



Documento:	DI/43
Item Agenda:	GROL 5
Presentado por:	Brasil

## **“ SISTEMAS DE ESGOTO NA ANTÁRTICA ”**



### **SISTEMAS DE ESGOTO NA ANTÁRTICA**

Dentre os impactos humanos na Antártica, a contaminação provocada por esgoto dos resíduos de dejetos humanos e de águas servidas, necessárias a serviços típicos de limpeza, cozinha, banhos, às vezes transportando produtos químicos usados em higienização ou pesquisas, sempre será uma preocupação para aqueles que operam no continente.

A preocupação, inerente ao espírito do Protocolo de Madri, com a preservação do meio ambiente e com a redução do impacto pela presença humana, deve ser uma constante para todos os administradores de programas antárticos.

Desde sua fundação, em 1984, a Estação Antártica Comandante Ferraz conta com um sistema de tratamento de esgoto do tipo convencional.

O sistema em uso trabalha com fossas sépticas de câmaras em série que são unidades de tratamento primário de esgotos domésticos, que detêm os dejetos por um período que permite a decantação dos sólidos e a retenção de material graxo, transformando-os em compostos estáveis.

Constam essencialmente de uma câmara ou unidade de decantação, ou sedimentação, e uma de digestão, na qual o líquido cloacal passa pelo fenômeno bioquímico de digestão, que, em resumo, consiste no seguinte:

- 1) os microorganismos, no caso as bactérias aeróbias e anaeróbias, que se encontram sempre nos esgotos cloacais, retiram o oxigênio do ar ou das substâncias orgânicas existentes nos esgotos e decompõem a matéria orgânica numa ação de oxidação. Nessa ação, o nitrogênio existente no esgoto fresco, nas proteínas e na uréia, combina-se com o hidrogênio formando amônia e compostos amoniacais. Esses compostos amoniacais dão origem ao ácido nitroso e nítrico, que se combinam com os sais dissolvidos ou em suspensão, formando então nitritos e nitratos, sais minerais, portanto, imputrescíveis e em si inócuos (fenômenos de nitrificação). A matéria resultante apresenta-se sob a forma de lodo ou lama, no fundo da fossa. Fenômeno análogo ocorre com relação ao carbono, ao enxofre e ao fósforo, com a formação de carbonatos, sulfetos e fosfatos;
- 2) uma segunda parte, constituída de substâncias graxas leves, mais insolúveis, adquire a forma de uma crosta que flutua sobre o líquido cloacal na fossa; e
- 3) uma terceira parcela, constituída de hidrogênio, o qual é libertado dos ácidos graxos e, se ainda sob ação dos microorganismos, combina com o oxigênio formando água. Ocorre também no processo a formação de metano ( $\text{CH}_4$ ) e anídrico carbônico ( $\text{CO}_2$ ).

O efluente final ainda tem odor característico, devido ao gás sulfídrico e outros gases, e também tem aspecto escuro, contendo bactérias em grandes quantidades.

As águas negras coletadas, após sofrerem um tratamento primário, são encaminhadas para filtros anaeróbios, onde sofrem um tratamento secundário.



Nos filtros anaeróbios, as águas servidas são novamente depuradas e seguem por valas de filtração. Os sistemas de tratamento das águas cinzentas coleta as águas servidas, oriundas dos chuveiros e lavatórios, e as encaminha para uma caixa detentora de matéria sólida. Após a caixa detentora, as águas cinzentas passam por filtros anaeróbios e valas de filtração, independentes dos filtros e das valas de águas negras. O efluente final das valas negras e cinzentas é encaminhado em tubulações, até a linha da praia na baixa-mar.

Os sistemas possuem 4 fossas sépticas, 2 filtros anaeróbios, 2 caixas de gordura e 2 caixas interceptoras. A fim de evitar o congelamento das redes e das fossas, foram instaladas cintas térmicas ao longo das redes e nas fossas sépticas.

Insatisfeitos, ainda, com esse processo, estamos buscando novas alternativas de tratamento de esgoto, que tenham maior eficiência e custo compatível com o orçamento do Programa Antártico Brasileiro.

No momento, estamos analisando duas propostas:

#### 1. SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES POR ELETROFLOCULAÇÃO

Tal sistema usa como princípio a eletrofloculação auto controlada, por meio de um reator eletrolítico autocontrolado de fluxo ascendente.

Através de reações eletrolíticas num processo de eletrólise controlada, as substâncias poluidoras, e em suspensão no meio aquoso, sofrem dissociação, coagulação e floculação.

No reator, o efluente flui em fluxo ascendente através de eletrodos, chapas metálicas planas dispostas paralelamente entre si, por onde circula corrente elétrica polarizada.

Reações anódicas liberam íons hidroxila por dissociação eletrolítica de água e íons metálicos de ferro e/ou alumínio ( $\text{Fe}^{+2}$   $\text{Al}^{+3}$ ) por dissociação do ânodo, que por hidrólise formam hidróxidos insolúveis com núcleos precipitantes. Esses hidróxidos, denominados de gel, produzem na solução íons positivos que desestabilizam as cargas negativas dos colóides e sólidos em suspensão, reduzindo o potencial Zeta a ponto próximo a zero, ponto isoelétrico, permitindo a aglomeração das partículas e, conseqüentemente, a formação de flocos.

Na condição acima descrita, as substâncias inorgânicas sofrem dissociação eletrolítica. As substâncias inorgânicas contribuem com as cargas poluidoras biodegradáveis e não biodegradáveis (DBO e DQO) partes delas perdem seu equilíbrio iônico se insolubilizando e outra parte dissolvida por polaridade é também arrastada por aglutinação dos coágulos.



Durante o processo de eletrólise dos efluentes líquidos, várias reações de oxidação-redução acontecem com formação de hidroxilas, hidrogênio, oxigênio e cloro nascente que atuam na oxidação da matéria orgânica e precipitação dos metais pesados.

Com base nas características dos efluentes líquidos de origem doméstica (esgotos) e industriais de instalações com atividades similares às da Estação Antártica Comandante Ferraz, que em tela são preponderantemente constituídas por esgotos sanitários, efluentes de atividades de pesquisa e laboratórios, misturas água/hidrocarboneto e rinsagem de equipamentos e lavanderia, apresentamos abaixo o quadro de eficiência para o tratamento na redução dos vários parâmetros exigidos pela legislação ambiental para lançamento nos corpos receptores.

**QUADRO DEMONSTRATIVO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO POR  
ELETROFLOCULAÇÃO**

PARÂMETROS	UNIDADES	EFLUENTE BRUTO	EFLUENTE TRATADO	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (%)
DQO	mg/l	1.500	20	98,5
DBO	mg/l	1.330	10	99
Nitrogênio total	mg/l	50	14	72
Fósforo total	mg/l	14	1,2	91
Ph	mg/l	7,5	7,8	-
RNFT	mg/l	120	30	75
Res. Sedimentável	ml/l	4,5	<0,1	98
Coliformes fecais	NPM/100 ml	10.000.000	<1.000	99,99
MBAS	mg/l	16,5	<1	94
Turbidez	U.TU	50	2,0	96
Óleos e graxas	mg/l	120	<1	99

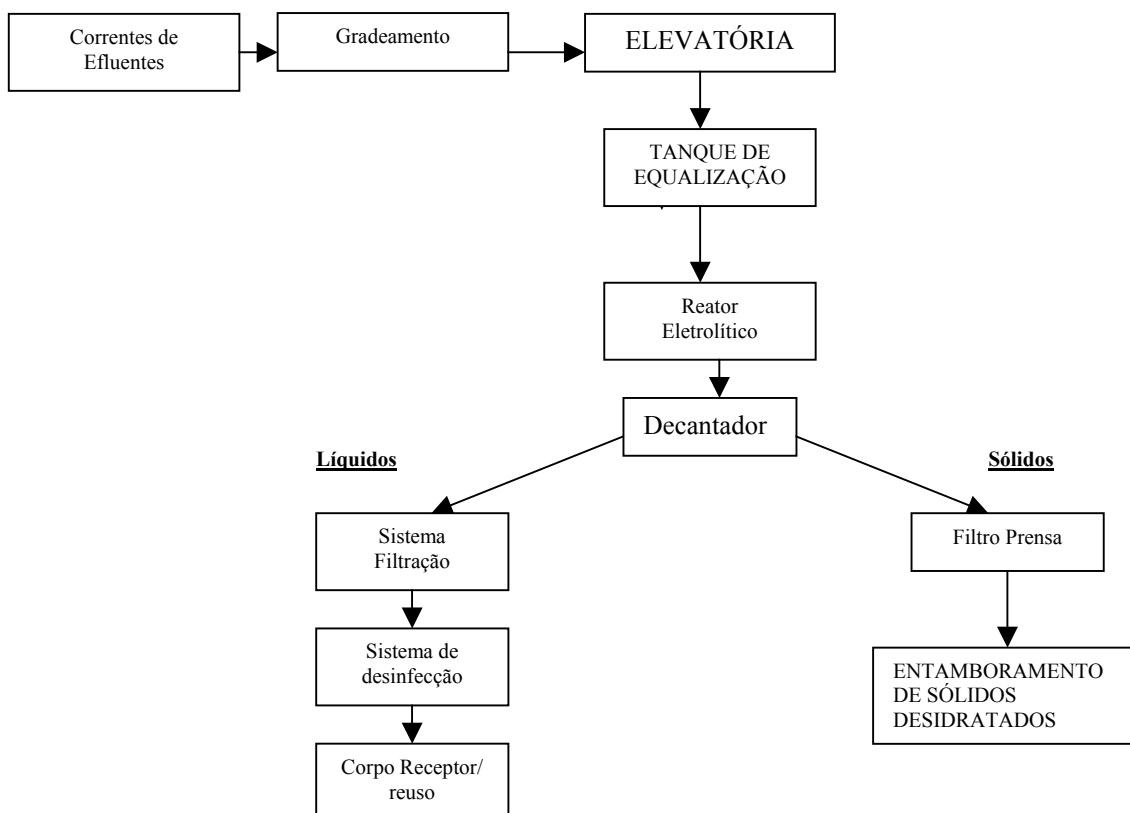
DBO: demanda bioquímica de oxigênio  
DQO: demanda química de oxigênio

RNFT: resíduos não filtráveis totais



## FLUXOGRAMA DO PROCESSO

O fluxograma do processo é demonstrado abaixo:



## CAPACIDADE E DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO SISTEMA

O Sistema Integrado de Tratamento de Efluentes possui capacidade nominal para 600 l/h, vazão compatível com a geração de águas servidas na EACF com 64 pessoas.

A capacidade de reuso do sistema é de 85% da vazão de efluente aduzido pelo sistema.

Isto significa que 85% da água tratada pode ser reaproveitada para uso doméstico.

O sistema contempla os seguintes módulos:

### A) MÓDULO DE PRÉ-TRATAMENTO

- Gradeamento/Separador de Água e Óleo (SAO) Caixa de Gordura:

Destinado à separação de sólidos grosseiros e elevadas concentrações de hidrocarbonetos não emulsionados e, por consequência, prover a segurança e integridade dos equipamentos e módulos subsequentes do Sistema.



- Elevatória/Tanque de Equalização:  
Utilizada para captação e estabilização dos efluentes.

#### B) MÓDULO DE TRATAMENTO SECUNDÁRIO

- Reator eletrolítico:  
Responsável pela eletrofloculação, oxidação da carga orgânica e quebra de emulsões nos efluentes.
- Decantador:  
Destinado à sedimentação dos flocos, separação do lodo e clarificação do efluente tratado.
- Filtro Prensa:  
Responsável pela desidratação do lodo gerado.

Obs.: os resíduos gerados (lodo desidratado), poderão ser acondicionados em tambores ou bolsas específicas para resíduos (BIG-BAG'S) ou ainda, caso disponível, podem ser incinerados em equipamentos para esta finalidade.

#### C) MÓDULO DE TRATAMENTO COMPLEMENTAR OU POLIMENTO FINAL

- Filtração:  
Fase final do tratamento destinado à retenção de partículas eventuais.
- Desinfecção:  
Etapa que garantirá a total eliminação dos agentes patogênicos no efluente tratado possibilitando desta forma o contato primário para reuso.

#### D) MÓDULO DE AUTOMAÇÃO

Tem a finalidade de gerenciar e automatizar a operação do Sistema de Tratamento. É constituído por: Eletroconversos;

Acionamentos;  
Controladores;  
Chaves de comando; e  
Instrumentação.

#### METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO

A implantação do Sistema precisa ser feita por pessoal especializado.

**ESPECIFICAÇÕES DO EQUIPAMENTO**

<b>TENSÃO DE OPERAÇÃO</b>	220 VCA TRIFÁSICO 60 HZ
<b>POTENCIA</b>	4,0 KW (MÁX.)
<b>FATOR DE UTILIZAÇÃO</b>	60%
<b>VAZÃO MÁXIMA</b>	0,8 m <sup>3</sup> /h
<b>VAZÃO NOMINAL</b>	0,6 m <sup>3</sup> /h
<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>	
FAIXA DE Ph	5 ~ 8
FAIXA DE TEMPERATURA EFLUENTE	04° C ~ 75° C
FAIXA DE TEMPERATURA EQUIPTO	- 40° C a 65° C
GRAU DE PROTEÇÃO	IPW 56
FAIXA DE CONDUTIVIDADE	20 □ S ~ 30000 □ S
<b>DIMENSÕES (EM MM)</b>	larg 2000 X comp 2000 X alt 1800
<b>PESO SECO APROX.</b>	1600 KG

O custo desde equipamento é de cerca de R\$ 450.000,00 (USD 180.000.00).

**1. PROCESSO DE BIOAUMENTAÇÃO**

Trata-se de um processo complementar ao que está em uso atualmente na EACF que aumentará sua eficiência.

**BIOAUMENTAÇÃO**

O Bioaumento, também chamado de bioacumulação, é o processo de inoculação de microorganismos naturais e desejáveis, cientificamente selecionados para incrementar a população microbiana normalmente encontrada em uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).

- Este processo tem por objetivo aumentar a eficiência das ETE pela formação de cadeias completas de degradação dos poluentes e pelo aumento significativo da população microbiológica;
- O processo tem início com a ocorrência de sucessivas quebras das moléculas dos poluentes por enzimas produzidas pelos microorganismos inoculados no efluente;
- O resultado destas quebras é utilizado para a formação da biomassa e energia necessárias às bactérias para que os diferentes poluentes sejam transformados em H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>.
- A população nativa de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) é formada por microrganismos ocasionalmente presentes, trazidos por poeira, ventos ou esgoto;
- Este microorganismos não são sempre os mais efetivos na biodegradação dos compostos orgânicos;



- Somente uma parte dos microorganismos normalmente existentes na ETE contribuem para a degradação do efluente, outra parte não afeta em nada o tratamento e uma terceira parte causa prejuízos às ETE, tais como excesso de espuma, má formação de flocos e mau odor.

O processo de bioaumentação executa:

- a manipulação de sistemas vivos para conseguir as mudanças químicas e físicas desejadas em um ambiente confinado e controlado; e
- os microorganismos inoculados consomem os componentes orgânicos e poluentes do efluente, e produzem CO<sub>2</sub> e água como resíduo de seus processos metabólicos, beneficiando o processo de tratamento de efluentes.

A tecnologia utilizada para a bioaumentação consiste na:

- seleção de microorganismos de ocorrência natural e aptidão para decompor substratos específicos;
- elaboração das cepas de microorganismos para que seus metabolismos sejam complementares, ou seja, quando um microorganismo pára de degradar as partículas do substrato, o outro continua; e
- o processo prevê a multiplicação e reprodução em larga escala, a concentração das colônias de bactérias e a inoculação dos microorganismos no efluente que se deseja tratar.

## PROCESSO DE TRATAMENTO

1. As bactérias são selecionadas em função de sua excelente habilidade em produzir uma grande quantidade de enzimas e/ou surfactantes específicos para a degradação de múltiplos tipos de resíduos encontrados nos efluentes, e sua capacidade em utilizar compostos para formação de biomassa sob diferentes condições e variações de temperatura, pH e níveis de oxigênio;
2. Inoculação contínua de microorganismos apropriados no fluxo do efluente;
3. Estes microorganismos, pela sua capacidade metabólica extremamente alta, irão competir pelo alimento com os organismos ocasionais indesejáveis;
4. Os microorganismos metabolizam os poluentes e produzem CO<sub>2</sub> e água como resíduo de seus processos metabólicos, beneficiando o processo de tratamento de efluentes;
5. Retidos em tanques ou lagoas reduzem fatores poluentes, assim como controla os odores nocivos.





Tal sistema de tratamento é feito pela inoculação de produtos compostos de microorganismos naturais com alta capacidade de degradação dos resíduos orgânicos nos pontos de geração do sistema hidro-sanitário.

São tratados as caixas de gordura, os vasos sanitários, os ralos e tubulações do esgoto, mantendo-os livres de incrustação e mau odor causados pela matéria orgânica, bem como é aumentada a eficiência do sistema de tratamento, possibilitando uma melhora na qualidade do efluente final descartado no meio ambiente.

Com a aplicação dessas colônias de bactérias, todo o sistema estará sendo tratado, desde os ralos e sanitários, onde são gerados os efluentes, até as caixas de gordura e fossas sépticas. O tratamento impedirá que a incrustação por gordura e matéria orgânica enfarte e entupa as tubulações, caixas de gordura e fossas sépticas, mantendo o sistema em bom funcionamento.

Com o aumento da eficiência do sistema, os efluentes finais que são despejados no meio ambiente ficarão em melhores condições para não causarem poluição.

O efluente final não possuirá odor nem resíduos orgânicos.

O produto empregado é natural, biológico, biodegradável, não tóxico e não agressivo ao meio ambiente ou ao homem e animais.

O produto contém microorganismos aeróbicos e anaeróbicos, microaerófilos e facultativos e sua concentração é de  $6,5 \times 10^6$  Unidades Fornecedoras de Colônia/grama e seu meio de sustentação é o farelo de cereais.

O produto usado nesse processo tem as seguintes características:

- **Cepas de microorganismos utilizadas no produto BIO S Farelado, separadas por etapa de atuação.**
- **Hidrólise e acidogênese:**

Clostrídios, Acetivibrio cellulolyticos, Bacteróides succinogenes, Butyrivibrio fibrisolvens, Eubacterium cellulosolvens, Bacillus sp, Selenomonas sp, Megasphaera sp, Lachonspira multiparus, Peptococcus anaerobicus, Bifidobacterium sp, Staphylococcus sp.
- **Acetogênese:**



*Syntrophomonas wolinii*, *S. Wolfei*, *Syntrophus buswellii*, *Clostridium bryantii*, *Acetobacterium woddii*, *Desulfovibrio* sp, *Desulfotomaculum* sp, *Febrillacoccus* sp.

- **Metanogênese:**

Metanogênese acetoclástica, *Methanosarcina* sp, *Methanotherix* sp, Metanogênese chlosfratirion.

- **Heterótrofas, quimioautótrofas, protozoários e micrometazoários.**

- **Fungos e leveduras.**

No momento, o Programa Antártico Brasileiro está estudando, dentro dos parâmetros do Protocolo de Madri, se tal conjunto de microorganismos pode ou não ser usado na Antártica.