



I-395 - ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE PROPOSTAS PARA A MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA CAPTADA PARA ABASTECIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA OESTE DO RIO DE JANEIRO

Frederico Menezes Coelho⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da UFRJ. Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Escola de Engenharia da UFRJ. Mestre em Ciências em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ. Engenheiro Coordenador de Projetos da CEDAE-RJ. Representante da ABES no Comitê Guandu.

José Paulo Soares de Azevedo

Engenheiro Civil pela UFRJ. MSc em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ. PhD em Mecânica Computacional pelo *Wessex Institute of Technology* (Southampton/UK). Professor da COPPE/UFRJ.

Isaac Volschan Júnior

Engenheiro Civil e Sanitarista. MSc em Engenharia Sanitária pelo *Institute For Hydraulics And Environmental Engineering* (NL). DSc em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ. Professor da Escola Politécnica da UFRJ. Presidente da ABES-RJ.

Endereço⁽¹⁾: Rua Sacadura Cabral, 103 2º andar sala 7 - Saúde - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20081-260 - Brasil - Tel: +55 (21) 2332-3939 - Fax: +55 (21) 2332-3937 - e-mail: fredericomenezes@cedae.rj.gov.br

RESUMO

Muitos estudos, planos e relatórios técnicos sobre o abastecimento de água da porção oeste da região metropolitana do Rio de Janeiro foram realizados ou estão em fase de elaboração. Como os problemas são bastante conhecidos, há diversas propostas de soluções, tanto pela comunidade científica quanto por órgãos públicos responsáveis, que focam na principal fonte de água para a região – a bacia hidrográfica do rio Guandu. Este trabalho analisou duas das principais alternativas concorrentes e propôs algumas soluções para a garantia da qualidade das águas na bacia hidrográfica do rio Guandu, objetivando prioritariamente o abastecimento de água potável para o consumo humano. Nesse sentido, comparou-se a implantação de um sistema completo de esgotamento sanitário tipo separador absoluto na bacia afluente da captação da estação de tratamento de água do Guandu (ETAG) com a instalação de unidades de tratamento de águas fluviais diretamente nas calhas dos rios afluentes dessa mesma bacia. Um diagnóstico geral da atual situação apontou os seguintes problemas de qualidade da água: a forte presença dos indicadores de poluição doméstica; o aumento da turbidez causada pelos areais; e os riscos inerentes de um possível acidente industrial. Os cenários existentes e futuros foram previamente descritos para, então, realizar uma análise multicritério por um método consagrado – o ELECTRE III. Finalmente, espera-se que os resultados auxiliem nas questões do gerenciamento da bacia e do abastecimento de água para nove milhões de pessoas no estado do Rio de Janeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de Água, Rio Guandu, Modelo Multicritério, Estações de Tratamento, Qualidade da Água.

INTRODUÇÃO

O problema do abastecimento da região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é histórico, desde os primórdios do Brasil colônia até os dias atuais. As soluções grandiosas adotadas para combater a falta de água vertiam desde mananciais de serra até aos grandes rios que cruzam o estado, em conformidade com o aumento populacional da região do lado oeste da Baía de Guanabara, sendo o município do Rio de Janeiro o principal beneficiado. Entretanto, atualmente, o rio Guandu tem sido a única solução viável para o abastecimento ora em questão, pois a revisão do plano diretor de abastecimento de água da região metropolitana oeste (CNEC, 2004) revelou a inexistência de outras fontes além daquelas já amplamente estudadas, e que já abastecem a região, tais como: o próprio rio Guandu, o reservatório de Ribeirão das Lajes, o sistema Acari e os mananciais locais de pequeno porte. Dessas fontes, a grande maioria pertence à bacia hidrográfica do rio Guandu, que teve sua vazão natural mínima extremamente ampliada com a transposição dos rios Pirai e Paraíba do Sul, no início do século XX, passando de 25m³/s para 120m³/s (SONDOTÉCNICA, 2007). Logo, os afluentes destes mananciais também influenciam o abastecimento de água da RMRJ oeste, tanto diretamente quanto indiretamente.



A ETAG utiliza as vazões transpostas dos rios Pirai e Paraíba do Sul, oriundas da geração de energia hidrelétrica no Rio de Janeiro, para abastecer cerca de nove milhões de pessoas no estado do Rio de Janeiro (CEDAE, 2008). Após 50 anos, a evolução da capacidade da estação foi extremamente significativa, pois foi projetada inicialmente para produzir 13,8m³/s, quando teve sua construção iniciada na década de 1950 e terminada em 1955, com a inauguração da velha estação de tratamento de água (VETA), que posteriormente foi ampliada para 24m³/s, entre os anos de 1961 e 1964. No período entre 1978 e 1982, a ETAG foi novamente ampliada, dessa vez para 40m³/s, em consequência do aumento da área de atendimento após a fusão dos antigos estados da Guanabara e do Rio de Janeiro em 15 de março de 1975, surgindo, então, a nova estação de tratamento de água (NETA), ao lado da VETA. Já entre os anos de 1993 e 1994, a capacidade era de 47m³/s (STE, 1994). Atualmente, a vazão média é de 43m³/s e a vazão outorgada é de 45m³/s, sendo, portanto, a maior estação de tratamento de água em operação no mundo, certificada pelo *Guinness World Records* em 2008 (CEDAE, 2008).

Na década de 1950, a barragem do rio Guandu para a construção da tomada d'água da ETAG formou um reservatório de regularização – a chamada lagoa Guandu, localizada imediatamente na foz dos rios Queimados e Ipiranga, afluentes do rio Guandu, que recuaram naturalmente suas calhas para dar lugar ao lago do reservatório, ou seja, remansos ocorreram. Assim sendo, o espelho de água da lagoa Guandu vem aumentando ao longo dos anos, devido às operações da barragem principal da ETAG e ao assoreamento causado pela poluição doméstica e industrial oriunda desses rios afluentes, que já preocupa há bastante tempo o abastecimento de água da RMRJ, conforme citado no diagnóstico do plano diretor de abastecimento de água em 1985 (ENGEVIX, 1985) e atestado pelos dados mais atuais de qualidade das águas nas estações de amostragem dessa parte da bacia, apresentados pela FEEMA (2008) e pela CEDAE (DA COSTA *et al.*, 2007). Cabe destacar que os valores dos indicadores de poluição são bem mais presentes nos afluentes da lagoa Guandu do que no próprio rio Guandu a montante da barragem principal da ETAG, de acordo com as citadas amostragens. Aliás, a origem do nome lagoa Guandu é referente ao seu funcionamento como amortecedor da poluição, tal qual uma lagoa de estabilização. Nesse sentido, a lagoa Guandu armazena os efluentes domésticos e industriais que recebe dos seus afluentes – os rios Queimados e Ipiranga. Porém, como não é oficialmente uma estação de tratamento de esgotos (ETE) do tipo lagoa de estabilização, o lodo depositado ao longo dos anos não é removido. Sendo assim, a altura do seu espelho de água vem diminuindo à medida que o lodo é acumulado no fundo. Em consequência disso, a área da lagoa também aumenta em trechos onde não há diques de contenção, tal qual o dique (trecho retilíneo) da margem direita da lagoa ao longo da margem esquerda do rio Guandu, próximo à barragem auxiliar da ETAG.

Com as premissas acima, foram avaliadas duas opções conflitantes para mitigar a poluição doméstica oriunda da lagoa Guandu antes que ela alcance a captação da ETAG. Para tanto, o modelo multicritério foi utilizado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi realizada ampla pesquisa bibliográfica sobre o assunto, com as seguintes atividades principais: coleta de dados e de informações nos diversos órgãos municipais, estaduais, federais e privados envolvidos; estudo de planos diretores de abastecimento de água potável (PDA) e de esgotamento sanitário – PDES (STE, 1994); análise dos planos estratégicos de recursos hídricos das bacias hidrográficas contribuintes; identificação dos projetos desenvolvidos ou em fase de desenvolvimento para a questão; consultas diversas (artigos, mídia, etc). Na sequência, com as informações reunidas, procedeu-se aos diagnósticos de qualidade das águas, de demandas, de outorgas e de disponibilidade hídrica da bacia do rio Guandu. Em relação ao abastecimento de água potável e às propostas de solução, tabelas de eficiência e curvas de consumo versus custos foram elaboradas para auxiliar a análise técnica e econômica, tanto da situação existente quanto das opções aventadas. Finalmente, as alternativas propostas foram analisadas sob a ótica do modelo multicritério.

O fluxograma de todo o processo de decisões para resolver um problema é visualizado na Figura 1. Nesse caso, o problema é a qualidade da água captada pela ETAG, enquanto que os objetivos recaem na melhoria dessa qualidade. Já as alternativas concorrentes são: a implantação de um sistema completo de esgotamento sanitário tipo separador absoluto na bacia afluente (rios Queimados e Ipiranga) da captação da ETAG versus a instalação de unidades de tratamento de águas fluviais diretamente nas calhas dos rios afluentes (Queimados e Ipiranga) dessa mesma bacia. A primeira alternativa forma um cenário definitivo, isto é, uma solução definitiva para o problema. Por outro lado, a segunda alternativa representa um cenário paliativo ou uma solução provisória, pois não resolve o problema da poluição na bacia, apesar de melhorar a qualidade da água captada.

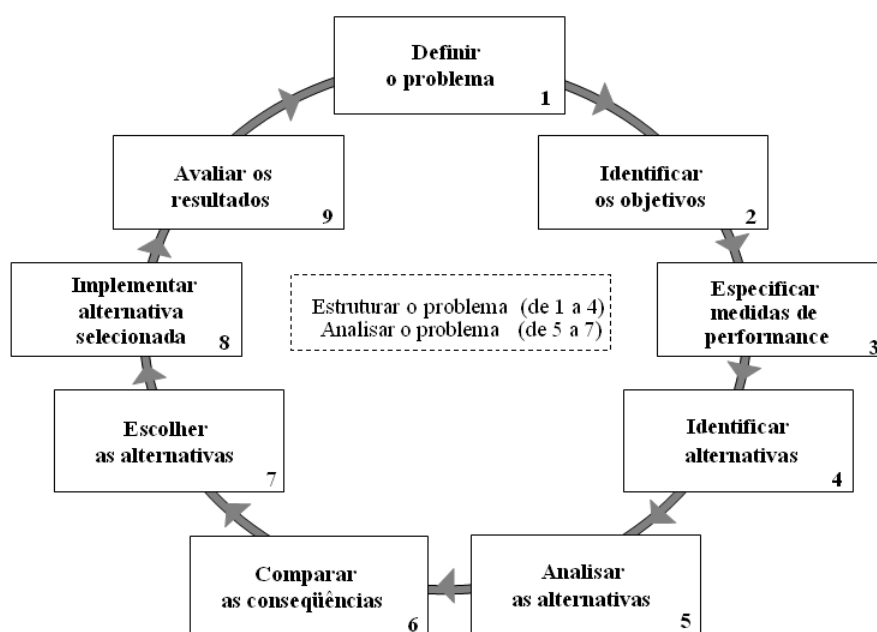


Figura 1: Ciclo para tomada de decisões (Fonte: PETRIE *et al.*, 2006).

A metodologia multicritério (vide Figura 2) auxiliou a análise dos cenários propostos. O modelo adotado foi o ELECTRE III (*ELimination Et Choix Traduisant la REALité*), criado por Bernad Roy em 1978 (ZUFFO, 1998). A matriz multicritério do modelo englobou os cenários (alternativas), os critérios de avaliação, a pontuação de cada cenário (cf. Tabela 1) e os pesos médios de cada critério (cf. Tabela 2). Esses pesos foram adaptados de informações presentes em trabalhos similares na área de planejamento ambiental de recursos hídricos, tal qual o elaborado por ZUFFO (1998) sobre a Bacia do rio Cotia (SP). Os dados da matriz foram então inseridos e rodados no programa computacional ELECTRE III®, versão demo 3.1, da MCDA Softwares, da Universidade de Paris na França, que apresentou os resultados do modelo.

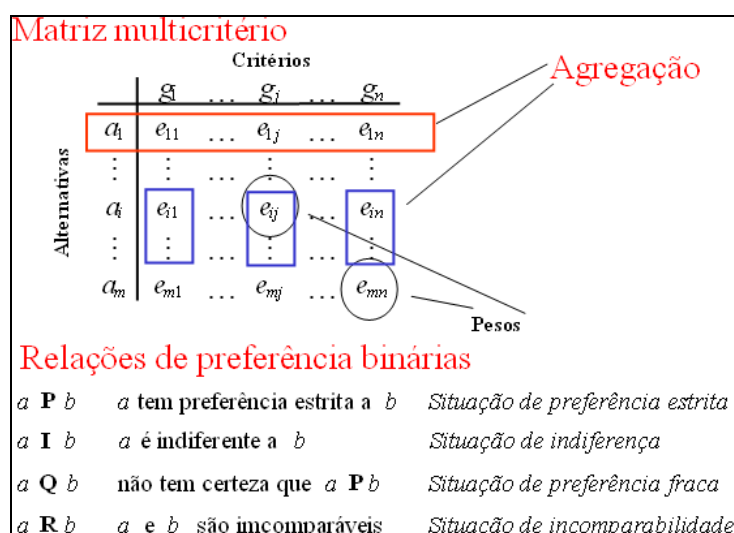


Figura 2: Matriz do modelo multicritério ELECTRE III (Fonte: PETRIE *et al.*, 2006).

Os critérios utilizados no modelo foram baseados em aspectos econômicos e ambientais, sendo: 01 = melhoria na qualidade da água em manancial da bacia; 02 = melhoria na qualidade da água captada para abastecimento público; 03 = aumento da oferta hídrica em manancial da bacia; 04 = aumento da oferta de água potável para abastecimento público; 05 = custo de implantação; 06 = custo de operação e manutenção; 07 = risco de interrupção do sistema de produção de água potável devido à floração de cianobactérias.

Tabela 1: Faixa adotada para os valores dos cenários no modelo multicritério.

Critério		Faixa de valores para a pontuação das alternativas				
Nº	unidade	01 ponto	02 pontos	03 pontos	04 pontos	05 pontos
01	mgDBO/l	> 20	11 a 20	6 a 10	4 a 5	0 a 3
02	mgDBO/l	> 20	11 a 20	6 a 10	4 a 5	0 a 3
03	m³/s	0 a 5	6 a 10	11 a 20	21 a 30	> 30
04	m³/s	0 a 5	6 a 10	11 a 20	21 a 30	> 30
05	10 ⁶ R\$	> 100	51 a 100	11 a 50	6 a 10	0 a 5
06	10 ⁶ R\$/ano	> 15	11 a 15	6 a 10	2 a 5	0 a 1
07	10 ³ cel/ml	> 100	51 a 100	21 a 50	11 a 20	0 a 10

Tabela 2: Valores utilizados para os pesos dos critérios no modelo multicritério (Fonte: ZUFFO, 1998).

Critérios			Pesos adotados (ZUFFO, 1998)			
Nº	ZUFFO (1998)		Média	Moda	Iguais	Mínimo
01	19	Qualidade da Água	9,67	10	10	8
02	19	Qualidade da Água	9,67	10	10	8
03	9	Vazão acrescida	7,04	8	10	2
04	9	Vazão acrescida	7,04	8	10	2
05	1	Econômico	8,63	10	10	10
06	1	Econômico	8,63	10	10	10
07	6	Perigo de acidentes	7,71	8	10	5

Ressalta-se que o objetivo deste trabalho é analisar duas alternativas propostas para solucionar alguns dos principais problemas de abastecimento de água potável da região metropolitana oeste do Rio de Janeiro, focando em ações emergenciais, estruturais e gerenciais, após um diagnóstico qualitativo e quantitativo da bacia do rio Guandu, em termos de água disponível para abastecimento público. Nesse sentido, as alternativas devem ser concorrentes para validar os resultados do modelo de análise.

O método multicritério foi adotado por ser um modelo mais flexível e com maiores recursos para analisar as alternativas do que a relação custo-benefício aplicada em órgãos governamentais, que são os principais tomadores de decisão na gestão dos recursos hídricos da bacia do rio Guandu e no gerenciamento do abastecimento de água potável para a população da RMRJ.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

Os seguintes cenários foram estabelecidos e comparados no modelo multicritério ELECTRE III:

- **Atual:** Sistema de esgotamento sanitário irregular em toda a bacia dos rios Queimados e Ipiranga, ou seja, apenas fossas sépticas individuais operando na faixa de 30% de eficiência de remoção de carga orgânica (DBO);
- **Definitivo:** Implantação do sistema de esgotamento sanitário com tratamento secundário na bacia dos afluentes da lagoa Guandu (rios Queimados e Ipiranga), antes da captação da ETAG, sendo capaz de remover 90% da carga orgânica (DBO), conforme a concepção do plano diretor de esgotamento sanitário elaborado por STE (1994);
- **Paliativo:** Instalação de unidades de tratamento de rio (UTR) tipo flotação diretamente nas calhas dos rios Queimados e Ipiranga, logo a montante da lagoa Guandu, isto é, na foz de cada rio para tratá-lo em tempo seco (2,5m³/s), sendo capaz de remover 70% da carga orgânica (DBO), conforme o sistema proposto pelo Projeto PROÁGUA – Fase III (COPPE, 2000).

O cenário atual teve a função de calibrar o modelo. Portanto, os resultados aqui apresentados referir-se-ão aos novos cenários. Nesse sentido, o horizonte adotado para a implantação dos novos cenários (definitivo e paliativo) foi de três anos, apenas para efeito de conclusão total das obras, pois os custos de operação e manutenção foram comparados por ano, de acordo com o critério 06 da Tabela 1.

Para o cenário definitivo, foi adotado 30% dos custos de implantação do denominado sistema Guandu de esgotamento sanitário, presente no plano diretor de esgotamento sanitário da CEDAE de 1994 (STE, 1994) e correspondente a Figura 3, pois a população na bacia dos rios Queimados e Ipiranga representa um terço da



população total prevista para o sistema Guandu do plano, de acordo com os estudos populacionais do Projeto PROÁGUA – Fase III (COPPE, 2000). Então, esse sistema Guandu engloba também as bacias dos rios Queimados e Ipiranga. Em tempo, o tratamento secundário seria por estações de tratamento de esgotos tipo lodos ativados convencional, com os custos estimados em dólares americanos sendo convertidos para reais, conforme a cotação média do mês de outubro de 2008.

O custo adotado para a operação e manutenção de uma ETE tipo lodos ativados convencional foi o da ETE do Ribeirão Arrudas da COPASA-MG, que girava em torno de R\$ 0,07/m³ de esgotos tratados, de acordo com COUTINHO (2007). Somam-se também os R\$ 0,03/m³ de esgotos (adotado), relativos aos custos operacionais das elevatórias de rede e aos custos de manutenção dos coletores e das linhas de recalque. Portanto, o valor final utilizado na pontuação do cenário definitivo foi de R\$ 0,10/m³ de esgotos, referentes à operação e manutenção de sistemas completos tipo separador absoluto com tratamento secundário.

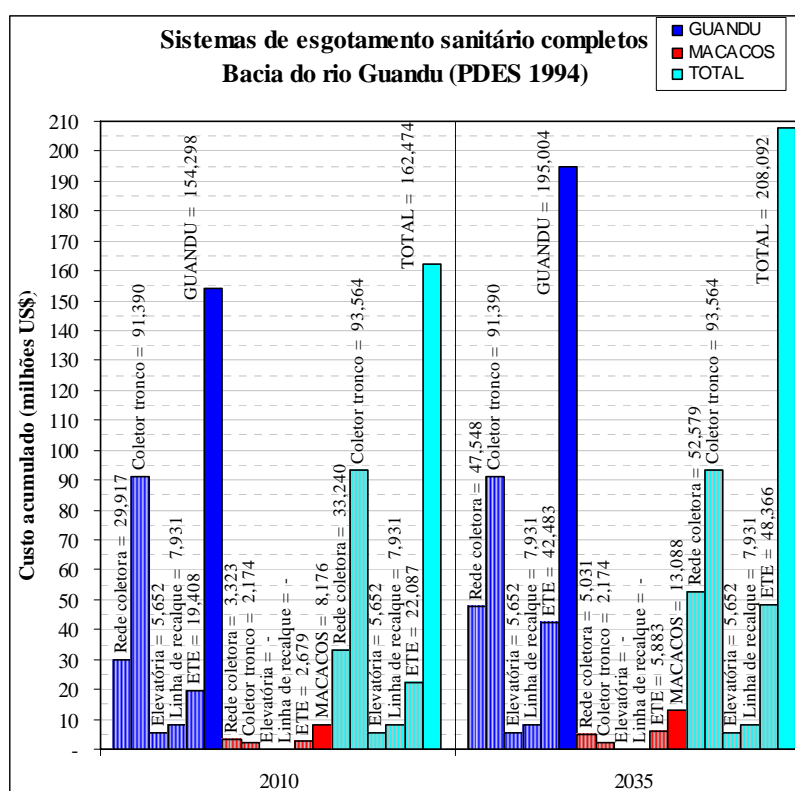


Figura 3: Custos de implantação do esgotamento sanitário na bacia do rio Guandu (Fonte: STE, 1994).

Em relação ao cenário paliativo, diversas fontes de consulta embasaram a composição dos custos de implantação, operação e manutenção dos sistemas UTR's tipo flotação, conforme apresentado na Tabela 3. Os percentuais de custos de operação e manutenção (O & M) da estação de tratamento das águas fluviais (ETAF ou UTR) dos córregos Ressaca e Sarandi na Lagoa da Pampulha complementaram os valores faltantes das outras fontes. Sendo que esses percentuais de consumo de produtos químicos, energia elétrica e pessoal, em relação ao total gasto entre 2004 e 2006, giraram respectivamente entre: 66 e 73%; 12 e 19%; 15 e 16% (COUTINHO, 2007). Portanto, as médias desse período foram utilizadas para estimar os custos de O & M das outras UTR's.

A Tabela 4 apresenta os custos das UTR's por vazão (Q_{máx}), após dividir os custos presentes na Tabela 3 pela capacidade máxima de cada estação (Q_{máx}). É importante ressaltar que os custos da Tabela 3 não foram atualizados para valores presentes (outubro de 2008), sendo desprezadas as possíveis variações da moeda nos períodos considerados.



Tabela 3: Custos de implantação e operação (O & M) de UTR's tipo flotação em cursos d'água.

Qmáx (l/s)	Implantação (R\$) I	O & M (R\$/ano) O	O & M (R\$/ano) ⁽¹⁾	UTR (=ETAF)	Fonte	
					I	O
150	1.800.000,00	360.000,00	2.198.026,80	Parque Ibirapuera	(2)	(2)
200	5.000.000,00	342.000,00	2.088.125,46	Rio Alto Cachoeira	(6)	(5)
300	3.539.458,06	470.457,60	2.872.440,04	Rio Carioca	(2)	(2)
750	7.305.000,00	3.123.046,87	3.123.046,87	Lagoa da Pampulha	(3)	(3)
1.000	11.678.258,12	715.257,50	4.367.097,65	Arroio Pavuna	(2)	(2)
1.800	23.217.955,20	715.257,50	4.367.097,65	Arroio Fundo	(4)	(2)
10.000	54.000.000,00	12.000.000,00	73.267.560,01	Rio Pinheiros	(2)	(2)
Observações:						
I = Exclusive centrifugação e inertização do lodo, exceto Arroio Pavuna;						
O = Sem produtos químicos e sem energia elétrica, exceto Pampulha;						
⁽¹⁾ Inclusive produtos químicos e energia elétrica, ao acrescentar 83,6%, (68,3% para produtos químicos e materiais de consumo e 15,3% de energia elétrica) no custo de pessoal, ou seja, ao dividir por 16,4%, exceto na Lagoa da Pampulha, que foi a referência (COUTINHO, 2007);						
⁽²⁾ RIO-ÁGUAS, 2004;						
⁽³⁾ COUTINHO, 2007;						
⁽⁴⁾ CGU (2008), valor noticiado em dezembro de 2007;						
⁽⁵⁾ Adaptado de CARON (2006), adotando o custo médio R\$ 28.500/mês;						
⁽⁶⁾ GAZETA (2007), valor noticiado em julho de 2007.						

Tabela 4: Índices médios dos custos de UTR's tipo flotação em cursos d'água.

Qmáx (l/s)	Implantação R\$/(l/s)	Operação e Manutenção			
		(R\$/ano)/(l/s)	(R\$/ano)/m³	R\$/mês	(R\$/mês)/(m³/s)
150	12.000,00	14.653,51	0,465	183.168,90	1.221.126,00
200	25.000,00	10.440,63	0,331	174.010,46	870.052,28
300	11.798,19	9.574,80	0,304	239.370,00	797.900,01
750	9.740,00	4.164,06	0,132	260.253,91	347.005,21
1.000	11.678,26	4.367,10	0,138	363.924,80	363.924,80
1.800	12.898,86	2.426,17	0,077	363.924,80	202.180,45
10.000	5.400,00	7.326,76	0,232	6.105.630,00	610.563,00
Média	11.126,49	6.680,85	0,212	-	556.737,87

As características principais dos sistemas de UTR's tipo flotação avaliados no modelo estão presentes na Tabela 5. Cabe destacar que o rio dos Poços é um afluente importante do rio Queimados, por isso foi incluso no nome do sistema UTR proposto pelo Projeto PROÁGUA – Fase III (COPPE, 2000).

Tabela 5: Características dos sistemas de UTR tipo Flotação propostos a montante da lagoa Guandu.

Características do sistema	Unidade	Sistema Poços e Queimados	Sistema Ipiranga
Vazão (permanência 50%)	l/s	2.000	500
Concentração de SST afluente	mg/l	75	75
Lodo bruto flotado (3,5% sólidos)	m³/dia	351,80	87,95
Lodo beneficiado (seco e inerte)	m³/dia	39,6	9,9
Custo unitário de implantação	R\$/(l/s)	11.126,49	11.126,49
Custo de implantação	R\$	22.252.980,00	5.563.245,00
Custo unitário anual de O & M	(R\$/ano)/(l/s)	6.680,85	6.680,85
Custo parcial anual de O & M	R\$/ano	13.361.700,00	3.340.425,00
Custo mensal de O & M	R\$/mês	1.113.475,00	278.368,75
Transporte do lodo beneficiado	km	50	50
Custo estimado de transporte	R\$/mês	150.000	50.000
Custo total mensal de O & M	R\$/mês	1.263.475,00	328.368,75



A lagoa Guandu pode ser vista na foto da tomada de água da ETAG a seguir (Figura 4), que também apresenta os tributários avaliados e a localização das UTR's tipo flotação em fluxo propostas.



Figura 4: Foto da tomada d'água da ETAG e do local de implantação das UTR's propostas.

Pelo fato de as alternativas não envolverem aumento de vazão, os critérios 03 e 04 não foram inseridos no modelo. Já a *performance* ou pontuação (vide Tabela 1) para cada critério (Cr) foi baseada nas características individuais da alternativa, sendo os seguintes valores:

- Cenário definitivo: Cr01 = 5, Cr02 = 5, Cr05 = 2, Cr06 = 4 e Cr07 = 1;
- Cenário paliativo: Cr01 = 4, Cr02 = 4, Cr05 = 3, Cr06 = 1 e Cr07 = 1.

Após executar, o modelo ELECTRE III apontou o **cenário definitivo** como a melhor opção na tabela de preferência e no fluxograma. O modelo gerou os seguintes coeficientes no modo de definição direta: $\alpha = -0,15$; e $\beta = 0,3$. Enquanto que os coeficientes de indiferença e preferência tiveram valores adotados iguais 0,5 e o coeficiente de veto não foi utilizado.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As medidas paliativas geralmente são mais imediatas e econômicas do que as soluções definitivas; entretanto, dependendo da situação, o efeito paliativo pode se tornar oneroso ao extremo e também não atender às expectativas técnicas criadas em torno da solução. Com isso, o custo que parecia ser menor no princípio atinge rapidamente valor comparável ao de uma solução definitiva, com a operação deste sistema provisório. É o que verificou na Pampulha quanto ao desempenho das UTR's em fluxo, que apresentaram custos de implantação e operação muito mais elevados do que os esperados, confirmados por COUTINHO (2007). Tal fato era de se esperar, pois o tratamento é muito semelhante ao de uma estação de tratamento de água (ETA) convencional e não ao de uma estação de tratamento de esgotos convencional, pois uma quantidade de produtos químicos considerável é utilizada, chegando a custos semelhantes aos processos de ETA's do mesmo porte.

Se o modelo da gestão fosse implantar estações em linha nos cursos d'água, seria muito mais plausível um desvio de parte do curso para uma ETE convencional e tratá-lo em tempo seco. Um exemplo de solução seria



implantar as ETE's previstas pelo PDES 1994 (STE, 1994) a montante da captação da ETAG, ao invés de a jusante como foi previsto, a fim de tratar o rio Ipiranga e Queimados em sua foz.

Desta forma, seriam atendidos os princípios do Plano Nacional de Recursos Hídricos segundo os quais o usuário lançaria os seus efluentes a montante da sua captação de água bruta, a fim de tratá-los adequadamente, após receber os seus próprios elementos poluentes lançados no curso d'água. Além disso, a estação já estaria apta a se tornar "definitiva", depois das implantações dos sistemas de coleta e transporte dos esgotos das bacias dos rios dos Poços, Queimados e Ipiranga. Esta opção seria também mais econômica se fossem utilizados sistemas de tratamento por lagoas em série, instaladas primeiro em caráter provisório e, progressivamente, tornando-se definitivos. Ressalta-se que existe área disponível suficiente para a implantação de ETE's do tipo lagoas de estabilização logo a montante da captação da ETA Guandu, que poderiam vir agregadas com lagoas de maturação, para a remoção de coliformes termotolerantes de modo mais eficiente do que em uma UTR em fluxo, sendo que a última é considerada como se fosse uma ETE com tratamento primário quimicamente assistido.

Quanto às recomendações, múltiplas combinações de cenários agregados com as diversas alternativas propostas para a melhoria da qualidade da água podem ser analisadas, possibilitando várias situações distintas, bastando alterar apenas a matriz multicritério. Além disso, é altamente recomendável ampliar o número de critérios de avaliação, incorporando critérios sociais, a exemplo do elaborado por ZUFFO (1998). Cabe destacar que a principal providência para validar os resultados é a correta definição dos cenários.

Outra recomendação importante é a atualização do plano diretor de esgotamento sanitário de 1994, ainda vigente, face ao tempo decorrido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARON, C. F., 2006, Proposta de um sistema para remoção de sólidos suspensos e redução de matéria orgânica e de nutrientes em corpos aquáticos de pequeno porte: estudo de caso no córrego Blanche. Dissertação de Mestrado, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.
2. CEDAE, 2008, -, Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: www.cedae.rj.gov.br. Acesso em: 01/10/2008.
3. CGU, 2008, "Ações do Poder Executivo Federal". In: Controladoria-Geral da União – CGU, Prestação de Contas do Presidente da República, ed 2007 (mar 2008), tomo I, capítulo 6, Brasília, DF, Brasil, Controladoria-Geral da União. Disponível em: http://www.cgu.gov.br/Publicacoes/PrestacaoContasPresidente/2007/Tomo_I/arquivos/parteVI/6.18.pdf. Acesso em: 24/08/2008.
4. CNEC, 2004, Serviços de Revisão do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, relativamente aos municípios atendidos pelos Sistemas Guandu, Ribeirão das Lajes e Acari – RJ – revisão 0. Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro – CEDAE, Rio de Janeiro, RJ.
5. COPPE, 2000, Estudo de Alternativas para Melhoria de Qualidade da Água a Montante da ETA Guandu. In: Projeto PROÁGUA – Fortalecimento Institucional, Fase III – Sistema de Gestão da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
6. COUTINHO, W., 2007, Emprego da Flotação a Ar Dissolvido no Tratamento de Cursos d'água – Avaliação de Desempenho da Estação de Tratamento dos Córregos Ressaça e Sarandi Afluentes à Represa da Pampulha. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
7. DA COSTA, L. S., SOARES, M. C. S., CONSOLI, M. A. F., *et al.*, 2007, "Investigação sobre o grau de contribuição das águas afluentes nas variáveis físico-químicas e densidade das cianobactérias na água de captação do rio Guandu – CEDAE/RJ". 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental da ABES, I-063, Belo Horizonte, MG, 02-07 setembro.
8. ENGEVIX, 1985, Plano diretor de abastecimento de água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Relatório Final. Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro – CEDAE, Rio de Janeiro, RJ.
9. FEEMA, 2008, Rio Guandu – Estações de amostragem da sub-bacia do rio Guandu – Período 2006 a 2007. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://www.feema.rj.gov.br/sub-bacia-guandu.asp?cat=75>. Acesso em: 21/10/2008.



10. GAZETA, 2007, “Sistema Flotflux – E a culpa é de Tebaldi”, Gazeta de Joinville, ano 3, n. 144 (5-9 jul), pp. A4-A5.
11. PETRIE, J., STEWART, M., BASSON, L., *et al.*, 2006, Structured Approaches to Decision Making for Cleaner Products and Processes, CRESTA, Department of Chemical Engineering of the University of Sydney, Sydney, NSW, AUS.
12. RIO-ÁGUAS, 2004, Processo Flotflux® – Subsídios para contratação por inexigibilidade. In: Parecer técnico do Grupo de Trabalho da Portaria N° 12 de 27 de fevereiro de 2004 sobre a Despoluição do Sistema Lagunar de Jacarepaguá, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
13. SONDOTÉCNICA, 2007, Plano estratégico de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim: relatório gerencial. Agência Nacional de Águas – Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, Brasília, DF.
14. STE, 1994, Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e das bacias contribuintes à Baía de Guanabara – Síntese. Serviços Técnicos de Engenharia S.A. e Governo do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
15. ZUFFO, A. C., 1998, Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil.