

## V-063 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AHP - ANALYTIC HIERARCHY PROCESS - NA SELEÇÃO DE EMPREENDIMENTOS DO PROGRAMA METROPOLITANO DE ESGOTO

### **Maria Carolina Gonçalves<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade de Campinas (Unicamp). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Gerente de Departamento de Tratamento de Esgoto da Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos da Metropolitana da Sabesp.

### **Nelson Campos de Lima<sup>(2)</sup>**

Engenheiro de Computação pela Universidade São Judas Tadeu, MBA em Gestão Empresarial (FIA/USP). Gerente de Departamento de Engenharia da Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos da Metropolitana da Sabesp.

### **Silvana Martins Santos<sup>(3)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Mogi das Cruzes. Especialização em Engenharia em Saúde Pública e Ambiental - Faculdade de Saúde Pública - USP e MBA em Administração para Engenheiros (Mauá). Engenheira do Departamento de Engenharia da Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos da Metropolitana da Sabesp.

### **Valéria M. Monte Alegre Angeli<sup>(4)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade de Campinas (Unicamp). MBA em Administração para Engenheiros - (Mauá) e em Gestão Empresarial - (Business School São Paulo). Especialização em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública - USP. Gestora dos Processos de Esgoto e do Programa Córrego Limpo do Departamento de Planejamento Integrado da Sabesp, Professora convidada do Mackenzie - Curso de especialização em Engenharia de Saneamento Ambiental - Disciplina: Gestão da Operação do Sistema de esgotos.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Dr. Adhemar de Barros, 629 - casa 40 - Jardim Europa - Valinhos - São Paulo - CEP 13270-600 - Brasil - [Tel: 55\(11\)3388-6931](tel:55(11)3388-6931) - e-mail: [mcgoncalves@sabesp.com.br](mailto:mcgoncalves@sabesp.com.br)

## **RESUMO**

Em um ambiente que contempla projetos com alta complexidade e envolve diversas áreas, surge a necessidade da utilização de metodologia para auxiliar na tomada de decisão quanto à priorização dos empreendimentos de esgoto a implantar. Esse trabalho trata da utilização da ferramenta Analytic Hierarchy Process (AHP) que por meio de modelos matemáticos e estatísticos permite criar critérios objetivos para subsidiar nas decisões quanto à priorização e à seleção dos futuros empreendimentos do Programa Metropolitano de Esgoto, envolvendo todas as áreas operacionais interessadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Critérios de priorização, empreendimentos, impacto estratégico, complexidade, urgência.

## **INTRODUÇÃO**

Devido à complexidade do Programa Metropolitano de Esgoto, da necessidade de alocar um grande volume de investimentos para atingir a universalização dos serviços, da grande diversidade dos projetos e dos respectivos benefícios foi adotada a metodologia Analytic Hierarchy Process (AHP) na priorização dos empreendimentos deste programa, com o objetivo de tornar o processo mais sistematizado e com a participação de equipe composta por representantes das unidades de empreendimentos, planejamento e operação.

A ideia principal é que a tomada de decisão deve ser subsidiada por ferramentas matemáticas que favoreçam a objetividade nas decisões. E os empreendimentos priorizados deverão estar alinhados às diretrizes estratégicas da empresa.

Por meio da ferramenta AHP, os empreendimentos que receberem as maiores pontuações dos critérios nas categorias: impacto estratégico, complexidade e urgência, critérios estes pré-estabelecidos pelos principais

envolvidos, deverão ter prioridade. Ressaltando ainda, que a implantação de empreendimentos com base na hierarquização da AHP, favorece o atendimento das metas e a universalização.

## **OBJETIVO**

O objetivo do trabalho é apresentar a metodologia Analytic Hierarchy Process (AHP) na priorização e na seleção dos futuros empreendimentos do Programa Metropolitano de Esgoto, envolvendo todas as áreas operacionais interessadas, a fim de priorizar os recursos para as obras de maior impacto estratégico e emergenciais da empresa. O trabalho também detalha os critérios utilizados para priorização dos empreendimentos do Programa Metropolitano de Esgoto, os passos e os resultados obtidos com a metodologia, aplicando-se as diretrizes estratégicas de 2016 estabelecidas pela diretoria da empresa.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

Os fatores utilizados para avaliação dos empreendimentos do Programa Metropolitano de Esgoto foram: Impacto Estratégico, Complexidade e Urgência. Analytical Hierarchy Process (em português Processo Analítico Hierárquico) é uma técnica de análise de decisão e planejamento de múltiplos critérios, desenvolvida na década de 70 por Thomas L. Saaty. A teoria baseia-se na maneira como a mente humana conceitua e estrutura um problema complexo.

O método natural de funcionamento da mente humana quando confrontada com um problema complexo, com grande número de elementos, é dividi-los em grupos, baseados em propriedades comuns, decomposição da complexidade encontrada, elaboração de julgamentos comparativos, descobrimento das relações e síntese da decisão.

Fazer as escolhas certas, com base em critérios adequados e alinhados, torna-se um fator crítico de sucesso e de sobrevivência organizacional. De modo simplificado, a priorização dos empreendimentos em um portfólio nada mais é do que uma ordenação baseada em uma relação entre os impactos estratégicos, complexidade e urgência de cada empreendimento. Uma vez que as organizações estão inseridas em um contexto complexo e variável, o desafio está exatamente em determinar os empreendimentos mais importantes do portfólio, avaliando o impacto estratégico, a complexidade, urgência e os custos dos empreendimentos.

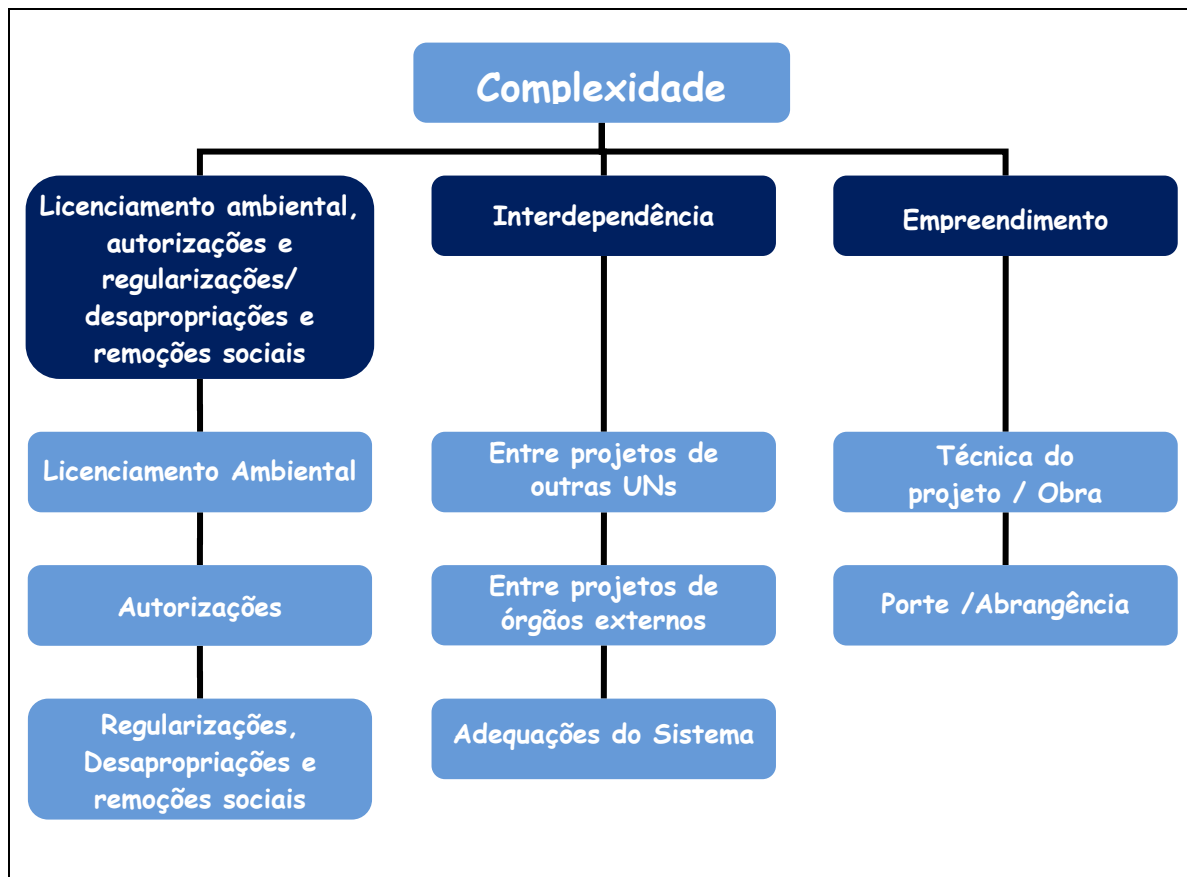
A metodologia AHP se caracteriza por esta capacidade de analisar um problema, por meio da construção de níveis hierárquicos menos complexos, facilitando o entendimento e facilitando a síntese, utilizando um modelo matemático para auxiliar a decisão. A metodologia AHP também se baseia no princípio de que a experiência e o conhecimento das pessoas envolvidas são valiosos para o processo de tomada de decisão. A metodologia é utilizada para obter julgamentos por meio de consenso.

A metodologia é desenvolvida em três etapas: estruturação, julgamentos comparativos e síntese das prioridades.

Na primeira etapa da AHP, os fatores (impacto estratégico, complexidade e urgência) são relacionados e arranjados em uma estrutura hierárquica descendente, formada pelos critérios e subcritérios. A utilização da metodologia AHP se inicia pelo desmembramento dos problemas em uma hierarquia de critérios e subcritérios mais facilmente analisáveis. O objetivo principal do Programa Metropolitano de Esgoto é a melhoria do atendimento da área de atuação.

Com o desmembramento destes fatores foi criada a estrutura hierárquica inter-relacionada. A Figura 1 apresenta como foi montada a estrutura do fator complexidade. E mostra a hierarquia dos critérios e subcritérios.

A base da estruturação e da implementação da metodologia é realizada por meio da identificação dos critérios principais e decomposição em subcritérios com níveis menos complexos. Após o desmembramento foram definidos os conceitos com as definições e descrições de cada critério e subcritério, facilitando o entendimento e garantindo a homogeneidade nas avaliações.



**Figura 1: Fase do desmembramento em critérios e subcritérios do fator complexidade.**

O próximo passo é a formulação de perguntas (Figura 2) para cada subcritério.

Para esta etapa é importante que os responsáveis pelas respostas dos questionários tenham amplo conhecimento de todas as etapas dos empreendimentos. O cruzamento dos questionários para todos os critérios e subcritérios definidos determina a pontuação final de cada um dos empreendimentos.

Seção 1 - Licenciamento ambiental, autorizações e regularizações/ desapropriações.		Com relação ao grau de complexidade para obtenção do Licenciamento ambiental, autorizações e regularizações/ desapropriações na execução do projeto, a intervenção apresenta:		Pontos	Justificativa
		Licenciamento Ambiental	1	Não há necessidade de licenciamento ou LI válida	▲
2	Baixa/média complexidade (Ex.: APRM, APA)				
3	Alta complexidade (Ex.: EIA/RIMA, IPHAN, DAEE)		▼		
Autorizações	1	Não há necessidade de autorizações ou autorização já obtida	▲	1	
	2	Baixa/média complexidade (Ex.: Prefeituras, Convias)			
	3	Alta complexidade (Ex.: Petrobrás, DERSA, DER, CPTM, DNIT, Concessionárias em rodovias)	▼		
Regularizações, desapropriações e remoção social	1	Não há necessidade ou já possui regularização/desapropriação/Remoção social	▲	1	
	2	Baixa/média complexidade (Ex.: Desapropriações e regularizações de áreas/faixa de servidão)			
	3	Alta complexidade (Ex.: Remoção social, Aquisições sem escritura)	▼		
Seção 2 - Interdependência		Com relação a existência de interdependência da intervenção:		Pontos	Justificativa
		Entre projetos de outras UNs	1	Não existe interdependência.	▲
2	Existe interdependência entre 2 UNs.				
3	Existe interdependência entre mais que 2 UNs.		▼		
Entre projetos de órgãos externos	1	Não existe interdependência.	▲	1	
	2	Existe interdependência com um órgão externo.			
	3	Existe interdependência com mais de um órgão externo.	▼		
Adequação do sistema	1	Mantém o sistema atual.	▲	1	
	2	Implica em adequações do sistema existente (coletores, interceptores, EEEs e ETES).			
	3	Implica em ampliações do sistema (coletores, interceptores, EEEs e ETES).	▼		
Seção 3 - Empreendimento		Com relação a existência de projeto executivo e sua viabilidade.		Pontos	Justificativa
		Técnica de Projeto/ Obra	1	Baixo grau de dificuldade técnica. (Ex.: Vala a céu aberto até 3 metros, locais sem restrição do entorno, sem travessias)	▲
2	Médio grau de dificuldade técnica. (Ex.: Método construtivo em tubo cravado ou furo direcional, ou vala a céu aberto acima de 3 metros, travessias em córregos)				
3	Alto grau de dificuldade técnica. (Ex.: Método construtivo em NATM, restrições no entorno em locais de grande circulação, solo instável, travessias no Rio Tietê, no Rio Pinheiros ou Tamanduateí)		▼		
Porte/ Abrangência	1	Intervenção que contemple investimentos abaixo de R\$ 10 milhões.	▲		
	2	Intervenção que contemple investimentos acima de R\$ 10 e abaixo de R\$ 70 milhões			
	3	Intervenção que contemple investimentos maior ou igual a R\$ 70 milhões	▼	3	

**Figura 2: Modelo dos questionários com base nos critérios e subcritérios.**

Os questionários foram elaborados para cada item: impacto estratégico, complexidade e urgência.

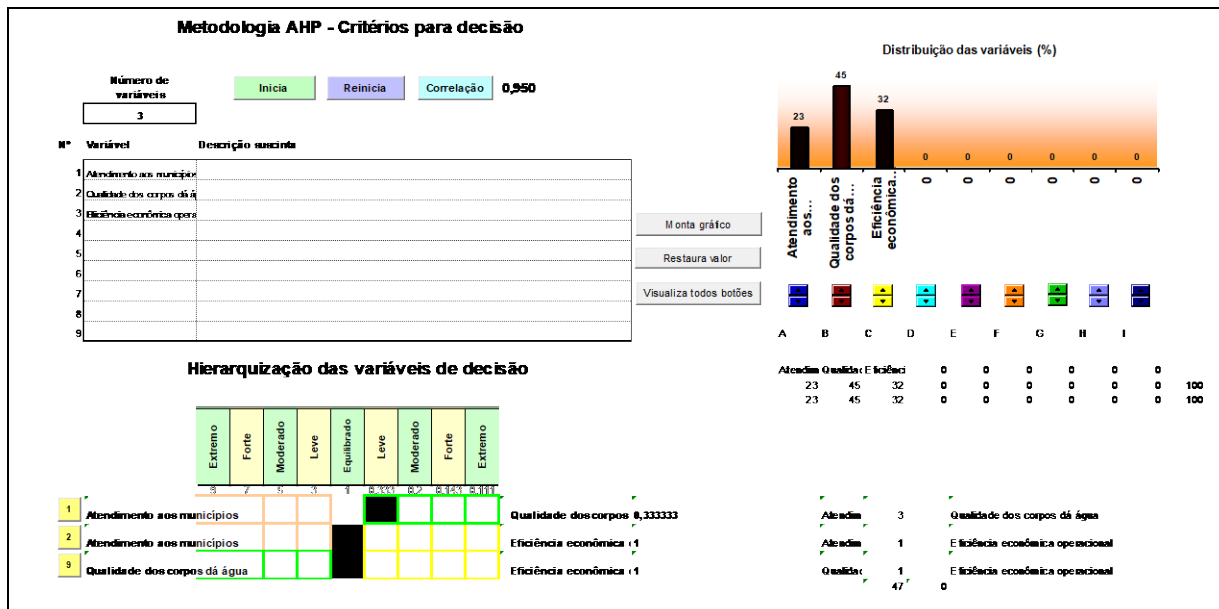
A segunda etapa da metodologia é a de julgamentos comparativos. Nesta fase da avaliação utiliza-se uma escala de medidas, desenvolvida por Saaty, para determinar a prioridade dos critérios e subcritérios em relação ao objetivo principal. Saaty estabeleceu uma escala de nove níveis mostrados na Tabela 1.

Quando se atribui os valores de 1 a 9, para os critérios e subcritérios, determina-se a importância relativa de cada critério e subcritério em relação ao outro. Os critérios e subcritérios são avaliados dois a dois, e o objetivo desta avaliação é determinar a importância relativa de cada um e o seu peso relativo.

**Tabela 1: Escala de Julgamento de Saaty.**

INTENSIDADE DE IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande e essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra, sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.

Para realizar este julgamento par a par utiliza-se como base o software Excel desenvolvido para realizar cálculos de correlações e consistência. Este julgamento irá definir os pesos dos critérios e subcritérios (Figura 3). Nesta etapa nenhum dos critérios deve apresentar inconsistência acima do tolerável.

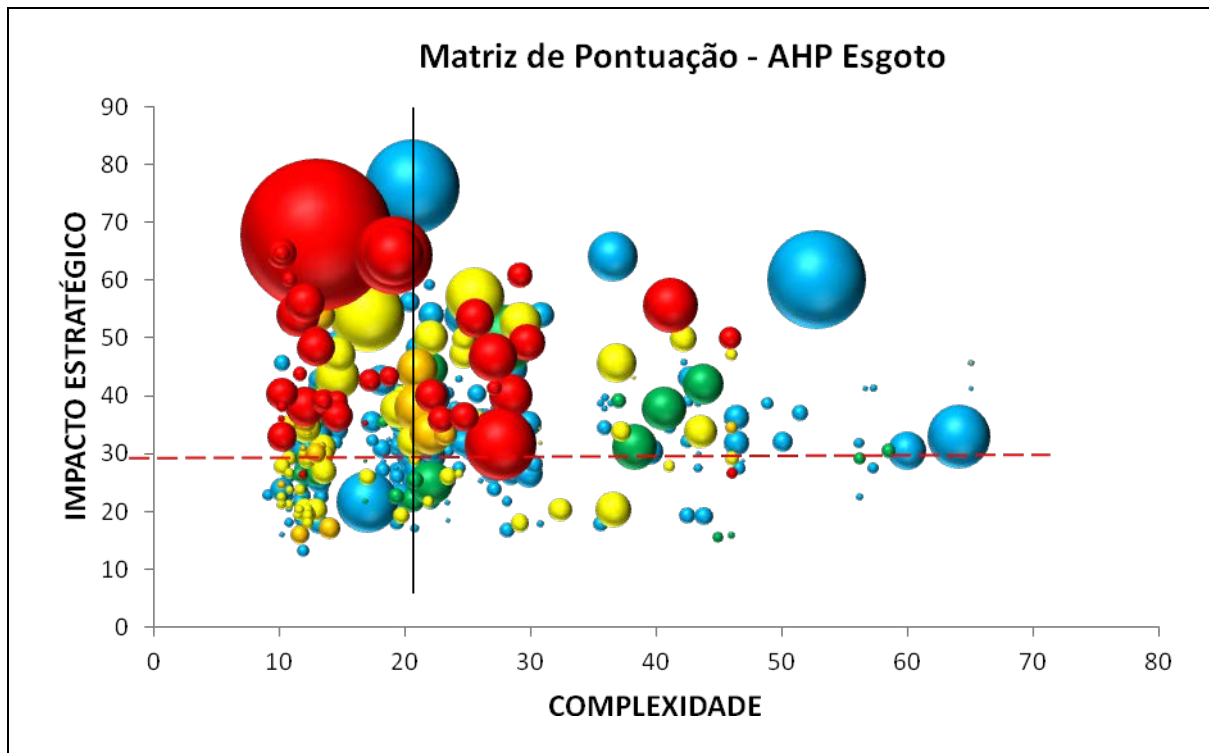


**Figura 3: Programa do Excel para determinar os pesos dos critérios e subcritérios.**

A terceira etapa compreende a síntese das prioridades. A pontuação dos questionários (respondidos pelos responsáveis dos empreendimentos) é lançada numa planilha Excel que ponderada com os pesos dos critérios e subcritérios e das alternativas dos questionários dão a pontuação final dos empreendimentos, e sendo a base para a matriz de prioridades.

## RESULTADOS OBTIDOS

Com a árvore estruturada, as prioridades dos critérios estabelecidas e os questionários respondidos, é possível determinar como cada um dos empreendimentos candidatos comporta-se em relação aos critérios estabelecidos (Figura 4).



**Figura 4: Matriz de Prioridades dos Empreendimentos do Programa Metropolitano de Esgoto.**

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A metodologia AHP tem a capacidade de simplificar e organizar de forma racional os critérios necessários para a avaliação dos futuros empreendimentos. Os empreendimentos priorizados por quadrantes, segundo os critérios de impacto estratégico e complexidade, são resultado da metodologia. Desta forma, os empreendimentos são classificados com uma visão sistêmica e permitirá nortear os investimentos nos sistemas de esgoto operados pela empresa.

## CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

Um dos principais desafios das organizações está na sua capacidade de fazer as escolhas certas e consistentes, de modo alinhado ao seu direcionamento estratégico. A metodologia AHP atende ao processo de tomada de decisão e é caracterizada pela sua simplicidade. Ao considerar aspectos objetivos e subjetivos, numéricos e qualitativos, o método consegue um ótimo resultado e mostrou-se apropriado para definição de prioridades, resultando em uma importante ferramenta para auxiliar na tomada de decisão de empreendimentos do Programa Metropolitano de Esgoto. É importante ressaltar que a tomada de decisão pressupõe que as pessoas envolvidas em cada uma das etapas tenham um amplo conhecimento dos empreendimentos e que a metodologia irá orientar a priorização destes, e deve sempre estar alinhada com as diretrizes estratégicas da empresa.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process, Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, 2008.
2. VARGAS, R.V. Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process – AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. PMI Global Congress 2010 – North America Washington, DC, EUA, 2010.
3. GONÇALVES, M.C., CARVALHO, F.V., MOSTÉRIO, M.C.J.F., OSHIRO, F.O., Priorização dos futuros investimentos do Programa Metropolitano de Esgotos utilizando a metodologia AHP, Congresso AESABESP, Set., 2007.