

## ***ANEXOS***

**Anexo 1**  
***Resumo do Projeto de Melhorias na ETA do  
Sistema Adutor do Cariri – CAGEPA***

## INTRODUÇÃO

A estação de tratamento de água do sistema adutor Cariri foi projetada e construída pela SEMARH, com recursos financeiros do PROÁGUA, sem qualquer participação da CAGEPA. A empresa responsável pela obra é a construtora Queiroz Galvão que em 2002 testou a estação e algumas unidades transbordaram, conforme registro do pessoal da operação. A construtora, segundo o engenheiro da obra, contratou um profissional para redimensionar as unidades com problemas. O floculador foi modificado e teve as paredes da 1ª câmara elevadas para evitar o transbordamento. Os filtros que apresentavam fortes pressões negativas no leito tiveram suas tubulações imediatas perfuradas para expulsar o ar armazenado e aliviar as pressões. Essas intervenções não surtiram o efeito desejado, o floculador deixou de extravasar, mas continuou com gradientes elevados, os filtros, obviamente, continuaram com pressões negativas no leito. Diante das circunstâncias, a SEMARH procurou a CAGEPA e solicitou a sua interveniência. Após avaliações preliminares a CAGEPA ofereceu várias sugestões dentre as quais destacam-se duas: 1) uso de carvão antracitoso na camada filtrante para melhorar a capacidade dos filtros (a CAGEPA forneceu sem ônus para a SEMARH todo o carvão - 25 m<sup>3</sup>); 2) a construção de uma caixa, com vertedor, para eliminar as pressões negativas. Eliminadas as pressões negativas, foi possível passar pelos filtros uma vazão de aproximadamente 80 l/s. A CAGEPA passou a operar a ETA aguardando uma posição da SEMARH para retomar os estudos necessários e promover as modificações definitivas. Durante todo esse tempo, vários relatórios técnicos de Brasília, ligados ao Ministério da Integração, foram produzidos, mas nenhuma solução efetiva foi dada. A CAGEPA, no entanto, precisa da estação para atender 10 localidades e por isso deve promover parceria com a SEMARH para fazer as modificações necessárias ao funcionamento adequado da estação.

No relatório ora proposto fez-se uma avaliação completa das condições operacionais da ETA e várias alterações foram propostas para o seu perfeito funcionamento.

## CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO

Os comentários a seguir baseiam-se no relatório, versão - out/02, existente no arquivo técnico da CAGEPA e que parece ter sido elaborado após as intervenções apontadas anteriormente.

Segundo esse relatório o projeto da estação de tratamento foi desenvolvido para uma vazão nominal de 115 l/s, no entanto, não existe qualquer referência sobre as demandas requeridas pelas localidades envolvidas. O projeto da linha adutora talvez contenha o estudo de demandas, porém não foi entregue completo a CAGEPA, no arquivo técnico consta apenas peças gráficas onde na planta geral estão indicados valores de vazões, sem qualquer registro do ano fixado como horizonte final do projeto.

Para efeito de avaliação da capacidade nominal adotada no dimensionamento, fez-se um estudo dessas demandas, cujos resultados detalhados estão apresentados no anexo A3. A cidade de Boqueirão, por exemplo, requer uma demanda atual da ordem de 26,91 l/s e em 2025 vai para 40,00 l/s, no restante das localidades servidas pela adutora do Cariri a demanda atual é de 59,91 l/s e de 94,67 l/s no final de plano, no total a ETA deverá tratar uma vazão nominal de 86,82 l/s na primeira etapa e 134,67 l/s no final de plano.

No anexo A1, está apresentado o relatório técnico da visita realizada a ETA em 24/03/05. Nesta visita foram feitas medições diretas de vários parâmetros que permitem avaliar a performance da estação e por sua vez tecer comentários sobre cada uma delas.

A seguir os seguintes comentários sobre cada unidade:

. **Caixa de Chegada (1,10 x 1,10 m)** - cumpre muito bem a sua função de tranquilizar o fluxo de água na entrada da estação;

. **Calha Parshall (W = 0,229 m)** - foi dimensionada para promover a mistura rápida do coagulante (sulfato de alumínio) com um gradiente de velocidade de  $700 \text{ s}^{-1}$ . No entanto, devido a um erro grave de posicionamento ela trabalha afogada e o gradiente cai de 700 para  $215 \text{ s}^{-1}$ , valor insuficiente para promover a mistura;

. **Floculador Hidráulico de Fluxo Vertical** - existe um erro de concepção no floculador o projetista deixou com as aberturas inferiores a responsabilidade de gerar os gradientes de velocidade necessários à floculação, as superiores são simples vertedores e ficaram com a função de apenas mudar a direção do fluxo. Deveria ser o contrário. Obtém-se melhor eficiência quando as aberturas superiores ficam com tal responsabilidade. Mesmo assim, pelas dimensões apresentadas, elas teriam condições de propiciar gradientes situados em faixas compatíveis ( $39$ ,  $19$  e  $16 \text{ s}^{-1}$ ) com a qualidade da água bruta (turbidez alta no período chuvoso e cor elevada no verão). Na prática o que se observou foi perda de carga excessiva e gradientes altos ( $134$ ,  $75$  e  $53 \text{ s}^{-1}$ ), tudo leva a crer que durante a construção não foram obedecidas as dimensões apresentadas no projeto (versão out-02) ou o que é mais provável o relatório foi feito depois;

. **Canal de Distribuição de Água aos Decantadores** - não faz uma boa distribuição de vazão entre os três decantadores, o último decantador, situado a jusante, engole mais água do que os dois primeiros e o segundo por sua vez mais do que o primeiro. As comportas de entrada (duas por decantador) têm seção reduzida e produzem gradientes de velocidade muito alto (superior a  $40 \text{ s}^{-1}$ ) tendo como consequência a quebra do floco. Para melhorar a distribuição da água entre os decantadores, os dois de jusante funcionam com apenas uma comporta aberta, condição que eleva ainda mais o gradiente de velocidade;

. **Decantador de Fluxo Horizontal** - apresenta deficiências graves tanto nos dispositivos de entrada como nos de saída. Na entrada, por exemplo, a cortina de distribuição tem 77 furos com diâmetros de 50 mm gerando um gradiente de velocidade muito alto  $54 \text{ s}^{-1}$ ; na saída as calhas operam com uma vazão linear superior a 3 litros/s/m quando a máxima deveria estar em torno de dois e meio. Cada unidade opera com sobrecarga, a taxa máxima recomendada por norma é de no máximo 40 e a aplicada é de  $55 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ . Agregue-se a tudo isso a baixa eficiência do sistema hidráulico de remoção do lodo. O fundo é plano e o lodo sedimentado só sai com o auxílio de rastelos e fortes jatos de água, as descargas periódicas com pequenos rebaixamentos do nível de água (50 cm) não surtem efeitos práticos o decantador tem necessariamente que ser esvaziado;

. **Canal de água Decantada** - tem dimensões satisfatórias, o único ponto negativo é a inexistência de registros de descarga para esvaziar o canal durante as operações periódicas de limpeza;

. **Comportas de Acesso aos Filtros** - as comportas de acesso aos filtros apresentam condições hidráulicas satisfatórias, ou seja, velocidades (0,44 m/s) dentro do que recomenda a norma;

. **Filtros Rápidos de Gravidade** - os seis filtros foram projetados para uma taxa média de filtração de 200 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia, valor fora do que recomenda a norma (180 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia) para filtros com leito simples de areia. Para atender o que preconiza a norma, a CAGEPA recomendou o uso de antracito (o antracito foi fornecido pela CAGEPA sem ônus para a SEMARH, conforme já foi dito) e para melhorar as condições operacionais a construção de uma caixa com vertedor no efluente geral dos filtros para eliminar as fortes pressões negativas registradas no leito filtrante. Após essas intervenções os filtros passaram a operar ainda de forma limitada, pois as válvulas e comportas efluentes têm problemas de vazamento e de posicionamento em relação ao fluxo.

As taxas de filtração medidas não são representativas, pois a comporta efluente do filtro nº 6 está travada numa posição que restringe o fluxo indicando uma baixa taxa. O de nº 1 está com a válvula da tubulação de lavagem e a comporta do esgoto com problemas de vedação indicando o contrário, taxas de filtração muito elevadas.

O sistema de drenagem ou fundo do filtro é feito de bocais (tubos de PVC de 50 mm com 4 furos de 1/2 polegada), perfazendo um total de 176 bocais e 704 furos em cada filtro. A caixa do filtro é dotada de fundo falso com visita, tem uma altura de 60 cm que permite a entrada de pessoas para promover eventuais consertos. Particularmente não vejo nenhuma vantagem nesse tipo de fundo, até porque é confeccionado no local por pessoas sem qualificação e, via de regra, perde a homogeneidade, fator importante na distribuição da vazão de lavagem do leito. Durante a lavagem observa-se nitidamente a formação de correntes preferenciais em determinadas regiões do leito e a fuga do carvão pela calha de coleta da água de lavagem. Também se verifica que a velocidade de lavagem é muito elevada em alguns filtros;

. **Casa de Química** - em relação à casa de química o arranjo proposto não permite o armazenamento correto dos produtos químicos e nem um bom fluxo das atividades de preparo das dosagens dos produtos químicos. É freqüente a inundação de áreas tanto pela ação das chuvas que caem como pela própria manutenção quando da retirada dos conjuntos moto-bombas instalados para recalcar a solução de sulfato e/ou da suspensão de cal.

## **CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CONDIÇÕES OPERACIONAIS**

As condições operacionais da ETA são bastante difíceis, até mesmo o controle da vazão de entrada é feito de forma precária, o operador tem que se deslocar uns 200 ou 300 metros e manobrar um registro de gaveta, instalado na adutora de água bruta, quando a poucos metros dali existe uma válvula de controle de vazão, tipo Valloy, que nunca funcionou, segundo informações dos operadores. A vazão que chega a estação é estimada de forma empírica, ou seja, a unidade de medição é o número de voltas do registro. Geralmente ele está aberto com 5 voltas e às vezes com 5 voltas e meia, quem determina o número de voltas é o nível de água no poço de sucção da elevatória (EE1). Qualquer tentativa de abertura do registro acima desse número de voltas afoga a estação.

Durante as visitas realizadas fez-se algumas medições dos níveis de água na calha Parshall, nos floculadores, no canal afluente aos filtros e nos próprios filtros resultando em valores como os mostrados no anexo A1 deste relatório.

Também não é diferente o estresse do operador em relação ao ajuste da dosagem dos produtos químicos. O sistema existente é muito precário e volta e meia o operador tem que subir até o primeiro andar onde estão os tanques de dosagem, para desobstruir a tubulação e assim se inicia um processo inevitável de intermitência com sérios prejuízos ao tratamento.

## **MODIFICAÇÕES PROPOSTAS**

As modificações propostas vão melhorar a eficiência da estação e implementar rotinas operacionais mais seguras. No anexo A2 estão representados todos os cálculos que justificam as alterações necessárias, são elas as seguintes:

. **Mistura Rápida** - a mistura dos produtos químicos será feita em uma nova calha Parshall ( $W = 0,305$ ), posicionada em um canal que deverá manter as distâncias mínimas recomendadas para evitar o afogamento da calha;

. **Floculador** - terá suas aberturas corrigidas para promover os gradientes de velocidade recomendados. Instalar tubulação com registro de gaveta para esvaziar as câmaras de floculação;

. **Canal de Distribuição de Água aos Decantadores** - terá sua seção corrigida de tal forma que propicie uma distribuição equitativa de vazão nos três decantadores. As comportas de acesso aos decantadores também terão suas dimensões ampliadas para reduzir os gradientes de velocidade de 30 para  $10 \text{ s}^{-1}$ ;

. **Cortina de Distribuição** - os furos da cortina de distribuição terão seus diâmetros ampliados de 50 para 100 mm e a quantidade reduzida para 55 unidades, produzindo um gradiente de velocidade em torno de  $5 \text{ s}^{-1}$ ;

. **Canal de Água Decantada** - instalar tubulação com registro para permitir o esvaziamento do canal durante as operações de limpeza;

. **Filtros** - as mudanças programadas são: conserto das comportas, ajuste do vertedor de saída para garantir taxas de filtração máximas dentro da faixa recomendada pela norma que é de 1,5 vezes a taxa média e, por último, adequar o canal de drenagem da galeria de tubulação para evitar as inundações que ocorrem quando da lavagem dos decantadores.

. **Casa de Química** - inversão do telhado para evitar que a chuva molhe os produtos químicos armazenados, substituição dos dosadores, instalação de tanques para uso de sulfato líquido, entre outras melhorias no sistema de cloração e interligação da ETA ao programa de controle operacional que deverá ser reinstalado.



**DIRETORIA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - DOM**  
**DEPARTAMENTO DE CONTROLE OPERACIONAL - DCO**

**Obra: MELHORIA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO SISTEMA ADUTOR DO CARIRI**

**Data: Agosto/2004**

**PLANILHA DE QUANTITATIVOS**

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT	PREÇO (R\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
<b>1.</b>	<b>ETA</b>				
<b>1.1</b>	<b>DISPOSITIVO DE MISTURA</b>				
<b>1.1.1</b>	<b>CAIXA E CALHA PARSHALL</b>				<b>3.107,52</b>
1.1.1.1	Demolição de estrutura em concreto armado	m³	0,86	207,78	178,69
1.1.1.2	Enchimento em concreto magro	m³	1,5	252,86	379,29
1.1.1.3	Concreto armado com forma e armação fck 18 MPa	m³	1,8	1.154,33	2.077,79
1.1.1.4	Alvenaria de tijolo de 1/2 vez	m²	21,6	16,98	366,77
1.1.1.5	Revestimento em massa única, traço 1:3	m²	43,2	2,43	104,98
<b>1.2</b>	<b>FLOCULADOR HIDRAUUCO</b>				<b>10.164,00</b>
1.2.1	Ampliação das aberturas das placas de concreto (chicanas, ver detalhe no projeto)	un	82	102,00	8.364,00
1.2.2	Instalação de dispositivo de drenagem das câmaras de floculação	un	1	1.800,00	1.800,00
<b>1.3</b>	<b>DECANTADOR DE FLUXO HORIZONTAL</b>				<b>23.072,75</b>
1.3.1	Demolição de estrutura em concreto armado	m³	0,95	207,78	197,39
1.3.2	Ampliação das aberturas da cortina de distribuição (ver detalhe no projeto)	un	154	25,00	3.850,00
1.3.3	Enchimento em concreto magro	m³	33,48	252,86	8.465,75
1.3.4	Escavação com reateno em piçarra (material de 2ª categoria) ate 2 m	m³	43,2	18,29	790,13
1.3.5	Montagem com fornecimento de tubulação de ferro fundido DN 300	m	36	251,93	9.069,48
1.3.6	Caixas de alvenaria de tijolo revestida com argamassa de cimento e areia	un	2	350,00	700,00
<b>1.4</b>	<b>FILTROS</b>				<b>61.534,29</b>
1.4.1	Demolição de estrutura em concreto armado	m³	0,56	207,78	116,36
1.4.2	Substituição de comportas dos efluentes	un	8	8.000,00	48.000,00
1.4.3	Recuperação das mesas de comando	un	2	5.000,00	10.000,00
1.4.4	Recuperação do compressor	un	1	1.500,00	1.500,00
1.4.5	Alvenaria de tijolo de 1/2 vez	m²	5,4	16,98	91,69
1.4.6	Revestimento em massa única, traço 1:3	m²	10,8	2,43	26,24
1.4.7	Instalação de dispositivo de drenagem das câmaras de floculação	un	1	1.800,00	1.800,00





**DIRETORIA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - DOM**  
**DEPARTAMENTO DE CONTROLE OPERACIONAL - DCO**

**Obra: MELHORIA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO SISTEMA ADUTOR DO CARIRI**

**Data: Agosto/2004**

**PLANILHA DE QUANTITATIVOS**

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT	PREÇO (R\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
<b>1.5</b>	<b>CASA DE QUÍMICA</b>				<b>67.770,00</b>
1.5.1	Inversão de declividade do telhado (com aproveitamento do material)	m²	198	15,00	2.970,00
1.5.2	Construção de estrado em madeira de lei para depósito de sulfato	m²	10	80,00	800,00
1.5.3	Aquisição e instalação de dosador de canecas para dosagem de suspensão de cal, com as seguintes características: eixo em aço inox; carcaça - chapa e perfilados em aço carbono; pás bateadeiras - aço carbono; canecas em ferro fundido; fabricação e pintura de acordo com a Norma da CETESB ET N° E7.210: volume - 750 L; dosagem máxima por saída - 1,5 L/min, motor-P= 0,75 CV	un	2	10.000,00	20.000,00
1.5.4	Aquisição e instalação de misturador lento para dissolução de cal e sulfato de alumínio, de eixo vertical e com as seguintes características : motor elétrico tipo vertical flangeado, trifásico, 1750rpm, proteção IP-54, isolamento classe "B", frequência 60 Hz, totalmente fechado e dotado de redutor de velocidade; acoplamento de redutor com eixo do misturador tipo Luva rígida; eixo aço inoxidável AISI-304; Hélice - aço inoxidável AISI - 304; Luva de acoplamento - aço inoxidável AISI - 410; base aço carbono; dimensão do tanque 1x1x1m; motor redutor - 320 rpm	un	4	2.500,00	10.000,00





**DIRETORIA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - DOM**  
**DEPARTAMENTO DE CONTROLE OPERACIONAL - DCO**

**Obra: MELHORIA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO SISTEMA ADUTOR DO CARIRI**

**Data: Agosto/2004**

**PLANILHA DE QUANTITATIVOS**

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT	PREÇO (R\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
1.5.5	Aquisição e instalação de dosador de nível constante para dosagem de sulfato de alumínio com as características a seguir: corpo - fibra de vidro; pedestal- tubo em aço carbono; base - ferro fundido; válvula de bóia - PVC; válvula de agulha PVC; haste da válvula de agulha – aço inoxidável; base do parafuso de regulagem - aço inoxidável; vazão 400 l/h; fabricação de acordo com a Norma da CETESB ET nº E7- 220. Obs.: Deve acompanhar manual de operação contendo curvas características de vazão de dosagem para calibração do aparelho	un	2	1.500,00	3.000,00
1.5.6	Aquisição e instalação de conjunto moto-bomba, para recalque de solução de cal e sulfato de alumínio; confeccionada em PVC, inclusive eixo e rotor, com vazão para $\varnothing = 6\text{m}^3/\text{h}$ e Hm =12mca.	un	2	4.000,00	8.000,00
1.5.7	Aquisição e instalação de tanque, em fibra de vidro, p/utilização de sulfato de alumínio líquido com capacidade de 10 m³.	un	2	10.000,00	20.000,00
1.5.8	Aquisição de conjunto moto-bomba, confeccionada em polipropileno, inclusive carcaça, eixo e rotor, para transferência de sulfato líquido do caminhão para o tanque de depósito, com vazão de 20m³/h e altura manométrica de 12m.c.a	un	2	1.500,00	3.000,00
<b>TOTAL</b>					<b>165.648,56</b>