



## COTEQ-038 AVALIAÇÃO BACTERIOLÓGICA DE DRENOS DE ROCHA – UM FATOR DE RISCO PARA A SEGURANÇA DE GRANDES BARRAGENS

Leonilda Correia dos Santos<sup>1</sup>, René Diomar Fernandes<sup>2</sup>, Francisca  
Pessoa Franca<sup>3</sup>, Mavara B. Stecanella<sup>4</sup>, Nora Díaz Mora<sup>5</sup>

Copyright 2007, ABENDE, ABRACO e IBP

Trabalho apresentado durante a 9ª. COTEQ – Conferência Internacional sobre Tecnologia de Equipamentos, em Salvador/BA, no mês de junho de 2007.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

### Sinopse

---

As causas mais frequentes das falhas de barragens relacionam-se com a interação fundação-estrutura, percolação e erosão da fundação, fraturas, degradação da rocha na formação do reservatório, fenômenos térmicos da solidificação do concreto, falhas de projeto e de execução, e controle de qualidade inadequado. Os drenos instalados nas barragens são projetados para interceptar a percolação e reduzir as pressões que possam se desenvolver ao longo de desníveis ou fendas. Na Usina Hidrelétrica de Itaipu (UHI), os sistemas de drenagem são vistoriados para detectar substâncias químicas, desenvolvimento de microorganismos, corrosão e outras obstruções que possam entupir drenos. Neste trabalho, são apresentados os resultados da quantificação e caracterização de fungos e bactérias presentes em drenos de rocha da barragem da UHI com a finalidade de determinar a existência ou não da biodeterioração. Para tanto, 42 amostras de águas de drenos com biofilme, foram analisadas no Laboratório Ambiental da UHI e no Laboratório da Escola de Química da UFRJ. Entre os microorganismos que poderiam contribuir significativamente para a deterioração da barragem, foram encontradas aqui bactérias redutoras de sulfato, bactérias oxidantes de enxofre ou seus compostos como sulfeto, bactérias heterotróficas, fungos e líquens.

### Introdução

---

Como resultado do monitoramento periódico da barragem da UHI, uma avaliação técnica recente das estruturas civis da mesma revelou que o envelhecimento do concreto utilizado na construção da obra, encontra-se dentro dos parâmetros de normalidade. Entretanto, obras desse tipo pelas suas características, exigem uma particular atenção no que diz respeito à segurança, estabilidade e funcionalidade da obra, prevenção e correção de problemas devido à existência de um risco potencial de possibilidade de falha, mesmo adotando-se todos os procedimentos corretos de manutenção. O presente trabalho quantifica e caracteriza fungos e bactérias presentes em drenos de rocha da barragem da UHI com a finalidade de determinar a existência ou não da biodeterioração.

---

<sup>1</sup> Mestre, Farmacêutica Bioquímica – ITAIPU BINACIONAL/UNIOESTE

<sup>2</sup> Biólogo – ITAIPU BINACIONAL

<sup>3</sup> Doutora, Farmacêutica Química – Escola de Química – UFRJ

<sup>4</sup> Acadêmica de Engenharia Mecânica – UNIOESTE (Universidade Estadual do Oeste do Paraná)

<sup>5</sup> Doutora, Engenheira de Materiais - UNIOESTE (Universidade Estadual do Oeste do Paraná)

## 1. Metodologia

### 1.1 Descrição do Local de Coleta

As amostras de água provenientes dos drenos de Rocha instalados ao longo barragem da Usina Hidrelétrica de Itaipu foram coletadas em frasco estéril; sendo esta coleta realiza em um único dia nos mês de agosto do ano de 2004, com a finalidade de evitar que condições ambientais interferissem nas análises.

### 1.2 Análises realizadas nas amostras

As análises foram realizadas no Laboratório Ambiental da Itaipu Binacional e no Laboratório da Escola de Química da UFRJ.

Para cada amostra foram realizadas as seguintes análises:

- Quantificação de Bactérias Aeróbias Heterotróficas, pela Técnica de Pour plate.
- Quantificação de Bactérias Anaeróbias, pela Técnica de Pour plate.
- Quantificação de Bactérias que eliminam H<sub>2</sub>S, pela Técnica de Pour plate.
- Identificação de Bactérias Aeróbias, de acordo com os procedimentos descritos por SANTOS (1999).
- Quantificação de Fungos, pela Técnica de Pour plate.
- Exame à fresco, microscópico, do biofilme.
- Identificação de Fungos, de acordo com os procedimentos descritos por SANTOS (1999).
- Quantificação de Bactérias Sulfato Redutoras realizada pela técnica do Número Mais Provável (NMP), usando o meio de Postgate E modificado. Incubação a 30±1°C/28 dias.
- Quantificação de Bactérias que eliminam Ácidos pela técnica do Número Mais Provável (NMP), usando meio de cultura específico. Incubação a 30±1°C/15 dias.
- Pesquisa de *Acidithiobacillus* sp.

## Resultados Obtidos

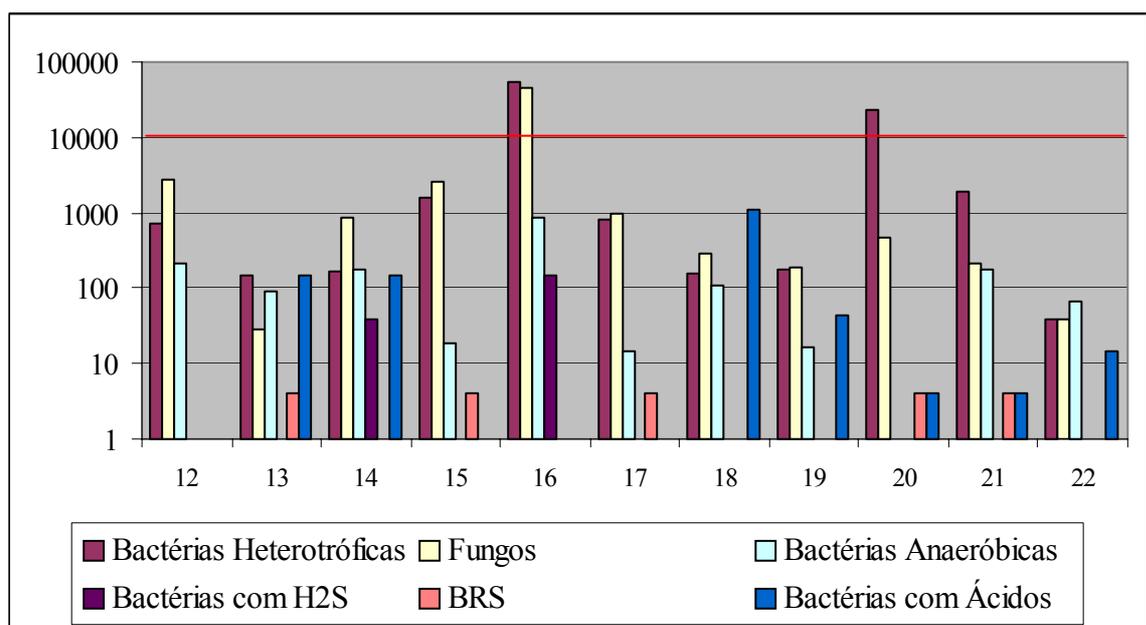
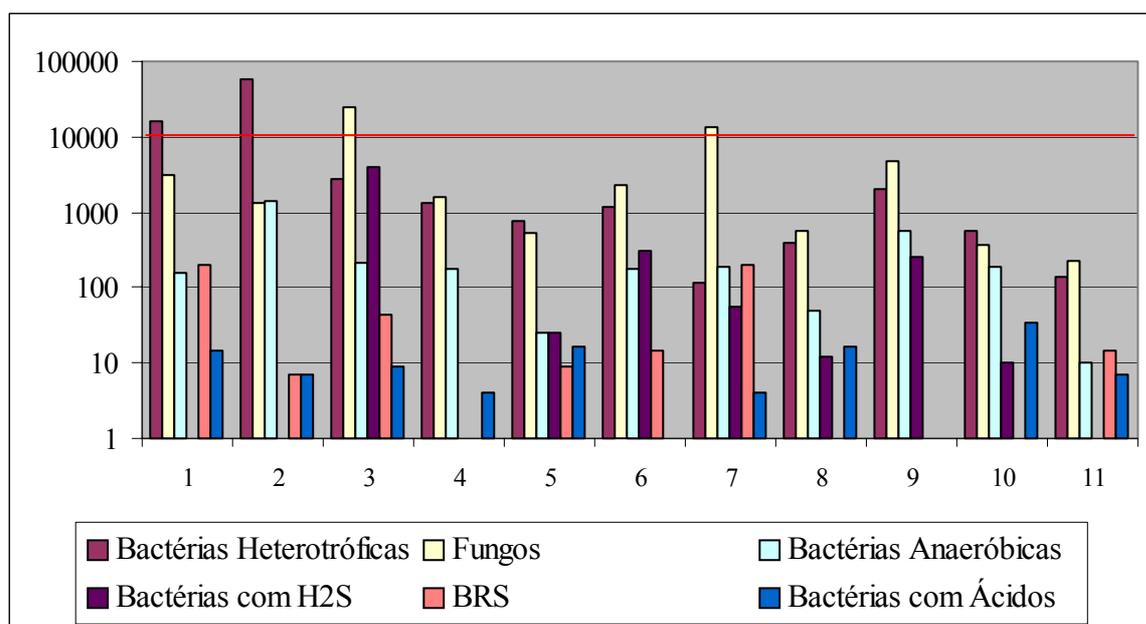
No exame a fresco realizado dos biofilmes foram observados: bactérias, fungos, algas, protozoários, ovos e larvas de nematódeos e materiais particulados. Assim, na TABELA 1 são apresentados os resultados em valores máximos, mínimos e médios da contagem de Bactérias Aeróbias Heterotróficas, Fungos, Bactérias Anaeróbicas e na TABELA 2 são apresentados os resultados em valores máximos, mínimos e médios da contagem Bactérias Anaeróbicas produtoras de H<sub>2</sub>S, Bactérias Redutoras de Sulfato (BRS) e Bactérias produtoras de ácidos, em biofilmes coletados 2004 em drenos de rocha da barragem da UHI. Esses resultados podem ser melhor visualizados nos diagramas de barras das FIGURAS 1 a 4.

TABELA 1 - Valores mínimos, máximos e média para a quantificação de Bactérias Heterotróficas, Fungos e Bactérias Anaeróbicas em Biofilmes coletados em drenos de rocha, em 30/08/04.

Drenos	Bactérias Heterotróficas (UFC/g)			Fungos (UFC/g)			Bactérias Anaeróbicas (UFC/g)		
	mínimo	máximo	média	mínimo	máximo	média	mínimo	máximo	média
1-11	1,1x10 <sup>2</sup>	5,8 x10 <sup>4</sup>	7,8x10 <sup>3</sup>	2,3 x10 <sup>2</sup>	2,4 x10 <sup>4</sup>	4,7 x10 <sup>3</sup>	2,6 x10	1,4x10 <sup>3</sup>	2,9 x10 <sup>2</sup>
12-22	3,9x10	5,5x10 <sup>4</sup>	7,6 x10 <sup>3</sup>	2,9 x10	4,5 x10 <sup>4</sup>	9,0 x10 <sup>3</sup>	0	8,5 x10 <sup>2</sup>	1,5 x10 <sup>2</sup>
23-33	8,7x10	3,3 x10 <sup>4</sup>	4,9 x10 <sup>3</sup>	6,3 x10	1,1 x10 <sup>4</sup>	1,8 x10 <sup>3</sup>	0	6,7 x10 <sup>2</sup>	1,5 x10 <sup>2</sup>
34-42	1,1 x10 <sup>2</sup>	5,0 x10 <sup>4</sup>	1,0x10 <sup>4</sup>	4,2 x10	7,7x10 <sup>3</sup>	1,6 x10 <sup>3</sup>	0	1,7 x10 <sup>2</sup>	9,7 x10

TABELA 2 - Valores mínimos, máximos e média para a quantificação de Bactérias Anaeróbicas produtoras de H<sub>2</sub>S, Bactérias Redutoras de Sulfato (BRS) e Bactérias produtoras de ácidos em Biofilmes coletados em drenos de rocha em 30/08/04.

Drenos	Bactérias com H <sub>2</sub> S (UFC/g)			BRS (cels/g)			Bactérias com Ácidos (cels/g)		
	mínimo	máximo	média	mínimo	máximo	média	mínimo	máximo	média
1-11	0	3,9 x10 <sup>3</sup>	4,1 x10 <sup>2</sup>	0	2,0 x10 <sup>3</sup>	2,0 x10 <sup>2</sup>	0	3,5 x10	1,0 x10
12-22	0	1,4 x10 <sup>2</sup>	1,7 x10	0	4	2	0	1,1 x10 <sup>3</sup>	1,4 x10 <sup>2</sup>
23-33	0	6,4 x10	1,2 x10	0	1,4 x10 <sup>3</sup>	1,3 x10 <sup>2</sup>	0	1,1x10 <sup>3</sup>	1,0 x10 <sup>2</sup>
34-42	0	1,4 x10 <sup>2</sup>	3,4 x10	0	7	1,2	0	7,5 x10	1,0x10



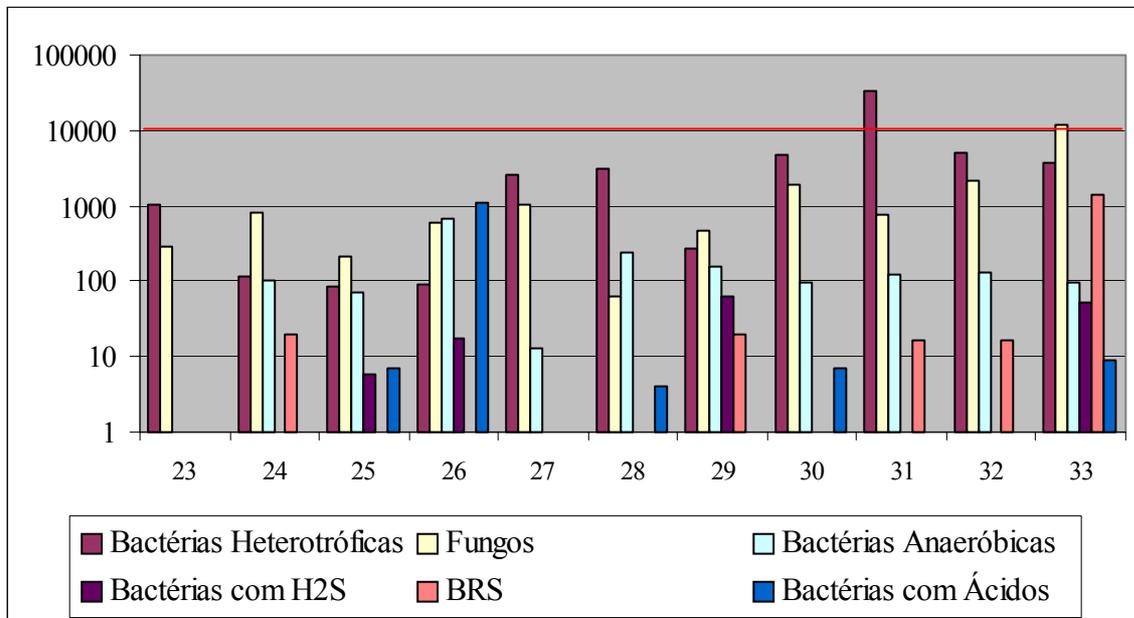


FIGURA 3 – Análises microbiológicas nos drenos 23-33.

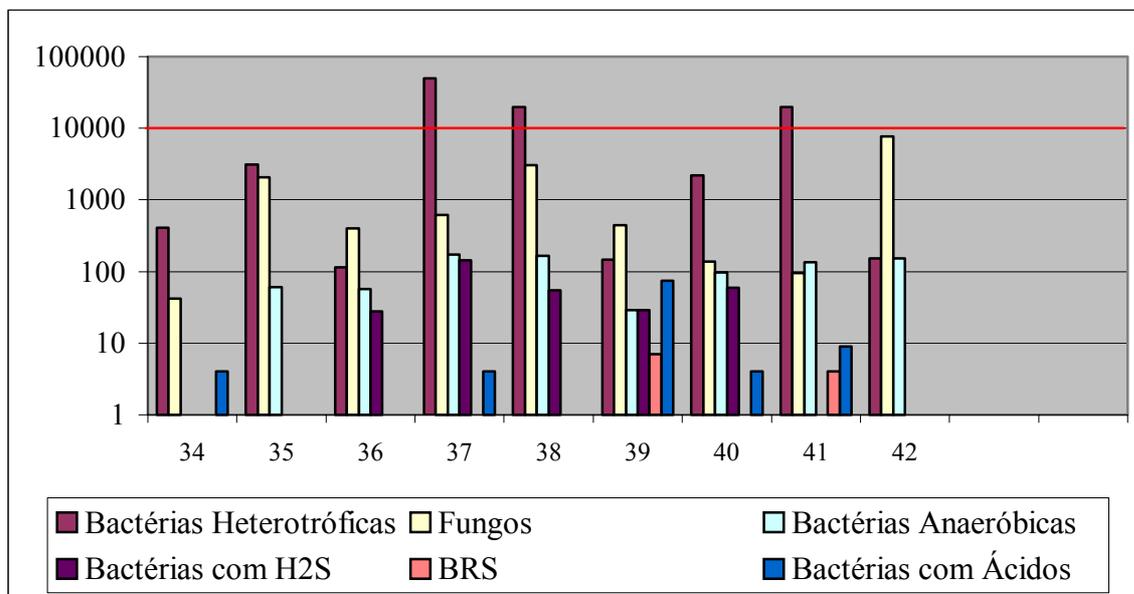


FIGURA 4 – Análises microbiológicas nos drenos 34-42.

Da observação da TABELA 1 e TABELA 2 e das FIGURAS de 1 a 4 observa-se que quantificação de bactérias heterotróficas varia de  $10^1$  a  $10^4$  UFC/g, Bactérias Anaeróbicas de 0 a  $10^3$  UFC/g, Bactérias Anaeróbicas produtoras de  $H_2S$  de 0 a  $10^3$  UFC/g, Bactérias Redutoras de Sulfato (BRS) de 0 a  $10^3$  UFC/g e Bactérias produtoras de ácidos de 0 a  $10^3$  UFC/g respectivamente

Os principais gêneros e espécies de bactérias encontrados nos drenos de rocha foram: *Proteus* sp., *Pseudomonas* sp., *Staphylococcus* sp., *Escherichia coli*, *Citrobacter* sp., *Serratia* sp., *Enterobacter* sp., *Providencia* sp.. E os principais gêneros de fungos encontrados nos drenos de rocha foram: *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., Leveduras, *Mucor* sp., *Rhodotorula* sp., *Penicillium* sp.. Nas 42 amostras de biofilme coletadas dos drenos a pesquisa de *Acidi-thiobacillus* sp. foi positiva para todas as amostras.

Para a análise dos resultados obtidos aqui é possível utilizar-se os valores indicativos da atividade dos microorganismos no concreto, normalmente encontrados em obras civis seja no nível do solo ou subterrâneas citados PALERMO *et al* (1997). Esses valores são apresentados na Tabela 3. Considerando os valores de referencia da TABELA 3, pode-se dizer que o processo de biodeterioração está controlado, pois apresenta valores abaixo do valor de referência.

TABELA 3: Fatores conhecidos do processo da biodeterioração.

Microorganismos	(*) Concentração	Observação
<b>Thiobacillus thioparus</b> (NMP <sup>1</sup> )	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>9</sup>	(*) (em 100 g de amostra seca) valores observados em pesquisas de SHIRAKAWA, 1994 e USP/PCC – RT CPqDCC n.,1997.  (**) correlação positiva entre o <i>T. thiooxidans</i> na superfície de concreto e o respectivo grau de corrosão segundo SAND <i>et al</i> (1983); corrosão desprezível para < 10 <sup>3</sup> . Corrosão média para 10 <sup>3</sup> – 10 <sup>5</sup> . Corrosão severa para 10 <sup>6</sup> - 10 <sup>8</sup> .
<i>T. thiooxidans</i> (NMP) (**)	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>8</sup>	
<i>T. ferrooxidans</i> (NMP)	-	
Fungos (UFC <sup>2</sup> )	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>7</sup>	
Bactérias heterotróficas (UFC)	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>8</sup>	
Bactérias Redutoras de Sulfato - BRS (NMP)	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>9</sup>	

<sup>1</sup>NMP – Número Mais Provável.

<sup>2</sup>UFC – Unidade Formadora de Colônia.

Fonte: PALERMO *et al* (1997).

## Conclusões

O processo de biodeterioração não é um fator de risco para a segurança da barragem, isto ocorre por ser uma barragem ainda jovem e os valores apresentados serem baixos.

Como medida preditiva deve-se realizar um acompanhamento periódico do monitoramento microbiológico dos biofilmes dos drenos.

Como próxima etapa do trabalho, será realizada a quantificação dos ácidos-thiobacillus.

## Referências bibliográficas

CORAUCCI FILHO, Bruno. **Corrosão microbiológica em tubos de concreto**. 1982. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, 1982.

FRANÇA, F. P.de; LUTTERBACH, M. T. S. **Monitoramento de formação de biofilmes em água de refrigeração industrial em sistema aberto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, Rio de Janeiro, 2004. **Anais ...** Rio de Janeiro: ABRACO, 2004. P.585-591.

KUMAR Rakesh; KUMAR, Anuradha V. **Biodeterioration of stone in tropical environments: na overview**. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1999.

PALERMO, G. HELENE, P.; ROSSETO, C.M. **Deterioração microbiológica em obras subterrâneas urbanas: contribuição para a compreensão** In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, Porto Alegre, 1997 **Anais...** Porto Alegre:UFRGS,1997.

SANTOS, Leonilda Correia dos. **Laboratório ambiental**. Cascavel: EDUNIOESTE, 1999.

SANTOS, Leonilda Correia dos. **Estudo quantitativo automatizado no monitoramento de microorganismos ambientais em drenos da barragem de concreto de Itaipu**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET-PR., Curitiba, 2002.