

TOMADA DE DECISÃO EM PROJETOS DE SANEAMENTO: UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP NA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

DECISION MAKING IN SANITATION PROJECTS: USE OF AHP METHOD IN SANITARY SEWAGE SYSTEMS IMPLEMENTATION

¹Tobias Ribeiro BARRETO.

²Betânia Muniz Pedrosa RABELO.

³Henrique Rego Monteiro da HORA.

⁴Milton Junior ERTHAL.

¹Instituto Federal Fluminense - IFF. E-mail: tobiasr.barreto@gmail.com

²Instituto Federal Fluminense - E-mail: betaniampedrosa@yahoo.com.br

³Instituto Federal Fluminense - IFF. E-mail: dahora@gmail.com

⁴Instituto Federal Fluminense - IFF. E-mail: miltonerthal@hotmail.com

Artigo submetido em 23/02/2021 e aceito em 22/03/2021.

Resumo

A tomada de decisão em projetos de saneamento é complexa, por isso faz-se necessária a análise de múltiplos fatores para a eficiência do planejamento, controle e gestão de recursos hídricos. O objetivo desse estudo é aplicar um método multicritério conhecido como AHP (Analytic Hierarchy Process) para auxílio a tomada de decisão na escolha de uma bacia para a implantação do sistema de esgotamento sanitário. Pretende-se nesse estudo, demonstrar a aplicação do método supracitado, em uma empresa privada do setor de saneamento localizada na cidade de Campos dos Goytacazes, para definição da melhor bacia para implantação do sistema de esgotamento sanitário em um bairro do mesmo município, considerando múltiplos fatores. O objetivo do trabalho foi cumprido uma vez que o emprego do método foi bem-sucedido e apontou a bacia mais preferível para a implantação.

Palavras-chave:

AHP; Priorização de projeto; Esgoto; Saneamento.

Abstract

Decision-making in sanitation projects is complex, which is why it is necessary to analyze multiple factors for the efficient planning, control and management of water resources. The aim of this study is to apply a multicriteria method known as AHP (Analytic Hierarchy Process) to aid decision making in sanitation projects management. applying the AHP to define the best basin for the implementation of the sewage system in a neighborhood in the city of Campos dos Goytacazes, considering multiple factors.in a private company in the sanitation sector. The goal of this study was accomplished once the use of the method was successful and indicated the most preferable basin for the implantation.

Keywords:

AHP; Project Prioritization; sewage; Sanitation.

1 INTRODUÇÃO

Desde 1995, quando foi aprovada a lei de Concessões (Lei n 8.987/1995) o setor saneamento tem sido visto pelos próprios órgãos financiadores como promessa, dada a necessidade do país de um investimento massivo para reversão do quadro de debilidade.

As concessionárias privadas, entretanto, têm lidado com dificuldades em manter margens de lucro atrativas. Apesar de apresentarem maior produtividade, maiores índices de atendimento e elevada produtividade do capital nos serviços de água e esgoto, as empresas não demonstram melhor performance financeira frente à empresas públicas (DE FARIA; DE FARIA; MOREIRA, 2005).

A causa do pior rendimento financeiro da iniciativa privada pode estar relacionada ao alto valor de outorga exigido pelo poder concedente, ou ainda pela ausência de uma política de cobrança tarifária unificada (MELLO, 2005).

O cenário descrito exige das empresas privadas um planejamento aprofundado de suas ações, traduzidas através de uma equipe de operação enxuta e principalmente, de investimentos eficientes, que possibilitem um maior retorno financeiro. Nesse sentido, a MCDM - Multicriteria Decision Methods - demonstra-se como sendo de grande valia na priorização de projetos, auxiliando na estruturação de problemas e garantindo um processo de decisão baseado em aspectos de natureza social, ambiental e econômica (CAMPOS, 2011).

Os métodos de Análise Multicritério são amplamente aplicados e, um dos mais utilizados em todo o mundo (GOMES et al., 2004), o AHP tem conquistado aceitação de gestores e tomadores de decisão devido à sua simplicidade e facilidade de uso (BHUSHAN; RAI, 2004). O tem sido empregado para os mais diversos fins, desde análise de desenvolvimento da iniciativa privada no setor (SARVARI et al., 2020), priorização de alternativas para tratamento de água de reuso (CHEN; WU; YANG, 2014; HADIPOUR et al., 2016), acompanhamento de performance de redes de distribuição de água (AL-BARQAWI; ZAYED, 2008; EL-ABBASY et al., 2016; ISMAEEL; ZAYED, 2018; NAZIF et al., 2013), bem como seleção de alternativas para implantação de sistemas de esgotamento sanitário e abastecimento de água (BRINGER; REIS; MENDONÇA, 2018; HU; LIU; TU, 2016; ZHANG et al., 2018).

Pretende-se nesse estudo, apresentar a aplicação do método AHP em uma empresa privada do setor de saneamento localizada na cidade de Campos dos Goytacazes, para definição da melhor bacia para implantação do sistema de esgotamento sanitário em um bairro do mesmo município, considerando múltiplos fatores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O método é baseado em três princípios do pensamento analítico, a construção de hierarquias, a priorização e a consistência lógica. E sua aplicação em problemas de decisão contempla as fases: estruturação dos critérios e alternativas; coleta de julgamentos; cálculo de prioridades; verificação da consistência do julgamento; cálculo das prioridades globais das alternativas. (TERRA et al., 2019).

A estrutura hierárquica forma uma árvore invertida, onde vai descendo do objetivo para os critérios e alternativas (SAATY, 1991). Após a hierarquização dos critérios, é feito o julgamento dos decisores. Para isso se constrói uma matriz de comparação paritária entre os

elementos do nível inferior e os do nível imediatamente acima. Os elementos são comparados seguindo a escala de julgamentos recomendada por Saaty (1991), descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Escala de julgamento AHP

Intensidade	Definição	Comentário
1	Mesma importância	Dois atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Fraca	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida em relação a outra e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorecendo uma atividade em relação à outra é do mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando é necessária uma condição de compromisso.

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

A forma matricial seguinte representa, genericamente, a matriz de julgamento das n alternativas. Na comparação entre os elementos, deve-se levar em conta qual o elemento mais importante e a intensidade dessa importância. (TERRA et al., 2019)

A matriz de comparação gera relações recíprocas como representado na matriz anterior. Sendo assim, para cada julgamento registrado na posição de linha i e coluna j , a_{ij} , há um valor igual a $\frac{1}{a_{ji}}$ na posição recíproca. Os elementos a_{ij} devem obedecer a regras. São elas:

- I. Se $a_{ij} = \alpha$, então $a_{ji} = \frac{1}{\alpha}$, $\alpha \neq 0$, onde α é o valor numérico do julgamento baseado na escala apresentada na Tabela 1.
- II. Se o julgamento for de igual importância, então $a_{ij} = 1$ e $a_{ji} = 1$.

Em seguida, se calcula a contribuição relativa de cada elemento da estrutura hierárquica em relação ao objetivo imediato e em relação ao objetivo principal, obtendo-se assim as prioridades globais. Que de acordo com Saaty (1991), podem ser obtidas por meio de operações matriciais, calculando-se o principal autovetor da matriz e em seguida normalizando-o. O resultado obtido em cada linha corresponde ao total percentual relativo de prioridades ou preferências em relação ao objetivo.

3 PROCESSOS METODOLÓGICOS

A classificação do presente trabalho, de acordo com a proposição de (GIL, 2009) pode ser considerada como aplicada, quanto a sua natureza, segue abordagem quantitativa, e tem por objetivo a pesquisa exploratória.

Para o desenvolvimento desta pesquisa a metodologia de trabalho foi concebida em quatro etapas, a saber:

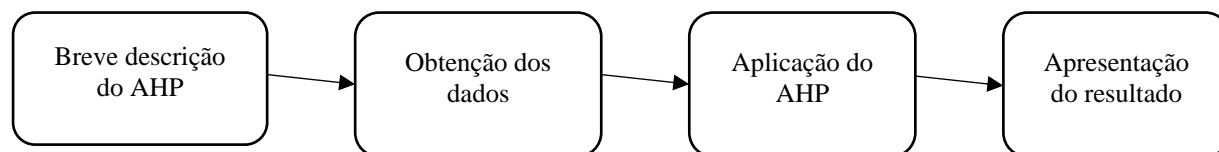
Passo 1: identificar os critérios adotados pelo projeto como pontos relevantes em um projeto de extensão de rede coletora de esgoto, junto ao decisor;

Passo 2: obter dados confiáveis que possam atender aos critérios levantados no passo 1 bem como as alternativas;

Passo 4: usando o método AHP, medir pesos aos critérios propostos para cada alternativa e definir qual é a alternativa mais indicada com base nas respostas de uma entrevista com o decisor.

O fluxograma de desenvolvimento do trabalho encontra-se apresentado na Figura 1, a etapa de “breve descrição do AHP já foi abordada na sessão anterior.

Figura 1- Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para cumprir o objetivo dessa pesquisa, foi realizada uma consulta ao banco de dados de uma concessionária privada de água e esgoto no município de Campos dos Goytacazes. Mediante autorização, e a partir da necessidade da empresa de realizar expansões nas redes em determinado bairro, foram identificadas, utilizando-se o cadastro técnico disponível em software de Sistemas de Informações Georreferenciadas (SIG), as áreas pré-determinadas para a ampliação do sistema de coleta de esgoto.

Na sequência foram extraídas e analisadas 3 variáveis: Arrecadação, extensão de rede coletora de esgoto a ser implantada e a adimplência da região.

Essas 3 variáveis são as variáveis tomadas como mais importantes para implementação desse tipo de projeto pelo setor comercial e engenharia dessa concessionária.

O Critério C1 consiste no valor de arrecadação estimada a ser realizada no período de estudo.

O Critério C2 consiste no valor de Extensão de rede coletora de esgoto, seu valor é dado naturalmente em m , porém nesse estudo, foi realizado um tratamento para que esse valor seja dado em m^{-1} , a fim de ajustar a relação.

O Critério C3 consiste no valor de Adimplência, calculada a partir da relação de clientes que possuem suas ligações de água como ativa (ou seja, não foi cortada por falta de pagamento) com o número total de clientes nessa mesma região.

Para aplicação do AHP, essas variáveis foram consideradas como critérios, sendo os Arrecadação e Adimplência, critérios que possuem relação quanto maior melhor, conforme resumido na Tabela 2.

Tabela 2 – Resumo da relação dos critérios

Critérios	Nome do Critério	Relação
Critério 1 (C1)	Arrecadação	Quanto maior, melhor
Critério 2 (C2)	Extensão de rede coletora	Quanto maior, melhor
Critério 3 (C3)	Adimplência	Quanto maior, melhor

Fonte: Elaborado pelo Autor.

As alternativas que serão apresentadas nesse estudo, consistem em 6 Bacias de Esgotamento Sanitário, localizadas em um bairro, ao norte do Rio Paraíba do Sul, no Município de Campos dos Goytacazes.

O resumo dos critérios em relação as alternativas, são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resumo dos critérios a serem considerados

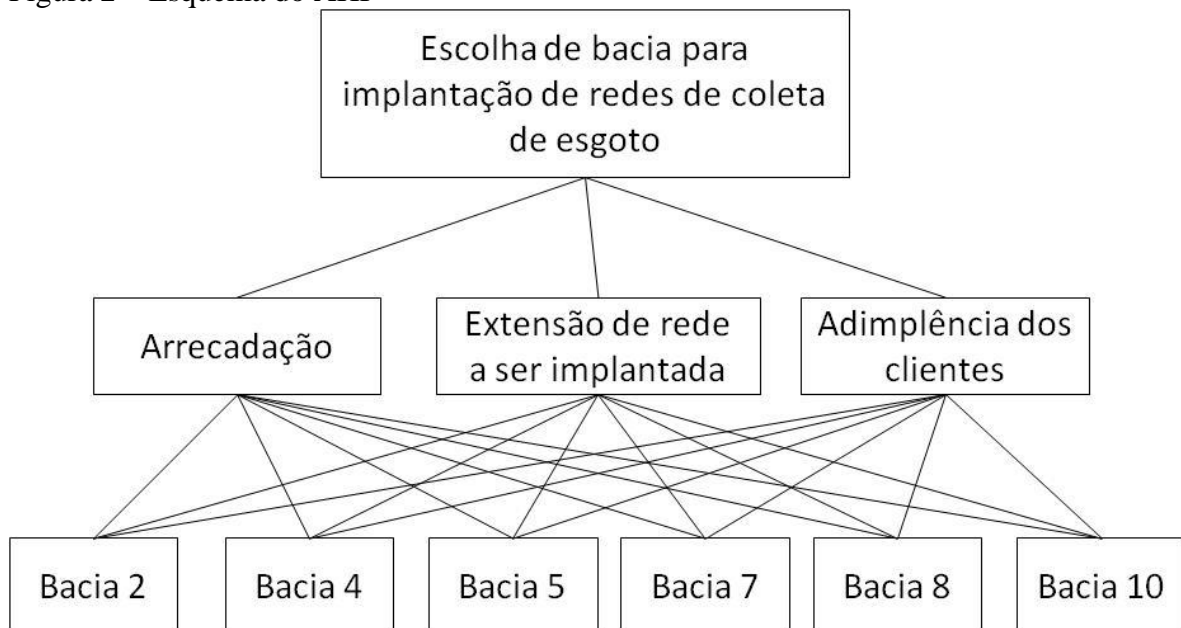
Bacias	C1: Arrecadação Estimada	C2: Extensão de Rede Coletora	C3: Adimplência
Bacia 02	R\$ 40.979,56	0,001159 m^{-1}	64,63%
Bacia 04	R\$ 112.817,16	0,000326 m^{-1}	76,53%
Bacia 05	R\$ 4.327,28	0,010101 m^{-1}	75,00%
Bacia 07	R\$ 104.114,76	0,000699 m^{-1}	78,43%
Bacia 08	R\$ 38.815,92	0,002283 m^{-1}	84,62%
Bacia 10	R\$ 20.511,38	0,005848 m^{-1}	0,00%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após definir os critérios de seleção e alternativas, foi elaborado um entrevistas para a aplicação do método AHP que foi respondido por profissionais dessa concessionária com experiencia em projetos de saneamento. Em seguida os dados foram inseridos na matriz de julgamento com o auxílio de uma planilha eletrônica.

O esquema resumido do método AHP. nesse trabalho, é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Esquema do AHP



Fonte: Elaborado pelo Autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 01 mostra o valor de importância comparando aos pares cada critério adotado e a Tabela 2, seus valores normalizados. Observa-se, na figura 3, que o critério adimplência foi considerado o de maior importância em relação aos demais, por se tratar de uma obra custosa e envolver inúmeros riscos financeiros, sendo, portanto, a arrecadação o de menor relevância, pois não faz sentido ter uma alta projeção de arrecadação em uma região e baixa adimplência. Extensão de Rede coletora ficou como sendo o segundo critério mais relevante, uma vez que o orçamento para projeto de um de saneamento é limitado.

A etapa de mensuração dos critérios tem início com os julgamentos de importância relativa paritária entre eles. A Figura 9 apresenta a resolução da matriz de comparações paritárias entre critérios, ponderada pelo especialista.

As matrizes foram elaboradas em planilha eletrônica para receber os dados e configuradas para calcular, automaticamente, o valor nas posições recíprocas associadas a cada entrada. A resolução da matriz de comparações paritárias e cálculo de seus pesos estão demonstrados na tabela 04.

4.1. CLASSIFICAÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS

Nesse momento, segundo a lógica do AHP, é avaliado a classificação do critério aos olhos do decisor. Com base nas respostas coletadas na entrevista, utilizando a escala de Saaty, foram atribuídos os valores de importância para cada critério e posteriormente normalizados conforme Tabela 4.

Tabela 4: Valores de importância dos critérios adotados

Critérios	Arrecadação	Extensão de rede coletora	Adimplência
Arrecadação	1	0,5	0,2
Extensão de rede coletora	2	1	0,333
Adimplência	5	3	1

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 5: - Valores Normalizados de importância dos critérios adotados

Critérios	Arrecadação	Extensão de rede existente	Adimplência
Arrecadação	0,125	0,111	0,130
Extensão de rede coletora	0,250	0,222	0,217
Adimplência	0,625	0,667	0,652

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme observado anteriormente na Tabela 5 e posteriormente na Figura 9, para o decisor, o critério que possui maior peso é Arrecadação (C1), por razões orçamentárias esse critério está diretamente ligado a viabilidade de execução do projeto e por isso, essa importância acaba sendo refletida nesse estudo também.

4.2. RELAÇÃO ENTRE ALTERNATIVA A LUZ DO CRITÉRIO ARRECADAÇÃO

Com base nas respostas coletadas na entrevista, utilizando a escala de Saaty, foram atribuídos os valores de importância para cada critério e posteriormente normalizados. Com auxílio de uma planilha eletrônica, os valores para cada critério foram calculados conforme a Tabela 6 e a Tabela 7.

Tabela 6: Critério Arrecadação

Arrecadação	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia 10
Bacia 2	1	1/3	1/7	1/2	1	5
Bacia 4	3	1	9	2	7	8
Bacia 5	7	1/9	1	1/7	1/4	1/2
Bacia 7	2	1/2	7	1	7	8
Bacia 8	1	1/7	4	1/7	1	3
Bacia 10	1/5	1/8	2	1/8	1/3	1

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 7: Normalização Critério Arrecadação

Arrecadação	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia 10
Bacia 2	0,070	0,151	0,006	0,128	0,060	0,196
Bacia 4	0,211	0,452	0,389	0,511	0,422	0,314
Bacia 5	0,493	0,050	0,043	0,037	0,015	0,020
Bacia 7	0,141	0,226	0,302	0,256	0,422	0,314
Bacia 8	0,070	0,065	0,173	0,037	0,060	0,118
Bacia 10	0,014	0,057	0,086	0,032	0,020	0,039

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.3. RELAÇÃO ENTRE ALTERNATIVA A LUZ DO CRITÉRIO EXTENSÃO DE REDE COLETORA

Com base nas respostas coletadas na entrevista, utilizando a escala de Saaty, foram atribuídos os valores de importância para cada critério e posteriormente normalizados. Com auxílio de uma planilha eletrônica, os valores para cada critério foram calculados conforme Tabela 8 e a Tabela 9.

Tabela 8: Critério Extensão de rede coletora

Extensão de rede coletora	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia 10
Bacia 2	1	3	1/5	2	1/2	1/4
Bacia 4	1/3	1	1/9	1/2	1/5	1/7
Bacia 5	5	9	1	7	3	2
Bacia 7	1/2	2	1/7	1	1/5	1/6
Bacia 8	2	5	1/3	5	1	1/3
Bacia 10	4	7	1/2	6	3	1

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 9: Normalização Critério Extensão de rede coletora

Extensão de rede coletora	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia 10
Bacia 2	0,0779	0,1111	0,0874	0,0930	0,0633	0,0642
Bacia 4	0,0260	0,0370	0,0486	0,0233	0,0253	0,0367
Bacia 5	0,3896	0,3333	0,4372	0,3256	0,3797	0,5138
Bacia 7	0,0390	0,0741	0,0625	0,0465	0,0253	0,0428
Bacia 8	0,1558	0,1852	0,1457	0,2326	0,1266	0,0856
Bacia 10	0,3117	0,2593	0,2186	0,2791	0,3797	0,2569

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.4. RELAÇÃO ENTRE ALTERNATIVA A LUZ DO CRITÉRIO ADIMPLÊNCIA

Com base nas respostas coletadas na entrevista, utilizando a escala de Saaty, foram atribuídos os valores de importância para cada critério e posteriormente normalizados. Com auxílio de uma planilha eletrônica, os valores para cada critério foram calculados conforme a Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12.

Tabela 10: Critério Adimplência

Adimplência	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia 10
Bacia 2	1	1/3	1/2	1/4	1/5	6
Bacia 4	3	1	1	1	1/6	7
Bacia 5	2	1	1	1/2	1/7	7
Bacia 7	4	1	2	1	1/4	7
Bacia 8	5	6	7	4	1	9
Bacia 10	1/6	1/7	1/7	1/7	1/9	1

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 11: Normalização - Critério Adimplência

Adimplência	Bacia 2	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 8	Bacia 10
Bacia 2	0,0659	0,0352	0,0429	0,0363	0,1069	0,1622
Bacia 4	0,1978	0,1055	0,0859	0,1451	0,0891	0,1892
Bacia 5	0,1319	0,1055	0,0859	0,0725	0,0764	0,1892
Bacia 7	0,2637	0,1055	0,1718	0,1451	0,1336	0,1892
Bacia 8	0,3297	0,6332	0,6012	0,5803	0,5346	0,2432
Bacia 10	0,0110	0,0151	0,0123	0,0207	0,0594	0,0270

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados são resumidos na Tabela 12:

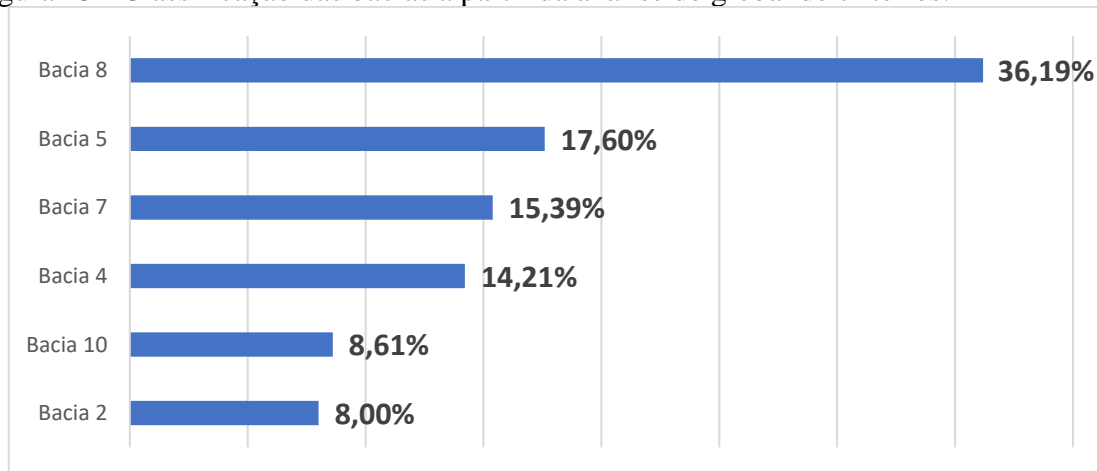
Tabela 12: Resumo das Classificações

Alternativas	Arrecadação	Extensão de rede coletora	Adimplência
Bacia 2	10,19%	8,28%	7,49%
Bacia 4	38,32%	3,28%	13,54%
Bacia 5	10,96%	39,65%	11,02%
Bacia 7	27,68%	4,84%	16,82%
Bacia 8	8,71%	15,53%	48,70%
Bacia 10	4,14%	28,42%	2,42%
Pesos	12,22%	22,99%	64,79%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Multiplicando a matriz dos valores mostrados na Tabela 05 pelo vetor formado pelos valores peso de cada critério, mostrado na Figura 09 obteve-se o valor final de cada configuração em relação ao objetivo principal, conforme Figura 13.

Figura 13 - Classificação das bacias a partir da análise de global de critérios.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados, apresentados na Figura 13, mostram que a bacia 8 se destaca como alternativa mais preferível com 36,19%, resultado coerente pois é observado que a bacia 8 é a alternativa que possui maior valor de adimplência, por mais que sua arrecadação estimada não seja a maior, a adimplência é um critério de maior peso para o decisor. Enquanto a bacia 5, com 17,60%, é a segunda opção e a bacia 7 ocupa terceira colocação na análise de preferência, com 15,39%, essas bacias possuem características muito similares, fazendo com que seus resultados fiquem bem próximos. Por fim as das bacias 10 e 2 respectivamente.

5 CONCLUSÕES

Assim como para Zuffo et al. (2002) e Marchezetti; Kaviski; Braga (2011) o método AHP se mostrou satisfatório e coerente com as premissas do decisor, apresentando resultados satisfatórios. Partindo da premissa de que os projetos de extensão de rede coletoras de esgoto possuem como principal objetivo propor uma solução viável (tanto do ponto de vista ambiental tanto econômico), os 3 critérios aplicados nesse estudo (Arrecadação, Extensão de Rede e Adimplência) se apresentam como bons critérios para análise. Uma vez que esses critérios dependem de outras variáveis para serem calculados. Cálculo esse não apresentado nesse estudo pois já é realizado software utilizado pela concessionária. O fator de decisão para a implantação de projetos sanitários está intrinsecamente relacionado aos custos do projeto.

A proposta de aplicar o método AHP, conforme apresentado nessa pesquisa, mostra que o estudo de adimplência na região é de extrema importância para a tomada de decisão na etapa de planejamento do projeto. Uma vez, que a mesma possui um peso acima de 60% para o decisor. Dessa forma, é recomendável solicitar auxílio do departamento comercial da empresa, em busca das informações relacionadas a adimplência da região a ser considerada no projeto.

A Arrecadação e o tamanho da extensão de rede a ser executada se mostraram como critérios menos relevantes nesse estudo, seus pesos respectivos são de 12,22% e 22,99%. Uma vez que

quanto maior a extensão de rede a ser executada, maior é o custo do projeto, é notória a preferência do decisor em realizar o projeto em regiões com maior índice de adimplência, tamanho é o impacto da viabilidade econômica na realização do projeto.

A metodologia apresentada para a aplicação em problemas de tomada de decisão, utilizando AHP, possibilitou incorporar, sistematicamente, os 3 principais critérios considerados pelo decisor do projeto pela concessionária a determinar a melhor alternativa dentre as existentes no projeto. O método AHP se mostrou capaz de auxiliar no processo de escolha. Com entrevistas a um especialista na área e com o método AHP foi possível chegar à conclusão de qual seria a melhor opção de escolha entre as bacias a serem implementadas o sistema de esgotamento sanitário primeiro. Conclui-se que o método AHP é eficaz no auxílio de escolha e que avaliar as alternativas e critérios auxiliam em uma escolha mais eficiente para o decisor.

REFERÊNCIAS

- AL-BARQAWI, H.; ZAYED, T. Infrastructure Management: Integrated AHP/ANN Model to Evaluate Municipal Water Mains' Performance. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 14, n. 4, p. 305–318, dez. 2008.
- BHUSHAN, N.; RAI, K. **Strategic decision making: applying the analytic hierarchy process**. London ; New York: Springer, 2004.
- BRINGER, L. M.; REIS, J. A. T. DOS; MENDONÇA, A. S. F. Wastewater treatment systems selection inside watersheds by using multiobjective analysis. **RBRH**, v. 23, n. 0, 4 jun. 2018.
- CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento**. Doutorado em Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento—São Carlos: Universidade de São Paulo, 25 nov. 2011.
- CHEN, S.-M.; WU, Y.-M.; YANG, L. Application of the Analytic Hierarchy Process for the selection of wastewater reuse targets. **Management Decision**, v. 52, n. 7, p. 1222–1235, 12 ago. 2014.
- DE FARIA, R. C.; DE FARIA, S. A.; MOREIRA, T. B. S. A PRIVATIZAÇÃO NO SETOR DE SANEAMENTO TEM MELHORADO A PERFORMANCE DOS SERVIÇOS? n. 28, p. 16, 2005.
- EL-ABBASY, M. S. et al. Integrated performance assessment model for water distribution networks. **Structure and Infrastructure Engineering**, p. 1–20, 23 fev. 2016.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2009.
- GOMES, L. F. A. M. et al. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. São Paulo: Thomson, 2004.
- HADIPOUR, A. et al. Multi-criteria decision-making model for wastewater reuse application: a case study from Iran. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, n. 30, p. 13857–13864, 26 jun. 2016.
- HU, W.; LIU, G.; TU, Y. Wastewater treatment evaluation for enterprises based on fuzzy-AHP comprehensive evaluation: a case study in industrial park in Taihu Basin, China. **SpringerPlus**, v. 5, n. 1, p. 907, dez. 2016.
- ISMAEEL, M.; ZAYED, T. Integrated Performance Assessment Model for Water Networks. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 24, n. 2, p. 04018005, jun. 2018.
- MARCHEZETTI, A. L.; KAVISKI, E.; BRAGA, M. C. B. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos domiciliares. **Ambiente Construído**, v. 11, p. 173–187, 2011.
- MELLO, M. F. DE. Privatização do setor de saneamento no Brasil: quatro experiências e muitas lições. **Economia Aplicada**, v. 9, n. 3, p. 495–517, set. 2005.
- NAZIF, S. et al. Increasing Water Security: An Algorithm to Improve Water Distribution Performance. **Water Resources Management**, v. 27, n. 8, p. 2903–2921, jun. 2013.

SARVARI, H. et al. Barriers to development of private sector investment in water and sewage industry. **Built Environment Project and Asset Management**, v. ahead-of-print, n. ahead-of-print, 22 out. 2020.

TERRA, I. et al. APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA ESCOLHA DE LINGUAGEM PARA MODELAGEM DE PROCESSOS DE NEGÓCIO. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782)**, v. 4, 29 maio 2019.

ZHANG, J. et al. An exploration of comprehensive evaluation method of sewage treatment construction project in small and medium towns: theory and application. **DESALINATION AND WATER TREATMENT**, v. 118, p. 70–78, 2018.