

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL AUTOMATIZADA, SAAE - ITAPETINGA-BA

Felizardo Adenilson Rocha¹
Taciano Oliveira da Silva²
Frederick Coutinho de Barros³
Tiago de Azevedo Araújo³
Daniel de Freitas Rodrigues⁴
Joaquim Moreira da Silva Junior⁴
Márcio Neri Santana⁴
Wilson Gandini Lugão⁵

RESUMO: *A qualidade da água é vulnerável às condições ambientais às quais está exposta e, portanto, na maioria das vezes, é necessário um tratamento para torná-la potável. Na busca pela melhoria da qualidade da água para abastecimento humano, os sistemas autônomos de água e esgoto – SAAE têm investido em sistemas automatizados. Neste trabalho verificou-se a eficiência de tratamento de uma estação de tratamento de água convencional automatizada com base nos parâmetros físico-químicos (cor, turbidez, dureza, alcalinidade, matéria orgânica, cloro e flúor) da água bruta, decantada e filtrada, mensalmente, durante o ano de 2006, em relação ao padrão estabelecido pela legislação vigente; e definiu-se o custo em cada uma das fases do processo de tratamento e o custo por metro cúbico de água tratada. Observou-se que o sistema automatizado implantado foi mais eficaz no tratamento dos parâmetros cor, seguida pela turbidez e, por último, a matéria orgânica.*

PALAVRAS-CHAVE: ETA; Automação; Qualidade de água; Eficiência

INTRODUÇÃO

A água é essencial para a existência e bem-estar do ser humano, devendo estar disponível em quantidade e qualidade como garantia da manutenção da vida, haja vista os seus múltiplos usos. Além disso, é um excelente solvente que, através do seu ciclo hidrológico, permanece em contato com os constituintes do meio ambiente (ar e solo), dissolvendo muitos elementos e carregando outros em suspensão.

Estima-se que cerca de 4 bilhões de metros cúbicos de contaminantes, provenientes principalmente de efluentes industriais, uso agrícola, dejetos domésticos e outros, atinjam o solo a cada ano e, conseqüentemente, a água (Batalha, 1993).

¹ Professor Adjunto do Departamento de Estudos Básicos e Instrumentais (DEBI) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB, Itapetinga-BA).

² Professor Assistente do Departamento de Estudos Básicos e Instrumentais (DEBI) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB, Itapetinga-BA).

³ Estudantes do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB, Itapetinga-BA).

⁴ Estudantes do curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade Federal de Viçosa (UFV, Viçosa-MG).

⁵ Estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa (UFV, Viçosa-MG).

Os padrões de potabilidade para as águas destinadas ao abastecimento humano são estabelecidos segundo a definição da Organização Mundial da Saúde, que define como água potável aquela que apresenta aspecto límpido e transparente; não apresenta cheiro ou gosto; não contém nenhum tipo de microrganismo que possa causar doença; e não contém nenhuma substância em concentrações que possam causar qualquer tipo de prejuízo à saúde (Von Sperling, 1996).

No Brasil, os padrões de potabilidade são definidos pelo Ministério da Saúde, através da Portaria nº518 de 26/03/2004 e complementada pela resolução Conama nº357 de 17/03/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais, e ainda, no artigo 7º, estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos de água. Normalmente esses padrões são valores máximos permitidos (VMP) de concentração para uma série de substâncias e componentes presentes na água (Tundisi; 2005).

Estima-se que, no Brasil, 60% das internações hospitalares estejam ligadas diretamente com a precariedade dos sistemas de saneamento básico e que 90% dessas doenças é resultado do abastecimento de água em quantidade e qualidade insatisfatórias. Em muitas regiões brasileiras, é comum o abastecimento de água que não atende o padrão de potabilidade vigente. A água de má qualidade pode veicular doenças como a febre tifóide e paratifóide, cólera, disenteria bacilar e a hepatite infecciosa, entre outras (Di Bernardo et al., 2002).

Diante do exposto, fica evidente que a disponibilidade de água em quantidade e qualidade nos mananciais, com finalidade de abastecimento público, está cada vez mais comprometida devido aos impactos das ações humanas no meio ambiente. Dessa forma, cresce a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias, que sejam eficientes e que possam ser empregadas em Estações de Tratamento de Água (ETA), a fim de garantir a qualidade da água tratada e de minimizar a formação de subprodutos nocivos à saúde humana.

A cidade de Itapetinga-BA possui uma estação convencional que foi totalmente automatizada, na qual as dosagens do sulfato de alumínio, cloro e flúor são realizadas com base em sensores instalados em pontos específicos ao longo do sistema de tratamento. No entanto, faz-se necessário uma avaliação periódica desse sistema de tratamento de água automatizado, haja vista que um serviço deficiente de abastecimento de água potável pode afetar a saúde da população.

Na ETA do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Itapetinga-BA, a dosagem dos produtos químicos é feita de forma instantânea. No entanto, dispositivos eletrônicos estão sujeitos à perda de calibração, podendo comprometer a eficiência do sistema de tratamento. Porém, com esse sistema de tratamento pode-se conseguir uma redução dos gastos com produtos químicos e mão-de-obra.

Este trabalho teve por objetivo analisar a eficiência de uma estação de tratamento de água convencional automatizada com base nos parâmetros físico-químicos (cor, turbidez, dureza, alcalinidade, matéria orgânica, cloro e flúor) da água bruta, decantada e filtrada, mensalmente, durante o ano de 2006, em relação ao padrão estabelecido pela legislação vigente; e definir o custo em cada uma das fases do processo de tratamento por metro cúbico de água tratada.

MATERIAL E MÉTODOS

Os valores dos parâmetros físico-químicos da ETA empregados neste estudo foram cedidos pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município de Itapetinga-BA, localizada na região Sudoeste da Bahia. Trata-se de uma região de transição entre uma zona litorânea úmida de clima Af, quente a úmido, de florestas tropicais sem estação seca, de

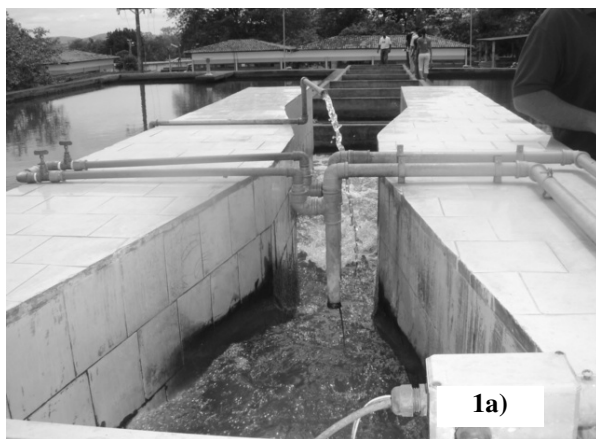
pluviosidade superior a 1.300 mm e de domínio oceânico e por uma zona semi-árida Bsh, continental, com precipitações inferiores a 750 mm e de inverno seco. Deste modo, o Agrossistema Itapetinga possui condições climáticas Am (posteriores a Af) na sua porção nordeste e oriental, e condições Aw a oeste, com características tendentes para Bsh (Bahia, 2000).

A cidade de Itapetinga possui uma estação convencional que passou por um processo de automação e, atualmente, a dosagem do sulfato de alumínio, flúor, cloro é realizada com base em sensores instalados em pontos específicos do sistema de tratamento, interligados a um computador central que aciona os conjuntos bombas dosadoras e permitem a injeção de solução contendo os produtos químicos necessários ao tratamento.

A ETA SAAE - Itapetinga foi projetada para uma vazão de tratamento máxima de 200 l s⁻¹ e possui oito floculadores, dois decantadores e quatro filtros russos (filtração ascendente) e um sistema de injeção automática de cloro gasoso e flúor na forma de fluorsilicato de sódio em pó. Após entrar na ETA a água bruta captada do Rio Catolé passa pelos processos físico-químicos e biológicos, isto é, coagulação, floculação, decantação, filtração, correção de pH e desinfecção.

Ao entrar na ETA a água bruta passa pela calha Parshall, onde recebe a solução contendo sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$, com a finalidade de flocular (aglomerar) as partículas em suspensão para posterior remoção (Figura 1). Em seguida, passa por oito floculadores para permitir uma melhor eficiência da mistura da solução de $Al_2(SO_4)_3$. Posteriormente, a água é direcionada para dois decantadores onde ocorre a deposição (decantação) do material em suspensão. Após a decantação, a água segue para os quatro filtros tipo russo, preenchidos de baixo para cima com seixo rolado, brita, areia e, na parte superior, uma camada de antracito (Figura 1). Nesta etapa, ocorre a remoção de materiais em suspensão e redução de parte das bactérias presentes.

Após filtração a água recebe a cal para correção do pH e, em seguida, é clorada, visando à eliminação de bactérias e outros patógenos. Por último, ocorre a fluoretação, que visa à prevenção de cáries dentárias, conforme estabelecido pelo Ministério da Saúde.



Figuras 1a e 1b - Vista do ponto de aplicação do sulfato de alumínio dentro da calha Parshall (1a) e do sistema de filtração (1b) na ETA do SAAE – Itapetinga.

Os parâmetros de qualidade da água foram medidos três vezes, em três pontos da ETA ao dia e utilizada a média mensal dos dados do ano de 2006 para análise.

Os parâmetros cor, turbidez, dureza, alcalinidade, pH, matéria orgânica, flúor, cloro e CO₂ foram medidos para a água bruta (B), na captação à base do rio Catolé, nos decantadores,

após receber a aplicação de sulfato de alumínio na calha parshall (água decantada) e após, aplicação de cloro e flúor (desinfecção). A última etapa representa a água tratada que é distribuída para a população da cidade de Itapetinga-Ba. As análises foram realizadas no Laboratório de análises químicas do SAAE de Itapetinga, empregando os procedimentos estabelecidos pelo *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 1995).

A partir da média mensal dos parâmetros de qualidade de água medidos determinou-se a eficiência de decantação (E_d) e filtração (E_f) em termos da turbidez, cor e matéria orgânica presentes na água. O cálculo de eficiência é dado pela equação (1):

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100(1)$$

em que E é a eficiência do processo (adimensional), %; S_0 é a concentração do parâmetro afluente; S é a concentração do parâmetro do efluente.

Com base nas informações cedidas pelo SAAE também foram determinados a quantidade de reagentes consumidos mensalmente e o custo por metro cúbico de água tratada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios mensais dos parâmetros físico-químicos, cor, turbidez e matéria orgânica com suas respectivas eficiências de decantação e filtração referente ao ano de 2006, fornecidas pelo serviço autônomo de água e esgoto – SAAE – Itapetinga – BA.

Tabela 1 - Valores médios mensais dos parâmetros físico-químicos de cor, turbidez, matéria-orgânica, eficiência de remoção de cor, turbidez e matéria orgânica.

Mês	Cor (uH)			Turbidez (uT)			Matéria Orgânica (mg L ⁻¹)			ER _C (%)		ER _T (%)		ER _{MO} (%)	
	B	D	F	B	D	F	B	D	F	E _d	E _f	E _d	E _f	E _d	E _f
Jan	83,9	8,9	0,0	12,9	0,9	0,1	3,8	1,5	0,8	89,4	100,0	92,7	93,2	61,0	46,5
Fev	66,4	6,5	0,0	13,0	1,2	0,1	2,8	1,2	0,6	90,3	100,0	90,6	92,1	58,1	53,8
Mar	274,1	11,6	0,0	45,0	2,0	0,0	6,4	2,1	1,4	95,8	100,0	95,7	99,4	67,7	34,6
Abr	345,4	11,7	0,8	57,2	3,0	0,0	8,3	2,3	1,3	96,6	92,9	94,7	99,6	72,4	45,0
Mai	132,2	9,7	0,0	27,6	1,7	0,1	4,6	1,3	0,7	92,7	100,0	94,0	96,4	72,5	41,9
Jun	114,8	10,0	0,0	25,9	1,4	0,0	3,6	1,1	0,7	91,3	100,0	94,6	98,5	67,9	41,9
Jul	90,6	11,2	0,0	13,2	1,9	0,0	4,1	2,1	1,2	87,7	100,0	85,2	99,9	49,4	40,9
Ago	65,1	6,2	0,0	12,8	1,0	0,0	3,2	1,8	1,1	90,5	100,0	92,5	100,0	43,4	37,1
Set	60,4	5,1	0,0	14,0	0,9	0,0	2,9	1,7	0,9	91,6	100,0	93,5	99,7	43,0	48,1
Out	136,7	6,3	0,0	35,4	1,3	0,0	4,8	1,7	1,0	95,4	100,0	96,3	100,0	63,6	40,1
Nov	287,2	9,9	0,0	58,7	1,6	0,0	8,4	2,3	1,5	96,6	100,0	97,3	100,0	72,6	36,1
Dez	210,8	8,4	0,0	46,4	1,1	0,0	6,4	2,2	1,3	96,0	100,0	97,7	100,0	65,4	43,7

B = água bruta; D = água decantada; F = água filtrada; Ed= eficiência de decantação; Ef = eficiência de filtração; ER_C = eficiência de remoção de cor; ER_T = eficiência de remoção de turbidez; ER_{MO} = eficiência de remoção de matéria orgânica.

A ETA atende perfeitamente ao padrão estabelecido pela Resolução Conama n°357 (2005), apresentando valores sempre inferiores aos valores máximos permitidos de cor e turbidez

de 15 uH e 5 uT, respectivamente. Ainda segundo esta resolução, em seu parágrafo segundo, visando assegurar a adequada eficiência de remoção cistos de *Giardia* spp e cistos de *Cryptosporidium* sp., recomenda-se, enfaticamente, que, para a filtração rápida, se estabeleça como meta a obtenção de efluente filtrado com valores de turbidez inferiores a 0,5 UT em 95% dos dados mensais e nunca superiores a 5,0 UT. Pela Tabela 1 observa-se que o sistema de tratamento em questão atende 100% às exigências.

A Ed, em termos do parâmetro “cor”, apresentou o menor valor no mês de julho (87,7%), enquanto a Ef foi de 92,9% em abril. No que se refere à turbidez, o valor de Ed oscilou entre 85,2 e 97,7%, ao passo que a Ef apresentou valores entre 92,1 a 100%. Em termos de remoção da matéria orgânica a Ed ficou entre 43,0 e 72,6% e Ef entre 34,6% e 53,8%. Diante desses resultados observou-se que o sistema automatizado implantado foi mais eficaz no tratamento do parâmetro cor, seguida pela turbidez e, por último, a matéria orgânica (Tabela 1). Também verificou-se que a Ef foi sempre superior a Ed.

Os valores de pH da água bruta do Rio Catolé estão enquadrados na classe 1 definida pela Resolução Conama nº357 (2005) para corpos de água por apresentar valores entre 6 e 9. Em cada faixa de pH existe uma atuação ótima de coagulantes. Nos meses de março e abril o pH foi inferior a 6 para a água filtrada e decantada, havendo risco de corrosão de tubulação (Figura 2).

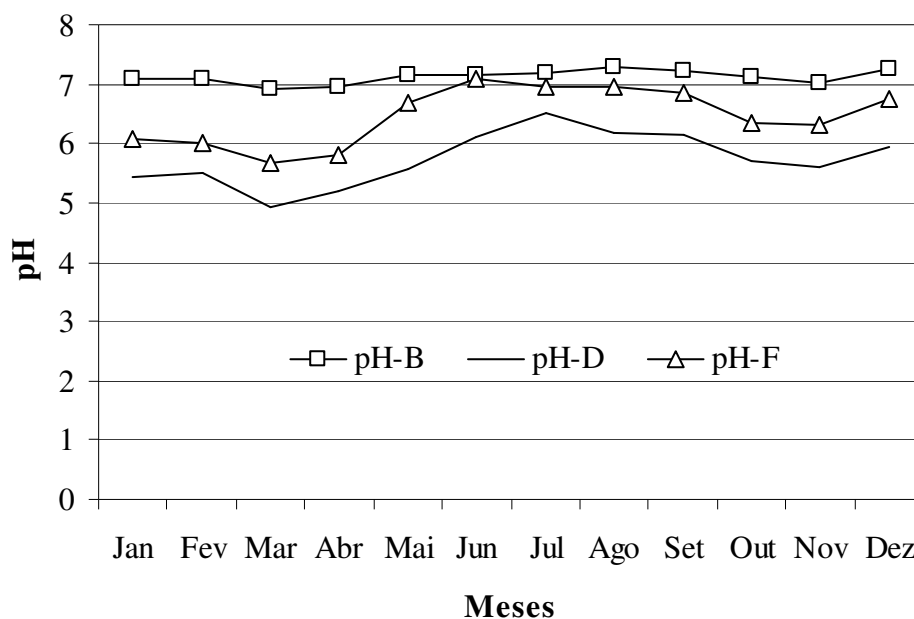


Figura 2 - Valores de pH da água bruta, decantada e filtrada pelo SAAE – Itapetinga em 2006.

Na maioria dos meses do ano de 2006 a água bruta do Rio Catolé enquadrou-se em um padrão de dureza moderada, por apresentar valores de CaCO_3 entre 50 e 150 mg L^{-1} . Segundo Von Sperling (1996), água com altos valores de dureza ($> 150 \text{ mgL}^{-1}$ de CaCO_3) pode reduzir a formação de espuma, implicando no maior consumo de sabão e causar incrustações nas tubulações. Por outro lado, a alcalinidade apresentou valores sempre inferiores a 50 mg L^{-1} , com picos no período entre março e abril (Figura 3). Após decantação houve redução de até 65% nos valores de alcalinidade, mostrando que houve remoção de bicarbonatos presentes na água bruta.

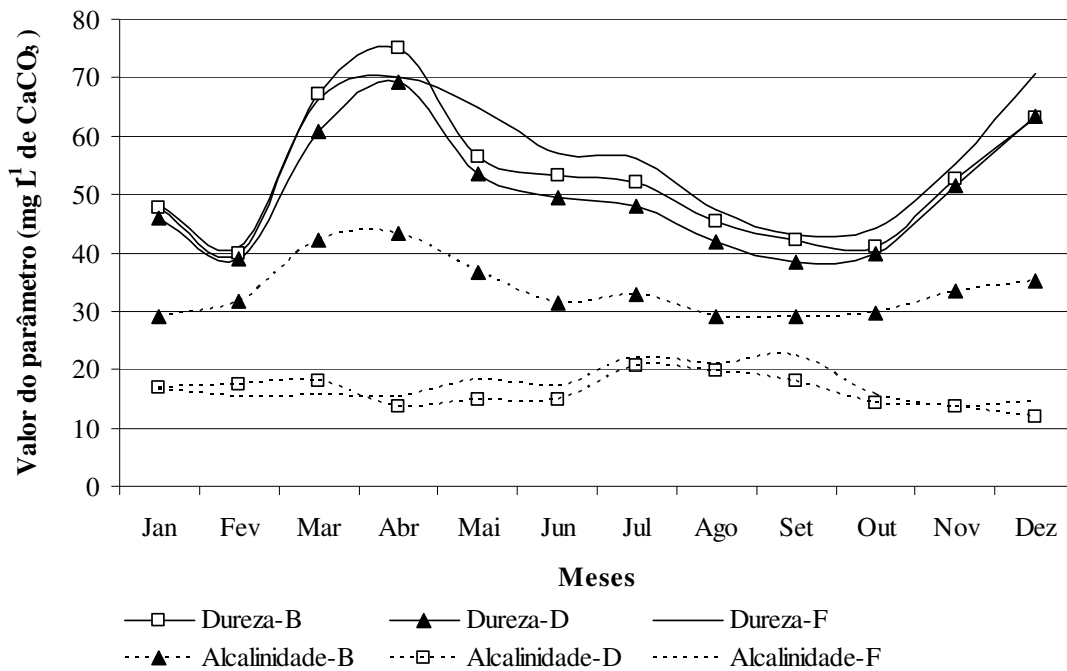


Figura 3 - Valores médios mensais de alcalinidade e dureza para a água bruta, decantada e filtrada pelo SAAE – Itapetinga em 2006.

Os maiores valores de cloro residual foram encontrados nos meses de julho e agosto, ao passo que para o flúor os maiores valores foram representados nos meses de janeiro e junho (Figura 4). Segundo a portaria n 518 do Ministério da Saúde (2004), após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ em qualquer ponto da rede de distribuição. Durante todo o ano a ETA Itapetinga manteve o cloro residual sempre acima de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$.

Ao se clorar a água com a finalidade de desinfetá-la, normalmente adiciona-se um excesso de cloro, responsável pelo surgimento do denominado cloro residual. Esse cloro garantirá à água distribuída um desejável efeito residual. Isto significa que, se por alguma razão alheia à vontade de operador, a água distribuída vier a se contaminar na rede ou nos reservatórios, ela ainda será capaz de combater essa contaminação (Vianna, 1994).

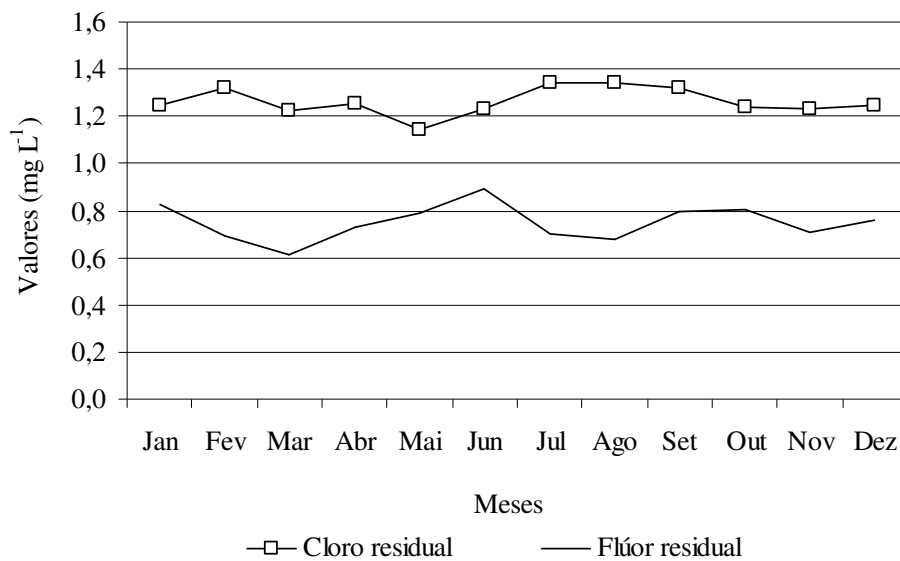


Figura 4 - Valores médios mensais de flúor e cloro para a água filtrada

A agressividade é uma característica da presença de gases em solução na água, como oxigênio, o gás carbônico e o gás sulfídrico. Uma água agressiva pode causar a corrosão de metais ou de outros materiais, tais como o cimento (Vianna, 1994). Observou-se que nos períodos em que a alcalinidade foi alta houve redução dos valores de gás carbônico livre, nos três pontos analisados (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de CO₂ presentes na água bruta, decantada e filtrada pelo SAAE – Itapetinga em 2006.

Mês	Água bruta (mg L ⁻¹)	Água decantada (mg L ⁻¹)	Água filtrada (mg L ⁻¹)
Jan	7,68	12,90	10,84
Fev	6,57	11,11	9,39
Mar	9,65	16,16	12,77
Abr	9,47	18,40	16,77
Mai	7,52	13,03	9,13
Jun	6,93	12,07	9,00
Jul	7,81	11,55	9,26
Ago	7,10	10,45	8,90
Set	7,93	10,87	9,73
Out	7,26	11,35	8,97
Nov	10,93	15,63	14,10
Dez	9,29	15,55	12,71

O custo médio do quilograma de sulfato de alumínio, cal, cloro e do flúor comprados no ano de 2006 foi de R\$ 0,96; R\$ 0,30; R\$ 5,20 e R\$ 5,96, respectivamente. Com base nestes valores, no consumo de reagentes e no volume de água tratada mensalmente obteve-se o custo médio mensal com reagentes e o custo por metro cúbico tratado (Tabela 3).

Tabela 3 - Consumo médio mensal de água e reagentes utilizados no tratamento químico da água pelo SAAE - Itapetinga-BA no ano de 2006.

Mês	Água tratada ⁽¹⁾ (m ³)	Sulf. de Alumínio (Kg)	Cal (Kg)	Cloro (Kg)	Flúor (Kg)	R\$/mês	Custo/m ³
Jan	13372,03	689,15	0,00	33,91	52,24	1149,29	0,086
Fev	14056,64	608,79	10,00	25,00	40,71	960,10	0,068
Mar	12695,00	1216,32	53,55	61,61	35,16	1713,68	0,135
Abr	13003,27	1358,53	0,00	35,00	44,00	1748,43	0,135
Mai	12535,13	1014,06	111,61	24,19	58,71	1482,70	0,118
Jun	12535,13	825,20	60,00	51,67	55,33	1408,64	0,112
Jul	11931,19	610,48	54,19	19,36	42,58	956,75	0,080
Ago	11862,34	510,12	46,96	23,78	41,21	873,07	0,074
Set	12991,63	430,30	32,00	26,67	44,17	824,59	0,063
Out	12663,55	710,41	36,16	22,58	38,68	1040,78	0,082
Nov	12986,50	1149,47	60,67	58,33	38,00	1651,51	0,127
Dez	13380,29	1210,48	65,16	35,49	56,13	1700,71	0,127

⁽¹⁾ valores médios de 30 dias; ⁽²⁾ custo mensal com reagentes (em reais); ⁽³⁾ custo mensal por metro cúbico de água tratada (em reais)

O maior custo em reais por metro cúbico de água tratada foi verificado no mês de abril, exatamente o período em que a turbidez apresentou maior valor, ficando o custo médio em torno de R\$ 0,01.

CONCLUSÕES

O sistema automatizado de tratamento de água do SAAE - Itapetinga-BA atende aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação em vigor no Brasil, e no ano de 2006 a ETA foi mais eficaz no tratamento do parâmetro cor, seguido pela turbidez e pela matéria orgânica. Além disso, o custo médio do metro cúbico de água tratada nesse mesmo ano foi de dez centavos.

REFERÊNCIAS

APHA - *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19 th edition: Washington, American Public Health Association. 1995.

BAHIA, GOVERNO DO ESTADO. **Diagnóstico das bacias dos rios Cachoeira e Almada – caracterização climatológica**. Secretaria de Infra-estrutura – SEINFRA, Superintendência de Recursos Hídricos – SRH. Volume I, tomo III, Salvador, 2000. 80p.

BATALHA, B.H.L.; PARLATORE, A. C. Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais. São Paulo: CETESB, 1993. 198p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo

humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, mar. 2004.

DI BERNARDO, A., CENTURIONE FILHO, P.L. **Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. São Carlos: RiMa, 2002.

Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 12 de julho de 2007.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. 2 ed. São Carlos: RIMA, 2005.
VIANNA, M. R. **Casas de química para estações de tratamento de água**. Belo Horizonte: Editora do Instituto de Engenharia Aplicada, 1994. 122p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 1996.