

I-056 - COMPARAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA E AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS NO PDAA UTILIZANDO O MÉTODO AHP - ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Silene Cristina Baptistelli⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Alvares Penteado – FAAP. Mestre e Doutora em Engenharia Hidráulica pela Escola Politécnica de São Paulo - POLI/USP. Engenheira na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, no Departamento de Planejamento Técnico - PIT. Docente do Centro Universitário SENAC, no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Gladys Fernandes Januario⁽²⁾

Engenheira Civil pela Escola Politécnica de São Paulo - POLI/USP. Mestre em Engenharia Hidráulica pela Escola Politécnica de São Paulo - POLI/USP. Engenheira na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP.

Maria Regina Ferraz Campos⁽³⁾

Engenheira pela Escola de Engenharia de Lins - EEL. Mestre em Engenharia pela Escola Politécnica da USP, Engenheira na Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo - SABESP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Costa Carvalho, 300 – Pinheiros – São Paulo – SP – CEP: 05429-900 – Brasil – Tel: +55 (11) 3388-8601 - e-mail: sbaptistelli@sabesp.com.br

RESUMO

Na elaboração de Planos Diretores, uma das atividades previstas é a priorização das ações propostas e escolha de alternativa, e existem vários métodos disponíveis que podem ser aplicados nesta atividade. Na comparação econômico-financeira e ambiental dos arranjos propostos na Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água - PDAA da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP foi utilizado o método Analytic Hierarchy Process (AHP). O AHP é um método para auxiliar as pessoas na tomada de decisões complexas, ajuda a escolher e a justificar a sua escolha, e foi desenvolvido na década de 70 pelo Prof. Thomas L. Saaty. O objetivo deste trabalho é discutir a importância da utilização de método que auxilie na tomada de decisão complexa para a priorização de arranjos, entre as diversas alternativas de novos aportes (mananciais), capacidade de produção e sistema adutor propostos. No PDAA foram selecionados 21 arranjos que se mostraram mais adequados para o planejamento do abastecimento de água da RMSP. No estudo de comparação do PDAA, foram adotados quatro grupos de critérios: Critérios Econômico-Financeiros, Critérios Técnicos, Critérios Ambientais e Critérios Jurídico-Institucionais. Importante salientar que tomadas de decisão pressupõem conhecimento mais amplo do que o uso isolado de um método específico. Assim, o método AHP foi a ferramenta que favoreceu e orientou a priorização das alternativas, mas a decisão sobre qual arranjo será implementado será fruto de negociação e análise estratégica da empresa. É importante ressaltar a complexidade da decisão de escolha de um arranjo entre as diversas alternativas de novos aportes (mananciais), o aumento da capacidade de produção das ETAs e as alterações no SAM, propostos no PDAA da RMSP, sendo que o AHP foi a ferramenta de auxílio para esta escolha.

PALAVRAS-CHAVE: Plano diretor, Método AHP, Abastecimento de água.

INTRODUÇÃO

De maneira geral, pode-se definir Plano Diretor como sendo um instrumento básico de um processo de planejamento para a implantação de ações de políticas públicas. O Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo (PDAA-RMSP) constitui-se no principal instrumento de referência de planejamento e gestão, colocado à disposição das entidades operadoras de serviços de abastecimento de água da RMSP e das entidades governamentais de saneamento e meio ambiente do Estado de São Paulo. Na elaboração do PDAA, foram abordados desde aspectos do manancial até a reservação da água tratada. Os dois principais grupos de estudos foram: os diagnósticos e os prognósticos. No diagnóstico, foram avaliadas as estruturas existentes, ou seja, a identificação dos problemas e pontos críticos do sistema existente. Nos estudos de prognóstico, foram identificadas as necessidades de novos aportes de água e apresentados os vários

mananciais com possibilidade de utilização. Além disso, foram avaliados os processos de tratamentos adequados para as águas brutas disponíveis, e apresentadas as diversas alternativas de ampliação ou implantação de novas Estações de Tratamento de Água – ETAs e diferentes alternativas do Sistema Adutor Metropolitano - SAM. A partir das alternativas de novos aportes (mananciais), de ETAs e de SAM foram compostos arranjos que compõem as diversas alternativas para implantação de melhorias e ampliação do sistema de abastecimento de água para a RMSP.

Para a finalização do Plano Diretor, uma das atividades desenvolvidas foi a escolha e a recomendação de um arranjo de alternativas para a ampliação do Sistema de Abastecimento de Água da RMSP, em atendimento às demandas de fim de plano. Cabe lembrar que a comparação técnica, econômico-financeira e ambiental dos arranjos propostos é de suma importância, pois visa identificar e recomendar a melhor alternativa, mediante a análise das informações obtidas no decorrer dos estudos realizados. No PDAA da RMSP foi utilizado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

OBJETIVO

O objetivo deste artigo é discutir a importância da utilização e apresentar os passos de aplicação do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) que visou auxiliar na complexa tarefa da escolha de um arranjo recomendado, entre as diversas alternativas de novos aportes (mananciais), ETAs e SAM propostos no PDAA da RMSP. Ou seja, apresentar como o método AHP foi utilizado na Comparação Técnico, Econômica e Ambiental do conjunto de alternativas de intervenções no Sistema de Abastecimento de Água da RMSP.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um método para auxiliar as pessoas na tomada de decisões complexas, e ajuda a escolher e a justificar a sua escolha. Baseado em critérios tangíveis e intangíveis, ele foi desenvolvido de 1970 a 1975 pelo Prof. Thomas Lorie Saaty, na *Wharton School* (Universidade da Pensilvânia). O AHP é uma teoria geral de medição e é usado para derivar escalas de razão de comparações pareadas, discretas e contínuas. Estas comparações podem ser tomadas a partir de medições reais ou de uma escala fundamental que reflete a força relativa de preferências e sentimentos. O AHP tem uma preocupação especial com o afastamento da consistência, medição e dependência dentro e entre os grupos de elementos de sua estrutura (Saaty, 1987).

A utilização do AHP começa pela decomposição do problema em uma hierarquia de critérios definidos e que tenham relevância em função da meta (Gomede e Barros, 2012), ver Figura 1.

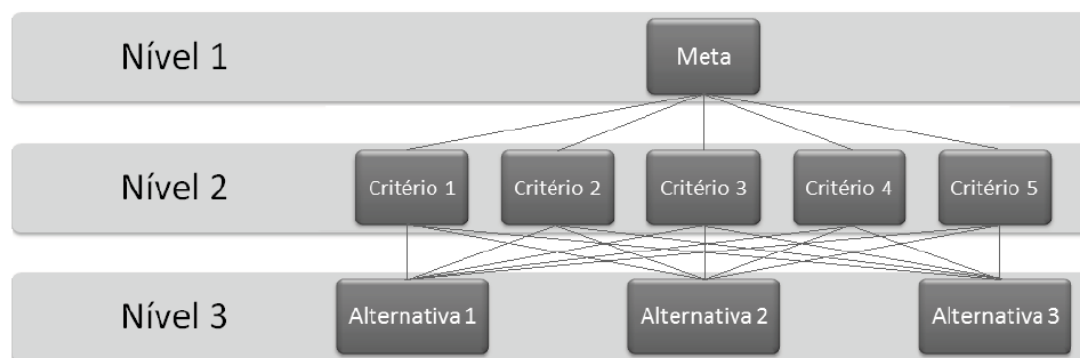


Figura 1 – Processo decisório hierárquico (fonte: Gomede e Barros, 2012)

Após a hierarquia lógica, os tomadores de decisão avaliam as alternativas por meio de comparações, de duas a duas, um ao outro, em pares, dentro de cada um dos critérios. Ao fazer as comparações, eles podem usar dados concretos sobre os elementos ou podem usar seus julgamentos sobre o significado relativo ou a importância dos elementos. Esta é a essência do AHP: os julgamentos humanos, e não apenas as informações numéricas, podem ser usados na tomada de decisão. O AHP converte os julgamentos em valores numéricos que podem ser

processados e comparados sobre toda a extensão do problema. Um peso numérico, ou prioridade, é derivado para cada elemento da hierarquia, permitindo que elementos distintos e frequentemente incomensuráveis sejam comparados entre si de maneira racional e consistente. Esta potencialidade distingue o AHP de outros métodos de tomada de decisão (Saaty, 1987).

METODOLOGIA

Composição das alternativas de arranjos:

A Comparação Técnico, Econômica e Ambiental do conjunto de alternativas de intervenções no Sistema de Abastecimento de Água da RMSP se deu a partir de arranjos formados por:

- As alternativas de mananciais e novos Aportes de Água;
- Os estudos para utilização dos efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs e das Águas Remanescentes das Áreas Urbanas da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê;
- As alternativas de intervenção nos processos de produção de água tratada e disposição final de lodo das ETAs;
- As alternativas de intervenção no sistema de adução e reservação do Sistema Integrado Metropolitano - SIM;

A combinação das diversas alternativas estudadas de novos aportes de mananciais, utilização de efluentes, estações de tratamento e sistema adutor e reservação do SIM possibilitam a formação de um grande número de arranjos. Para a composição dos arranjos propostos partiu-se das alternativas de ampliação do sistema de adução e reservação do SIM e das suas respectivas necessidades de ampliação das estações de tratamento e foram selecionadas dentre as alternativas de novos aportes de mananciais considerando os arranjos pré-avaliados, e as principais alternativas de utilização de efluentes e das águas remanescentes, aquelas que possibilitariam a complementação de vazão necessária para cada um dos sistemas produtores para atendimento às demandas de final de plano. Assim, foram selecionados 21 arranjos que se mostraram mais adequados, considerando fatores técnicos, estratégicos e financeiros, aos objetivos de planejamento do PDAA, de maneira a fornecer uma ferramenta flexível que seja capaz de nortear as decisões de curto, médio e longo prazo para o abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo.

Utilização do Método AHP:

Os pesos adotados para cada critério foram considerados com base na escala de comparação proposta por Saaty, também conhecida como Escala fundamental de Saaty, apresentada na Tabela 1, a seguir. Nesta escala são determinados valores de 1 a 9, que se referem ao grau de importância que uma alternativa tem sob a outra.

Tabela 1 - Escala fundamental de Saaty (modificada de Saaty, 1980)

Intensidade da importância em escala absoluta	Recíproco	Definição	Comentários:
1	1	Igual importância	Os dois critérios contribuem igualmente para os objetivos
3	1/3	Importância moderada	A experiência e o julgamento favorecem um critério levemente sobre outro
5	1/5	Mais importante	A experiência e o julgamento favorecem um critério fortemente em relação a outro
7	1/7	Muito importante	Um critério é fortemente favorecido em relação a outro e pode ser demonstrado na prática
9	1/9	Importância extrema	Um critério é favorecido em relação a outro com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, e 8		Valores intermediários	Quando se procura condições de compromisso entre duas definições. É necessário acordo.

No estudo de comparação do PDAA, foram adotados quatro grupos de critérios, aos quais foram atribuídos pesos de acordo com a escala descrita acima. São estes grupos: Critérios Econômicos-Financeiros, Critérios Técnicos, Critérios Ambientais e Critérios Jurídico-Institucionais.

Para a compreensão e atribuição de pesos relativos a cada critério, é necessária a normalização da matriz comparativa. Uma vez normalizada a Matriz Comparativa, a participação de um critério específico no resultado total da meta pode ser determinada pelo cálculo de um Autovetor, que se dá através da média aritmética dos valores de cada critério, sendo que sua somatória sempre totaliza o valor de um. Após isso, o método requer a verificação da consistência dos dados. Para isso, é necessário determinar o Índice de Consistência (CI), o qual é obtido através da fórmula abaixo:

$$CI = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1}$$

Onde:

CI: Índice de Consistência

n : Número de critérios avaliados

$\lambda_{\text{máx}}$: Número principal do Autovetor

O número principal do Autovetor é calculado através do somatório do produto de cada elemento do Autovetor, pelo total da respectiva coluna da matriz comparativa original. Determinado o valor de CI, é importante verificar se este valor é adequado a situação proposta, portanto, se faz necessária a determinação da Taxa de Consistência (CR). Esta taxa é obtida através da razão entre o Índice de Consistência (CI) e o Índice de Consistência Aleatória (RI). Salienta-se que a matriz será consistente, caso a taxa seja inferior a 10%.

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1 \sim 10\%$$

O valor do Índice de Consistência Aleatória (RI) é um valor fixo e baseia-se no número de critérios avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrição dos Arranjos:

Os 21 arranjos selecionados são descritos na Tabela 2:

Tabela 2 – Descrição dos Arranjos

Alternativa	Arranjo	Alternativas de ampliação/implantação de capacidade de produção de água tratada	Alternativas de Aproveitamento de Recurso Hídrico
1	1A	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da ETA Taiacupeba - Implantação da ETA Alvorada - Desativação da ETA Casa Grande 	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação do Aproveitamento do Braço do Taquacetuba - Aproveitamento do Médio Capivari - Ampliação da Captação na Represa Cachoeira do França (SSL) - Reversão das águas do Alto Juquiá - Reversão das águas do Rio São Lourenço
	1B		<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da Captação na Represa Cachoeira do França - Reversão do Rio Pinheiros
	1C		<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da Captação na Represa Cachoeira do França - RPI do Efluente da ETE Barueri para Represa Billings

Continua....

Continuação...

Alternativa	Arranjo	Alternativas de ampliação/implantação de capacidade de produção de água tratada	Alternativas de Aproveitamento de Recurso Hídrico
2	2A	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação da ETA Taquacetuba - Implantação da ETA Baixo Juqueri - Implantação da ETA Arujá 	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação do Aproveitamento do Braço do Taquacetuba - Aproveitamento do Baixo Juqueri - Aproveitamento do Médio Capivari - Reversão das águas do Alto Juquiá - Reversão das águas do Rio São Lourenço - Transferência Jaguari - Arujá
	2B		<ul style="list-style-type: none"> - Aproveitamento do Baixo Juqueri - Transferência Jaguari - Arujá - Reversão do Rio Pinheiros
	2C		<ul style="list-style-type: none"> - Aproveitamento do Baixo Juqueri - Transferência Jaguari - Arujá - RPI do Efluente da ETE Barueri para Represa Billings
3	3A	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da ETA Taiapuê - Implantação da ETA Jurumirim - Desativação da ETA Casa Grande 	- Barragem Jurumirim
4	4A	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da ETA Taiapuê - Implantação da ETA Alvorada 	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação do Aproveitamento do Braço do Taquacetuba - Aproveitamento do Médio Capivari - Ampliação da Captação na Represa Cachoeira do Franca - Reversão das águas do Alto Juquiá - Reversão das águas do Rio São Lourenço
	4B		<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da Captação na Represa Cachoeira do Franca - Reversão do Rio Pinheiros
	4C		<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da Captação na Represa Cachoeira do Franca - RPI do Efluente da ETE Barueri para Represa Billings
5	5A	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da ETA Taiapuê - Implantação da ETA Arujá - Desativação da ETA Casa Grande 	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação do Aproveitamento do Braço do Taquacetuba - Reversão das águas do Alto Juquiá - Transferência Jaguari - Arujá - RPI do Efluente da ETE ABC para Represa Rio Grande
	5B		<ul style="list-style-type: none"> - Transferência Jaguari - Arujá - Reversão do Rio Pinheiros
6	6A	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da ETA Taiapuê - Ampliação ETA ABV - Implantação da ETA Sudeste - Desativação da ETA Casa Grande 	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação do Aproveitamento do Braço do Taquacetuba da Represa Billings - Reversão do Rio Pinheiros
	6B		<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação do Aproveitamento do Braço do Taquacetuba da Represa Billings - RPI do Efluente da ETE Barueri para Represa Billings
7	7A	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da ETA Taiapuê - Desativação da ETA Casa Grande 	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação do Aproveitamento do Braço do Taquacetuba - Ampliação da Captação na Represa Cachoeira do Franca - Reversão das águas do Alto Juquiá - Reversão Guararema-Biritiba
	7B		<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação do Aproveitamento do Braço do Taquacetuba - Ampliação da Captação na Represa Cachoeira do Franca - Reversão das águas do Alto Juquiá - Reversão Paraibuna - Ponte Nova
	7C		- Reversão do Rio Pinheiros
	7D		- RPI do Efluente da ETE Barueri para Represa Billings
8	8A	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da ETA Taiapuê - Implantação da ETA Alvorada - Desativação da ETA Casa Grande 	- Reversão do Rio Pinheiros
	8B		- RPI do Efluente da ETE Barueri para Represa Billings
9	9A	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da ETA Taiapuê - Implantação da ETA Jurumirim 	- Barragem Jurumirim

Siglas: SSL: Sistema São Lourenço; RPI: Reuso Potável Indireto; ETA: Estação de Tratamento de Água; ETE: Estação de Tratamento de Esgotos.

Nota: O aproveitamento planejado “reversão das águas do Rio Itapanhaú” foi considerado para todos os arranjos.

O aproveitamento planejado “reversão das águas do Rio Itapanhaú” foi considerado para todos os arranjos.

Resultados da aplicação do método AHP:

A partir da metodologia do método AHP e da adoção do grupo de critérios, foi possível avaliar cada critério de forma independente e ao final da análise, determinar o potencial de cada alternativa em relação à meta global. Assim como os critérios podem apresentar pesos relativos na avaliação geral, existe um segundo nível de

hierarquia de critérios, aqui denominado de subcritérios, que também podem ser avaliados com maior profundidade. Posto isso, foram avaliados os subcritérios em cada arranjo proposto neste estudo e comparados um a um.

Os resultados apresentados a seguir foram extraídos do Relatório Parcial – RP12 “Comparação Técnico, Econômica e Ambiental do Conjunto de Alternativas do Sistema Integrado Metropolitano – SIM” (Sabesp, 2018), parte integrante do PDAA da RMSP em andamento na Sabesp. Os critérios e subcritérios são descritos a seguir:

- **Critérios Econômico – Financeiros:** visam avaliar o valor do custo benefício que cada arranjo proposto teria em relação à meta global. Neste item, o subcritério estudado refere-se ao Valor Presente Líquido, que engloba em sua avaliação as Despesas com Investimentos e Despesas de Exploração (DEX).
- **Critérios Técnicos:** visam avaliar de forma qualitativa cada um dos arranjos, considerando neste caso, três subcritérios, a saber: Extensão de novas adutoras, Quantidade de novas ETAs e Domínio Tecnológico.
 - O subcritério “Extensão de novas adutoras” procura avaliar e favorecer as alternativas que possuam uma menor extensão de obras de adutoras, o que acarreta em uma maior facilidade no fornecimento de materiais, menor quantidade de intervenções nas vias públicas, menor necessidade de trechos de desvio de tráfego, etc.
 - O subcritério “Quantidade de novas ETAs” procura avaliar e favorecer as alternativas que possuem um menor número de ETAs em virtude das vantagens de gestão e dos ganhos de escala decorrentes de um menor número de unidades de tratamento.
 - O subcritério “Domínio Tecnológico” procura avaliar e favorecer as alternativas que consideram a utilização de soluções já dentro do conhecimento tecnológico atual da SABESP.
- **Critérios Ambientais:** buscam analisar o risco apresentado pelas obras propostas e desta forma, amenizar o impacto que elas causariam no meio ambiente. Neste caso, serão avaliados três subcritérios, a saber: Extensão de novas adutoras em Método Destrutivo, Intervenções em RBMA e/ou UC e Eficiência Energética.
 - O subcritério “Extensão de novas adutoras em Método Destrutivo” procura avaliar e favorecer as alternativas que possuam uma menor extensão de obras através de método não destrutivo em função dos impactos decorrentes de implantação das obras (menor produção de resíduos, menores impactos na vizinhança das obras, etc.)
 - O subcritério “Intervenções em RBMA e/ou UC” procura avaliar e favorecer as alternativas que possuam uma menor extensão de obras em áreas da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica - RBMA e em Unidades de Conservação - UC.
 - O subcritério “Eficiência energética” procura avaliar e favorecer as alternativas que possuam um menor consumo de energia.
- **Critérios Jurídico-Institucionais:** envolvem questões voltadas a outorgas, concessões e demais temas de cunho burocrático. Neste item os subcritérios analisados são referentes a Bacia Hidrográfica, Aspectos Legais e Outorgas e Impacto no Sistema Energético.
 - O subcritério “Bacia Hidrográfica” procura avaliar e favorecer as alternativas que utilizam mais recursos hídricos oriundos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.
 - O subcritério “Aspectos Legais e Outorgas” procura avaliar e favorecer as alternativas que já possuem ou apresentam uma maior facilidade na obtenção de licenças e outorgas.
 - O subcritério “Impacto no Sistema Energético” procura avaliar e favorecer as alternativas que causem uma menor diminuição na capacidade de geração de energia elétrica no SIN – Sistema Interligado Nacional e demais unidades de geração atualmente implantadas.

A Figura 2 apresenta a relação e peso dos critérios calculados e utilizados no estudo de escolha do melhor arranjo, através da aplicação do Método AHP.

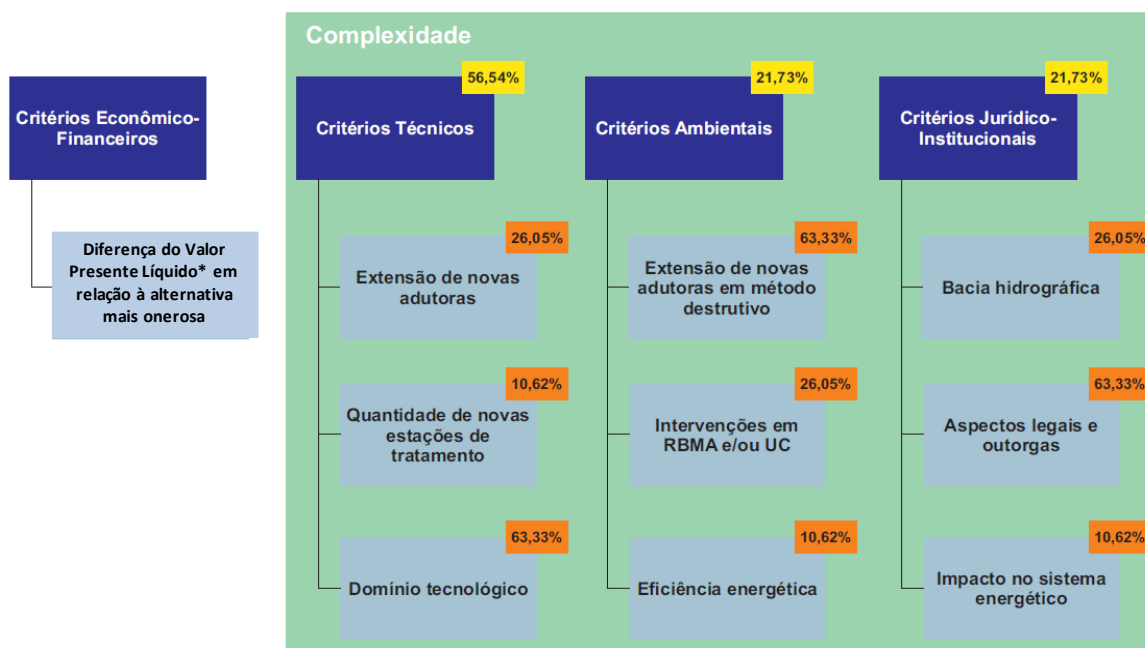


Figura 2 - Relação e pesos dos critérios calculados e utilizados

Na sequência é apresentada a relação e peso dos critérios e subcritérios aplicados no Método AHP, que permitiram a avaliar a potencialidade de cada um dos arranjos propostos no estudo do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo.

Tabela 3 – Matriz Comparativa do Grupo de Critérios

	Critérios Técnicos	Critérios Econômico-Financeiros	Critérios Ambientais	Critérios Jurídico-Institucionais
Critérios Técnicos	1	3	5	5
Critérios Econômico-Financeiros	1/3	1	3	3
Critérios Ambientais	1/5	1/3	1	1
Critérios Jurídico-Institucionais	1/5	1/3	1	1

A fim de compreender e dar os pesos relativos a cada critério, é necessário normalizar a Matriz Comparativa. Esta normalização refere-se a divisão entre cada valor acima apresentado pelo total da coluna. A Tabela 4 apresenta a Matriz Comparativa Normalizada dos critérios adotados.

Tabela 4 – Matriz Comparativa Normalizada do Grupo de Critérios

	Critérios Técnicos	Critérios Econômico-Financeiros	Critérios Ambientais	Critérios Jurídico-Institucionais
Critérios Técnicos	1	3	5	5
Critérios Econômico-Financeiros	1/3	1	3	3
Critérios Ambientais	1/5	1/3	1	1
Critérios Jurídico-Institucionais	1/5	1/3	1	1
Total	1,73	4,67	10,00	10,00
RESULTADO				
Critérios Técnicos	0,577	0,643	0,500	0,500
Critérios Econômico-Financeiros	0,192	0,214	0,300	0,300
Critérios Ambientais	0,115	0,071	0,100	0,100
Critérios Jurídico-Institucionais	0,115	0,071	0,100	0,100

Para cada critério e subcritério foram elaboradas as matrizes comparativa, as matrizes comparativas normalizadas, cálculo de auto vetor e verificação da consistência.

A seguir, como exemplo, é apresentada a Matriz Comparativa para o Critério Ambiental, Subcritério: Extensão de novas adutoras em método destrutivo:

Tabela 5 – Matriz Comparativa dos Arranjos – Subcritério 2A: Extensão de Novas Adutoras em Método Destrutivo

Arranjos	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	4A	4B	4C	5A	5B	6A	6B	7A	7B	7C	7D	8B	8C	9A
1A	1	1	3	3	3	5	9	3	1	3	5	5	3	5	3	3	3	5	1	3	9
1B	1	1	3	5	5	5	9	3	3	3	7	5	3	5	3	3	3	5	1	3	9
1C	1/3	1/3	1	3	3	3	7	1	1	3	5	3	1	3	3	1	1	3	1	1	9
2A	1/3	1/5	1/3	1	1	3	5	1/3	1/3	1	3	3	1	1	1	1/3	1	1	1/3	1/3	7
2B	1/3	1/5	1/3	1	1	3	7	1/3	1/3	1	3	3	1	3	1	1	1	3	1/3	1	7
2C	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1	5	1/3	1/5	1/3	1	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1	1/5	1/3	5
3A	1/9	1/9	1/7	1/5	1/7	1/5	1	1/7	1/9	1/7	1/3	1/5	1/7	1/5	1/7	1/7	1/7	1/5	1/9	1/7	3
4A	1/3	1/3	1	3	3	3	7	1	1	3	5	3	1	3	3	1	1	3	1	1	9
4B	1	1/3	1	3	3	5	9	1	1	3	5	5	3	3	3	3	3	5	1	3	9
4C	1/3	1/3	1/3	1	1	3	7	1/3	1/3	1	3	3	1	3	1	1	1	3	1/3	1	7
5A	1/5	1/7	1/5	1/3	1/3	1	3	1/5	1/5	1/3	1	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1	1/5	1/3	5
5B	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1	5	1/3	1/5	1/3	1	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1	1/5	1/3	5
6A	1/3	1/3	1	1	1	3	7	1	1/3	1	3	3	1	3	1	1	1	3	1/3	1	9
6B	1/5	1/5	1/3	1	1/3	1	5	1/3	1/3	1/3	1	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1	1/3	1/3	7
7A	1/3	1/3	1/3	1	1	3	7	1/3	1/3	1	3	3	1	3	1	1	1	3	1/3	1	9
7B	1/3	1/3	1	3	1	3	7	1	1/3	1	3	3	1	3	1	1	1	3	1/3	1	9
7C	1/3	1/3	1	1	1	3	7	1	1/3	1	3	3	1	3	1	1	1	3	1/3	1	9
7D	1/5	1/5	1/3	1	1/3	1	5	1/3	1/5	1/3	1	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1	1/3	1/3	7
8B	1	1	1	3	3	5	9	1	1	3	5	5	3	3	3	3	3	3	1	3	9
8C	1/3	1/3	1	3	1	3	7	1	1/3	1	3	3	1	3	1	1	1	3	1/3	1	9
9A	1/9	1/9	1/9	1/7	1/7	1/5	1/3	1/9	1/9	1/7	1/5	1/5	1/9	1/7	1/9	1/9	1/9	1/7	1/9	1/9	1

De acordo com a metodologia AHP e com os resultados de sua aplicação, foi construída uma Matriz de Pontuação dos arranjos propostos (Figura 3).

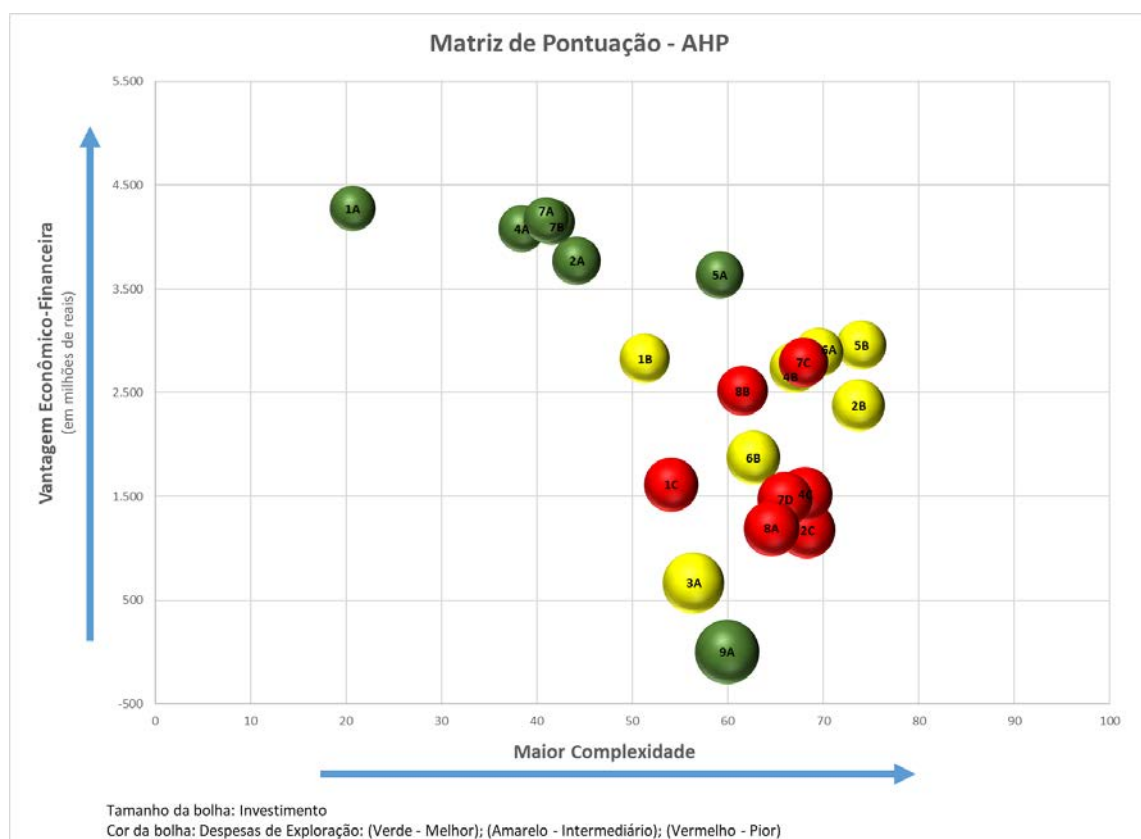


Figura 3 – Matriz de Pontuação dos Arranjos Propostos

Na matriz apresentada na Figura 3, cada bolha representa um arranjo avaliado e seu tamanho é diretamente proporcional ao investimento necessário à sua implementação. As cores das bolhas, por sua vez, referem-se à Despesas de Exploração das alternativas, sendo que a cor verde foi atribuída aos sete arranjos com menores custos em relação a este tipo de despesa e cor vermelha aos sete arranjos com maiores custos do mesmo tipo de despesa. A cor amarela foi atribuída aos sete arranjos restantes, com custos de despesa de exploração medianos.

Neste contexto, o arranjo 1A é o que demonstra melhor desempenho nos critérios considerados. Pode-se observar na Figura 3 que este é o arranjo que apresenta maior vantagem econômico financeira (cerca de 4 bilhões de reais em relação ao arranjo mais oneroso) e menor complexidade, além de pertencer ao grupo dos arranjos com menores custos de Despesas de Exploração e estar representando por uma bolha pequena, significando isto um baixo custo de investimento.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Tendo sido apresentados os passos da utilização do método AHP, dentro do PDAA, na comparação técnica-econômica e ambiental das alternativas para o abastecimento de água da RMSP, entende-se que o método é uma ferramenta matemática que qualifica e quantifica as alternativas, permitindo que a priorização seja justificada. Assim, o método AHP foi a ferramenta que favoreceu e orientou a priorização das alternativas e a escolha da melhor delas no PDAA.

É importante salientar que as tomadas de decisão pressupõem conhecimento mais amplo do que o uso isolado de um método específico. Assim, mesmo que as alternativas tenham sido elencadas em uma priorização de arranjos, a tomada de decisão sobre qual o arranjo será efetivamente implementado será fruto de negociação e análise estratégica da empresa.

Portanto, é importante ressaltar a complexidade da decisão de escolha de um arranjo entre as diversas alternativas de novos aportes (mananciais), o aumento da capacidade de produção das ETAs e as alterações no SAM, propostos no PDAA da RMSP, sendo que o AHP foi a ferramenta de auxílio para esta escolha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gomedes, E. e Barros, R.M. Utilizando o Método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para a priorização de Serviços de TI: Um Estudo de Caso. VII Simpósio Brasileiro de Informação (SBSI 2012). Trilhas Técnicas, p. 408-419. 2012.
2. SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. Nova York: McGraw-Hill International. 1980.
3. SAATY, R.W. *The Analytic Hierarchy Process – What it is and how it is used*. Pergamon Journals Ltd. *Mat/d Modelling*, Vol. 9, No. 3-5, p. 161-176. Acesso em 21/05/2018 <https://core.ac.uk/download/pdf/82000104.pdf>. 1987.
4. SABESP. Comparação Técnico, Econômica e Ambiental do Conjunto de Alternativas do Sistema Integrado Metropolitano - SIM. Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP (PDAA). Relatório Parcial RP12. Rev. 01. 2018.