



Encontro Técnico **AESABESP**

Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

34ETC-06403 - DEGRADAÇÃO POR ÁCIDO SULFÚRICO BIOGÊNICO EM UM CANAL DE EFLUENTE SANITÁRIO

Gabriella de Andrade Coni
Adriana Goncalves Costa
Lucas Geroldo Torres
Denise Koga

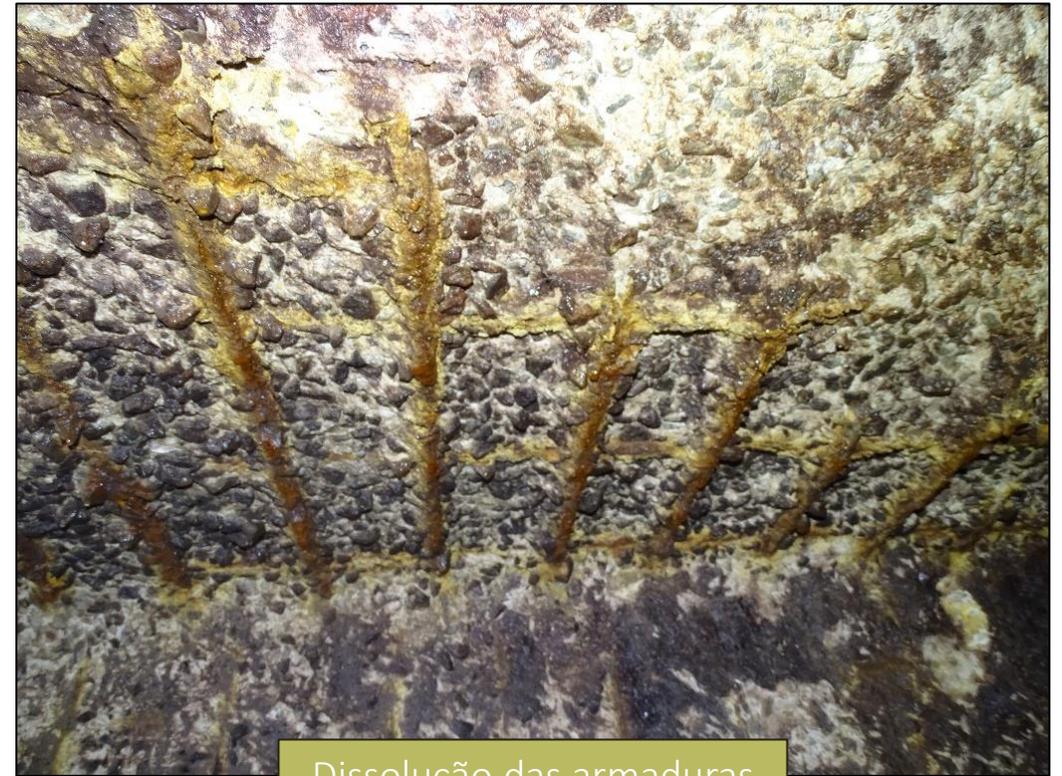
OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

0 CANAL - INSPEÇÃO

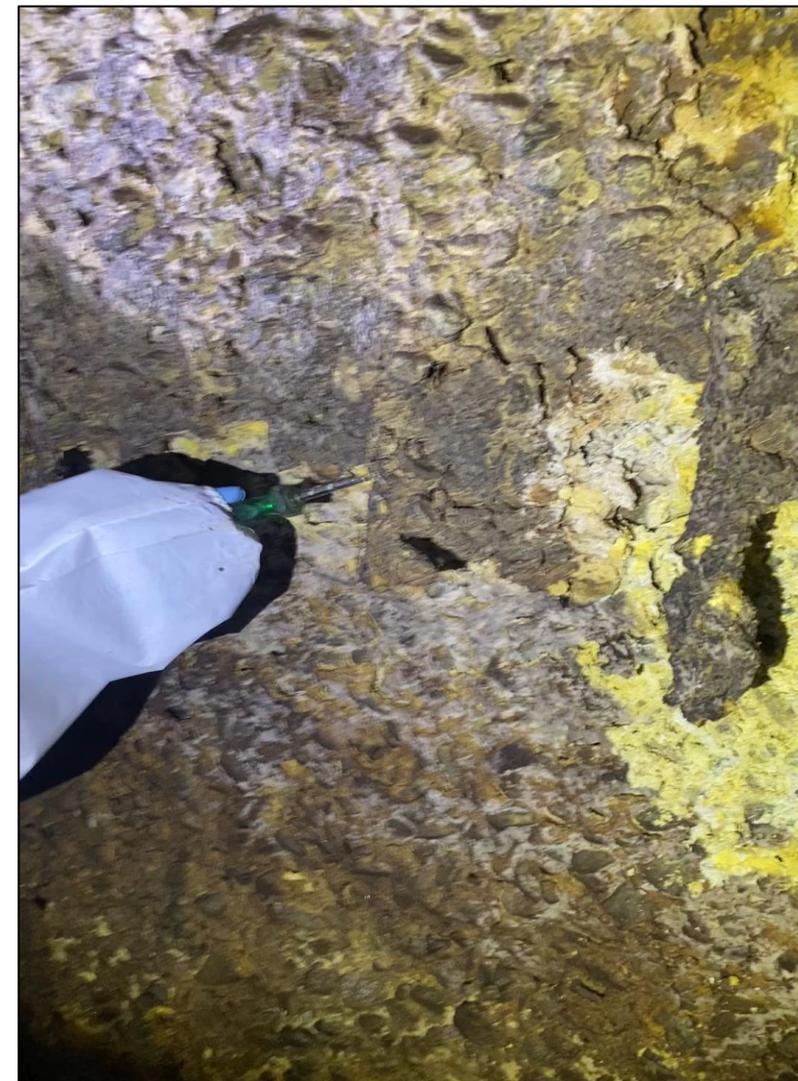


- **Época de Construção:** Década de 80
- **Extensão:** Aproximadamente 400 m
- **Profundidade:** Enterrado a cerca de 1,5 m
- **Dimensões Internas:** 2,5 m de largura x 2 m de altura
- **Espessura:** 30 cm (paredes e lajes)
- **Resistência à Compressão:** 15 MPa
- **Cobrimento das Armaduras:** 4,0 cm

0 CANAL - INSPEÇÃO

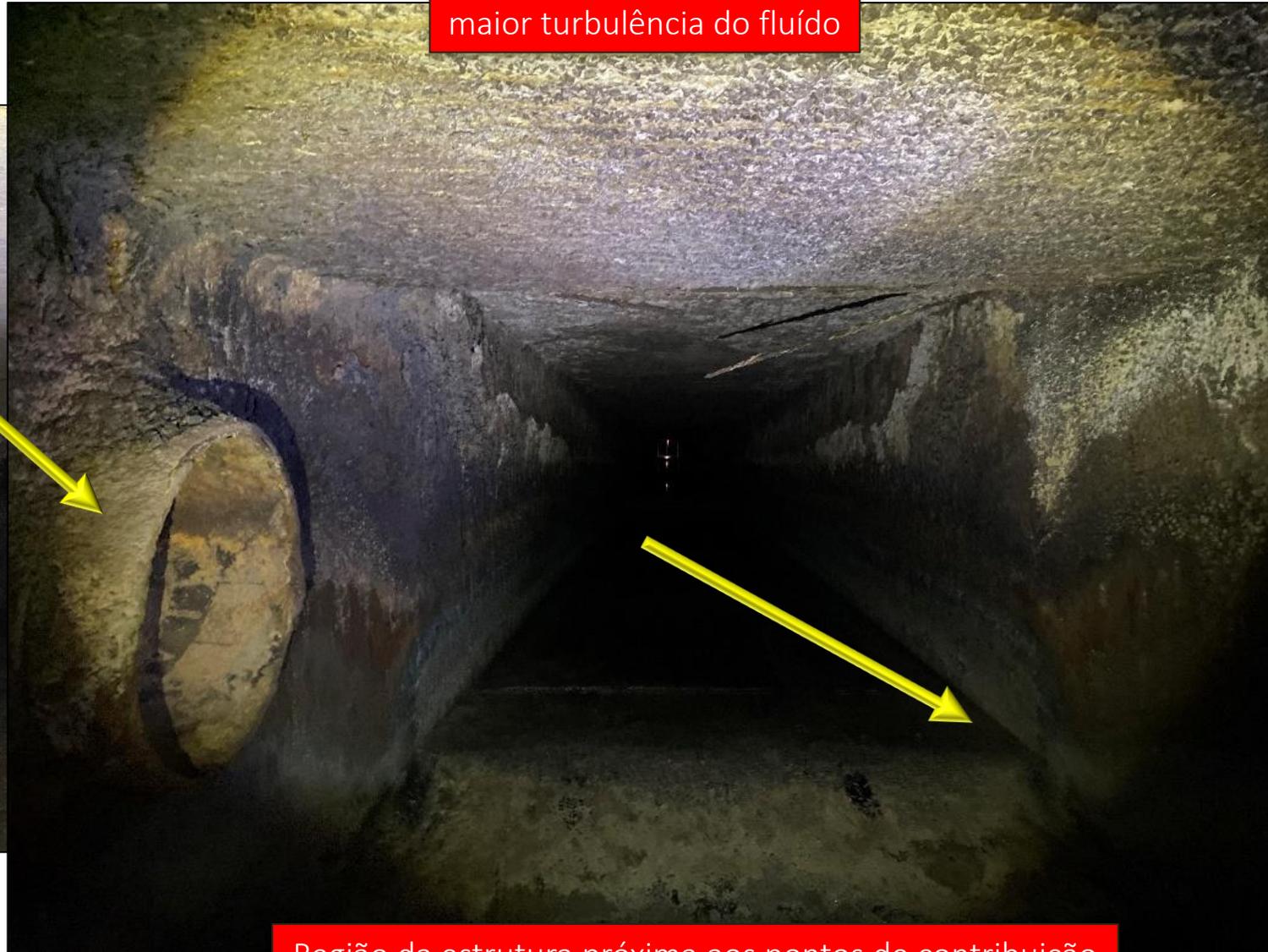


0 CANAL - INSPEÇÃO



O CANAL - INSPEÇÃO

maior turbulência do fluido



Região da estrutura próxima aos pontos de contribuição

Extração dos Testemunhos

Foram extraídos 3 testemunhos da laje de cobertura com comprimentos de 15 cm, 16,5 cm e 18 cm.



Em comparação com a espessura especificada em projeto, houve perda de até 15 centímetros.

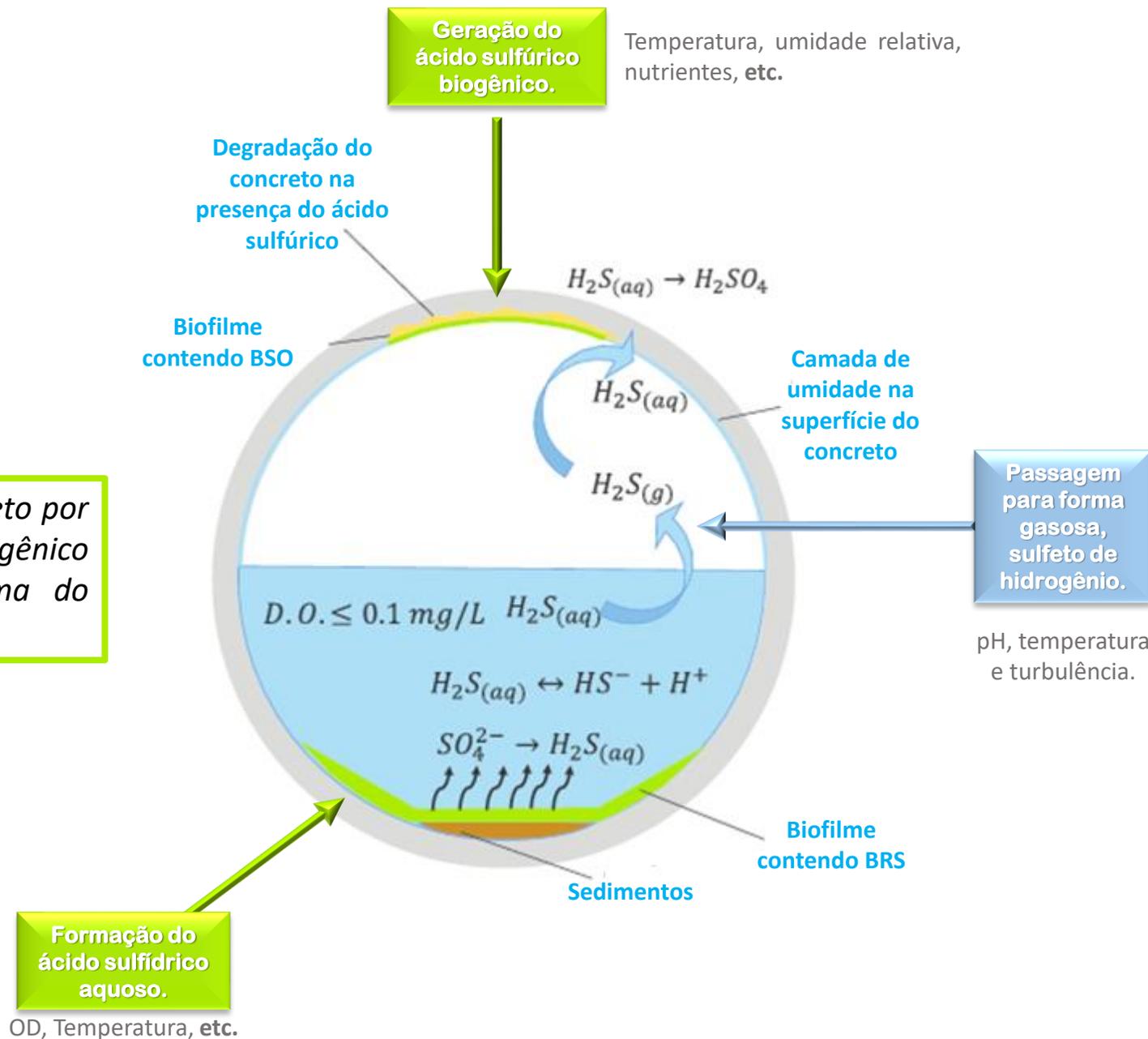


Ensaaios realizados

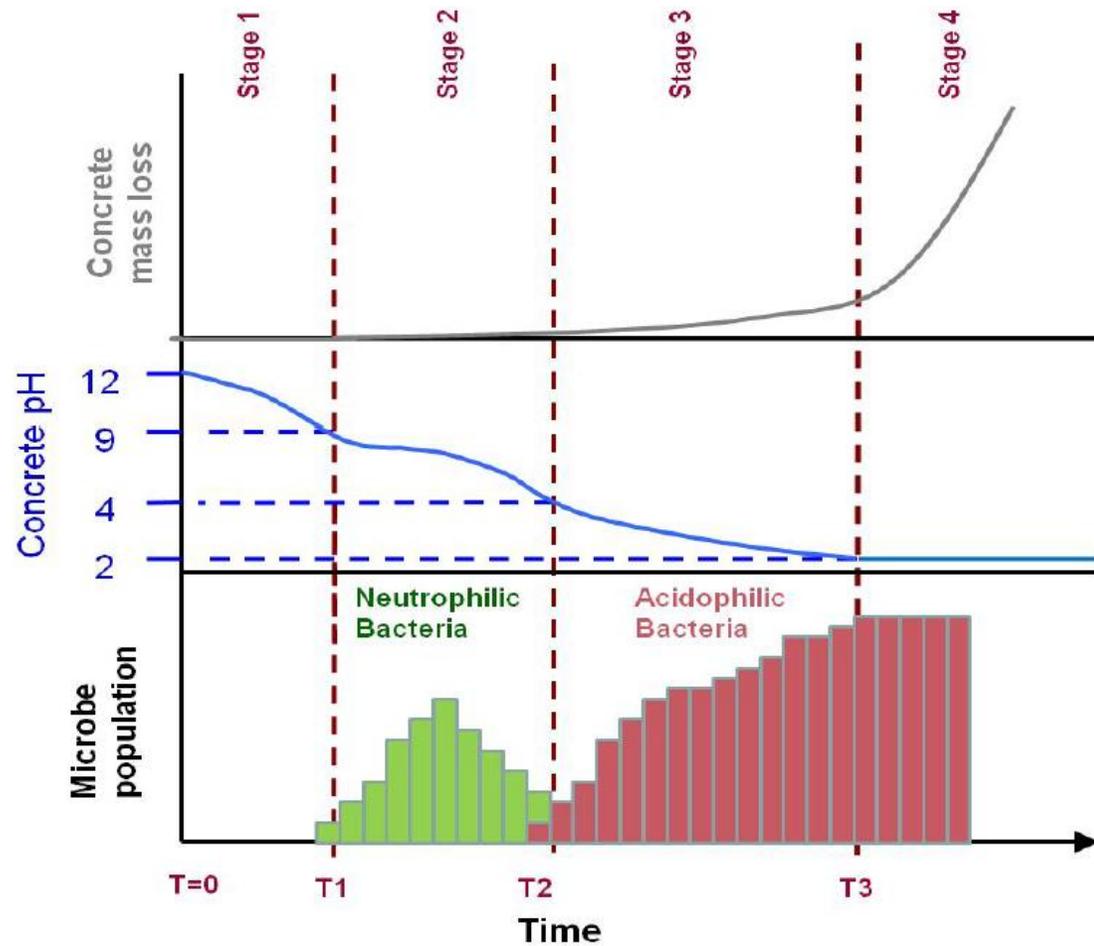
- Ensaio de resistência à compressão axial, conforme ABNT NBR 7680-1:2018;
- Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
- Análise mineralógica qualitativa por difração de raios X;



A degradação do concreto por ácido sulfúrico biogênico ocorre na região acima do nível do efluente.



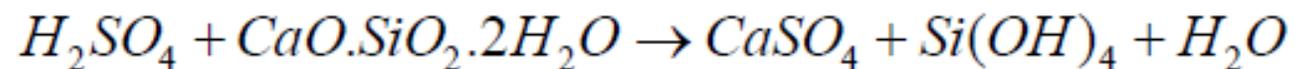
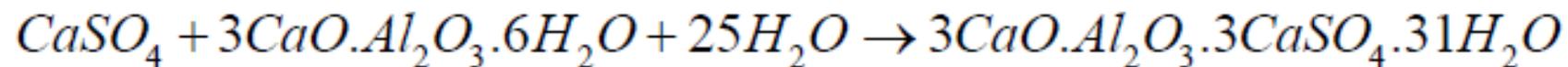
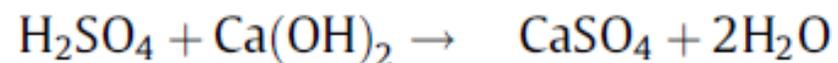
Bactérias sulfo-oxidantes



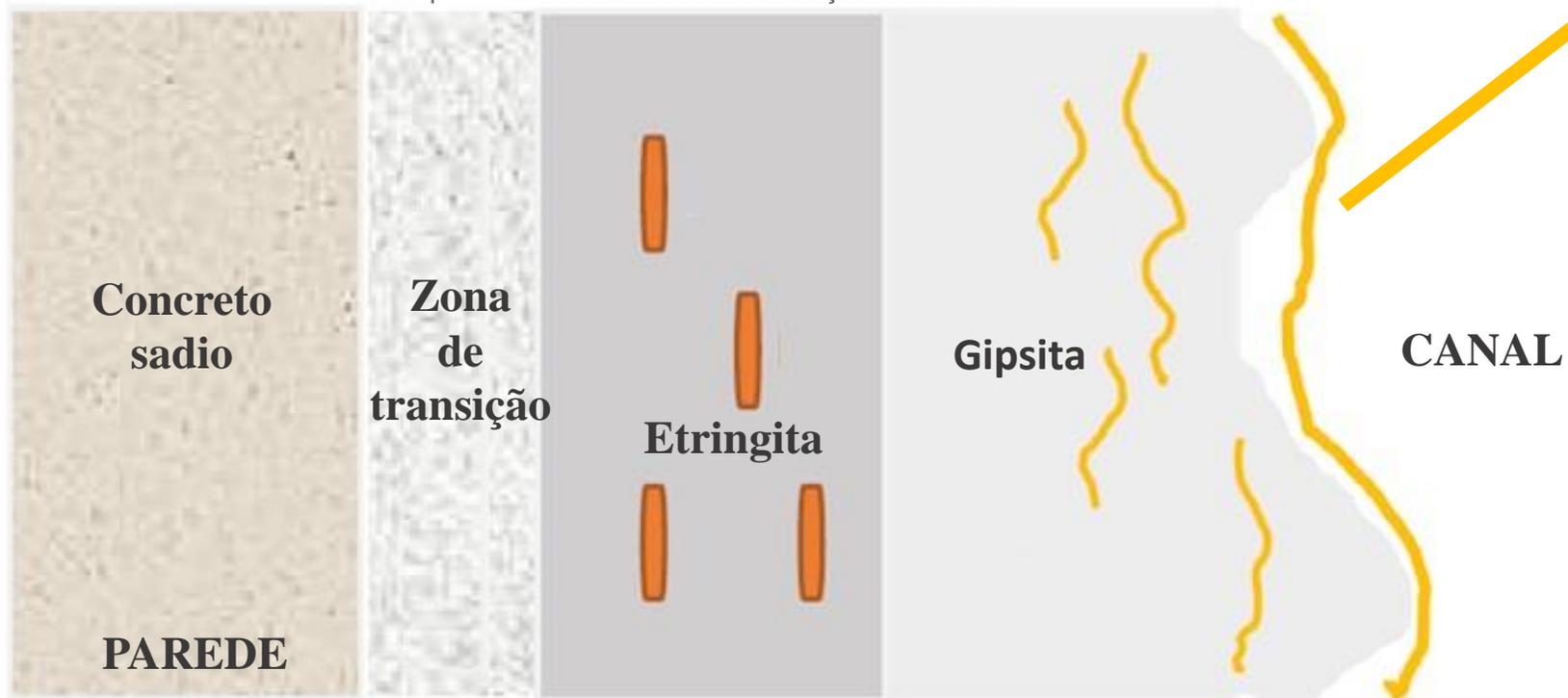
Fonte: Wells, Melchers, Bond, (2009).

SOB Species	pH range for growth	Sulfur substrate	Product
<i>Thiobacillus thioparus</i>	6–10	H ₂ S, S ⁰ , S ₂ O ₃ ²⁻	Polythionic acids, S ⁰
<i>Halothiobacillus neapolitanus</i> (former <i>Thiobacillus neapolitanus</i>)	6–8	S ⁰ , S ₂ O ₃ ²⁻	Polythionic acids, SO ₄ ²⁻
<i>Starkeya novella</i> (former <i>Thiobacillus novellus</i>)	6–8	S ₂ O ₃ ²⁻	S ⁰
<i>Starkeya intermedius</i>	5–7	S ₂ O ₃ ²⁻	Polythionic acids, SO ₄ ²⁻
<i>Thiobacillus plumbophilus</i>	4–6.5	H ₂ S	–
<i>Acidiphilium</i> spp. (former <i>Thiobacillus acidophilus</i>)	3–10	H ₂ S, S ⁰	SO ₄ ²⁻
<i>Thiomonas</i> spp. (former <i>Thiobacillus intermedius</i>)	3–9	H ₂ S, S ₂ O ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻
<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> (former <i>Thiobacillus ferrooxidans</i>)	~3	H ₂ S	S ⁰ , SO ₄ ²⁻
<i>Thiobacillus acidophilus</i>	~3	H ₂ S	S ⁰ , SO ₄ ²⁻
<i>Acidithiobacillus thiooxidans</i>	<3	H ₂ S, S ⁰	S ⁰ , S ₂ O ₃ ²⁻
<i>Sulfobacillus</i> spp.	1–3	H ₂ S, S ₂ O ₃ ²⁻	–
<i>Thermothiobacillus</i>	Poorly characterized	H ₂ S, S ₂ O ₃ ²⁻ , SnO ₆ ²⁻	SO ₄ ²⁻
<i>Metallibacterium</i> spp.	Poorly characterized		
<i>Burkholderiales</i> spp.	Poorly characterized		
<i>Sphingobacteriales</i> spp.	Poorly characterized		
<i>Xanthomonadales</i> spp.	Not cultured representative		

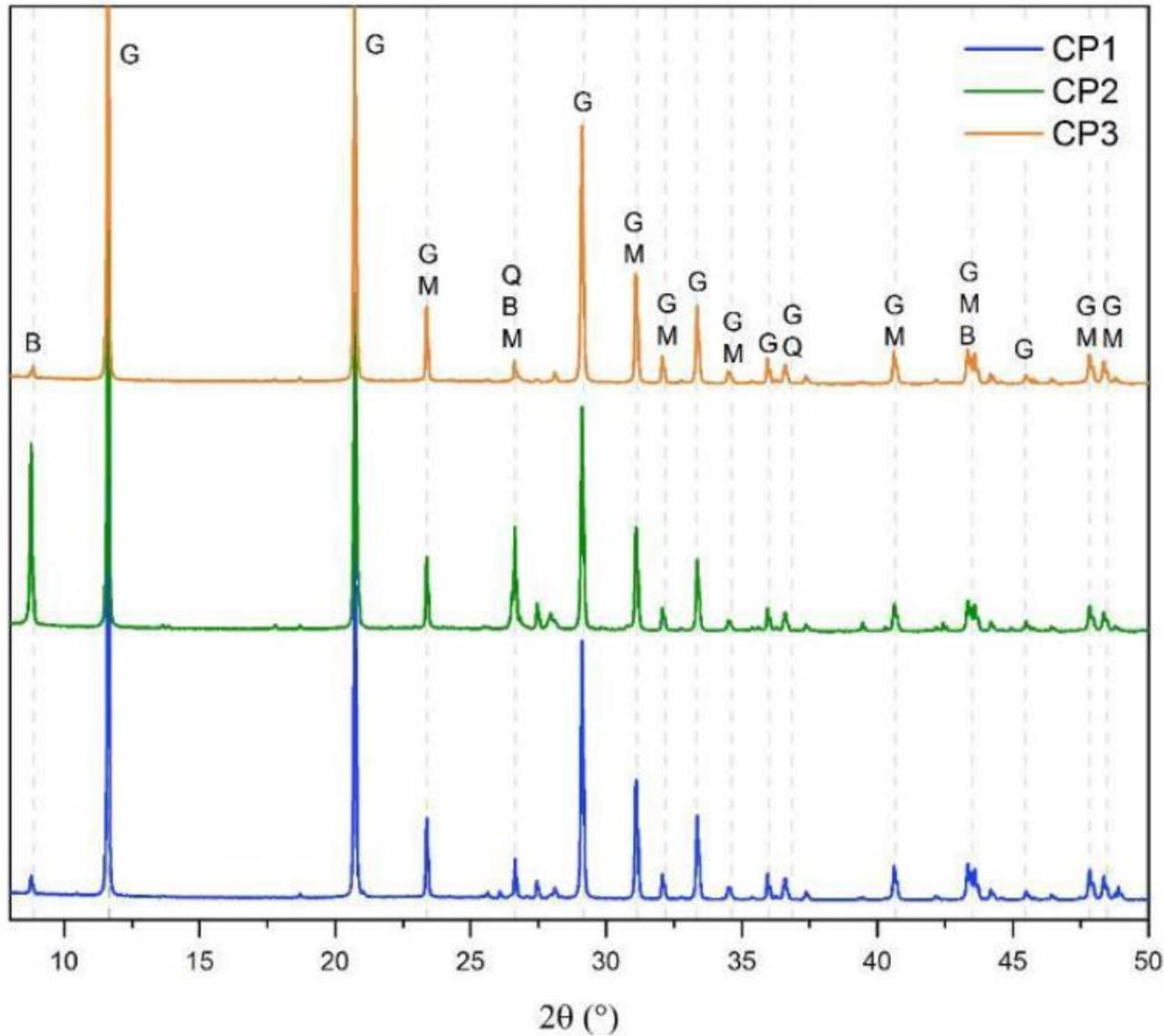
Fonte: Wu et al., (2020)



Desenho esquemático das camadas de alteração do concreto.



Resultados - Difração de Raios-X



O DRX (Difração de Raios-X) é utilizado para identificar as fases cristalinas que compõem a amostra.

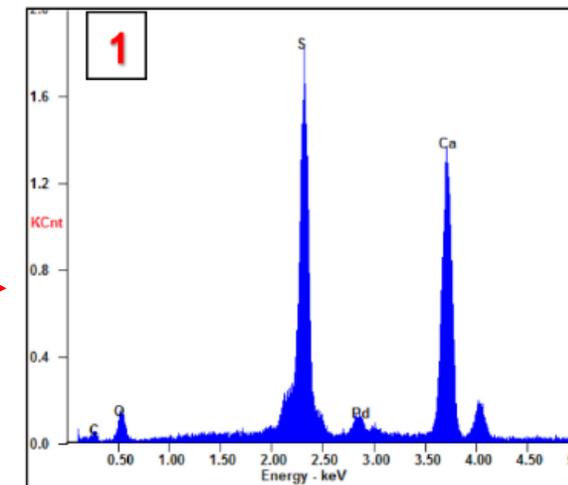
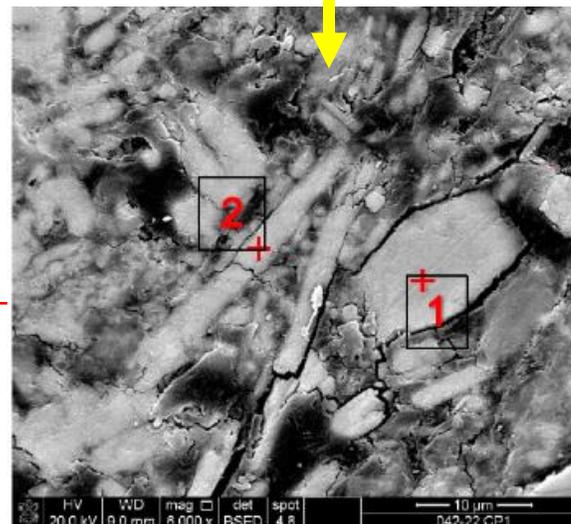
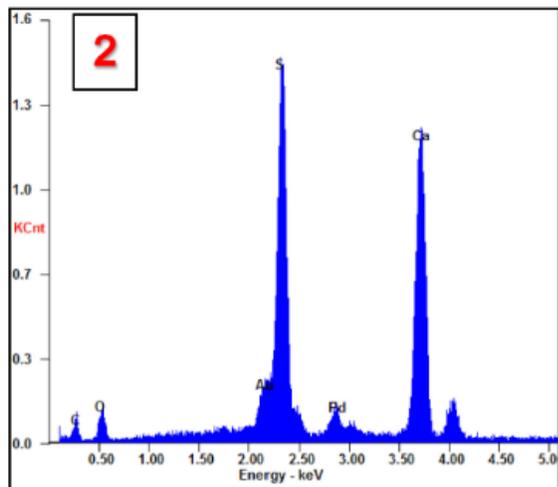
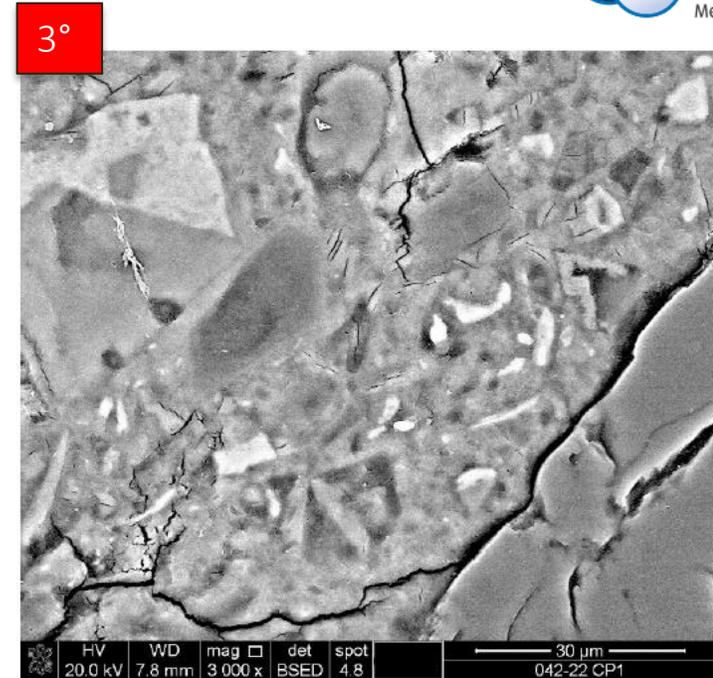
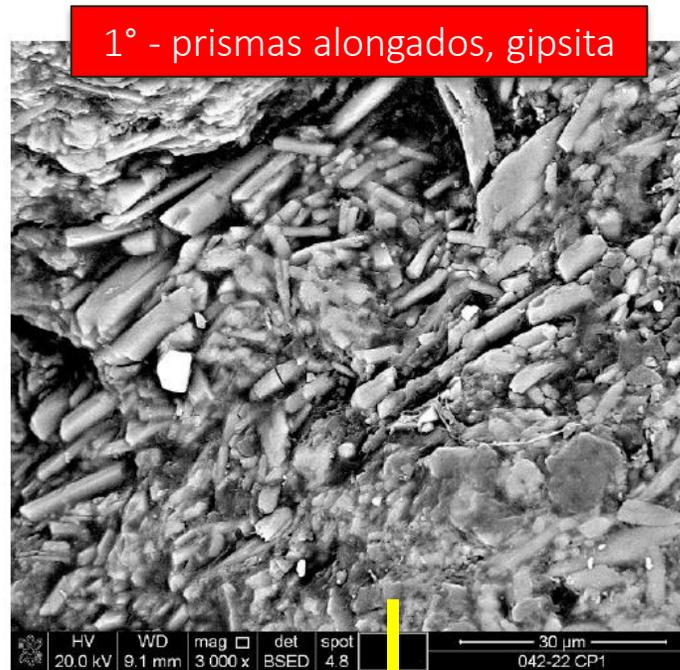
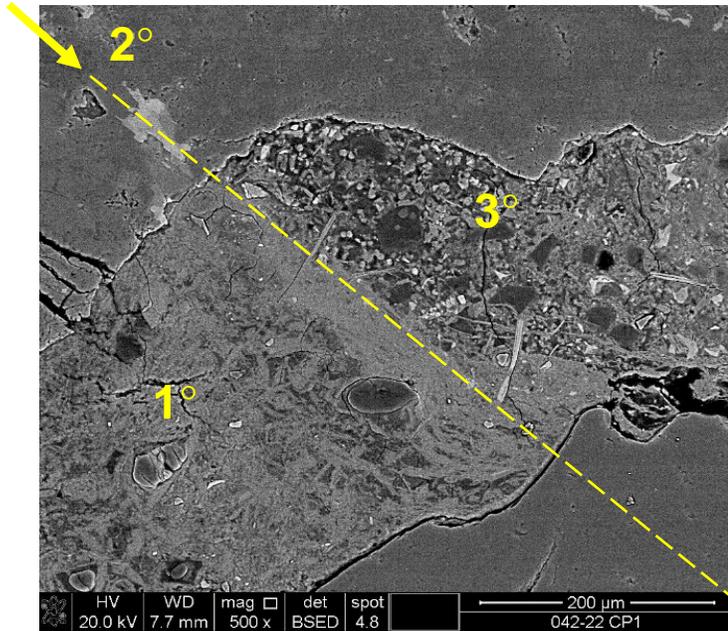
Legenda:

B - Biotita
G - Gipsita
M - Microclina
Q - Quartzo.

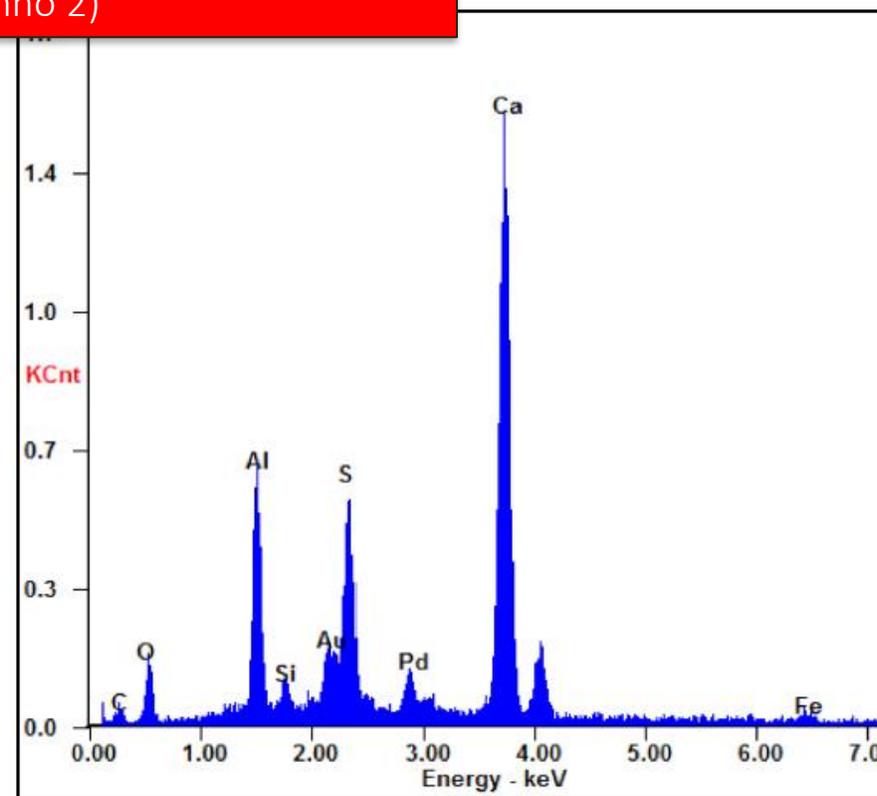
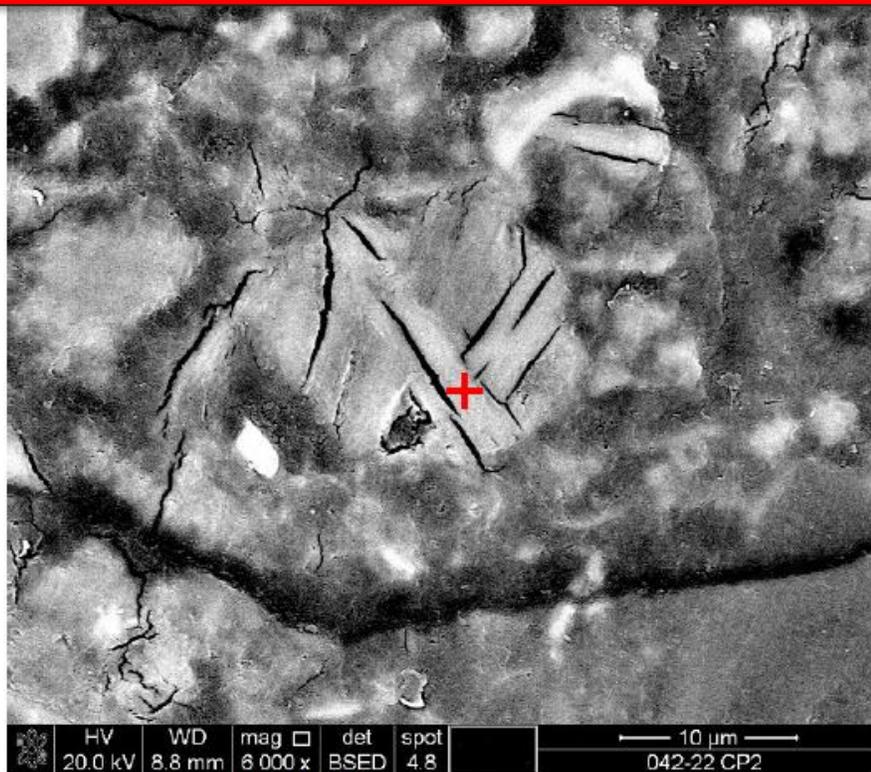
Resultados - Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)



Resultados - Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)



3° - Provável aglomerado de etringita (testemunho 2)



Resultados - Resistência à compressão

C.P. nº	k1	k2	k3	k4	Fator de correção	<i>f_{ci, ext}</i> (Mpa)
1	-0,04	0,09	0,00	0,00	1,05	38,2
2	-0,05	0,09	0,00	0,00	1,04	40,2
3	-0,05	0,09	0,00	0,00	1,04	41,7

k1: representa a relação altura pelo diâmetro do testemunho (h/d);

k2: representa o efeito do broqueamento, e é relacionado com o diâmetro do testemunho;

k3: Direção da extração e ensaio em relação ao lançamento do concreto;

k4: está relacionado com a umidade do testemunho;

Conclusões

- Confirmação da deterioração do concreto devido ao ácido sulfúrico biogênico.
- A degradação varia ao longo da estrutura, sendo mais intensa em áreas com maior turbulência do fluido.
- Predomínio de gipsita como produto do ataque.
- Após a zona de contaminação, o concreto mantém suas características mecânicas preservadas.
- Os ensaios desempenharam um papel fundamental no diagnóstico da estrutura e no estabelecimento das diretrizes para a recuperação.

Obrigada!

Gabriella Coni

Engenheira Civil (UCSAL)

Pós-graduada em Engenharia Geotécnica: Fundações e Obras (INBEC)

Mestranda Engenharia de Construção Civil e Urbana (POLI-USP).

E-mail: gconi@sabesp.com.br

REFERÊNCIAS

1. DAVIS, J. L. et al. Analysis of concrete from corroded sewer pipe. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 42, p. 75–84, 1998.
2. DUCHESNE, J; BERTRON, A. Leaching of cementitious materials by pure water and strong acids (HCl and HNO₃). In: *Performance of Cement-Based Materials in Aggressive Aqueous Environments: State-of-the-Art Report*, RILEM TC 211 - PAE, 2013.
3. GRENGG, C. Microbial induced acid corrosion in sewer environments. 2017. Doctoral Thesis. Graz University of Technology, 2017.
4. HOUSE, M. W; WEISS, W. J. Review of Microbially Induced Corrosion and Comments on Needs Related to Testing Procedures. *Proceedings of the 4th International Conference on the Durability of Concrete Structures*, p. 94-103, 2014.
5. JIANG, G et al. The role of iron in sulfide induced corrosion of sewer concrete. *Water research*, v.49, p. 166-174, 2013.
6. MORI, T et al. Interactions of nutrients, moisture, and pH on microbial corrosion of concrete sewer pipe. *Water Research*. v.26, pp 29-37, 1992.
7. O'CONNELL, M; MCNALLY, C; RICHARDSON, M.G. Biochemical attack on concrete in wastewater applications: A state of the art review. *Cem. Concr. Compos.* v.32, p. 479–485, 2010. doi:10.1016/j.cemconcomp.2010.05.001
8. SCRIVENER, K; BELIE, N. Bacteriogenic Sulfuric Acid Attack of Cementitious Materials in Sewage Systems. In : *Performance of Cement-Based Materials in Aggressive Aqueous Environments*, pp.305-318, 2013.
9. WELLS, T; MELCHERS, R.E; BOND, P. Factors involved in the long term corrosion of concrete sewers. In: *Annual Conference of the Australasian Corrosion Association*, 49th. 2009.
10. WU, M et al. Microbiologically induced corrosion of concrete in sewer structures: A review of the mechanisms and phenomena. *Construction and Building Materials*, v. 239, 2020.
11. WU, L; HU, C; LIU, W. The Sustainability of Concrete in Sewer Tunnel—A Narrative Review of Acid Corrosion in the City of Edmonton, Canada. *Sustainability*, v.10, 2018.