

Estação de tratamento de efluentes da VCP - Unidade Jacareí

Zeila Chittolina Piotto, Fábio Guimarães Barbosa e Fernando Raasch Pereira- Votorantim Celulose e Papel (VCP)

Palavras Chave: Sistema de tratamento de efluentes, lodos ativados, projeto, desidratação, eficiência.

Resumo: Este trabalho apresenta o projeto da nova estação de tratamento de efluentes da Unidade Jacareí, que está entrando em operação até julho/01. As premissas do projeto, dados construtivos e propostas avaliadas são apresentadas e comentadas. A ETE foi projetada para tratar uma vazão de 74.500 m³/dia com eficiência de remoção de DBO₅ superior a 93%. O sistema adotado utiliza tecnologia de lodos ativados de alta taxa em duplo estágio. O sistema de deságüe do lodo, que representou cerca de 20% de todo o investimento, utiliza tecnologia de última geração com desidratação em duas etapas, prevendo-se atingir uma concentração de sólidos no lodo em torno de 40%.

Histórico

A unidade Jacareí é uma fábrica integrada de Celulose e Papel pertencente ao grupo Votorantim (VCP).

A capacidade atual de produção de celulose é de cerca de 450 mil toneladas por ano, prevendo-se duplicar a capacidade de produção até 2003. A produção de papel (imprimir e escrever e papéis revestidos) é de cerca de 105.000 toneladas por ano. A celulose comercializada é basicamente ECF, utilizando-se ozônio, peróxido de hidrogênio e dióxido de cloro no branqueamento.

No final de 1997, com a entrada em operação na nova linha de branqueamento, o sistema de tratamento de efluentes (sistema de lagoas aeradas) passou a apresentar problemas de eficiência de remoção de DBO₅, que em determinados períodos mais críticos, chegou a ser inferior a 75%.

A análise de todo o sistema de tratamento de efluentes, que inclui levantamento detalhado dos efluentes setoriais; estudo com traçadores e batimetria das lagoas além da avaliação físico-química e microbiológica, indicou:

- a) Carga orgânica bem acima da capacidade de projeto da lagoa;
- b) Assoreamento moderado;
- c) Baixo tempo de detenção hidráulico (2,67 dias);
- d) Deficiência de oxigênio e de nutrientes;
- e) Temperatura elevada;
- f) Biota ativa, mas com uma composição que refletia as limitações do sistema.

A partir da constatação que a ETE seria o fator limitante para aumento da produção, uma vez que medidas paliativas poderiam amenizar parte dos problemas detectados, mas seriam insuficientes para atender as exigências legais e o limite de lançamento de carga orgânica, optou-se pela construção de uma nova ETE. Em paralelo, iniciou-se um projeto de fechamento de circuitos, com objetivo de reduzir o consumo de água e a geração de efluentes em cerca de 20%. A vazão média atual de efluente é cerca de 45.000 m³/dia, correspondendo a aproximadamente 32 m³/por tonelada comercializada (papel mais celulose).

Premissas de projeto

As principais premissas do projeto foram:

- a) Implantar a nova ETE sem interromper a produção,
- b) Dimensionamento hidráulico de linhas e bombas com capacidade para atender a expansão (P-2000),
- c) Minimizar o consumo de energia e de polieletrólitos,
- d) Pleno atendimento as exigências legais relativas ao lançamento de efluentes,
- e) Minimizar a geração de lodo,
- f) Flexibilidade operacional;
- g) Minimizar custos de implantação e operacionais,

- h) Elevado grau de automação;
- i) Minimizar área ocupada.

Principais alternativas avaliadas

As três alternativas (A, B e C) apresentadas a seguir, propuseram sistema de lodos ativados como sistema de tratamento biológico. Os principais parâmetros e características estão mostrados no quadro a seguir:

Descrição	Un	Proposta A		Proposta B		Proposta C	
		Atual	P2000	Atual	P2000	Atual	P2000
Tanque de neutralização e equalização							
Volume total	m ³	930	930	930	930	900	900
Tempo de retenção	min	20	15	20	15	23,5	17,4
Temperatura de operação	°C	52	52	52	52	52	52
Temperatura máxima de projeto	°C	58	58	58	58	58	58
pH de operação		3 a 10,5	3 a 10,5	3 a 10,5	3 a 10,5	3 a 10,5	3 a 10,5
Decantador primário							
Taxa de aplicação	m ³ /m ² .h	0,69-0,82	0,6	0,69-0,82	0,6	0,78	1,07
Área de decantação	m ²	3928	5893	3928	5893	2 x 2042	2 x 2042
Quantidade de células	Un	2	3	2	3	2	2
Diâmetro unitário	m	50	50	50	50	43	43
Profundidade útil	m	4	4	4	4	4	4
Torre de resfriamento							
Quantidade células	Un	3+1	4+1	3+1	4+1	3	4
Capacidade unitária	m ³ /h	3250	4270	3250	4270	3 x 776	4 x 776
Tipo		Sem enchimento	Sem enchimento	Sem enchimento	Sem enchimento	Contra Corrente	Contra Corrente
Temperatura de entrada	°C	58	58	58	58	58	58
Temperatura de saída	°C	35	35	35	35	35	35
Tanque de aeração - 1º Estágio							
Quantidade	Un	2	3	2	3	2	2
Capacidade	m ³	34.670	52005	23.988	28036	3 x 2850	4 x 2850
Carga	Kg DBO m ³ /dia	0,9	0,8	1,3	1,49	3,0	3,9
Sólidos	Kgss/m ³	4	4	5,3	6	7	7
Fator de carga	Kg DBO/Kg ss/dia	0,23	0,21	0,25	0,25	0,55	0,55
Recirculação de lodo	%	100	100	Air Lift	Air Lift	200	200
Retenção	h	12,8	14,6	9	8	4,7	3,48
Remoção DBO	%	>95	>96	>95	>96	80	80
Quantidade de células	un	2	3	2	3	2	2
Comprimento unitário (AIS Dia. sup)	m	75	75	56,1	39,6	54	54
Largura unitária (AIS Dia. inf)	m	38,1	38,1	44,9	28,4	20	20
Profundidade útil	m	4,87	4,87	10	10	5	5
Relação O ₂ / DBO	kgO ₂ / kgDBOremov	1,2	1,2	1,2	1,2	1,8	1,8
Necessidade de O ₂	kgO ₂ / h	1496	2013	1575	2097	1701	2268
Taxa de transferência	lbO ₂ / un.h	-	-	31%	31%		
Número de aeradores/difusores	Un	6	9	Orifícios	Orifícios	2 x 2250	2 x 3000
Vazão de ar	Nm ³ /h	-	-	24057	32558	20.156	26.875
Decantador secundário - 1º Estágio							
Taxa de aplicação	m ³ /m ² .h	0,68	0,6	0,85	0,85	0,73	0,99
Área de decantação	m ²	3929	5893	3188	4194	1560	1560
Quantidade de células	Un	2	3	2	3	2	2
Diâmetro (Ext/Int AIS)/Comprimento	m	50	50	56,1/33,4	39,6/16,9	78	78
Largura unitária	m	-	-	-	-	20	20
Profundidade útil	m	4	4	-	-	3,5	3,5
Tanque de aeração - 2º Estágio							
Quantidade	Un	---	---	---	---	2	2
Capacidade	m ³	---	---	---	---	4740	4740
Carga	Kg DBO m ³ /dia	---	---	---	---	8,8	8,8
Sólidos	Kg ss/m ³	---	---	---	---	4	4
Fator de carga	Kg DBO/Kg ss/dia	---	---	---	---	0,15	0,2
Recirculação de lodo	%	---	---	---	---	100	100
Retenção	h	---	---	---	---	4,1	3
Remoção DBO	%	---	---	---	---	80	80
Quantidade de células	un	---	---	---	---	2	2
Comprimento unitário	m	---	---	---	---	39,5	39,5
Largura unitária	m	---	---	---	---	24	24
Profundidade útil	m	---	---	---	---	5	5
Relação O ₂ / DBO	kgO ₂ / kgDBOremov	---	---	---	---	2,8	2,8
Necessidade de O ₂	kgO ₂ / h	---	---	---	---	526	705
Número de difusores	Un	---	---	---	---	2 x 1100	2 x 1400
Vazão de ar	Nm ³ /h	---	---	---	---	6235	8361
Decantador secundário - 2º Estágio							
Taxa de aplicação	m ³ /m ² .h	---	---	---	---	0,52	0,7
Área de decantação	m ²	---	---	---	---	2220	2220
Quantidade de células	Un	---	---	---	---	2	2
Comprimento unitário	m	---	---	---	---	92,5	92,5
Largura unitária	m	---	---	---	---	24	24
Profundidade útil	m	---	---	---	---	3,5	3,5

Descrição	Un	Proposta A		Proposta B		Proposta C	
		Atual	P2000	Atual	P2000	Atual	P2000
Bomba de excesso de lodo - 2º Estágio							
Taxa de aplicação	kgSS/kgDBOremov	---	---	---	---	0,55	0,55
Excesso de lodo	kgSS/d	---	---	---	---	1	1
Consistência	%	---	---	---	---	4+1	4+1
Quantidade	Un	---	---	---	---	50	50
Vazão de lodo	m³/h	---	---	---	---	---	---
Insuflação de ar - 1º e 2º Estágios							
Quantidade	Un	6	9	5+1	7+1	3+1/1+1	4+1/1+1
Capacidade unitária	Nm³/h	-	-	4800	4800	6750/8100	6750/8100
Pressão	mca	---	---	10,3	10,3	5,8	5,8
Potência unitária	HP	200	200	223	223	250	250/300
Temperatura do ar	°C	---	---	---	---	90	90
Bombas removedoras de lodo							
Quantidade acionadores	Un	2	3	---	---	2 x 2	2 x 2
Potência unitária	HP	3	3	---	---	1	1
Adensador de lodo							
Taxa de aplicação	kgSS/m².d	18,54	16,58	18,54	16,58	24,7	34
Área de adensamento	m²	-	-	-	-	855	855
Decantadores de lodo prim. e secund.							
Tipo						Drum Prethickener	Drum Prethickener
Quantidade	Un					2	2
Tamanho	m					2 x 20 m²	2 x 20 m²
Teor seco na saída	%					8 - 15	8 - 15
Dessecadores de lodo prim. e secund.							
Tipo		Screw Press	Screw Press	Screw Press	Screw Press	Screw Press	Screw Press
Quantidade	Un	2	3	2	2+1	2	2
Tamanho	m					1,1	1,1
Capacidade unitária	ton/d	64125	86067	64125	89116		
Teor seco na saída	%	40	40	40	40	37	37

Sistema de tratamento

Os custos operacionais das três alternativas foram bastante similares, mas os custos de implantação da Proposta C, por utilizar tecnologia de lodos ativados de alta taxa foi inferior aos demais, considerando-se a condição de expansão (P-2000).

Principais características:

Lagoa de emergência: Parte do sistema de lagoas aeradas será utilizado como sistema de emergência, visando evitar cargas de choque e/ou problemas de pH nos reatores biológicos e garantir a performance da planta.

Sistema de equalização: Com volume de 900 m³, além da função de homogeneização, possui sistema de ajuste automático de pH e desvio para a lagoa de emergência, quando necessário.

Sistema de decantação primário: (02) decantadores circulares com diâmetro de 43m, com medidores de concentração de sólidos nas linhas de lodo permitindo a remoção de lodo de forma automatizada.

Torre de resfriamento: Torre sem enchimento com possibilidade de by-pass das células para manutenção e limpeza. Projetada para temperatura de entrada de 58 °C e de temperatura de saída inferior a 35 °C .

Sistema biológico – Reatores: Processo de lodos ativados em duplo estágio com 04 reatores biológicos (02 do primeiro estágio e 02 do segundo). Os reatores biológicos têm volume individual de 10.500 m³ e altura útil de 5 m. O primeiro estágio deve operar com OD inferior a 0,5 mg/l e SST igual a 7 g/l e idade do lodo menor do que 2 dias. No segundo estágio, o teor de OD mínimo será de 2,5 mg/l, com SST no tanque igual a 3,5 g/l e idade do lodo entre 10 – 20 dias. Como consequência dos parâmetros operacionais, o tipo de microorganismos e forma de remoção o substrato é diferenciado nos dois estágios. No primeiro prevalecem mecanismos de adsorção e bactérias com alta taxa de crescimento. No segundo estágio, bactérias heterotróficas e nitrificantes estão presentes no meio, juntamente com protozoários e organismos de crescimento lento.

Sistema biológico - Sistema de insuflamento de ar: O oxigênio é introduzido no meio líquido através de difusores de membrana (bolha fina). O sistema de grades e mangueiras flexíveis permite a substituição das mesmas sem necessidade de esvaziar o tanque. Os sopradores (06) são do tipo rotativo trilobular, sendo que destes, dois possuem variador de frequência para ajuste de vazão.

Sistema biológico – Decantador secundário: Tipo retangular com fluxo transversal com sistema de remoção de espuma, com taxa de aplicação máxima de $0,70 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$.

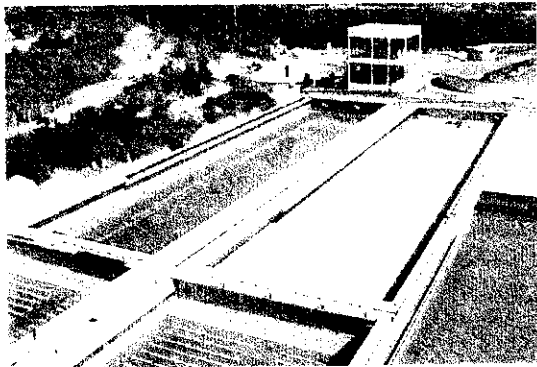


Figura 1-Reatores biológicos e decantadores de lodo(segundo estágio)

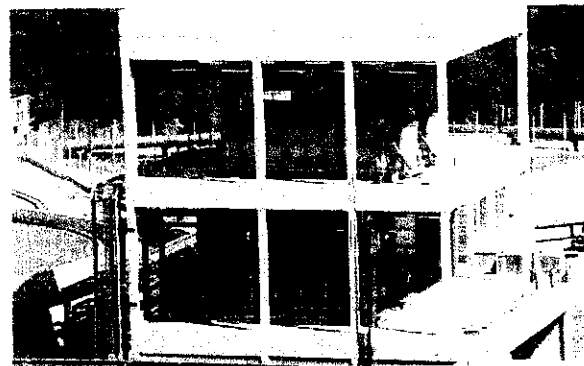


Figura 2 –Prédio com as unidades desaguadoras

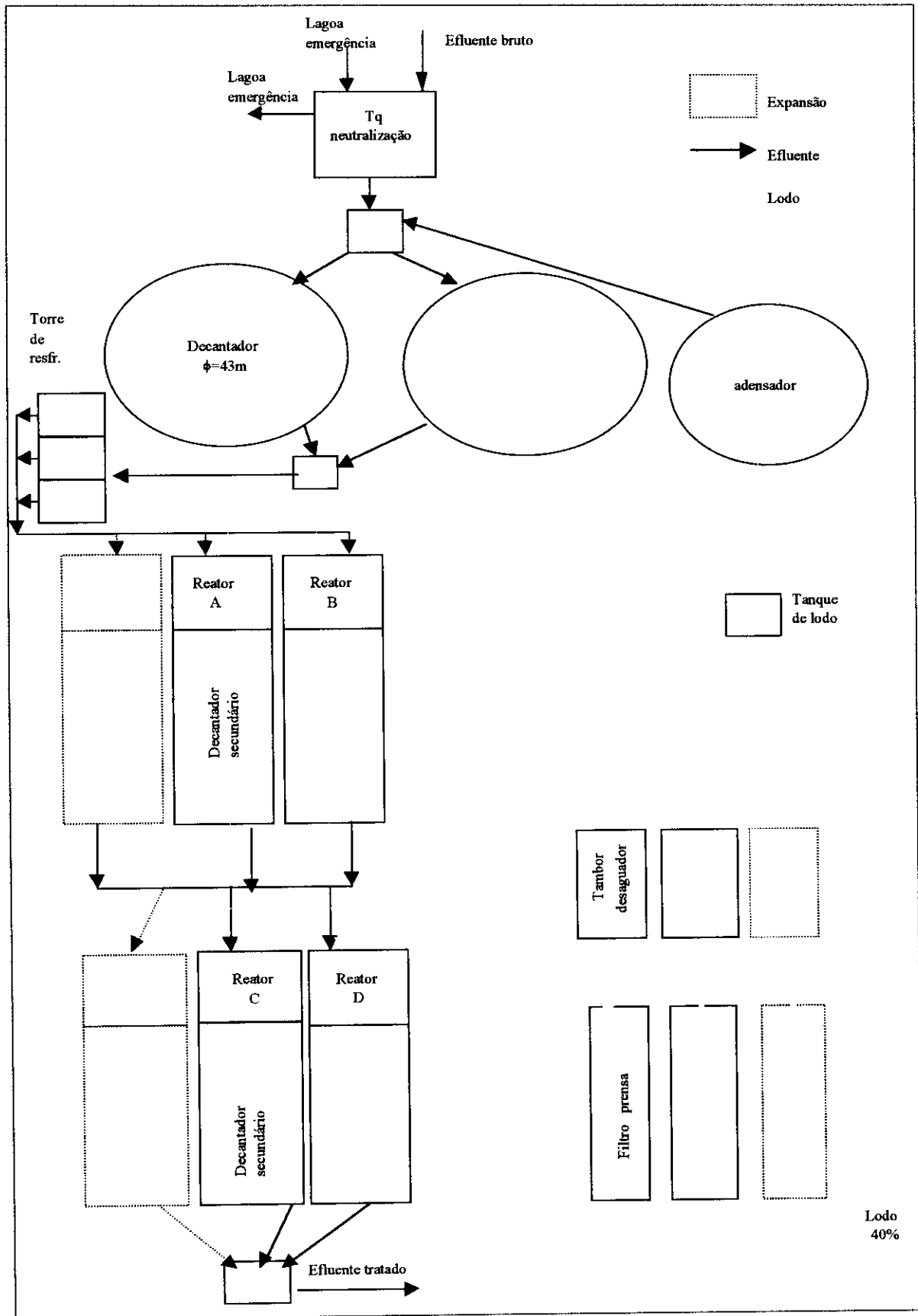
Adensamento do lodo biológico: Composto por adensador com diâmetro de 33 m e com possibilidade de ajuste de taxa de aplicação hidráulica por meio de diluição com efluente tratado, visando minimizar problemas de flotação do lodo.

Sistema de deságüe de lodo misto (primário mais lodo biológico): O sistema de desidratação do lodo é feito em duas etapas. Na primeira etapa o lodo misto é desidratado em tambor desaguador (drum thickener) até atingir cerca de 9 -10% de sólidos. Na última etapa, o lodo proveniente do tambor é encaminhado para a prensa (screw press) prevendo-se atingir um teor de sólidos de 40% . O sistema é composto por duas linhas em paralelo, com dois tambores e duas prensas desaguadoras.O sistema tem capacidade para desaguar até 60 toneladas por dia (sólidos secos). O lodo misto recebe polieletrólito na entrada do tambor desaguador. A limpeza do sistema (prensas e tambor) é feita com efluente decantado, visando reduzir o consumo de água fresca e a geração de efluente.

Sistema de automação e controle: Visando otimizar o controle operacional da planta e redução da necessidade de intervenção do operador, o sistema dispõe de diversos medidores, como por exemplo: medidor de COT, medidor de sólidos (linhas de lodo e reatores), medidores/controladores de OD nos tanques de aeração ligados em malha de controle aos sopradores de ar, medidores de vazão, medidores de temperatura, sensores de nível, sensores de vibração, entre outros.

Esquema simplificado do processo:

Figura 3- Esquema simplificado de todo o sistema de tratamento de efluentes



Garantia de desempenho – A performance esperada do sistema está indicadas no quadro a seguir:

Quadro 2- Garantias de desempenho

Item	Unidade	Atual	P2000
Capacidade nominal do sistema	m ³ /dia	55000	74500
Eficiência global da remoção de DBO5	%	93	95
Eficiência do estágio de lodo ativado (mín)	%	92,6	94,4
Carga Orgânica saída (máx. instantânea)	Kg DBO ₅ /dia	2100	2100
pH do efluente tratado		6,0 a 7,5	6,0 a 7,5
Sólidos sedimentáveis no efluente tratado (máx) (cone Inhoff)	ml/litro (1 hora)	1	1
Sólidos suspensos saída decantador secundário (máx)	mg/litro	30	30
Geração de Lodo biológico (máx)	KgSS/KgDBO ₅ ^{Remov}	0,85	0,85
Teor seco dos resíduos sólidos primário e biológico (mín)	%	42	38
Teor seco do lodo sem um equipamento extrator de lodo (mín)	%	38	35
Nível de DQO no efluentes tratado (máx)	mg/litro	200	200
Nível de Fósforo, como P, efluentes tratado (máx)	mg/litro	1	1
Nível de Uréia, como N, no efluentes tratado (máx)	mg/litro	5	5
Temperatura saída (máx)	°C	38	38
Consumo de polímeros - desidratação de lodos	Kg/tonSS	3	3
Consumo de energia elétrica no tratamento biológico	KWh/kgDBO ₅	0,62	0,55
Consumo de energia elétrica total da ETE	KW	1420	1970
Consumo de oxigênio	kg/kg DBO ₅ ^{Entrada}	1,8	2
Consumo de Uréia	kg/kg DBO ₅ ^{Entrada}	0,067	0,067
Consumo de Ácido Fosfórico	kg/kg DBO ₅ ^{Entrada}	0,022	0,022
Nível de ruído a um metro de qualquer equipamento (máx)	dB(a)	85	85
Nível de ruído na periferia das novas instalações (máx)	dB(a)	60	60
Eficiência da decantação primária na condição de By-pass	%	80	80
Consumo de polímero na decantação primária - By-pass	Kg/m ³	0,002	0,002
S. sed. após decantação primária - By-pass (máx)	ml/litro (1 hora)	10	10

Início de operação e resultados preliminares

A entrada em operação de todo o sistema (primário mais biológico) estava programada para março/01, entretanto, devido a atrasos no cronograma, a partida do sistema biológico aconteceu somente em maio/01. Como consequência deste atraso e dos ajustes que ainda precisam ser feitos no sistema de automação e controle, o teste de performance da planta foi postergado para julho/01. A eficiência de remoção de DBO₅ nessa fase de testes está em torno de 85% no primeiro estágio, com previsão de entrada em operação do segundo estágio do sistema biológico para junho/01. Durante todo o período de partida da nova planta, o efluente tratado (saída da nova ETE) está sendo encaminhado para o sistema de lagoas aeradas, antes de ser lançado no rio Paraíba do Sul, visando garantir a qualidade do efluente e atendimento das exigências legais.