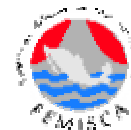




XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental  
Camón, México, 27 al 31 de octubre, 2002



## TRATAMENTO DO CHORUME DO ATERRO METROPOLITANO DE GRAMACHO – RIO DE JANEIRO - BRASIL

### **Gandhi Giordano(\*)**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro / Tecma –Tecnologia em Meio Ambiente Ltda  
Professor na UERJ nos cursos de graduação, especialização e mestrado, com trabalhos na  
área de controle da poluição urbana e industrial. Diretor técnico da Tecma, responsável pelo  
desenvolvimento de tecnologias para o controle da poluição ambiental incluindo laboratórios  
para análises de águas e efluentes domésticos, chorumes e efluentes industriais.

### **Joao Alberto Ferreira**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro / Depto de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente

### **José Carlos de Araújo Pires**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro / Depto de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente  
Comlurb Companhia de Limpeza Urbana/ Rio de Janeiro

### **Elizabeth Ritter**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro / Depto de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente

### **Juacyara Carbonelli Campos**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro / Depto de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente

### **Thereza Christina de Almeida Rosso**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro / Depto de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente

(\*): Rua Riviera, 28 ,- Jacaré –Rio de Janeiro – RJ, 20975-050 – BRASIL Tel.:+55(21)2501-3315 – Fax: +55(21)  
2201-3956. e-mail: [gandhi@tecma-tecnologia.com.br](mailto:gandhi@tecma-tecnologia.com.br)

## RESUMO

O aterro metropolitano do Rio de Janeiro recebe até 7000 toneladas de resíduos urbanos e gera aproximadamente 384 m<sup>3</sup> de chorume diariamente.

No início de janeiro de 2000 foi iniciada a operação da estação de tratamento de chorume. Desde esta data o chorume tratado tem sido descartado para a baía de Guanabara. Parte do volume gerado 184 m<sup>3</sup> diários, tem sido recirculado.

O sistema de tratamento é composto de equalização em lagoa, tratamento físico-químico de coagulação e clarificação e correção do pH, seguida de tratamento biológico aeróbio por lodos ativados. O polimento do chorume é obtido pelo processo de membranas de nanofiltração.

As dificuldades encontradas referem-se a baixa biodegradabilidade das substâncias formadoras do chorume, às concentrações de amônia superiores a 1500 mg/L e concentrações de cloretos superiores a 8000 mg/L na época do início da operação da estação.

Além da remoção da matéria orgânica medida como DBO e DQO, obtem-se excelente redução de amônia, da cor e da toxicidade do chorume. O efluente tratado apresenta aspecto claro, sem odor e com as características físico-químicas conforme as permitidas pela legislação ambiental regional.

**Palabras chave:** chorume, tratamento, coagulação, nanofiltração.

## INTRODUÇÃO

A disposição e o gerenciamento de resíduos urbanos e industriais constitui um dos grandes desafios do gerenciamento ambiental no Brasil. Atualmente no Brasil são geradas diariamente 240 mil toneladas de resíduos. A

maior parte desses ainda é disposta no solo, sem nenhum controle ou cuidado, provocando então sérias consequências para o ecossistema natural e para a saúde humana, principalmente nos grandes centros urbanos.

No Estado do Rio de Janeiro, o segundo parque industrial do país, a situação não é muito diferente. Com a população de 13 milhões de habitantes, distribuída em 92 distritos municipais e com somente 10% desses municípios possuindo sistema de disposição de resíduos sólidos apropriados. No caso específico da Baía de Guanabara, durante o período de 1977 até 1995, em uma área de 1,4 milhões de metros quadrados, localizada no Município de Duque de Caxias, foi usado como depósito de resíduos, sendo os resíduos sólidos dispostos e estocados sobre o solo degradado, sem nenhum cuidado ou controle. Durante este período, esta área originalmente de manguezais, recebeu aproximadamente 25 milhões de toneladas de lixo. Parte desses resíduos foi queimada, pois o aterro apresentava diversos focos de incêndio. Esta descontrolada disposição no solo, afetou uma grande parte do estuário do Rio Iguaçu, o qual flui para a Baía de Guanabara além de sufocar a vegetação e assorear outros braços de rios da área.

Com o objetivo de transformar o depósito de resíduos no aterro sanitário de Gramacho, a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, através da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) introduziu uma série de modificações na área. Essas modificações objetivaram adaptar o aterro às diretrizes técnicas promulgadas pelo órgão ambiental do Estado (FEEMA), e minimizar os potenciais problemas de contaminação. Essas mudanças objetivaram melhorar as condições de trabalho e criar uma cooperativa de catadores de lixo. Os catadores removem produtos recicláveis depositados no aterro, e agora 550 estão registrados como cooperados e outros 400 trabalham independentemente.

Entre outras muitas ações, encontra-se o objetivo do tratamento do chorume gerado no aterro. Considerando o grande volume de resíduos gerados e as precárias condições do aterro, 4 (quatro) etapas do trabalho foram desenvolvidas, incluindo monitoramento e várias metodologias para resolver estes problemas.

Com a vida útil estimada até 2004, a estação de tratamento de chorume foi inaugurada, em janeiro de 2000.

O objetivo deste trabalho é apresentar um histórico sumário do monitoramento e metodologias adotadas para o tratamento do chorume gerado e uma visão de sua importância na qualidade da água da Baía de Guanabara.

## **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

A Baía de Guanabara está localizada no sul do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, entre as latitudes 22<sup>o</sup>24' e 23<sup>o</sup>57' S, longitudes 42<sup>o</sup>33' e 43<sup>o</sup>19' W. Em relação a esta locação geográfica, a bacia hidrográfica da Baía de Guanabara é vista como uma área intertropical, possuindo um clima quente e chuvoso, tipicamente tropical. A área integral envolve a Baía de Guanabara e sua bacia hidrográfica e podem ser consideradas como um complexo ecossistema costeiro, com ilhas e estuários em seu interior.

Sua linha de costa é caracterizada pela presença de praias, enseadas, extensas área de manguezais, apesar de muitas atividades industriais (indústrias químicas e petroquímicas, indústria naval e produção de alimentos), áreas de grande densidade populacional e áreas de pesca intensiva.

Com uma área de aproximadamente 400 km<sup>2</sup>, a Baía de Guanabara possui a profundidade média em torno de 5,7 metros. No interior da baía, o canal principal junto com os canais secundários tem a profundidade entre 5 e 20m metros. A conexão com o mar é feita entre as extremidades de Copacabana (Cidade do Rio de Janeiro) e Itaipu (Cidade de Niterói), com um volume médio de água de 2,2 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>.

A bacia hidrográfica da Baía de Guanabara inclui toda a área metropolitana do Rio de Janeiro, incluindo, integralmente as cidades de Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Magé, Nilópolis, São Gonçalo, São João de Meriti e Tanguá; e parcialmente as cidades do Rio de Janeiro, Niterói, Rio Bonito, Cachoeiras de Macacu, Petrópolis, Nova Iguaçu e Queimados. A área metropolitana do Rio de Janeiro apresenta a maior concentração populacional do país, com aproximadamente 7,3 milhões de habitantes. Seis das cidades listadas, incluindo o Rio de Janeiro e Niterói, possui uma densidade populacional superior a 3 mil habitantes/ km<sup>2</sup>.

Em termos de resíduos sólidos as cidades da Baía de Guanabara geram 700g de resíduos/habitante/dia. São dispostas 6700 toneladas/ dia no aterro metropolitano de Gramacho. Mais de 800 viagens diárias são realizadas por dezenas de caminhões de resíduos. A variação da composição gravimétrica dos resíduos depositados no aterro está apresentada na tabela 1.

**Tabela 1** - Composição gravimétrica dos resíduos no Município do Rio de Janeiro nos últimos anos.

Componentes/anos	1981	1986	1989	1991	1993	1995	1996	1998	2000
Papel (%)	41.72	38.54	31.54	27.11	23.95	24.05	22.26	22.22	19.77
Plástico (%)	6.56	9.63	12.55	12.71	15.27	15.07	15.09	16.78	17.61
Vidro (%)	3.7	2.84	2.83	2.19	3.03	2.62	3.63	3.68	3.22
Matéria Orgânica (%)	34.96	32.79	40.96	48.56	40.6	45.43	48.81	48.51	51.27
Total de Metais (%)	3.88	3.63	3.5	3.24	3.52	3.49	3.09	2.75	2.66
Inertes (%)	0.9	1.08	1.26	0.61	1.07	0.44	0.97	0.89	0.94
Folhas (%)	3.64	5.82	2.51	1.54	5.49	4.81	2.46	1.97	1.91
Madeira (%)	1.09	1.33	0.91	0.41	1.17	0.96	0.53	0.68	0.44
Borracha (%)	0.06	0.25	0.66	0.23	0.37	0.17	0.18	0.33	0.30
Têxteis (%)	3.05	3.63	2.4	2.66	4.53	2.43	2.5	1.92	1.61
Couro (%)	0.3	0.46	0.26	0.47	0.58	0.26	0.16	0.21	0.18
Ossos (%)	0.14	0	0.6	0.27	0.42	0.27	0.33	0.06	0.09
Composição Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	176.1	253.2	208.9	209.2	251.6	203.6	194.8	168.2	198.47
Umidade (%)	53.22	45.36	54.48	63.61	57.2	64.54	70.2	63.67	62.91

Fonte: COMLURB – Cia. Municipal de Limpeza Urbana/ Rio de Janeiro

Entre as cidades servidas pelo aterro de Gramacho, a do Rio de Janeiro contribui com 71% do lixo recebido, Duque de Caxias com 11%, Nilópolis, São João de Meriti e Queimados com 18%. A cidade de Nova Iguaçu usa o aterro somente para disposição de resíduos hospitalares.

## HISTÓRIA DO TRATAMENTO DO CHORUME

Os primeiros estudos desenvolvidos com o objetivo de tratamento do chorume gerado no aterro foram executados em 1992.

Os resultados obtidos, através de monitoramento, indicaram que a camada de solo da base do aterro, é predominantemente de argila orgânica mole, com muita baixa permeabilidade, de aproximadamente  $10^{-7}$  cm/s, a qual sobre pressão sobe para  $10^{-9}$  cm/s (COPPE/UFRJ,1994). A presença da camada de argila orgânica evitou grandes danos ambientais durante este período, na área utilizada como solo para depósito de resíduos. Mesmo considerando-se as contaminações superficiais do aterro para poluir os rios Iguaçu, Sarapuí e a Baía de Guanabara, existem muitos riscos de contaminação de águas subterrâneas. O fato é que a presença de argila reduziu os custos de implantação do aterro, e reduz a necessidade da remoção dos resíduos acumulados ou da necessidade da aplicação de uma manta plástica impermeável para a remediação *in situ*.

Durante o período de 1992 a 1998 quatro campanhas de caracterização do chorume foram executadas com o objetivo de caracterização do chorume gerados pelo aterro (COPPE/ UFRJ,1992; GEOPROJETOS, 1995; HIDROQUÍMICA, 1997; TECMA,1998). A **Tabela 2** apresenta os principais parâmetros de poluentes de caracterização do chorume, tais como obtidos pelos estudos.

**Tabela 2** –Principais parâmetros para a caracterização dos poluentes no chorume obtidos por 4 estudos.

Parâmetros	COPPE/UFRJ – 1992			GEOPROJETOS – 1995			HIDROQUÍMICA – 1997			TECMA - 1998		
	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo
Cloreto, mg Cl/L	4320	8169	15540	-	-	-	-	-	-	1594	3534	4465
DBO, mg O <sub>2</sub> /L	358	468	580	-	3232	-	170	857	1920	51	494	1636
DQO, mg O <sub>2</sub> /L	5710	6924	9590	-	8805	-	740	3792	5220	1344	2694	4200
pH	8.1	8.3	8.5	-	7.9	-	8.0	8.2	8.4	7.7	8.0	8.3
STD, mg/L	13700	24575	45138	-	-	-	-	-	-	3582	8240	11200
SDV, mg/L	3137	5881	10280	-	-	-	-	-	-	508	1240	1600
Sulfatos, mg SO <sub>4</sub> /L	1540	1871	2200	-	-	-	-	-	-	70	500	3013

STD - sólidos totais dissolvidos

SDV – sólidos dissolvidos voláteis

As variações de concentração são atribuídas as profundidades de coleta do chorume, ou seja, à camada de percolação do chorume, sua idade no aterro e a taxa de recirculação.

Antes de se definir o atual processo de tratamento, as seguintes alternativas de metodologias foram testadas para o tratamento do chorume:

- Com o objetivo de reduzir a concentração de matéria orgânica de acordo com os parâmetros da legislação local, um sistema de tratamento para o chorume foi utilizado de junho a agosto de 1996. O sistema consistia de tanques reatores trabalhando em sistema por batelada para tratar o chorume pelo processo aeróbio de lodos ativados. Utilizando análises nos pontos representativos do tratamento, foi observado que não havia formação de biomassa, e não havia redução de matéria orgânica (DBO) ou minerais. (TECMA, 1998).
- Em novembro de 1996 utilizando análises de amostras de águas dos rios Iguazu e Sarapuí foram detectadas algumas mudanças em função do aterro. O rio Iguazu, após a passagem pela área do aterro, teve um aumento de matéria orgânica em suas águas, como indicado a seguir, na Tabela 3.

**Tabela 3** -Qualidade do Rio Iguazu próximo a área do aterro.

Parâmetros	Antes	Depois
DBO, mg O <sub>2</sub> /L	5 a 30	35 a 90
DQO, mg O <sub>2</sub> /L	60 a 120	19 a 680

As águas do rio Iguazu antes de escoarem pela área do aterro já são poluídas por esgotos sanitários da baixada fluminense, sendo os coliformes (totais e fecais) um parâmetro sempre com valores acima do limite recomendável (5.000 nmp/100 ml). Os outros parâmetros, tais como fosfatos, cloretos, fluoretos, sulfatos, metais pesados, sólidos totais, pH, dureza total, óleos e graxas, sólidos dissolvidos e alcalinidade total não tem influência significativa na contaminação das águas do rio Iguazu.

Foram encontrados resultados da alcalinidade total (70-172 mg/L) e nitrogênio amoniacal (1-9 mg/L) acima dos valores analisados a montante do rio Iguazu. Foi então necessário remover a amônia desde que se verificou que essa substância era tóxica para o tratamento biológico. Métodos físico-químicos foram listados para a remoção de amônia.

O primeiro estudo incluiu a alcalinização com hidróxido de cálcio ou hidróxido de sódio, acidificação com ácido sulfúrico e aeração por difusão. Estes métodos envolvem uma grande quantidade de produtos químicos, e alguns apresentam baixa eficiência para remoção de nitrogênio amoniacal.

O segundo estudo para tratamento incluiu: floculação, evaporação por aeração e aquecimento. A floculação quando testada separadamente não foi muito eficiente. Entretanto, boa remoção de nitrogênio amoniacal foi obtida, com evaporação na faixa de temperatura entre 50 e 80° C.

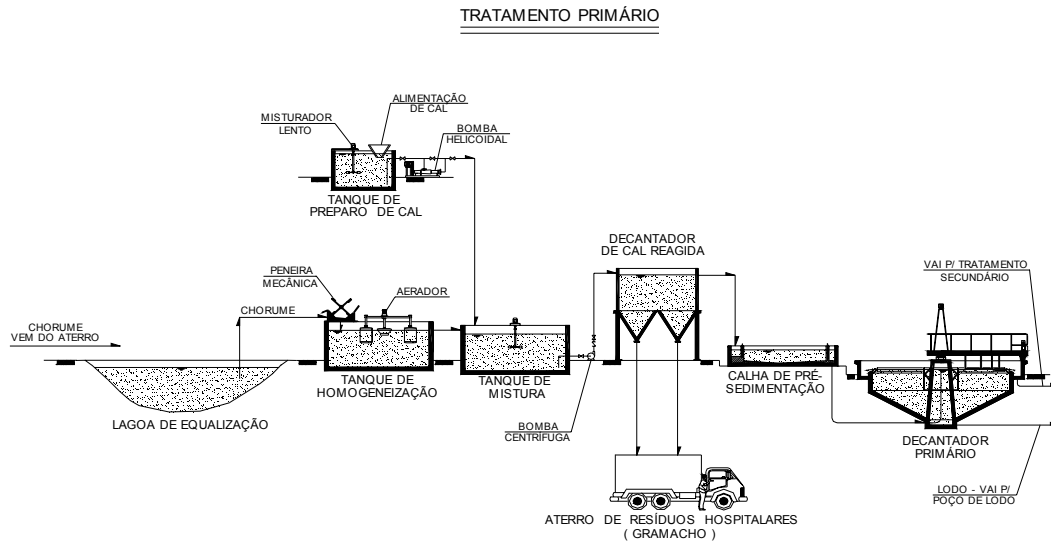
## **ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE CHORUME**

Iniciada em dezembro de 1997, muitas combinações de métodos físico-químicos e biológicos foram testadas em escala de laboratório, e foram avaliadas com o objetivo de se definir o melhor processo de tratamento a ser utilizado, e os seus parâmetros de projeto. Os seguintes aspectos foram considerados: legislação ambiental, características do chorume, volume a ser tratado, tecnologias disponíveis, custos de instalação e operação, e confiabilidade do processo. Inicialmente três combinações de tratamento foram testadas em laboratório, usando o processo de ozonização.

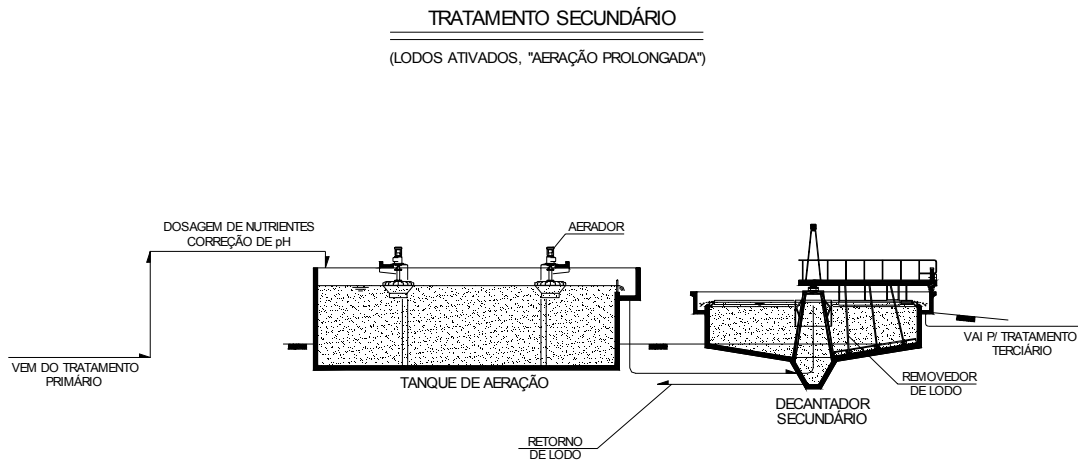
As análises de laboratório indicaram que o tratamento por ozônio apresentava um significativo aumento da DQO. Isto pôde ser justificado pela abertura de anéis aromáticos da matéria orgânica constituinte anteriormente não oxidável pelo método da DQO. Além disto, o tratamento por ozônio objetivava desestabilizar a matéria coloidal e torná-la biodegradável. Entretanto os resultados após o tratamento biológico não foram satisfatórios. Em um dos testes, a remoção de matéria orgânica foi próxima de 12% considerando-se a DBO, e a DQO efluente foi maior do que a DQO efluente dos reatores biológicos. Como consequência da baixa eficiência apresentada por estes processos nos estudos de laboratórios, foi proposta uma nova metodologia.

Foi bastante testada a eletrocoagulação, sendo os resultados em escala de laboratório bem promissores. Foi inclusive implantada em escala real uma calha eletrolítica. Esta operação unitária foi abandonada, porque devido a alta taxa de recirculação a calha tornou-se ineficiente.

O processo final proposto foi composto das seguintes etapas: etapa preliminar (lagoa de equalização, peneira e tanque de homogeneização aerado); etapa primária (coagulação química com adição de cal, tanque clarificador primário, e correção de pH); etapa secundária (lodos ativados); etapa terciária (membrana de nanofiltração), como apresentado na figura 1. A seqüência final adotada apresentou boa eficiência para remoção de matéria orgânica, medida como DBO e DQO, e para os outros materiais tóxicos tais como nitrogênio amoniacal.



**Figura 1 – Processo proposto de tratamento do chorume do Aterro Sanitário de Gramacho/Etapa primária.**



**Figura 2 –Etapa secundária**

## TRATAMENTO TERCIÁRIO

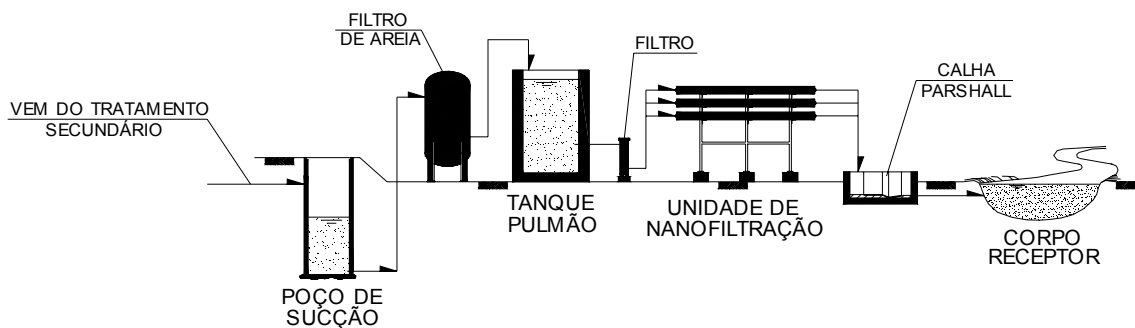


Figura 3 – Etapa terciária.

## TRATAMENTO DO LODO

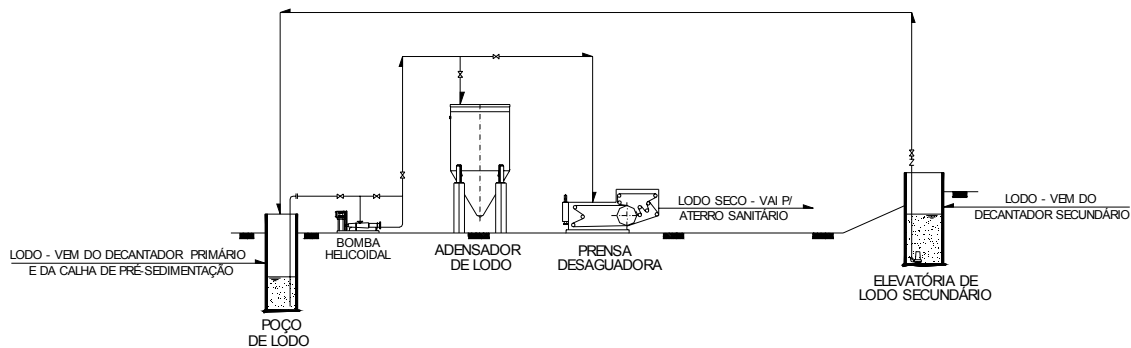


Figura 3 – Tratamento de lodo.

### DESCRIÇÃO DETALHADA DO SISTEMA

O chorume é coletado através de um canal de drenagem periférico ao aterro, que o encaminha para uma lagoa de equalização com tempo de retenção superior a 70 dias. Esta tem função de reservatório para absorver as grandes

variações de vazão do chorume ocasionadas pela precipitação pluviométrica na área do aterro.

O chorume estocado na lagoa é bombeado para uma peneira mecânica onde os materiais sólidos finos são removidos e então, alimenta o tanque de homogeneização. A homogeneização é efetuada por um aerador mecânico flutuante de baixa rotação. Após a equalização e homogeneização, o efluente é bombeado para um tanque de reação no qual recebe suspensão de hidróxido de cálcio para coagulação da matéria orgânica e evaporação da amônia. Depois de coagulada, a mistura é sedimentada em três tipos de tanques em série, sendo o último um clarificador primário clássico. Após a clarificação o pH é corrigido para a faixa inferior a 9, a fim de compatibiliza-lo com o tratamento biológico subsequente. O efluente do tratamento primário apresenta-se claro. No tratamento biológico são necessárias as adições de fonte de fósforo como nutriente e fonte de carbono para propiciar a remoção da amônia residual. O processo de lodos ativados pode ter sua eficiência comprometida pela alta concentração de sais no chorume, principalmente para concentrações de sólidos totais dissolvidos superiores a 10.000 mg/L.

O efluente tratado do processo biológico é bombeado através de um filtro de areia para um tanque pulmão. Deste tanque o efluente é bombeado para um pré-filtro de celulose e daí para a membrana de nanofiltração. O efluente tratado é escoado para a baía de Guanabara apresentando ausência de cor e odor, além de estar compatível com todos os parâmetros da legislação ambiental, inclusive no que se refere à toxicidade a peixes.

O rejeito da nanofiltração era inicialmente 40% da vazão total. Atualmente, após o desenvolvimento do processo, a vazão do rejeito foi reduzida para 20%, com a conseqüente redução de custos operacionais. A vazão do rejeito é retornada para a lagoa de equalização.

O lodo gerado é disposto no próprio aterro na área de resíduos hospitalares, não tendo apresentado nos testes de lixiviação e solubilização nenhuma característica diferente dos resíduos inertes.

**Tabela 4-** Resultados do tratamento proposto- estudo de trabilidade utilizando a eletrocoagulação

Parâmetros	Chorume Bruto	Efluente Tratado	Eficiência
Cálcio, mg Ca/L	187	23.2	88%
Cloreto, mg Cl/L	3534	1285	64%
Cor, mg Pt/L	2500	2.5	99.9
Condutividade, µmhos/cm	10276	4520	-
DBO, mg O <sub>2</sub> /L	494	40	91%
DQO, mg O <sub>2</sub> /L	3275	800	75%
Magnésio, mg Mg/L	99.1	15.4	84%
Nitrogênio Amoniacal, mg N/L	934	91	90%
pH	8.0	7.6	-
TDS mg/L	8240	2344	71%
DVS, mg/L	1240	1236	-
SS, mg/L	199	11	94%
VSS, mg/L	107	7	93%

SS – sólidos em suspensão

VSS – sólidos em suspensão voláteis

**Tabela 5-** Resultados do tratamento implantado.

Parâmetros	Chorume Bruto	Efluente Tratado	Eficiência
Cálcio, mg Ca/L	241,3	58	76%
Cloreto, mg Cl/L	5712	5331	-
Cor, mg Pt/L	2000	2.5	>99.9
Condutividade, µmhos/cm	14110	12750	-
DBO, mg O <sub>2</sub> /L	719	18	97%
DQO, mg O <sub>2</sub> /L	1800	107	94%
Nitrogênio Amoniacal, mg N/L	1104	78	93%
pH	8.3	7.1	-
TDS mg/L	8240	2344	71%
DVS, mg/L	1240	1236	-
SS, mg/L	95	2	98%
Turbidez, u	-	2	-

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As análises realizadas em laboratório para caracterização do chorume do aterro de Gramacho ratificaram os seguintes aspectos:

- O chorume contém matéria orgânica tanto dissolvida como em suspensão coloidal. A característica principal é que a matéria orgânica do chorume após percolação em mais de 30 metros de camada do aterro apresenta-se com baixa biodegradabilidade. A DQO do chorume velho tem variado na faixa de 1200 a 2200 mg O<sub>2</sub>/L.
- O chorume contém sais, principalmente cloretos e bicarbonatos de sódio e potássio, e em menores concentrações bicarbonato de cálcio e magnésio. As concentrações de sólidos totais dissolvidos variaram de 10.000 a 20.000 mg/L, com e sem recirculação do chorume pelo aterro respectivamente.
- A presença de nitrogênio amoniacal é relevante introduzindo um caráter tóxico ao chorume (tóxico para peixes). A amônia, por sua solubilidade e altas concentrações é um importante traçador da contaminação do chorume nos corpos hídricos. O aumento da taxa de recirculação do chorume é responsável pelo aumento da concentração da amônia.
- No chorume de Gramacho foi encontrada concentração de detergente superior ao limite estabelecido pelo órgão ambiental (Surfactantes acima de 2 mg/L), possivelmente oriundo do descarte de embalagens de detergentes domésticos no aterro.
- O chorume de Gramacho não apresenta concentrações de metais pesados acima dos limites permitidos, nem próximos a estes, bem como baixa densidade de coliformes.
- A variação na qualidade do chorume está fundamentalmente ligada ao tempo de retenção no aterro, ao grau de recirculação, a qualidade dos resíduos depositados, a altura da camada de resíduos no aterro e fatores climáticos. Todas estas variáveis são pontos condicionantes no processo de tratamento.
- O custo do tratamento tem sido inferior a US\$ 6.00/ m<sup>3</sup>.
- O chorume tratado tem apresentado continuamente aspecto claro, ausência de odor, além de estar compatível com todos os parâmetros da legislação ambiental do Estado do Rio de Janeiro.

Apesar da boa operação do sistema de tratamento de chorume, a previsão da vida útil do aterro de Gramacho é o ano de 2004. Atualmente outras alternativas de disposição de resíduos sólidos estão sendo analisadas pelos órgãos competentes.

A experiência acumulada pela Comlurb, bem como a desenvolvida pela Tecma, foram fundamentais para se obter os resultados satisfatórios. Os investimentos referentes à implantação da estação de tratamento de Gramacho foram de responsabilidade de construtora Queiroz Galvão S.A. A experiência adquirida pela Tecma tem sido associada aos pesquisadores do Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro, que com recursos do CNPq/RHAE tem objetivado desenvolver métodos apropriados para o tratamento de chorumes gerados em aterros de cidades de pequeno e médio porte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COPPETEC, *Relatório Técnico – Projeto de Controle Ambiental da Área do Aterro de disposição de Resíduos Urbanos de Gramacho*, Duque de Caxias, RJ, novembro de 1992.
- H. Lisboa da Cunha Ltda, *Relatório Técnico – Plano de Monitoramento da Água e do Chorume*, março de 1997.
- HIDROQUÍMICA, *Relatório Técnico – Estudo de Tratabilidade Físico-Químico em Laboratório*, maio de 1997.
- TECMA, Tecnologia em Meio Ambiente Ltda, *Relatório Técnico – Estudo de Tratabilidade do Chorume do Aterro Metropolitano de Gramacho*, dezembro de 1998.
- TECMA, Tecnologia em Meio Ambiente Ltda, *Relatório Técnico – Monitoramento do Chorume do Aterro Metropolitano de Gramacho*, dezembro de 2001.