

# SUSTENTABILIDADE NA DRAGAGEM DO CANAL DE PIAÇAGUERA<sup>1</sup>

Marta Russo Blazek<sup>2</sup>  
Paulo Sérgio S. Santiago<sup>3</sup>  
Leonardo Poggioni Marins<sup>4</sup>  
Felipe Fornazari Subtil<sup>5</sup>

## Resumo

A crescente demanda do mercado brasileiro e o conseqüente crescimento da indústria aumentam a necessidade de um planejamento adequado e intensificam a busca de soluções inovadoras para o controle ou minimização de impactos ambientais, objetivando o desenvolvimento sustentável. A unidade da Usiminas em Cubatão, realizou a dragagem do Canal de Piaçaguera (canal de navegação que dá acesso ao seu porto) de modo que toda a água captada juntamente com o sedimento dragado fosse tratada, devolvendo-a com maior qualidade ao corpo receptor e atendendo aos seus padrões de qualidade, conforme a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - Conama 357/05. Tal dragagem se faz necessária para a manutenção do calado original do canal de Piaçaguera e para melhoria ambiental da qualidade dos sedimentos da região. O presente trabalho busca detalhar este empreendimento realizado de forma inédita no Brasil e a metodologia utilizada pela Nalco no condicionamento químico, operação e monitoramento intensivo do efluente dragado e descartado, visando principalmente a remoção de compostos orgânicos, metais pesados e amônia.

**Palavras-chave:** Dragagem; Sustentabilidade; Tratamento químico; Impacto ambiental.

## SUSTAINABILITY IN THE DREDGING OF THE PIAÇAGUERA CHANNEL

### Abstract

The growing demand of the Brazilian market and the consequent growth of the industry, increase the need for proper planning and intensifying the search for innovative solutions for the control or mitigation of environmental impacts, aiming at sustainable development. The Usiminas's site, in Cubatão, performed the dredging of the Piaçaguera channel (navigation channel which gives access to its harbour) so that all water taken with sediments was treated and returned to the river with higher quality than the receptor; it also meets the standards of the Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - Conama 357/05. Such dredging is required to maintain the original draught of Piaçaguera channel and for environmental improvement in the quality of the sediments in the region. The subject of this paper is to detail the project which is unprecedented in Brazil and the methodology used by Nalco on chemical conditioning, operation and intensive monitoring of the dredged and disposed effluent, mainly targeting the removal of organic compounds, heavy metals and ammonia.

**Keywords:** Dredging; Sustainability; Chemical processing; Environmental impact.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 32º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 26º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 16 a 19 de agosto de 2011, Salvador, BA

<sup>2</sup> Analista de Meio Ambiente Usiminas, Cubatão

<sup>3</sup> Gerente de Desenvolvimento de Mercado, Nalco Brasil Ltda

<sup>4</sup> Representante Técnico da Nalco Brasil Ltda.

<sup>5</sup> Engenheiro de Aplicação da Nalco Brasil Ltda.

## 1 INTRODUÇÃO

A Usina José Bonifácio de Andrada e Silva (Usiminas) se localiza em Cubatão, São Paulo e tem capacidade para produção de 5,2 Mt/ano de aço líquido. A importação de matérias-primas (carvão mineral) e a exportação de produtos acabados (aço e derivados) é realizada por meio de terminal portuário próprio, que movimenta aproximadamente 6 Mt/ano (embarque e descarga de material).

O acesso ao terminal portuário foi possível a partir da dragagem e retificação do canal natural dos rios Mogi e Piaçaguera, com abertura de calha com 60 metros de largura, 12 metros de profundidade e extensão de 5,2 quilômetros.

Desde sua inauguração, em 1965, o canal sofre assoreamento natural contínuo, exigindo periodicamente dragagem de manutenção de seu calado. A falta de dragagem de manutenção resultou em restrições na navegação, pois o canal apresentava trechos com profundidade entre 8 metros e 11 metros, o que obrigou as embarcações a navegarem no canal com volumes menores de carga do que poderiam transportar e a aguardarem melhores condições de maré para sua movimentação.

Diante desta situação, a Usiminas desenvolveu um Estudo de Impacto Ambiental para realizar a dragagem de manutenção do Canal de Piaçaguera, visando retomar a sua profundidade (canal de navegação) em 12 metros. O projeto de dragagem foi dividido em 4 Fases, em função da característica dos sedimentos encontrados, das alternativas de disposição e para melhor gerenciamento do processo de licenciamento ambiental.

A Fase I refere-se a dragagem do trecho final do Canal de Piaçaguera (baixa contaminação do material dragado com disposição oceânica). A Fase II refere-se à dragagem de berços de atracação (com confinamento do material dragado). A Fase III refere-se à dragagem da bacia de evolução e a Fase IV refere-se à dragagem do trecho intermediário do canal (parte do sedimento a ser confinado e parte do material com previsão para disposição oceânica) (Figura 1).

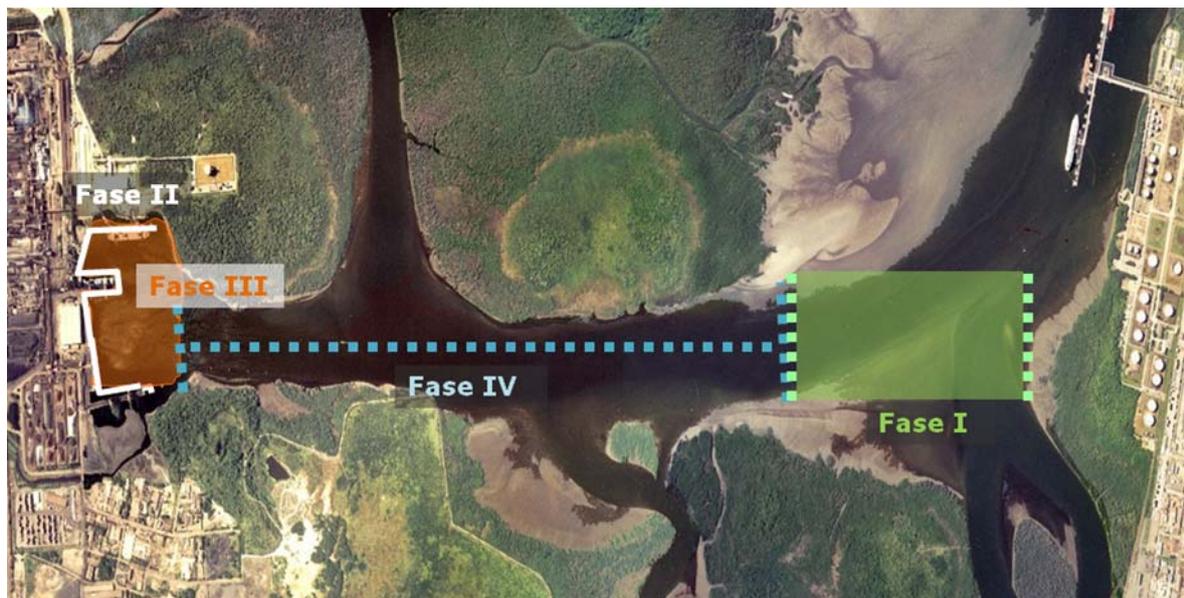


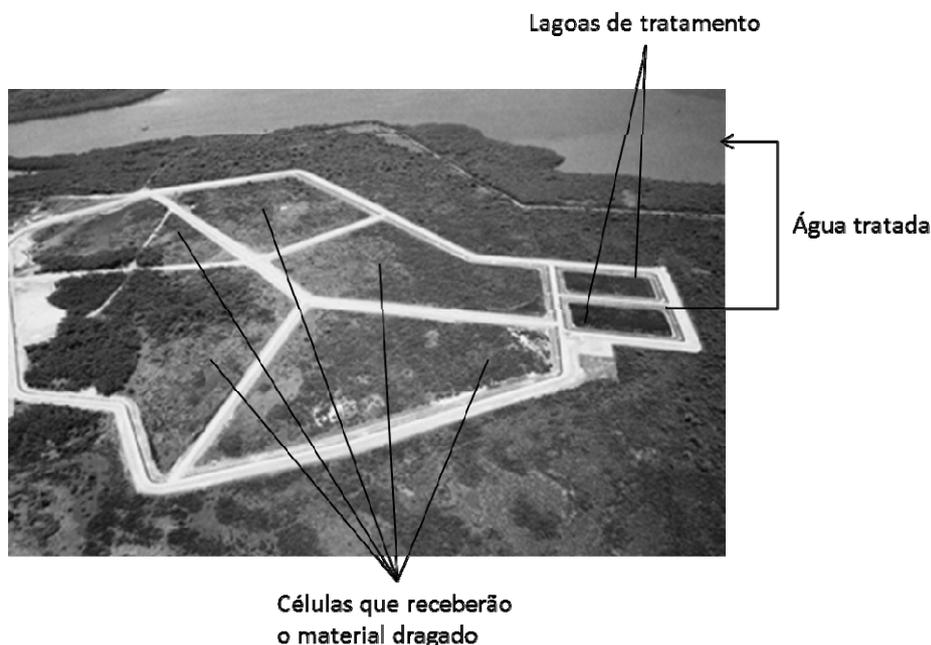
Figura 1. Dragagem do canal de Piaçaguera – Fases do projeto.

Para o confinamento de material dragado nas Fases I e IV da Dragagem do Canal de Piaçaguera, foi projetada, de acordo com as exigências ambientais estabelecidas

pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Cetesb, a construção de uma Unidade de Disposição Confinada (UDC).

A UDC constitui-se de um dique externo e seus taludes e bermas, revestidos por membrana de polietileno de alta densidade (PEAD), visando o confinamento físico e hidráulico do sedimento dragado, evitando a contaminação das áreas e dos sistemas hídricos adjacentes.

Internamente ao dique, foram construídas divisórias que delimitam cinco células, preenchidas sucessivamente pelo material oriundo do processo da dragagem. Cada célula apresenta um dispositivo para retirada da água após a decantação da fase sólida do material. Na divisória central foi instalada tubulação para condução das águas oriundas da dragagem até a área de tratamento e controle dos efluentes (Figura 2).



**Figura 2.** Foto da Unidade de Disposição Confinada (UDC).

Para garantir o atendimento aos requisitos da Resolução Conama 357/05<sup>(1)</sup> e exigências do órgão ambiental (Cetesb), foi instalado ao lado da UDC, um sistema de tratamento para as águas captadas na operação de dragagem. A Resolução Conama 357/05<sup>(1)</sup> foi alterada posteriormente pela Resolução Conama 430/11,<sup>(2)</sup> contudo os parâmetros de interesse para este trabalho permaneceram os mesmos. Inicialmente, o sistema de tratamento projetado contemplava um sistema de floculação que objetivava o aumento da eficiência de decantação nas lagoas de tratamento. Além disso, cada célula continha um separador de água e óleo para garantir o mínimo de arraste de material oleoso pelo efluente.

Os efluentes floculados eram encaminhados a duas lagoas para decantação dos flocos (com tempo de retenção de 24 horas). Foram dimensionados dois módulos iguais que trabalhariam em paralelo, permitindo a manutenção de um módulo sem a paralisação do processo de tratamento. Após a decantação, os efluentes clarificados seriam enviados para o canal.

Uma célula foi projetada como sistema emergencial, para o caso de problemas na estação de tratamento ou na qualidade do efluente. Caso o efluente não cumprisse

as exigências de qualidade, o sistema seria fechado, interrompendo o lançamento para o estuário.

A Nalco, empresa multinacional de serviços de sustentabilidade focada em aplicações industriais de água, energia e ar, com forte experiência em tratamento de águas industriais e efluentes, aportou sua tecnologia e expertise neste projeto visando apoiar a Usiminas a atingir os níveis de qualidade requeridos e a reduzir os custos totais desta operação.

### **1.1 Aspectos de Projeto / Operacionais**

O estudo de drenagem das águas da UDC determinou a implantação de cinco células separadas por diques internos, da ordem de 110.000 m<sup>3</sup> cada uma, totalizando 540.000 m<sup>3</sup>, dos quais, 500.000 m<sup>3</sup> estariam disponíveis para deposição do material dragado. Foi considerado que, do volume dragado, 25% seriam sólidos e 75% seria água e os sólidos sedimentados das células conteriam 5% de água.

As células seriam preenchidas sequencialmente, sendo que o início de operação de cada célula começaria com uma defasagem mínima de 3 dias em relação à célula imediatamente anterior e este tempo diminuiria à medida que os ciclos de preenchimento se repetissem, até chegar a 0,14 dias, período teórico de defasagem do último ciclo.

### **1.2 Processo de Tratamento da Água de Dragagem**

O processo de tratamento da água de dragagem consistia, de cinco células, com a função de receber o material dragado e permitir a decantação inicial dos sólidos, unidades de separação de óleo e uma Estação de Tratamento de Água de Dragagem com um floculador e duas lagoas de tratamento, onde seriam aplicados produtos coagulantes objetivando facilitar a decantação dos sólidos finos e matéria coloidal, cuja vazão operacional prevista era de 950 m<sup>3</sup>/h. Estimativas iniciais apontavam consumo aproximado de 2.200 t/mês de produtos químicos na Estação de Tratamento (sulfato de alumínio e cal), conforme indicado na Figura 3.

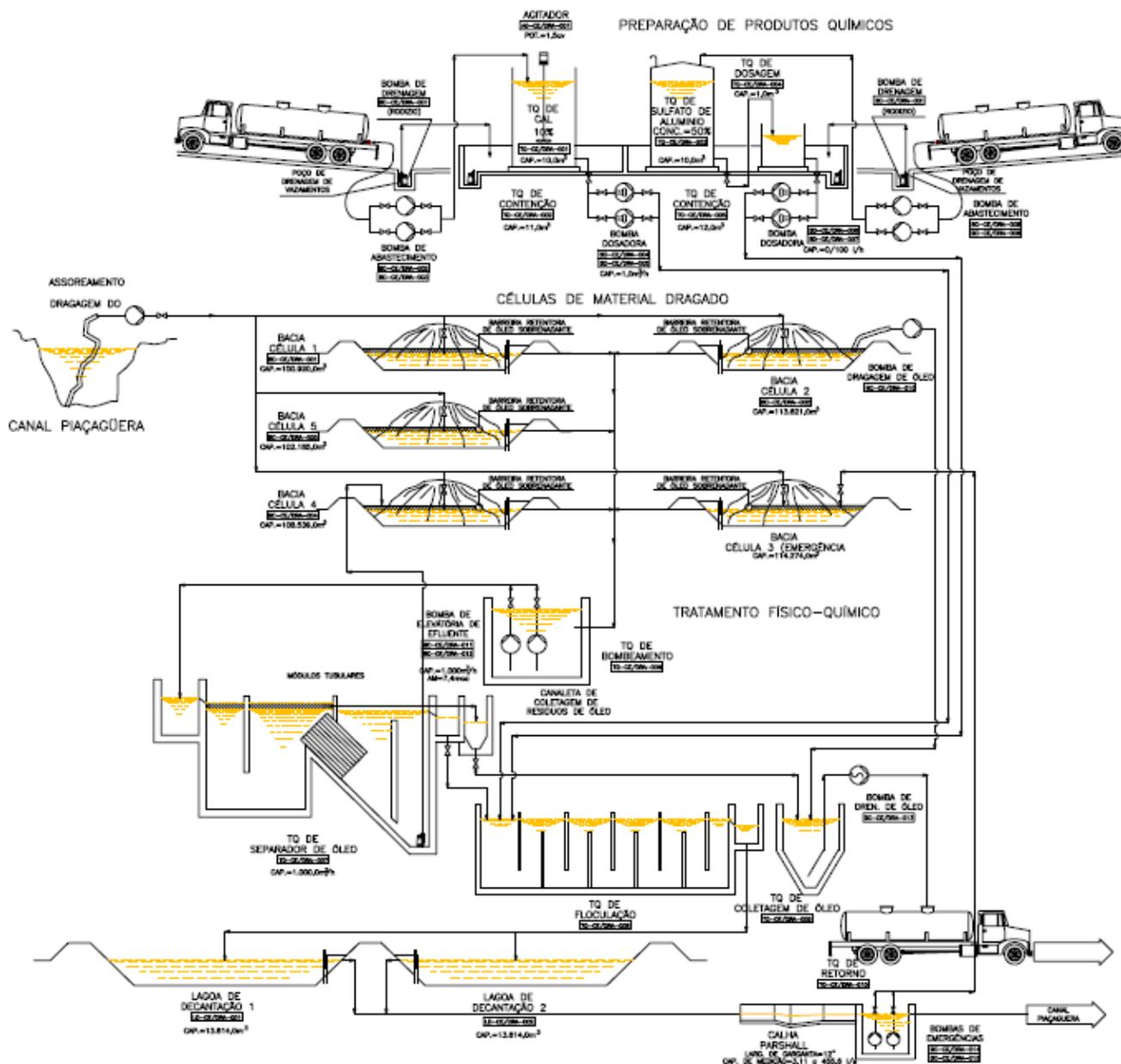


Figura 3. Projeto original da UDC e Tratamento Físico-Químico.

Foram coletadas e analisadas amostras de sedimentos e da água do estuário, feita a caracterização da mistura entre sedimento e água, na proporção 1:3 (mesma proporção prevista na dragagem). Estas misturas caracterizadas, após sedimentação, mostravam qualidade de acordo com os padrões de emissão estabelecidos no art. 34 da Resolução Conama 357/05.<sup>(1)</sup> O sistema de tratamento foi planejado para garantir o atendimento às exigências até então estabelecidas, ou seja, a remoção de sólidos sedimentáveis, óleo, os contaminantes adsorvidos e absorvidos ao material dragado, dentre os quais os PAHs (hidrocarbonetos poli-aromáticos) e metais. Foram realizados testes de jarro com o tratamento previsto nas amostras simuladas do processo de dragagem.

Com o estabelecimento de exigência técnica para atendimento do art. 21 da Resolução Conama 357/05<sup>(1)</sup> o tratamento previsto não garantia o enquadramento

de alguns parâmetros físico-químicos conforme os padrões de qualidade da tabela 1 e surgiu então, a necessidade de se recorrer, contingencialmente, a processos de troca iônica para enquadramento dos íons catiônicos e aniônicos, e de carvão ativado e/ou POA – Processo Oxidativo Avançado para enquadramento principalmente dos PAHs e nitrogênio amoniacal.

**Tabela 1.** Análise Físico-química da água tratada em testes de laboratório e padrões de qualidade<sup>(3)</sup>

Parâmetro	Unidade	Resultado	Art. 34: CONAMA 357/05(1) Padrão de lançamento	Art. 21: CONAMA 357/05 <sup>(1)</sup> Padrão de qualidade (classe I salobra)
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	7,7	20	0,4
Fluoreto Total	mg/L	2,6	10	1,4
Mercúrio Total	mg/L	< 0,001	0,01	0,002
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,1	N/A	0,005
Benzo(a)pireno	µg/L	0,06	N/A	0,005
Benzo(b+k)fluoranteno	µg/L	0,13	N/A	0,005
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	µg/L	0,1	N/A	0,005
Fenóis Totais	mg/L	< 0,02	0,5	0,003
Óleos & Graxas	mg/L	9,4	20	V/A

Onde: N/A indica que não há padrão definido para os parâmetros em referência e V/A indica que a substância deve ser virtualmente ausente.

Em função disto, a Usiminas convidou a Nalco para apresentação de alternativas tecnológicas e por meio de sua expertise, dar suporte técnico ao o tratamento a ser realizado na UDC e otimizar o tratamento químico proposto, cuidando também da operação do sistema e do monitoramento intensivo da água resultante da dragagem, visando, principalmente, a remoção ótima de compostos orgânicos, metais pesados e amônia.

## 2 MATERIAIS, MÉTODOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Nalco propôs a mudança no processo de tratamento, incluindo uma fase de pré-tratamento, visando melhorar o processo de decantação dos sólidos e flotação do óleo através da aplicação de 5 ppm de um rompedor de emulsão na tubulação de recalque da draga. O projeto inicial previa que o material dragado ficasse 24 horas em descanso após enchimento das células.

Foram realizadas coletas do material dragado na entrada das células de decantação para realização imediata de testes de jarro com e sem adição de polímero, conforme estabelecem as melhores práticas<sup>(4)</sup>. A aplicação do rompedor de emulsão possibilitou acelerar a decantação nas células em 75%, conforme Tabela 2.

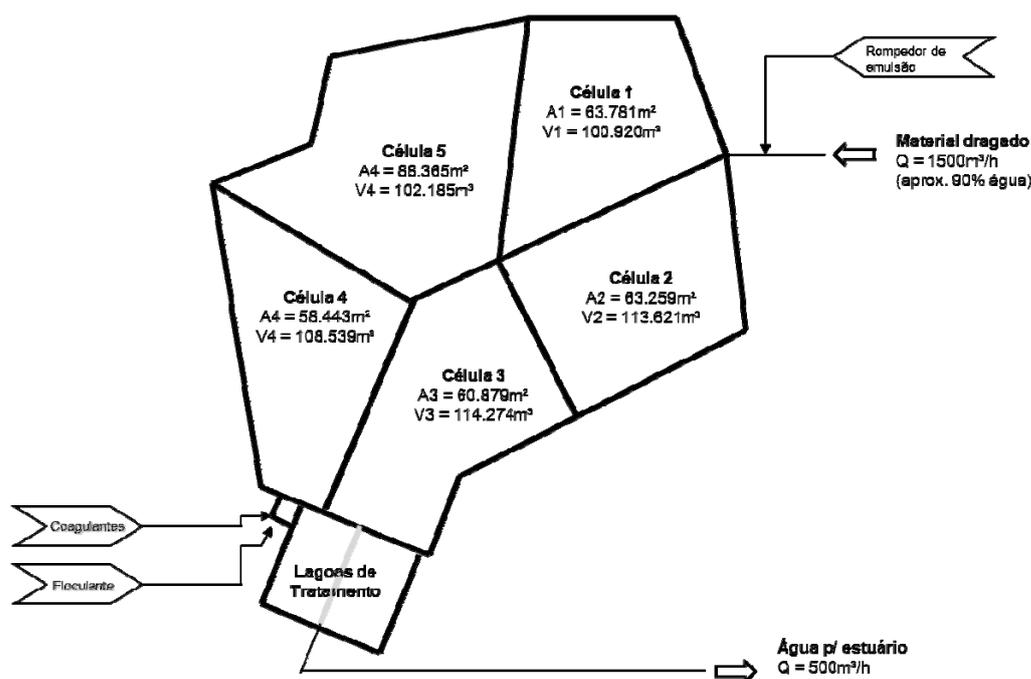
**Tabela 2.** Resultados dos testes de jarro para avaliação do tempo de decantação do material dragado

Polímero utilizado	Dosagem (ppm)	Velocidade de decantação
Nenhum	N/A	12 horas
Rompedor de Emulsão	5 ppm	4 horas
Polímero Aniônico	5 ppm	12 horas

Onde: N/A indica não aplicável.

Além disso, foi proposta a substituição do produto coagulante inicialmente previsto (sulfato de alumínio) para aplicação na Estação de Tratamento da Água de Dragagem por outros, a base de aluminato de sódio e hidróxido de alumínio, visando facilitar a decantação dos sólidos finos e matéria coloidal e com ação auxiliar na remoção de sólidos em suspensão, fluoretos, fosfatos, cálcio e magnésio. Outro benefício obtido foi a significativa redução no consumo de produtos químicos (2.200 para 0,88 t/mês), facilitando desta forma a operacionalização do sistema de preparo, aplicação e dosagem, favorecendo menor consumo de água no preparo dos produtos, menor risco ocupacional, fácil controle dos resultados e menor geração de lodos.

A Fase II do processo de dragagem foi realizada no período de 23/04 a 30/08/2008, contemplando as mudanças propostas (Figura 4).



**Figura 4.** Processo de tratamento proposto pela Nalco.

Durante a operação da UDC, foi realizado monitoramento intensivo da qualidade da água antes e após o tratamento físico-químico, bem como do corpo receptor, sendo todos os resultados disponibilizados ao órgão ambiental. A Tabela 3 apresenta o resumo dos resultados obtidos nesta etapa de monitoramento.

Tabela 3. Resultados acumulados na Fase II de operação da UDC

Parâmetro	Unidade	Total de amostragens do efluente realizadas no período	Média de resultados após tratamento físico-químico
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	172	5,5
Fluoreto Total	mg/L	172	0,98
Mercúrio Total	mg/L	172	0,21
Benzo(a)antraceno	µg/L	172	0,27
Benzo(a)pireno	µg/L	172	< 0,005
Benzo(b+k)fluoranteno	µg/L	172	0,092
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	µg/L	172	< 0,005
Fenóis Totais	mg/L	172	< 3
Óleos & Graxas	mg/L	172	11,8

A partir dos resultados obtidos na Fase II da dragagem, foram realizados testes visando reduzir a quantidade de desvios para a Fase IV da dragagem. Descrevemos a seguir os testes, avaliações, sugestões e implementação de procedimentos propostos pela Nalco visando à máxima remoção dos parâmetros críticos.

## 2.1 Nitrogênio Amoniacal

Foram realizados testes de bancada e, posteriormente, *in situ*, para avaliação de alternativas operacionais com objetivo de reduzir o teor de nitrogênio amoniacal. Por meio de medidas empíricas, se determinou que a concentração de nitrogênio amoniacal sofria variação em função do tempo de residência da água na célula e também da profundidade das células.

Com relação ao tempo de residência médio, observou-se que quanto maior era o tempo de residência, menor era a concentração de nitrogênio amoniacal encontrada, por efeito de aeração natural (exposição continuada da superfície de contato da água com a atmosfera) e da ação de microorganismos presentes no ambiente.

Com relação à profundidade, observou-se que a concentração de nitrogênio amoniacal era proporcional ao aumento da profundidade das células, sendo que a variação deste parâmetro entre a superfície e o fundo da célula (aproximadamente 3 metros) atingia aproximadamente 1.000 µg/L, conforme Figura 5.

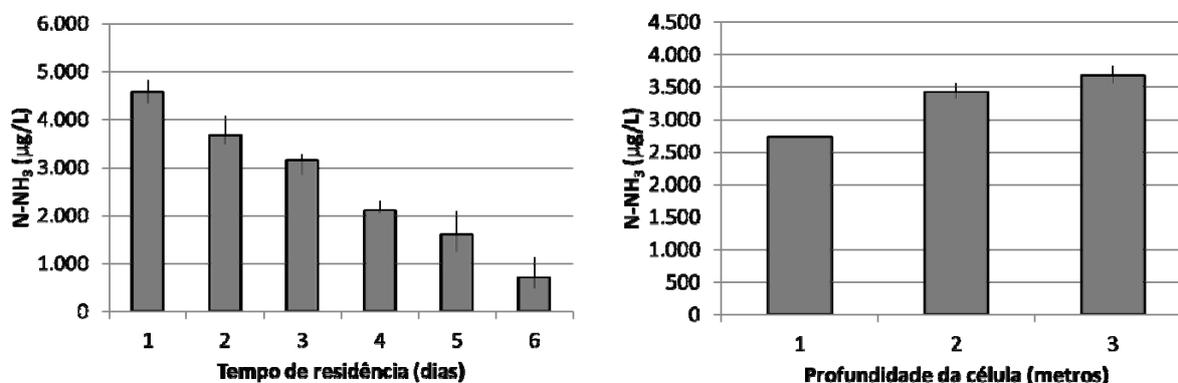


Figura 5. Variação da concentração de nitrogênio amoniacal em função do tempo de residência e da profundidade da célula.

Desta forma, a Nalco recomendou mudança na operação de drenagem das células, limitando-se o descarte até a profundidade de 0,5 m da superfície, com posterior rodízio da drenagem para outra célula, de modo que a primeira célula entrasse em “descanso”.

## 2.2 Mudança no Programa de Tratamento da Água de Dragagem

Em função dos resultados obtidos nos testes do item 2.1, a Nalco propôs alterar o programa de tratamento da água dragada, visando minimizar o tempo de decantação dos sedimentos, visto que estes limitavam a eficiência de processos naturais de aeração / remoção de nitrogênio amoniacal. Por meio de testes de jarro (Figura 6), foi proposto o aumento de dosagem de rompedor de emulsão na tubulação da draga (conforme Tabela 4), com objetivo de reduzir o tempo de decantação do material dragado nas células de decantação.



**Legenda:**

- 1: Material dragado sem aplicação de produtos químicos após 1 hora de descanso;  
2: Material dragado com tratamento inicialmente previsto após 1 hora de descanso;  
3: Material dragado com tratamento proposto pela Nalco após 1 hora de descanso

Figura 6. Resultado do teste de jarro com material dragado.

Tabela 4. Resultados dos testes de jarro para avaliação do tempo de decantação do material dragado

Polímero utilizado	Dosagem (ppm)	Velocidade de decantação
Nenhum	N/A	12 horas
Rompedor de Emulsão	5 ppm	4 horas
Rompedor de Emulsão	10 ppm	3 horas
Rompedor de Emulsão	15 ppm	Imediato

Onde: N/A indica não aplicável.

A Fase IV da dragagem foi realizada no período de 12/12/2008 a 31/10/2009, contemplando as mudanças propostas a partir dos testes acima. Para esta Fase, a CETESB considerou, em parecer técnico, o padrão de 2,0 mg/L para nitrogênio amoniacal, uma vez que após a Fase II da dragagem a empresa apresentou estudo que permitiu esta alteração. Nesta etapa foi realizado monitoramento intensivo da qualidade da água antes e após o tratamento físico-químico, bem como do corpo receptor, aumentando a frequência de monitoramento do item nitrogênio amoniacal. Todos os resultados foram enviados ao órgão ambiental. A tabela 5 mostra o resumo dos resultados obtidos.

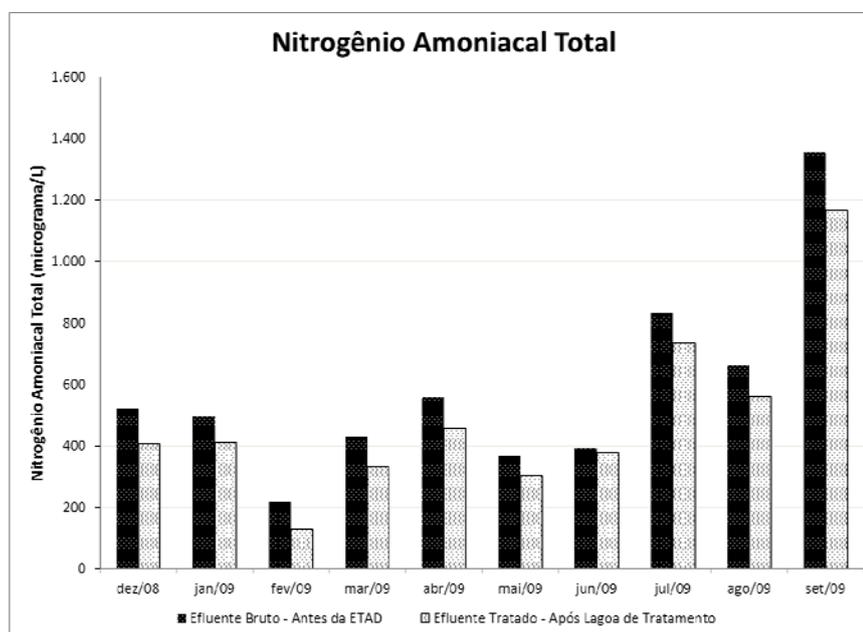
**Tabela 5.** Resultados acumulados na Fase IV de operação da UDC

Parâmetro	Unidade	Total de amostragens do efluente realizadas no período	Redução média obtida em relação à Fase II
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	2.938	24%
Fluoreto Total	mg/L	2.938	0%
Mercúrio Total	mg/L	449	100%
Benzo(a)antraceno	µg/L	449	100%
Benzo(a)pireno	µg/L	449	N.A
Benzo(b+k)fluoranteno	µg/L	449	100%
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	µg/L	449	N.A
Fenóis Totais	mg/L	449	N.A
Óleos & Graxas	mg/L	449	100%

Onde: N.A indica que não houve desvios nas amostragens realizadas nas Fases II e IV da dragagem

### 3 DISCUSSÃO

Em função dos resultados obtidos durante o monitoramento da Fase II da dragagem, foi previsto o monitoramento intensivo da qualidade de água, com implantação de um laboratório de campo equipado para realizar análises de nitrogênio amoniacal. Durante a Fase IV da dragagem, foram realizadas 2.938 análises de nitrogênio amoniacal e, como se observa na Figura 7, os procedimentos operacionais adotados permitiram redução de concentração em todos os meses. Na média, houve redução de 19% na concentração de nitrogênio amoniacal no efluente descartado, em relação à água bruta.



**Figura 7.** Média mensal dos resultados de amostragem de nitrogênio amoniacal.

Ademais, como se observa na Figura 8, os resultados à jusante, que tendem a sofrer maior influência do efluente descartado, estão abaixo dos resultados à montante em 69% das amostragens, indicando que a água descartada não influencia na qualidade do corpo receptor, percebe-se também que as tendências de resultados tanto à montante quanto à jusante do ponto de descarte são as mesmas. Foi realizado também o monitoramento da margem oposta do Canal de Piaçaguera, como

controle da qualidade do corpo receptor. Os resultados reforçam que o corpo receptor não foi alterado pela qualidade do efluente lançado.

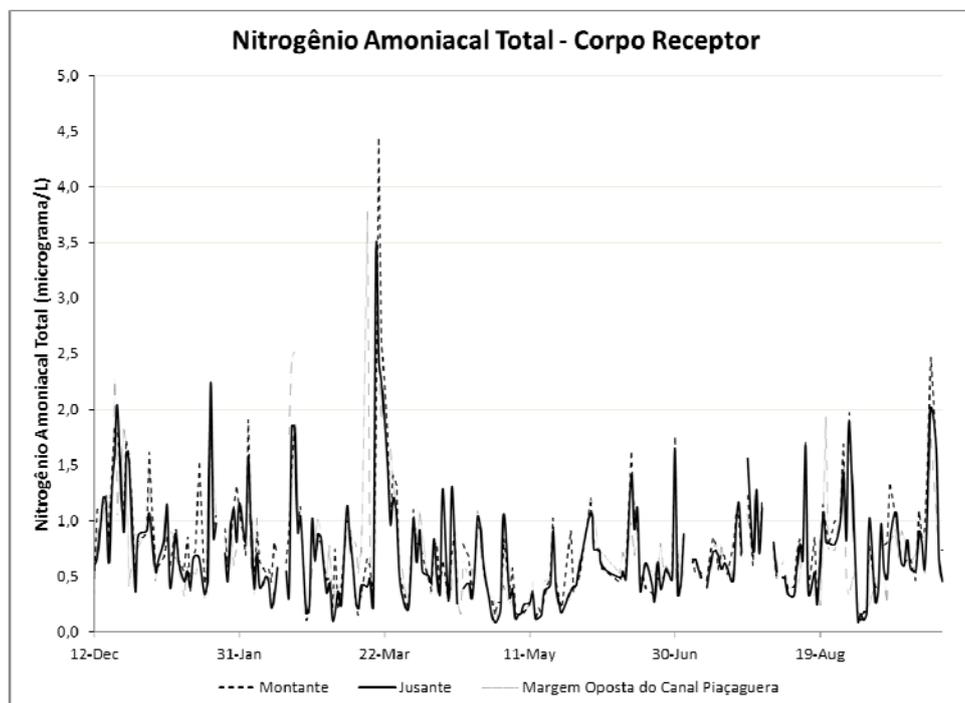


Figura 8. Resultados de nitrogênio amoniacal a partir de amostragens no corpo receptor.

Os pontos à montante e à jusante foram estabelecidos a partir da zona de mistura pelo órgão ambiental com base em estudo apresentado, sendo que da Fase II para a IV da dragagem, houve redução na zona de mistura de 120 para 60 metros, ou seja, restringindo o fator de diluição do efluente descartado.

Com relação ao programa de tratamento proposto, houve redução de 99,6% do consumo de produtos químicos inicialmente previstos, em volume. A otimização do programa de tratamento representou redução significativa no investimento em ativos fixos para estocagem, preparação e dosagem de produtos químicos e custos envolvidos na logística de transporte para a área de aplicação; além disso, houve redução nos riscos ambientais e ocupacionais envolvidos no manuseio dos produtos químicos.

A mudança no processo de confinamento e tratamento possibilitou reduzir, em média 93%, o tempo de retenção da água dragada nas células de decantação.

Em resumo, as recomendações da Nalco possibilitaram à Usiminas atingir os resultados de qualidade previstos no escopo inicial de dragagem com redução dos custos envolvidos na Operação da UDC.

#### 4 CONCLUSÕES

Com base nos estudos realizados, foi concluído que:

- As Fases II e IV (1ª Etapa) da dragagem do Canal de Piaçaguera foram concluídas tendo os sedimentos contaminados confinados e as águas deste processo adequadamente tratadas;
- O efluente descartado atendeu 100% aos padrões de lançamento (art. 34 da Resolução CONAMA 357/05<sup>(1)</sup> e art. 18 do Decreto 8468/76<sup>(5)</sup>);

- A proposta de tratamento da Nalco permitiu ajustes no tratamento do efluente da Fase II para a IV no atendimento aos padrões de qualidade solicitados pelo órgão ambiental (art. 21 da Resolução CONAMA 357/05<sup>(1)</sup>);
- Este tratamento permitiu também a redução total da carga sólida que seria agregada com o tratamento, de 22.000 t para 8,8 t no período de 10 meses;
- A maior dificuldade foi o enquadramento do nitrogênio amoniacal no art. 21 da Resolução CONAMA 357/05<sup>(1)</sup> (< 2,0 mg/L) em um corpo receptor que apresentava, em média, 0,73 mg/L, mas destacamos que os resultados no corpo receptor não demonstraram impacto negativo, uma vez que os resultados após zona de mistura são próximos aos resultados do próprio corpo receptor;
- As práticas históricas em tratamento de efluentes no Brasil buscam atender exclusivamente ao art. 34 da Resolução CONAMA 357/05<sup>(1)</sup> (< 20 mg/L) de nitrogênio amoniacal, constatando-se assim neste empreendimento um forte desafio em atender aos níveis de restrição definidos no processo de licenciamento;
- Os resultados obtidos demonstram a possibilidade de dragagem para remoção de sedimentos contaminados de forma sustentável;
- No aspecto operacional, o tratamento aplicado pela Nalco incrementou a taxa de sedimentação nas células, possibilitando a redução do período de execução da dragagem, o que permitiu redução de custos operacionais.

## REFERÊNCIAS

- 1 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 28 jun 2011.
- 2 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 28 jun 2011.
- 3 CONSULTORIA, PLANEJAMENTO E ESTUDOS AMBIENTAIS – CPEA (São Paulo). Esclarecimentos e Informações Técnicas para atendimento das exigências 42 da licença ambiental de instalação da Fase II: Informação Técnica 452 – CPEA 034/06. 2006.29p.
- 4 FLYNN, D. Nalco Water Handbook. Chicago: McGraw Hill, 2009.
- 5 SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual 8.468 de 08 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio-ambiente. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>>. Acesso em 28 jun 2011.