b)w_j \quad (2)$$

Os fluxos de sobreclassificação exercem importante papel na etapa de exploração das relações de sobreclassificação (BRANS & MARESCHAL, 1994; BRANS *et al.*, 1986). O fluxo de sobreclassificação de saída indica a tendência de uma alternativa a sobreclassificar fortemente as outras.

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad (3)$$

O fluxo de sobreclassificação de entrada indica a tendência que uma alternativa tem de ser sobreclassificada pelas outras (DUBOIS *et al.*, 1989).

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (4)$$

Análise da relação de sobreclassificação para apoio de decisões

O ordenamento parcial do método PROMETHEE I utiliza a inserção dos dois fluxos de sobreclassificação, de entrada e de saída (BRANS & MARESCHAL, 2002):

$$aPb \leftrightarrow \begin{cases} \phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ e } \phi^-(a) < \phi^-(b), \text{ ou} \\ \phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ e } \phi^-(a) < \phi^-(b), \text{ ou} \\ \phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ e } \phi^-(a) = \phi^-(b) \end{cases}$$

$$aIb \leftrightarrow \phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ e } \phi^-(a) = \phi^-(b)$$

$$aRb \text{ outros casos} \quad (5)$$

Os quais (*P*, *I*, *R*) correspondem à preferência, indiferença e incomparabilidade, respectivamente, do PROMETHEE I, onde os possíveis resultados da comparação entre duas ações serão os seguintes:

aPb – *a* é preferível a *b*: onde *a* é, ao mesmo tempo, mais forte e menos fraca que *b*. A informação obtida pelos dois fluxos de sobreclassificação é convergente e pode ser considerada segura. Nesse caso, pode-se considerar realista declarar que *a* é preferível a *b*.

aIb – *a* e *b* são indiferentes: a força e a fraqueza de *a* e *b* são iguais. Sendo assim, não se pode declarar objetivamente o desempate entre *a* e *b*. Tal observação é muito rara na prática.

aRb – *a* e *b* são incomparáveis. Nesse caso, associa-se a maior força de uma a menor fraqueza da outra. A informação obtida através dos fluxos é contraditória. Essa situação se manifesta quando *a* se mostra claramente melhor que *b* em um subconjunto de critérios e, antagonicamente, *b* é melhor que *a* em outro subconjunto de critérios. Por ausência de informações para relacionar a preferência ou indiferença entre os

critérios, cabe ao decisor a responsabilidade pela sua escolha. No PROMETHEE I somente são apresentadas ao decisor as preferências solidamente estabelecidas e confirmadas por ambos os fluxos de sobreclassificação.

RESULTADOS

Setor	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
1	1,6	0,8	0,7	0,5	0	0,1	2,1	1,2
2	3	1,9	1,5	0	0,4	0	0,9	0
3	1,8	1,4	1,9	1	0,2	0,1	0,4	1
4	2,6	1,5	0,9	0,5	0,3	0,2	0,3	2,1
5	2,8	1,8	1	0,4	0,9	0,2	1,3	1,3
6	2	0,9	1,2	0,7	0,1	0,3	1,5	1,6
7	2,4	1,7	1,6	0,9	0,4	0,3	1,6	0,6
8	0,4	0,1	0,6	0,1	0,4	0,4	2,2	2,2
14	1	1,3	2,1	1,2	0,9	0,1	0,6	0,7
15	1,2	0	0	0,3	0,9	0,2	1,8	0
19	1,4	0,4	0,1	0,6	0,4	0	1,2	1,5
22	0,8	0,3	0,4	1,1	0,9	0,3	0,7	0,9
24	0,6	0,5	1,3	0,2	0,9	0,3	0,1	0,4
33	0	1	2,2	0,8	0,9	0,4	0	0,3
34	0	1,1	1,8	1,4	0,9	0,4	1,9	1,8
38	2,2	0,6	0,3	1,3	0,9	0,5	1	1,9

Tabela 4: Resultado a preferência global das alternativas.

Setor	Θ^+	Θ^-
1	6,99	8,01
2	7,67	6,85
3	7,88	7,12
4	8,31	6,69
5	9,64	4,58
6	8,32	6,68
7	9,52	5,14
8	6,43	8,23
14	7,78	6,44
15	4,34	9,74
19	5,67	8,99
22	5,37	8,85
24	4,34	9,88
33	5,63	8,39
34	9,28	4,75
38	8,69	5,53

Tabela 5: Fluxo de sobreclassificação de entrada (Θ^+) e de saída (Θ^-) das alternativas.

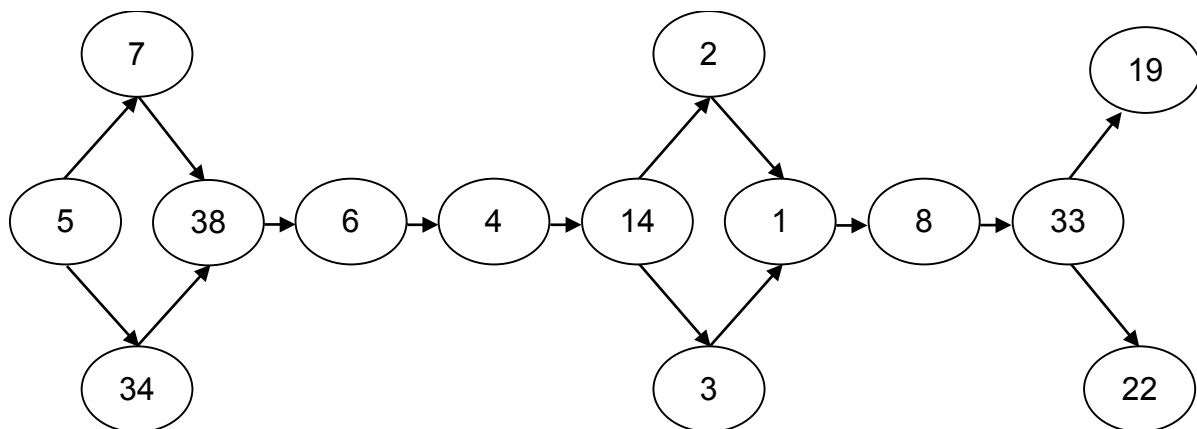


Figura 1 – Fluxo de preferência entre alternativas.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade é uma forma de testar a robustez ou sensibilidade do método através da mudança no grau de relevância atribuído aos critérios. Para que o método seja considerado robusto, é necessário que haja pouca alteração no resultado da ordenação final das alternativas. Para realizar a análise de sensibilidade simplificada, o método foi testado atribuindo pesos iguais para todos os critérios, depois comparados a ordenação realizada ponderando os critérios segundo o grau de prioridade definido por cada decisor.

Setor	Pesos Ponderados	Pesos Iguais	Decisor						
			1	2	3	4	5	6	7
1	6	3	7	0	6	5	6	6	4
2	7	3	6	0	10	8	12	7	7
3	7	7	9	0	8	12	6	7	6
4	9	8	10	4	7	11	8	8	11
5	15	12	12	12	13	14	14	14	15
6	10	10	11	1	12	7	10	9	9
7	13	13	12	6	15	15	14	13	11
8	5	6	5	0	5	2	5	5	7
14	8	9	8	8	6	8	6	8	9
15	0	0	1	0	1	0	2	0	1
19	2	0	4	0	3	3	1	2	3
22	2	3	3	1	2	3	1	3	3
24	0	1	0	0	0	1	0	0	0
33	3	7	2	0	3	5	4	4	2
34	13	15	14	14	13	13	13	13	13
38	12	13	14	13	10	8	10	12	13

Tabela 6: Resultando da ordenação para cada cenário de atribuição de pesos.

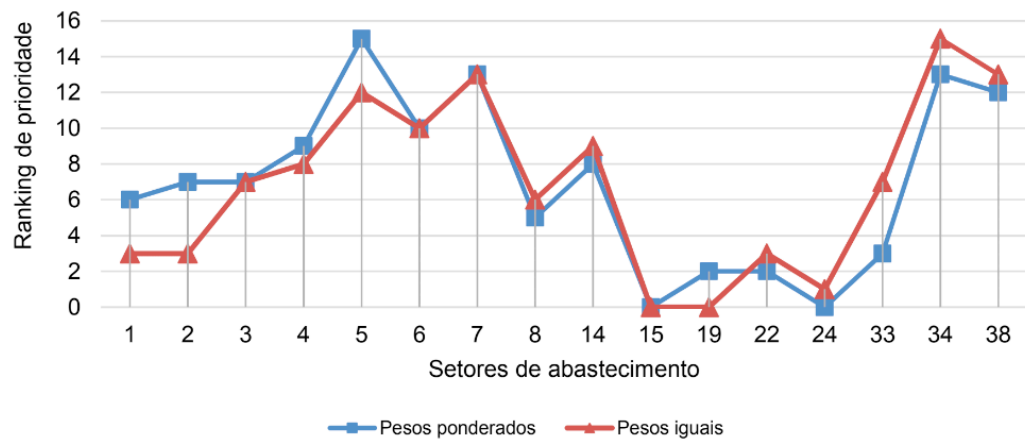


Gráfico 1: Comparação entre os rankings de prioridade atribuindo pesos ponderados e iguais.

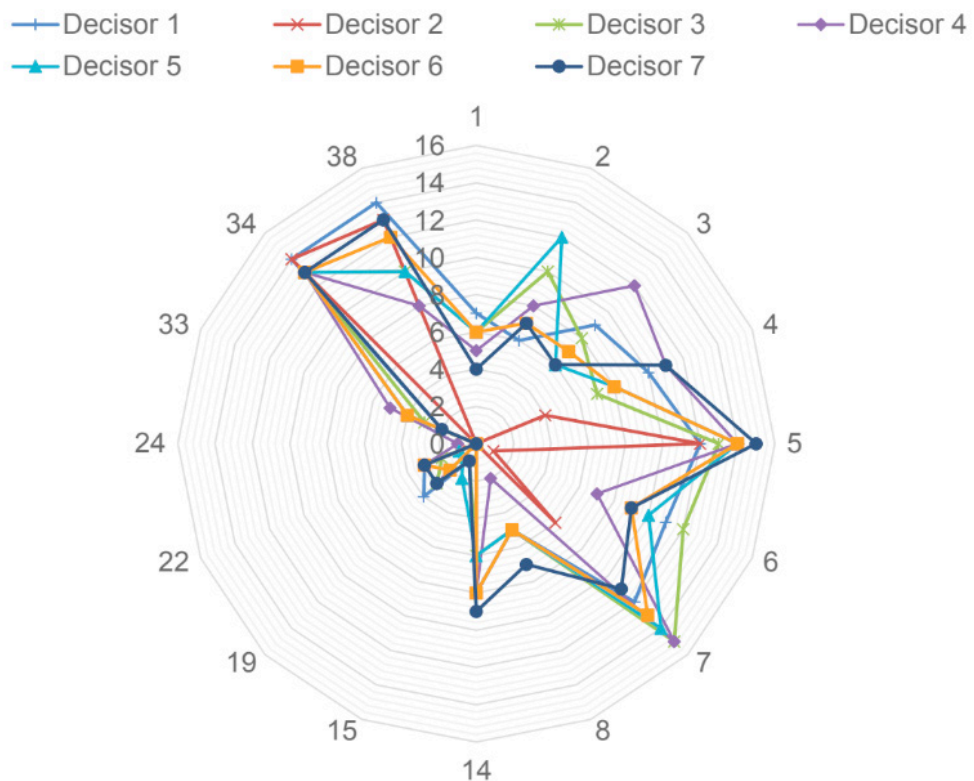


Gráfico 2: Comparação entre os rankings de prioridade através da preferência de cada decisor.

DISCUSSÃO

Na análise de sensibilidade onde foram adotados pesos iguais para todos os critérios, foi possível observar uma variação na ordenação das alternativas. A comparação de desempenho entre índices e indicadores demonstrou que sem os pesos a diferenciação entre as áreas se torna insatisfatória, uma vez que várias áreas apresentam empates. Este resultado atesta a importância da participação dos tomadores de decisão para uma análise direcionada às suas principais prioridades, uma vez que os resultados serão mais direcionados aos seus objetivos. A grande semelhança entre a ordenação com pesos ponderados pelos decisores e a ordenação atribuindo pesos iguais se deve ao fato do uso de dados reais, não estimados e os decisores entrevistados possuírem amplo conhecimento sobre as adversidades do

sistema analisado.

O processo de classificação utilizando a opinião individual dos decisores indica que o método aplicado utilizando pesos ponderados com a média de relevância é aplicável e robusto, pois as classificações tendem ao mesmo resultado. Pode-se observar no Gráfico 2 a tendência para a classificação de quatro setores em todas as aplicações do método. Mesmo com pesos iguais, ponderados ou preferência individual dos decisores há uma maior frequência dos CRs 5, 7, 34 e 38 nos maiores rankings. O setor CR2 possui o maior índice de reclamações de qualidade da água, ao qual foi atribuída maior relevância pelos decisores. Este setor não foi classificado como prioridade em nenhuma das aplicações do método. Como observado por Zimmermann (2010), setores que possuem altos índices em apenas um critério, acabam sobreclassificados pelos demais que possuem índices mais relevantes em outros critérios.

O CR 5, resultante da análise como mais crítico, está localizado na região centro-sul de Campo Grande - MS. Integra 13 bairros e soma 14843 matrículas no total. Seus índices de reclamações sobre qualidade da água e serviços são representativos em comparação aos demais. Possui apenas um poço de captação subterrânea que fornece cerca de 16% de toda a água consumida na região. Este poço, em 2015, operou em março e dezembro utilizando 100% da capacidade de bombeamento. A região recebe os outros 84% do abastecimento por gravidade proveniente da captação superficial.

O CR7, definido junto ao CR34 como segunda maior prioridade na análise global, apresenta altos índices de reclamações sobre qualidade da água, serviços e falta d'água. O empate dos dois na posição de segunda maior prioridade deve-se ao elevado índice de ordens de serviço por quilometro de rede relacionado ao CR34, o que também foi observado para o CR38. Embora este seja o critério de menor relevância para os decisores, estes índices desses setores foram altos o suficiente para priorizá-los.

CONCLUSÃO

O método de análise multicritério PROMETHEE I é uma ferramenta aplicável para classificação e priorização de setores de abastecimento de água para apoio na tomada de decisão. Embora o método seja sensível, suas aplicações tenderam a priorização de quatro alternativas em diferentes classificações. A ponderação dos critérios através da média de relevâncias tende a atender a tendência geral da preferência dos decisores. O método utilizando pesos iguais para todos os critérios tendeu à mesma ordenação dos pesos ponderados, embora tenha havido variação entre os quatro setores de maior prioridade.

REFERÊNCIAS

ÁGUAS GUARIROBA S. A., *Companhia responsável pelo sistema de abastecimento de água de*

Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

ALEGRE, H. et al. *Performance indicators for water supply services: manual of best practice*. 2nd ed. London: IWA Publishing, 2006.

ALMEIDA, A.T. & Costa, A.P.C.S. *Modelo de Decisão Multicritério para Priorização de Sistemas de Informação Baseado no Método PROMETHEE*. *Gestão & Produção*. 9(2), 201-214, Brasil, 2002.

ALMEIDA, A.T. & COSTA, A.P.C.S. *Aplicações com Métodos Multicritério de Apoio a Decisão*. Editora Universitária, Recife, 2003.

BANA E COSTA, C.A. *Structuration, Construction e Exploitation d'un Modèle Multicritère d'Aide a La Décision*. Tese de Doutorado. Universidade Técnica de Lisboa, 1993.

BRANS, J.P. & MARESCHAL, B. PROMCALC & GAIA: *A new decision support system for multicriteria decision aid*. *Decision Support Systems*, 12, 297-310, 1994.

BRANS, J.P. & MARESCHAL, B. *PROMETHEE-GAIA: Une Méthodologie D'Aide À La Décision En Présence De Critères Multiples*. Éditions de L'Université de Bruxelles, Bruxelles, 2002.

BRANS, J.P. & VINCKE, P.H. *A preference ranking organization method, the PROMETHEE method for MCDM*. *Management Science*, 31(6), 647-656, 1985.

BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. *How to select and how to rank projects: The Promethee method*. *European Journal of Operational Research*, v. 24, n. 2, p. 228-238, 1986.

COSTA, H. G. et al. *ELECTRE TRI applied to costumer' satisfaction evaluation*. *Produção*, v. 17, n. 2, p. 230-245, 2007.

DACACH, N. G. - "Sistemas Urbanos de Água", LTC Editora S.A., 2^a Edição, Rio de Janeiro, 1979.

DUBOIS, D.; LANG, J.; PRAD, H. *Automated reasoning using possibilistic logic: semantics, belief revision, and variable certainty weights*. *IEEE Trans. on Data and Knowledge Engineering*, 1994.

EHRLICH, P. J. *Modelos quantitativos de apoio às decisões – II*. *Revista de Administração de Empresas – RAE*, São Paulo, v. 36, n. 2, 1996, p.44-52.

ENSSLIN, L., & ENSSLIN, S. *Uma abordagem construtivista - MCDA - para auxiliar na compreensão das variáveis a serem consideradas no desenvolvimento de um instrumento de avaliação de desempenho: um estudo de caso*, in: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: UFF, 1998. Anais em CD-ROM.

EUROPEAN COMMISSION – Good Practices on Leakage Management - EU Reference Document, 2015

GALVÃO, J. R. B. *Avaliação da Relação Pressão x Consumo, em Áreas Controladas por Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs) — Estudo de Caso: Rede de Distribuição de Água da Região Metropolitana de São Paulo*. 2007. 247 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Hidráulica e Saneamento) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2007.

GHANBARPOUR M.R.; HIPEL K.W.; ABBASPOUR K.C. *Prioritizing long-term watershed management strategies using group decision analysis*. *Water Resource Dev* 21 (2):297–309, 2005.

MORAIS, D.C. & ALMEIDA, A.T. *Water network rehabilitation: A group decision-making approach*. *Water SA*, v.36, n.4, 2010.

MUTIKANGA, H. E. et al. *Multi-criteria Decision Analysis: A Strategic Planning Tool for Water Loss Management*. 2011.

ROY, B. *Decision-aid and decision-making*. European Journal of Operational Research, v. 45, n. 2-3, p. 324-331, 1990.

ROY, B. *Méthodo logic multicritère d, aide à la decision*. Paris: Ed. Economica, 1985.

SEMPEWO, J. TRANSITIONING OF URBAN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS A thesis submitted to The University of Birmingham for the degree of University of Birmingham Research Archive. School of Civil Engineering College of Engineering. The University of Birmingham, October, 2012

TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de água*. 3. Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VINCKE, P. *Multicriteria Decision-Aid*. Wiley, Bruxelles.1992.

ZIMERMANN, D. M. H. *O uso de indicadores de desempenho para planejamento e regulação dos serviços de abastecimento de água*. p. 188, 2010.

SOBRE A ORGANIZADORA

Ingrid Aparecida Gomes - Bacharel em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2008), Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado em Gestão do Território da Universidade Estadual de Ponta Grossa (2011). Atualmente é Doutoranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Foi professora colaborada na UEPG, lecionando para os cursos de Geografia, Engenharia Civil, Agronomia, Biologia e Química Tecnológica. Também atuou como docente no Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE), lecionando para os cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. Participou de projetos de pesquisas nestas duas instituições e orientou diversos trabalhos de conclusão de curso. Possui experiência na área de Geociências com ênfase em Geoprocessamento, Geotecnologia, Geologia, Topografia e Hidrologia.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-239-5

