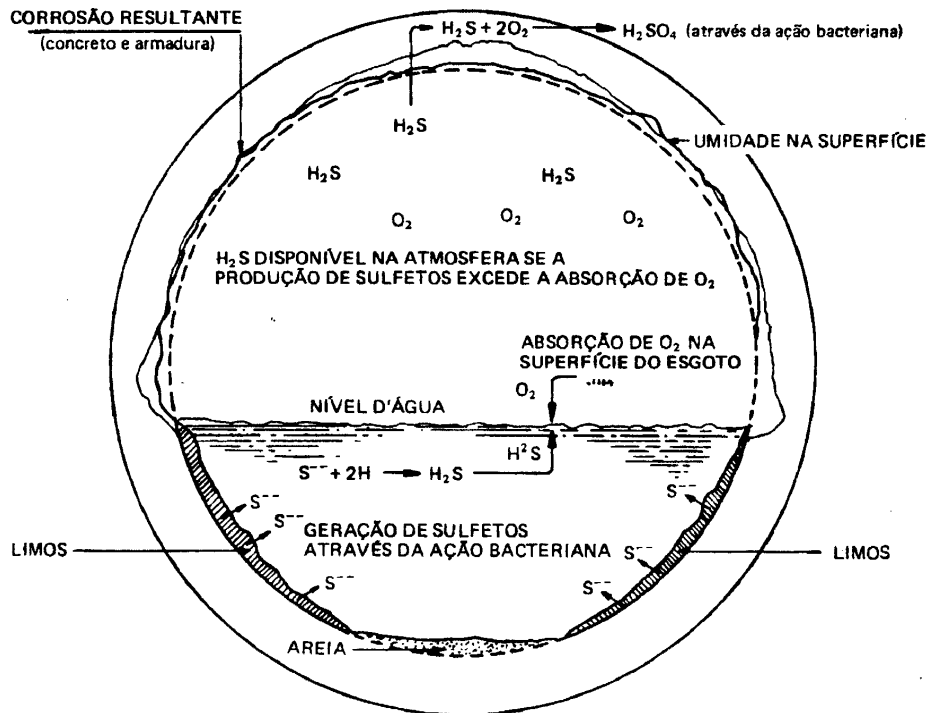


## EXEMPLO Nº 126

**ESTRUTURA :** Tubos de concreto armado usados em esgoto

**DEGRADAÇÃO :** Corrosão do concreto e formação de gesso na parte superior do tubo.

**ESQUEMA:**



Esquema didático da corrosão de um duto de concreto por ação dos sulfatos do esgoto, segundo Ludwig, Russel G. e Almeida, Sérgio A Sá, ver [82]


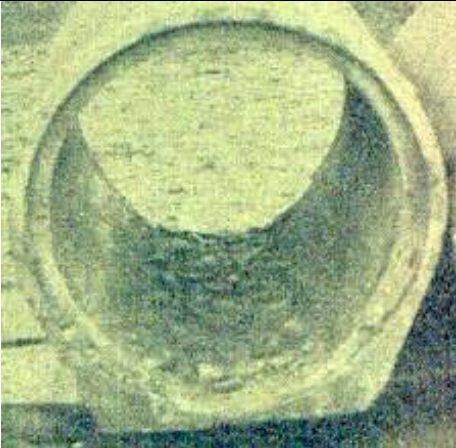

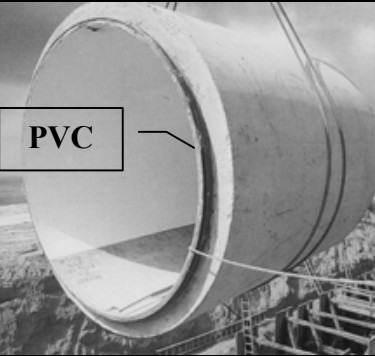
**CAUSA DA CORROSÃO :** Ação química do gás sulfídrico sobre o concreto . A falta de ventilação permite o acúmulo de gás sulfídrico dentro dos dutos de esgoto. A ventilação forçada é difícil pois o gás, a ser retirado dos dutos de esgoto, é o gás sulfídrico , que tem o conhecido odor de ovo podre.

A seqüência das reações químicas é a seguinte , segundo [82]:

- A água potável contém alguma quantidade de sulfatos que é aumentada durante seu uso por residências e por algumas indústrias.
- Bactérias redutoras de sulfatos necessitam de oxigênio para consumir a matéria orgânica existente na água do esgoto. Quando o oxigênio não está disponível , elas retiram o oxigênio dos íons sulfato  $SO_4^{(---)}$  , deixando livres os íons sulfeto  $S^{(---)}$ .
- A reação do sulfeto, com a água, resulta no gás sulfídrico  $H_2S$ , conhecido pelo seu cheiro característico de ovo podre.
- Esse gás liberado é absorvido pelas partes superiores do coletor de concreto , sendo novamente oxidado e transformado-se em ácido sulfúrico  $H_2SO_4$ .
- Esse ácido  $H_2SO_4$  ataca o concreto nas partes superiores do coletor , transformando o hidróxido de cálcio  $Ca.(OH)_2$ , do concreto em gesso ,  $CaSO_4.2H_2O$ .

O gesso cristaliza, na superfície do tubo de concreto. A cor é branca. Ver foto na página seguinte.

**EXEMPLO Nº 126 ( CONTINUAÇÃO )****ESTRUTURA :** Tubos de concreto armado usados em esgoto**DEGRADAÇÃO :** Corrosão do concreto e formação de gesso na parte superior do tubo.**ESQUEMA:**

	
Tubo de concreto após a corrosão do concreto pelo gás sulfídrico, que se forma no interior do esgoto.	Tubo de concreto após a corrosão do concreto por ácido, lançado por indústria química de tintas. Ver O. Graf [36]
	
Parte superior de tubo de concreto, corroído pelo gás sulfídrico dos esgotos. O gesso formado, cristaliza, com a cor branca, na superfície do tubo de concreto. Aparece ainda o resíduo da impermeabilização corroída. Ver Gebler [83].	Revestimento de PVC, com nervuras T para fixação ao concreto. O PVC protege o concreto da ação do gás sulfídrico, que se forma dentro dos esgotos pela ação de bactérias. Ver Ameron [84]

**SOLUÇÃO :**

- Em meio ambiente agressivo, como o que existe em um esgoto com atmosfera confinada, sem ventilação, proteger o concreto com revestimento de PVC, ver foto acima. Ver Ameron [84]
- Em meio agressivo ou pouco agressivo usar um concreto com traço adequado, como o abaixo indicado por K.Beer [85].

Teor mínimo de cimento RS, resistente a sulfatos	> 335 kg/m <sup>3</sup>
Teor de micro-sílica	≅ 17 kg/m <sup>3</sup>
Pedra	≅ 1130 kg/m <sup>3</sup>
Areia	≅ 744 kg/m <sup>3</sup>
Relação : água / (cimento +micro-sílica)	≅ 0,38
Superplastificante	de acordo com o abatimento (slump) desejado
Incorporador de ar	Não é necessário
Abatimento ( Slump)	75mm a 100mm
Massa específica	2220 kg/m <sup>3</sup> a 2490 kg/m <sup>3</sup>
Resistência à compressão ( fck)	> 38 MPa
Ensaio de permeabilidade ASTM C 1202	Q < 2000 Coulombs
Ensaio de profundidade de penetração da água no ensaio da norma brasileira NBNR 10787/94	Máximo 30mm

**EXEMPLO Nº 126 ( CONTINUAÇÃO )****ESTRUTURA :** Tubos de concreto armado usados em esgoto**OBSERVAÇÃO :** A definição do *grau de agressividade da água* ao concreto é feita, entre outras, pela norma alemã DIN 4030 e pela norma canadense CSA.

Item	Norma	Grau de agressividade de água		
		Fraco	Forte	Muito forte
pH	DIN 4030	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	abaixo de 4,5
CO <sub>2</sub> (mg/litro)	DIN 4030	15 - 30	30 - 60	acima de 60
Amonium ( NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (mg / litro)	DIN 4030	15 - 30	30 - 60	acima de 60
Magnésio ( Mg <sup>++</sup> ) (mg/litro)	DIN 4030	100 - 300	300 - 1500	acima de 1500
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) (mg/litro)	DIN 4030	200 - 600	600 - 3000	acima de 3000
	CSA	150 - 1000	1000 - 2000	acima de 2000
Conforme o grau de agressividade da água, são feitas recomendações para a composição e para algumas propriedades do concreto da estrutura.				
<b>Recomendações para o concreto</b>				
Item	Norma	Grau de agressividade de água		
		Fraco	Forte	Muito forte
Fator água/cimento	DIN 4030	no máx. 0,60	no máx. 0,50	proteger o concreto
	CSA	no máx. 0,50	no máx. 0,50	no máx. 0,45
Cobrimento das armaduras	DIN 4030	no mín. 3cm	no mín. 5cm	proteger o concreto
	CSA		no mín. 7,5 cm	no mín. 7,5cm
Profundidade de penetração da água nos ensaios.	DIN 1048	no máx. 50mm	no máx. 30mm	proteger o concreto
	NBR 10787/94	no máx. 50mm	no máx. 30mm	
Corrente elétrica no ensaio <b>ASTM C 1202</b>	CSA		Q < 2000 Coulombs	