

# Deterioração do concreto em estações de tratamento de esgoto: caracterização do processo e meios de mitigação

**ANDRESSA GOBBI** - PROF. DRA. - <https://orcid.org/0000-0002-6696-3331> (andressagobbi@ufpr.br);

**JOÃO H. V. SANDRI** - ENG. - <https://orcid.org/0009-0007-8271-2560>; **EMANOEL C. ARAÚJO** - MESTRE - <https://orcid.org/000-0001-7825-3479>;

**ANA P. B. CAPRARO** - PROF. DRA. - <https://orcid.org/0000-0001-6270-6568>;

**MARCELO H. F. DE MEDEIROS** - PROF. DR. - <https://orcid.org/0000-0003-3112-9715> | **PPGEC-CESEC-UFPR**

**JUAREZ HOPPE FILHO** - PROF. DR. - <https://orcid.org/0000-0002-9645-6808> | **UFOB**

## RESUMO

**N**O BRASIL, APESAR DE 80,8% DO ESGOTO COLETADO SER TRATADO, MENOS DA METADE DA POPULAÇÃO EM QUASE TODAS AS REGIÕES DO PAÍS É ATENDIDA PELO SERVIÇO DE TRATAMENTO DE ESGOTO. ADEMAIS, ESTRUTURAS DE CONCRETO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO ESTÃO SUJEITAS A

UM AMBIENTE ALTAMENTE AGRESSIVO: O ÁCIDO SULFÚRICO BIOTÓGICO PRESENTE É MUITO CORROSIVO E PODE REDUZIR A VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS E AUMENTAR OS CUSTOS DE MANUTENÇÃO. ESTE ARTIGO ABORDA A DEGRADAÇÃO DO CONCRETO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE), DESCREVENDO OS PROCESSOS ENVOLVIDOS E APRESENTANDO OS PARÂMETROS

DE INFLUÊNCIA E MEDIDAS PARA MINIMIZAR OS EFEITOS. EMBORA A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA TENHA ESTABELECIDO METAS PARA MELHORAR O ACESSO À ÁGUA POTÁVEL E AUMENTAR A COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO, AINDA É NECESSÁRIO INVESTIR EM ESTUDOS PARA COMPREENDER MELHOR OS EFEITOS DA DEGRADAÇÃO DO CONCRETO E DESENVOLVER FORMAS DE MITIGAÇÃO.

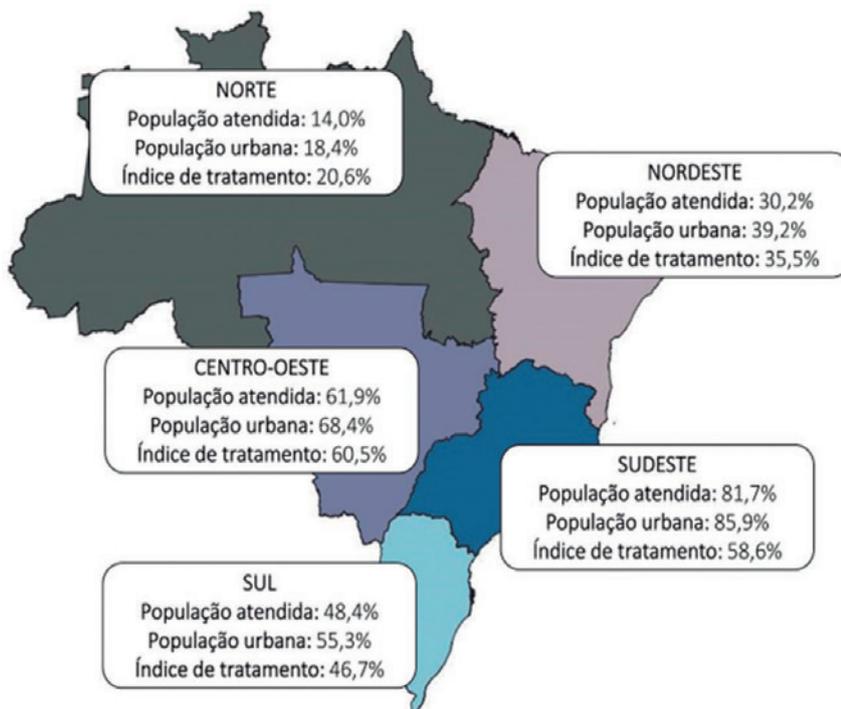
**PALAVRAS-CHAVE:** ÁCIDO SULFÚRICO BIOTÓGICO, CORROSÃO, CONCRETO ARMADO, DURABILIDADE.

## 1. INTRODUÇÃO

A infraestrutura de um país está relacionada aos serviços básicos da sociedade, por exemplo, transporte, telecomunicação, economia, saneamento, dentre outros. O 9º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ONU), “Indústria, inovação e infraestrutura”, trata do desenvolvimento da infraestrutura para apoiar o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano. O saneamento básico engloba a coleta urbana, destinação dos resíduos sólidos, abastecimento de água, manejo de águas pluviais e esgotamento sanitário.

No Brasil, conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), por meio da publicação intitulada “Diagnóstico Temático – Serviços de Água e Esgoto” (ano de referência 2021), foi observado que, do total de esgoto coletado de 4,9 bilhões de m<sup>3</sup>, 80,8% são tratados.

A população atendida, por região, com rede pública de esgoto é observada na Figura 1. A Figura 1 também apresenta a compilação de alguns dados do Diagnóstico



### FIGURA 1

PERCENTUAL DA POPULAÇÃO ATENDIDA, POPULAÇÃO URBANA E ÍNDICE DE TRATAMENTO

FONTE: ADAPTADO DE DIAGNÓSTICO TEMÁTICO – SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO (2022)

Temático, dentre eles, a população urbana atendida e o índice de tratamento de esgoto. É possível observar que, com exceção das regiões Sudeste e Centro-oeste, as demais atendem menos da metade da população com o sistema de tratamento de esgoto. Quanto à população urbana atendida, a região Sudeste lidera com aproximadamente 86%. No tocante ao índice de tratamento, que reflete a capacidade de tratamento, os valores encontraram-se entre 20,6 e 60,5%.

O Governo Federal sancionou, em 2020, o Novo Marco do Saneamento (Lei nº 14.026/2020) que tem por propósito garantir o acesso à água potável para 99% da população e atingir a marca de 90% em coleta e tratamento de esgoto até o ano de 2023. Portanto, é perceptível um cenário de demanda por obras de infraestrutura.

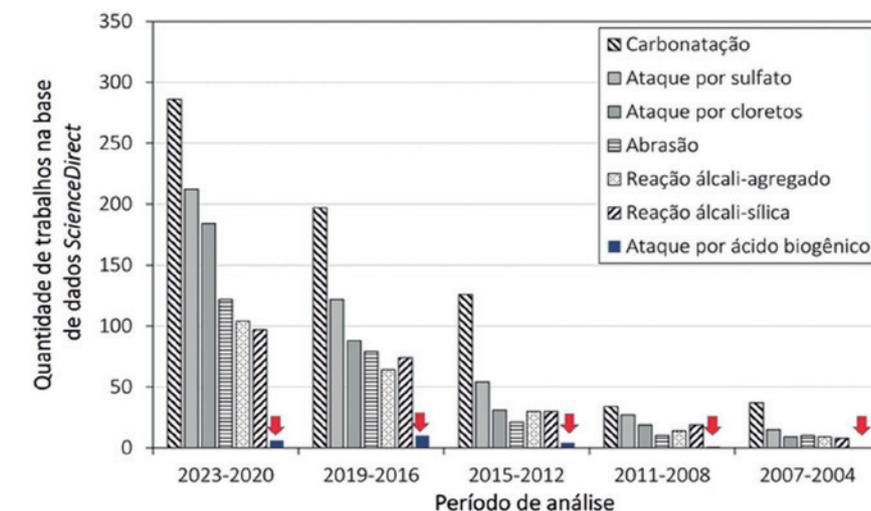
As estruturas de concreto expostas ao ambiente de estações de tratamento de esgoto (ETE), especialmente aquelas que utilizam a digestão anaeróbica, são submetidas ao microclima com concentrações elevadas de ácido sulfúrico biogênico ( $H_2SO_4$ ). Conforme a norma NBR 6118 (2014), o ambiente de ETE é classificado como classe de agressividade ambiental IV, com risco elevado de deterioração das estruturas.

O ataque do  $H_2SO_4$  degrada o concreto e reduz a vida útil das estruturas. Além disso, há um incremento dos custos com reparos para manutenção da sua funcionalidade. Em relação aos estudos na área de durabilidade do concreto, conforme revisão sistemática realizada na base de dados da *ScienceDirect* apresentada na Figura 2, nos últimos 20 anos (2004-2023), em comparação a outros tipos de ataques, o ataque por ácido biogênico é pouco estudado.

Desta forma, são necessários maiores esforços para o entendimento dos efeitos e formas de mitigação do ataque por ácido biogênico ao concreto e, dessa forma, minimizar os custos com recuperação, operação e vida útil das estruturas. Por fim, o objetivo deste trabalho é tratar da deterioração do concreto em ETEs, caracterizando os processos e apresentando formas de mitigação.

## 2. MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO DO CONCRETO EM ETE

A integridade do concreto de estruturas de tratamento de efluentes domésticos é posta à prova pela alta agressividade do

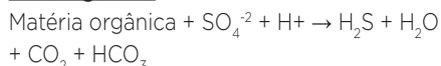


**FIGURA 2**

TRABALHOS CIENTÍFICOS NA BASE DE DADOS *SCIENCE DIRECT* NO PERÍODO DE 2004-2023 SOBRE A DURABILIDADE DO CONCRETO

microclima que o circunda. Inicialmente a alta alcalinidade do concreto impede a proliferação de bactérias oxidantes, responsáveis pela corrosão microbiologicamente induzida (CMI), nas superfícies não submersas das estruturas. A colonização dessas bactérias requer a redução do pH para valores próximos a 9,0. Na depuração anaeróbica do esgoto, dentre as etapas da digestão, ocorre a sulfetogênese, com produção de ácido sulfídrico ( $H_2S$ ) e anidrido carbônico ( $CO_2$ ), conforme reação resumidamente apresentada a seguir:

### Sulfetogênese

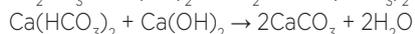
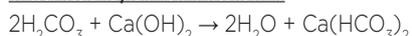


Esses agentes agressivos solubilizados no efluente, a depender da concentração, turbulência e velocidade no escoamento e temperatura, são liberados na forma gasosa e passam a compor o microclima agressivo ao concreto. O encontro do gás carbônico com a umidade superficial das estruturas resulta em ácido carbônico, causando a carbonatação do concreto, conforme reações resumidamente apresentadas a seguir:

### Ácido carbônico



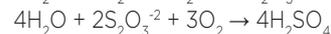
### Carbonatação do concreto



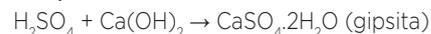
O sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$  gasoso) é oxidado em ambiente aeróbio, formando

ácido sulfúrico. Esse ácido reage inicialmente com a portlandita para formar gipsita. As reações resumidas são apresentadas a seguir:

### Oxidação do enxofre



### Ataque ácido ao concreto



A carbonatação e o ataque ácido sobre o concreto reduzem gradativamente a alcalinidade da superfície que, ao atingir  $\text{pH} \approx 9,0$ , propicia condições adequadas para a proliferação das bactérias que oxidam os compostos de enxofre, originando o biofilme na região aerada. A partir deste momento, a degradação ocorre por ação química e bioquímica. A depender da redução gradativa do pH, diferentes bactérias do gênero *Thiobacillus* proliferam, predominando em baixos valores de pH (3,0 a 1,0), em detrimento das demais, aquelas do gênero *Thiobacillus thiooxidans*. Nas regiões com  $\text{pH} < 1,0$ , a ação das bactérias é inibida. O metabolismo das bactérias produz o ácido sulfúrico biogênico e o anidrido carbônico, conforme a representação simplista apresentada a seguir:

### Metabolismo das bactérias



A ação do ácido sulfúrico químico ou biológico no concreto resulta na precipitação de gipsita, inicialmente pela reação

## TABELA 1

AÇÃO DO ÁCIDO SULFÚRICO SOBRE OS COMPOSTOS RESISTENTES DA MATRIZ CIMENTÍCIA HIDRATADA

Descalcificação	Reação
C-S-H	$3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + 2\text{Si}(\text{OH})_4$
Etringita	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 6(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 20\text{H}_2\text{O}$
C-A-H	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + 2\text{Al}(\text{OH})_3$

com a portlandita e, na sequência, com os demais compostos hidratados. A Tabela 1 apresenta as reações decorrentes do ataque ácido sobre os principais compostos da matriz cimentícia hidratada.

A completa degradação da matriz cimentícia hidratada resulta em gipsita, ácido ortossilícico ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) e hidróxido de alumínio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), tornando a superfície do concreto friável. Na região parcialmente degradada, a presença de gipsita desencadeia o ataque por sulfatos, onde há a formação de etringita a partir das fases AFm e C-A-H. Como consequência ocorre a microfissuração do concreto, potencializando a degradação. As principais reações e os respectivos volumes dos produtos são apresentados na Tabela 2.

Em resumo, a degradação do concreto ocorre por meio dos seguintes mecanismos:

- Estágio inicial: carbonatação e ataque ácido com redução da alcalinidade da superfície do concreto;
- Proliferação de bactérias do gênero *Thiooxidans* em pH < 9,0. Metabolismo bacteriano produz ácido sulfúrico biogênico que reage inicialmente com a portlandita da matriz hidratada, formando gipsita;
- Gipsita propicia o ataque por sulfatos em regiões menos degradadas, com pH adequado para a formação de etringita (AFt). As reações expansivas decorrentes da formação de etringita geram tensões internas de tração, que microfissuram o concreto, potencializando o avanço da frente de degradação;
- Na superfície inicialmente atacada há prosseguimento da degradação, com a descalcificação dos produtos resistentes, até o esgotamento de fonte de cálcio para a formação de gipsita. O pH reduz significativamente e, em valores menores que 1,0, há inibição da atividade microbiana. A superfície torna-se completamente friável. As bactérias proliferam-se em regiões mais internas do concreto onde o pH varia entre 1,0 e 9,0, dando sucessivo prosseguimento à degradação.

### 3. VELOCIDADE DE AVANÇO DA DETERIORAÇÃO

De modo geral, é consagrado que a principal forma de deterioração nas ETes envolve um processo de descamação progressiva em camadas do concreto. Neste contexto, Cardoso e Anjos (2022) e Godinho (2022) apresentam velocidades de avanço do processo de descamação progressiva em ETes. Este processo muitas vezes é tratado como “corrosão do concreto”, embora não se refira ao processo clássico de corrosão eletroquímica das armaduras de aço carbono.

Considerando que o tempo de vida útil das estruturas de concreto armado das ETes é o tempo que a descamação progressiva atinge as armaduras, e considerando os dados de velocidade da Tabela 3, pode-se calcular o tempo de vida útil do concreto armado em uma ETE.

Desse modo, a Figura 3 apresenta o avanço da profundidade de descamação baseado na menor e na maior velocidade de corrosão registradas na Tabela 3, que são 0,84 mm/ano e 6,6 mm/ano, respectivamente. É importante destacar que no caso da maior velocidade de corrosão, o tempo de vida útil do concreto armado com espessura de cobertura de 50 mm é menor do que 10 anos. Para o caso da menor velocidade de corrosão, pode-se dizer que um concreto com espessura de cobertura de 50 mm atingiria 50 anos de vida útil.

Deve-se deixar evidente que a Figura 3 considera que a velocidade do processo de descamação progressiva do concreto apresenta velocidade constante e linear ao longo dos anos, o que é uma simplificação. Estudos nesta área precisam ser desenvolvidos de modo a suportar melhores previsões de vida útil das ETes.

### 4. PARÂMETROS DE INFLUÊNCIA NA DETERIORAÇÃO EM OBRAS DE SANEAMENTO

Alguns fatores podem influenciar direta ou indiretamente na taxa de degradação do concreto empregado em obras de saneamento. Uma propriedade do concreto muito importante para a sua durabilidade é a permeabilidade. Essa propriedade é a responsável por permitir ou restringir o ingresso de agentes agressivos para o interior do material. Nas obras em questão, o controle dessa propriedade se faz muito importante, uma vez que, quanto maior a permeabilidade, maior a degradação do material. A permeabilidade, por sua vez, depende de outros fatores vinculados ao concreto, como sua relação água/cimento e uso de adições minerais.

Com relação ao meio, a temperatura pode ser citada como um parâmetro de influência direta, isto porque ela impacta nas taxas de reações físico-químicas e biológicas. As bactérias do gênero *Thiobacillus*, por exemplo, se desenvolvem melhor em ambientes com temperatura entre 25 °C e 35 °C e são umas das principais responsáveis pela degradação do concreto nesse meio (STANASZEK-TOMAL; FIERTAK, 2016).

A umidade é outro fator de influência. Níveis altos de umidade aumentam a atividade biológica, devido à maior disponibilidade de água. Além do desenvolvimento

## TABELA 2

ATAQUE POR SULFATOS – REAÇÕES E VOLUME DOS PRODUTOS HIDRATADOS

Ataque por sulfatos	Reação
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Volume molecular: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ : 33,2 mL → $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ : 74,2 mL - Expansão: 2,2x
AFm	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O} + 2(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + 16\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ Volume molecular: AFm: 312,7 mL → AFt: 714,9 mL - Expansão: 2,3x
C-A-H	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 3(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + 20\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ Volume molecular: C-A-H: 150,1 mL → AFt: 714,9 mL - Expansão: 4,8x

**TABELA 3**

VELOCIDADE DE AVANÇO DO PROCESSO DE DESCAMAÇÃO PROGRESSIVA EM ETES

País	Velocidade (mm/ano)	Condição	Referência bibliográfica
Brasil	0,84 - 1,20	Inspeção em ETE	Cardoso e Anjos (2022)
Brasil	1,20 - 6,60	Corpos de prova submetidos a uma ETE	Godinho e Medeiros (2022)

da comunidade microbiana, a umidade acelera também a oxidação do sulfeto presente na reação.

O pH do meio também exerce influência sobre a ação das bactérias. O pH elevado dos poros do concreto (12,5 à 13,0) impede a atividade microbiana, a qual ocorre em pH  $\leq$  9,0. Assim sendo, a redução do pH é um fator decisivo na ocorrência da degradação. Ataques ácidos e por carbonatação auxiliam o processo, uma vez que reduzem o pH da solução aquosa.

Ainda no que diz respeito ao ambiente, o processo de degradação é intensificado pelos ciclos de molhagem e secagem, devido à variação dos níveis de águas residuais, fricção de partículas e cavitação.

## 5. MEDIDAS PARA AGREGAR LONGEVIDADE DO CONCRETO

Conforme discutido anteriormente, a corrosão microbiologicamente induzida (CMI) é afetada por diversos fatores que, quando controlados, podem reduzir a sua velocidade. A seguir, serão discutidos métodos para agregar longevidade às estruturas de concreto.

### A. ALTERAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Em estruturas de saneamento, produtos químicos podem ser adicionados no efluente para reduzir as concentrações de sulfeto. Pode-se aumentar o pH do esgoto para inibir a formação do ácido sulfídrico ( $H_2S$ ) por meio da dosagem de hidróxido de magnésio ( $Mg(OH)_2$ ), hidróxido de cálcio ( $Ca(OH)_2$ ) e hidróxido de sódio ( $NaOH$ ). Outro benefício da adição de produtos químicos é inibir o crescimento de bactérias redutoras de sulfato (BRS), ou seja, prevenir condições anaeróbicas, reduzindo assim a produção de sulfeto.

Embora a utilização de produtos químicos seja uma opção de controle da CMI, esta estratégia envolve a dosagem contínua dos produtos ao longo do tempo, elevando o custo operacional das ETES, fator este que leva a sua utilização ser limitada.

### B. PARÂMETROS DE PROJETO

A concepção arquitetônica, com a utilização de vigas invertidas, por exemplo, pode reduzir o aprisionamento de  $H_2S$  nas estruturas, ao passo que vigas altas e outros obstáculos causam efeito contrá-

rio, gerando microclimas favoráveis para o crescimento de bactérias oxidantes de enxofre (BOE).

### C. DOSAGEM E PROTEÇÃO DE SUPERFÍCIE DE CONCRETO

O estudo de dosagem do concreto com diferentes relações a/c, diminuição da porosidade ou a incorporação de materiais cimentícios suplementares, ainda são métodos com resultados controversos.

Métodos baseados em uma barreira protetiva, ou mesmo em camadas de sacrifício às estruturas de concreto, se mostram promissores. Camadas de sacrifício com cimentos à base de aluminato de cálcio ou concretos geopoliméricos têm sido utilizados para aumentar a longevidade de estruturas. Concretos geopoliméricos, por sua vez, apresentam alta resistência a ácidos e baixa permeabilidade, que aliada à presença de gel de aluminossilicato, pode mitigar a entrada de ácidos, aumentando a vida útil da estrutura.

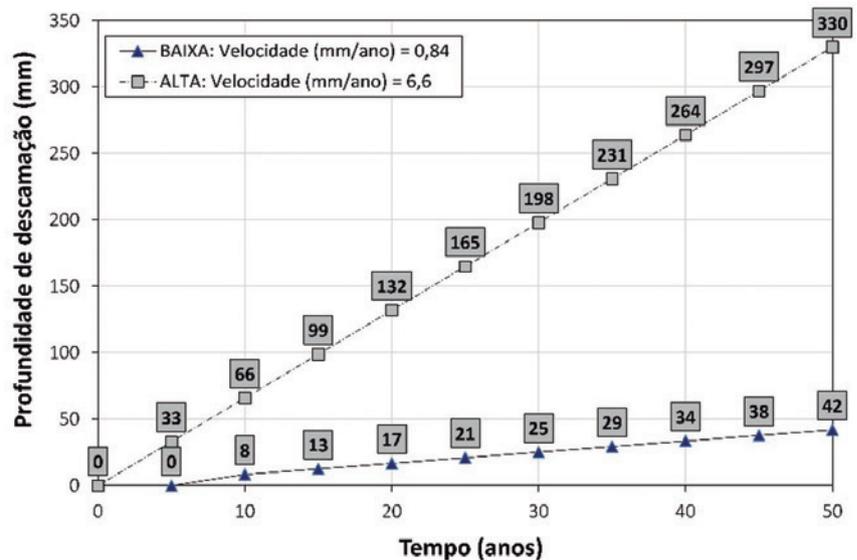
Por fim, diversos autores têm realizado estudos envolvendo o uso de revestimen-

tos protetores de superfície no concreto. De modo geral, revestimentos orgânicos, à base de epóxi e poliuretano, são os que apresentam maior resistência ao ataque ácido. Além disso, por formarem uma barreira ao vapor, impedem a penetração de gases agressivos, como  $CO_2$  e  $H_2S$ .

## 6. PESQUISAS EM DESENVOLVIMENTO PELOS AUTORES

O grupo de autores deste trabalho tem realizado pesquisas laboratoriais e de campo em parceria com empresas de tratamento de esgoto sanitário há cerca de uma década. O foco das pesquisas tem sido inspeções em várias ETES, assim como investigações de meios para agregar maior resistência à ação do ácido sulfúrico biogênico. Entre os trabalhos que têm sido desenvolvidos, pode-se citar o uso de adições pozolânicas, o emprego de produtos à base de silicatos e sistemas de proteção de superfície no concreto.

Como foi delineado neste trabalho, trata-se de um ambiente demasiadamente seve-

**FIGURA 3**

PROGRESSÃO DA PROFUNDIDADE DE DESCAMAÇÃO DO CONCRETO CONSIDERANDO A MAIOR E A MENOR VELOCIDADE DE CORROSÃO ENCONTRADA NO LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DO BRASIL

ro para o concreto, de modo que este tema merece esforços no campo da pesquisa e desenvolvimento para produzir avanço na fronteira do conhecimento visando agregar acréscimo de vida útil de estruturas tão importantes para a sociedade como as ETEs.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho traz informações sobre a deterioração do concreto em obras de saneamento causada pela ação do ácido sulfúrico biogênico. Até o momento, não há nenhum material à base de cimento Portland que resista à CMI durante toda a

sua vida útil de projeto. Por isso, são necessários mais estudos para avaliar o comportamento de concretos expostos em condições biológicas de deterioração. Existem resultados controversos na literatura e lacunas a serem preenchidas referente à durabilidade das técnicas e materiais empregados. Métodos que envolvem a criação de uma barreira protetiva ou de camadas de sacrifício para as estruturas de concreto têm se mostrado promissores.

Embora seja pouco estudado, o ataque por ácido sulfúrico biogênico é um dos principais fatores de deterioração do con-

creto em ETEs, sendo fundamental o seu estudo para minimizar os custos com recuperação, operação e com a manutenção para garantir a vida útil dessas estruturas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Paraná (UFPR), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC-UFPR). Os autores também agradecem o suporte fornecido pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e pela ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). ©

## ▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2014. 238p.
- [2] BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Novo marco legal do saneamento. Brasília, DF, Edição 135. 15 julho 2020.
- [3] CARDOSO, J. C.; ANJOS, J. C. S. Inspeção em estação de tratamento de esgoto: estudo de caso de deterioração do concreto armado. Trabalho Final de Curso, Universidade Federal do Paraná, 2022.
- [4] GODINHO, J. P.; MEDEIROS, M. H. F. Influência de cristalizantes e cinza volante na durabilidade de concreto exposto ao ataque externo por ácido sulfúrico biogênico em um reator UASB de uma ETE. REVISTA DAE, v. 70, p. 153-166, 2022.
- [5] MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Diagnóstico Temático: Serviços de Água e Esgoto (ano de referência 2021). Brasília, 2022.
- [6] STANASZEK-TOMAL, E.; FIERTAK, M. Biological Corrosion in The Sewage System and The Sewage. Procedia Engineering, vol. 161, p. 116 - 120, 2016.

# PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

## Macrofibras poliméricas para concreto destinado a aplicações estruturais: definições, especificações e conformidade

Elaborada pelo CT 303 – Comitê Técnico IBRACON/ABECE sobre *Uso de Materiais não Convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras*, a Prática Recomendada especifica os requisitos técnicos das macrofibras poliméricas para uso em concreto estrutural.

A Prática Recomendada abrange macrofibras para uso em todos os tipos de concreto, incluindo concreto projetado, para pavimentos, pré-moldados, moldados no local e concretos de reparo.

### AQUISIÇÃO

[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) (Loja Virtual)

### DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-29-9

**Edição:** 1ª edição

**Formato:** eletrônico

**Páginas:** 37

**Acabamento:** digital

**Ano da publicação:** 2017

**Coordenador:** Eng. Marco Antonio Carnio

## PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

MACROFIBRAS POLIMÉRICAS PARA CONCRETO  
DESTINADO A APLICAÇÕES ESTRUTURAIS



COMITÊ 303: Materiais não convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras

GT4: Caracterização de materiais não convencionais e fibras para reforço estrutural

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio  
Representante CTA: Sofia Maria Carrato Dinis

### Patrocínio

