

Corrosão bacteriológica destrói o concreto de fundação

Prédio na costa leste dos EUA foi implodido devido ao colapso das estacas de fundação.

Joaquim Rodrigues



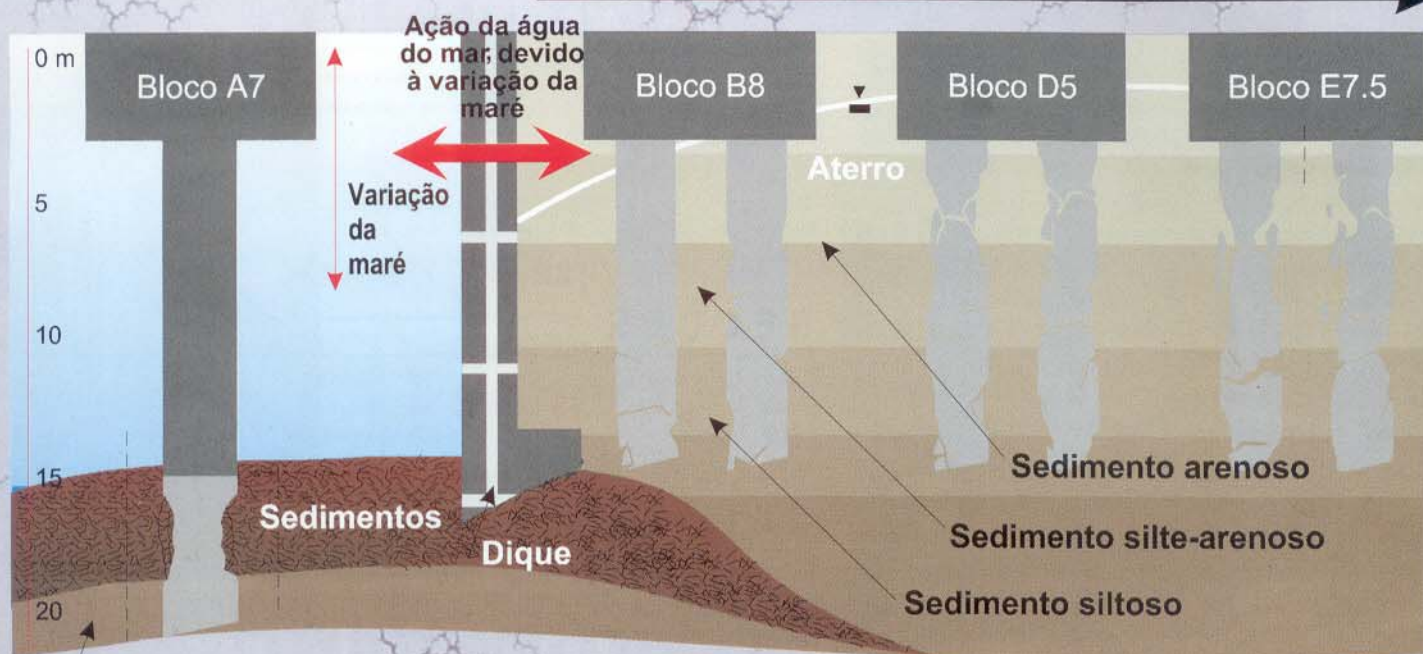
Decididamente, a bio-corrosão ou a corrosão induzida por microorganismos (CIM) ou mesmo a corrosão bacteriológica são um dos poucos fenômenos que engenheiros e técnicos pouco conhecem. Vamos mostrar, através de um caso recente, como estruturas de concreto armado e protendido, em contato com solos sedimentares, ricos em matéria orgânica e entram em estado de ruína, não exatamente devido à presença de sulfatos, cujos teores eram significativos, mas sim devido às células

de bactérias existentes naquela camada. O caso com esta patologia aconteceu nos elementos de fundação de uma edificação formada por estacas de concreto protendido, cravadas ao longo do leito de um canal por onde uma lagoa é alimentada pelo mar.

De forma específica, o processo de ruína do concreto das estacas ocorreu apenas entre as cotas que denotavam a presença de sedimentos orgânicos marinhos, sem nenhuma alteração nas cotas de areia e silte. O estudo da patologia informou que aqueles sedimentos orgânicos, que faziam contato com as su-

perfícies das estacas em estado de ruína estavam na condição de anóxicos (ausência de oxigênio), com presença de esgoto doméstico e sulfatos, com teores inferiores a 1500ppm, exibindo alta atividade bacteriana. Este ambiente, absolutamente inóspito ao concreto, provocou a total degradação da ferrita, um dos principais componentes do clínquer do cimento portland. A diminuição drástica da ferrita, desestabilizou totalmente a pasta de cimento que estruturava o concreto das estacas, deixando-as absolutamente vulneráveis à ação dos sulfatos.

Processo de deterioração decrescente a partir do dique

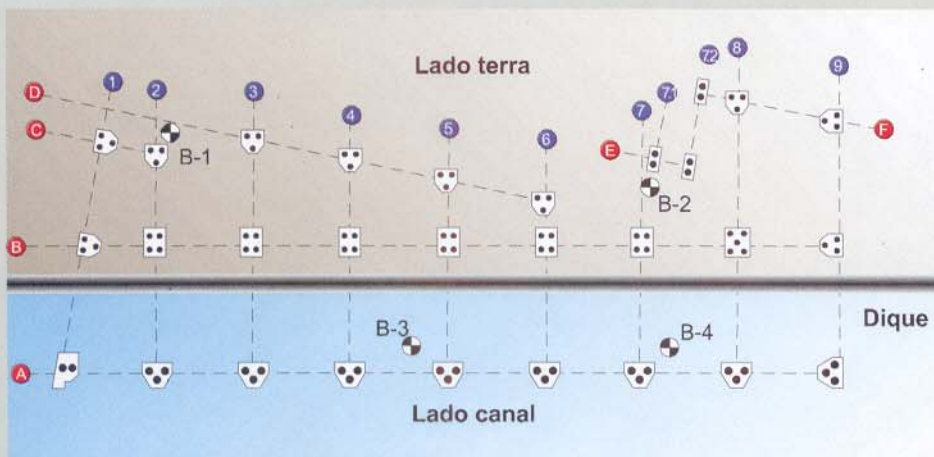


Representação esquemática da deterioração das estacas, limitada apenas na zona do sedimento orgânico, dentro do canal e parte em terra, a partir do dique.

O que aconteceu, realmente?

O prédio, construído no início dos anos 80, apresentava uma planta de fundação com parte da estrutura avançando para dentro de um canal que interligava uma lagoa, de água salgada, com o mar. Na

um consumo de 418kg por metro cúbico de concreto, apresentando resistência a vinte e oito dias em torno dos 34MPa. O concreto ainda continha aditivos que o tornavam mais impermeável e, conseqüentemente, acrescentavam mais resistência final.



planta que apresentamos acima, existiam noventa e uma estacas de concreto protendido (executadas fora do canteiro de obras), agrupadas em vinte e um blocos de fundação que, efetivamente, suportavam o prédio. Nas estacas foi utilizado corretamente o cimento tipo III, auto-forno, próprio para estruturas marítimas, com

Após dez anos em uso, no início dos anos noventa, o prédio já apresentava sérios recalques, da ordem de 200mm em suas fundações, externados por toda a sorte de trincas e fissuras nos apartamentos e fachadas.

Nestas circunstâncias, foram abertas "janelas" ao longo de algumas estacas observan-

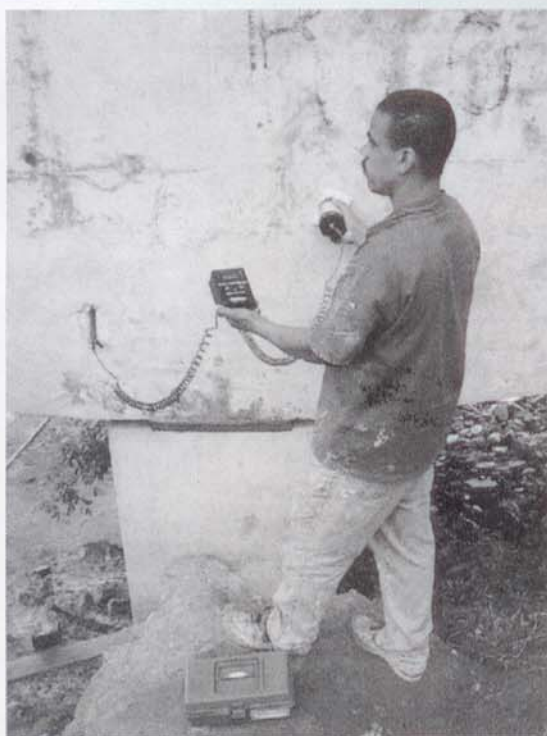
do-se, em sua maioria, perda insignificativa da seção do concreto e corrosão nos cabos de protensão e armaduras. Declarado inseguro, foi autorizada a sua implosão. As estacas foram desenterradas e analisadas posteriormente, podendo-se ver detalhes do seu estado nas fotos da próxima página. O exame das estacas revelou que o estado de ruína ficou limitado a uma estreita região, localizada no fundo do canal (no lado da edificação voltada para ele), sujeita a uma determinada camada de sedimentos.

As evidências

As suposições de que o concreto das estacas poderia estar com reatividade álcali sílica (RAS) ou em processo crescente de deterioração motivado pelo ataque de sulfatos foram totalmente desconsideradas, posteriormente, em função da análise feita, demonstrando-se que a zona de ruína, na seção das estacas, ficara reduzida àquela camada de sedimentos, através da qual as estacas penetraram.

As amostras evidenciaram um progressivo estado de destruição a partir da superfície das estacas, com claros sintomas de corrosão induzida por microorganismos (CIM).

A análise petrográfica das amostras do concreto retiradas das regiões arruinadas apre-



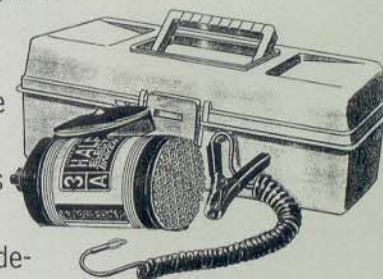
SEMI-PILHA CPV4

Medição dos Potenciais de Corrosão

Para medir os potenciais de corrosão no concreto armado, você agora dispõe do novo conjunto semi-pilha **CPV-4** com voltímetro digital.

A semi-pilha **CPV-4** é um revolucionário instrumento que mede a diferença de potencial (volts) da corrente contínua existente em todas as armaduras sintomáticas de corrosão.

Com este equipamento pode-se levantar ou monitorar, de tempos em tempos, possíveis estados de corrosão e a sua evolução, antes de causar a perda de seção das armaduras com conseqüentes deslocamentos da camada de recobrimento do concreto.



TINKER & RASOR

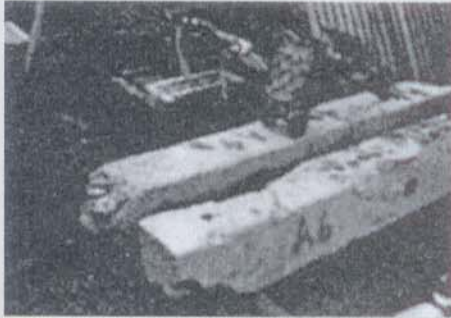
Fax consulta nº 351

O QUE DIZEM OS ÓRGÃOS NORMATIVOS

De acordo com o Bureau of Reclamation, a exposição a sulfatos é classificada em quatro graus de severidade. De acordo com o American Concrete Institute (ACI), code 318-83, estabeleceu-se o seguinte:

Tipo de ataque	Teor de sulfatos no/na	
	Solo (%)	Água (ppm ou mg/l)
Insignificante	0,1	> 150
Moderado	0,1 a 0,2	150 a 1500
Severo	0,2 a 2,0	1500 a 10.000
Muito severo	< 2,0	< 10.000

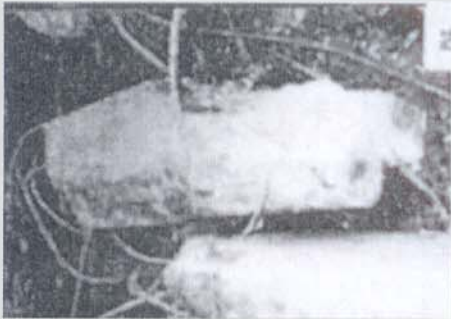
Situação das estacas após a escavação



Estacas dos blocos A4 e A6...



...do bloco A1..



...do bloco B2...



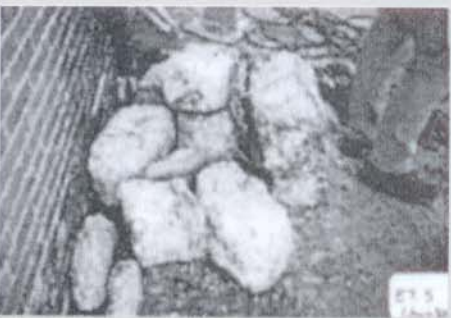
...do bloco B4...



...do bloco D3...



...do bloco D6...



...do bloco E7,5...



...e do bloco E7,5.

sentavam trincas, fissuras e micro-fissuras além de vazios saturados de etringita, que é uma formação característica do ataque de sulfatos. No entanto, é interessante ressaltar que o teor de sulfatos existente naquele sedimento (e também em outras camadas daquele solo) não correspondia ao grau de destruição a que o concreto ficou submetido. Ficou claro, portanto, que um outro fator externo, intrínseco àquela camada, provocou tal estado de destruição.

As demais seções do corpo das estacas, inclusive as que faziam contato direto com a água salgada, apresentavam-se intactas.

A concentração de sulfatos existente naquela camada de sedimentos e no restante do solo do local, através das amostras coletadas com equipamento de sondagem apropriado, não foi considerado elevada já que 92% das amostras coletadas evidenciam teores de sulfatos inferiores a 1500ppm. O teor de ferro existente no solo (a maioria na forma de Fe^{+2} associado com pirita) também foi considerado baixo (menos de 2% em 87% das amostras). A quantidade de carbono orgânico total (COT) coletado das amostras revelou-se exagerada (superior a 2%), em razão de que na maioria dos sedimentos marinhos, quando muito, não passa de 1,5%. A atividade bacteriana das amostras foi checada evidenciando-se, ao microscópio, numerosas concentrações de bactérias desulfobáctero e clostridium, espécies reductoras de sulfatos na condição anaeróbica. O número de bactérias coletadas nas amostras naquela camada de sedimentos, medido pelo número mais provável (NMP), em organismos/grama, foi da ordem de 10^5 , considerado extremamente alto. Amostras coletadas em outros níveis daquele solo apresentavam valores que variavam de 10 a 10^4 . De acordo com diretrizes internacionais bem

Proteção catódica com MAZ?

Não perca o próximo número de sua RECUPERAR.

RECUPERAR
90 mil leitores.

O MECANISMO DE RUÍNA DO CONCRETO QUANDO SUJEITO AOS SULFATOS

O Cimento Portland é feito do aquecimento de uma mistura de calcário e argila, ou outros materiais de similar composição, além de volumes e suficiente reatividade, até a temperatura de 1450°C. Nesta situação, ocorre uma fusão parcial da mistura, produzindo-se nódulos de clínquer, cujos componentes principais são: a cal (CaO), a sílica (SiO₂), alumina (Al₂O₃), óxido de ferro (Fe₂O₃) e 3% de outros componentes, padronizados em quatro fases principais chamadas alita, belita, aluminato e ferrita. Diversas outras fases, como os sulfatos alcalinos estão, usualmente, presentes em menor quantidade. A alita é o principal constituinte de todos os clínquers dos cimentos portland normais, figurando numa quantidade entre 50 e 70%, cujo componente é o silicato tricálcico (Ca₃SiO₅). A belita entra com quantidades entre 15 e 30% e é formada pelo componente silicato dicálcico (Ca₂SiO₄). O aluminato constitui cerca de 5 a 10% e é formado pelo aluminato tricálcico (Ca₃Al₂O₆). A ferrita entra com quantidades entre 5 e 15% nos clínquers dos cimentos portland tradicionais e é formada pelo ferroaluminato tetracálcico (Ca₂AlFeO₅). A ferrita é a responsável pela cor escura normal do cimento portland. Usa-se, na química dos cimentos, uma notação especial simplificada que ajuda o estudo deste aglomerante, assim:

CaO -> C / SiO₂ -> S / Fe₂O₃ -> F / Al₂O₃ -> A

A ação dos sulfatos sobre o concreto é governada por ações de natureza física e química. Concretos com baixa permeabilidade são menos vulne-



ráveis ao ataque dos sulfatos, devido a limitação do ingresso destes. Consegue-se aumentar a resistência do concreto aos sulfatos, alterando-se a composição química do cimento, com a substituição parcial da relação C₃A (aluminato tricálcico) pela C₄AF (ferroaluminato tetracálcico ou aluminoferrita tetracálcica), já que esta última é muito mais resistente a este ambiente. Cirilli (veja referências) demonstrou que quando o cimento hidratado é exposto a uma solução de sulfato de cálcio, a quantidade de sulfatos absorvida pela pasta é diretamente proporcional à relação Al₂O₃/Fe₂O₃ no cimento. Quanto maior a relação ferro/alumínio, maior o ataque pelos sulfatos. A ruína causada no concreto pelos sulfatos é devido ao fato dos produtos de hidratação do cimento, como o C₃A reagirem com aqueles agentes corrosivos que provocam a expansão do concreto, culminando com o aumento da permeabilidade, fatal em águas que contenham outros íons (e os próprios sulfatos), acelerando a destruição do concreto.

aceitas, o NMP deverá manter-se abaixo de 10² para ser considerado inócuo, tanto para solos quanto para a água.

De um modo geral, em camadas de solos onde há deposição de sedimentos orgânicos, as comunidades de bactérias oxidam, usando a matéria orgânica como fonte de energia para manter seu metabolismo, utilizando, preferencialmente, o oxigênio como agente oxidante (receptor de elétrons). Por outro lado, em condições anaeróbicas, a ausência de oxigênio força a bactéria a utilizar outros agentes oxidantes como o manganês, o ferro e os sulfatos.

Os microorganismos, preferencialmente, consomem o ferro e o enxofre, substâncias oxidantes que fornecem-lhes a totalidade da energia necessária à sua sobrevivência, exatamente por sua abundância e sensibilidade redox.

A história do local

Registros históricos evidenciaram que, antes da construção dos diques que delimitam o atual canal, há cem anos atrás, o local era um verdadeiro pantanal, ficando quase que constantemente sob a água. Após a construção dos dois muros, procedeu-se à dragagem do canal, ao mesmo tempo em que aterrava-se as duas laterais do "terreno" (por

trás dos diques). Portanto, o solo (ou o aterro) formador do atual local que margeia o canal nada mais é do que os sedimentos

coletados pelas dragas há cem anos atrás. Sob estes sedimentos há camadas de areia e silte com alguma quantidade de matéria

O QUE É REDOX

As ligações entre os átomos ocorrem por transferência (ligação iônica) ou por compartilhamento (covalência) de elétrons na formação de uma ligação iônica, um dos átomos cede definitivamente elétrons para o outro. Por exemplo:



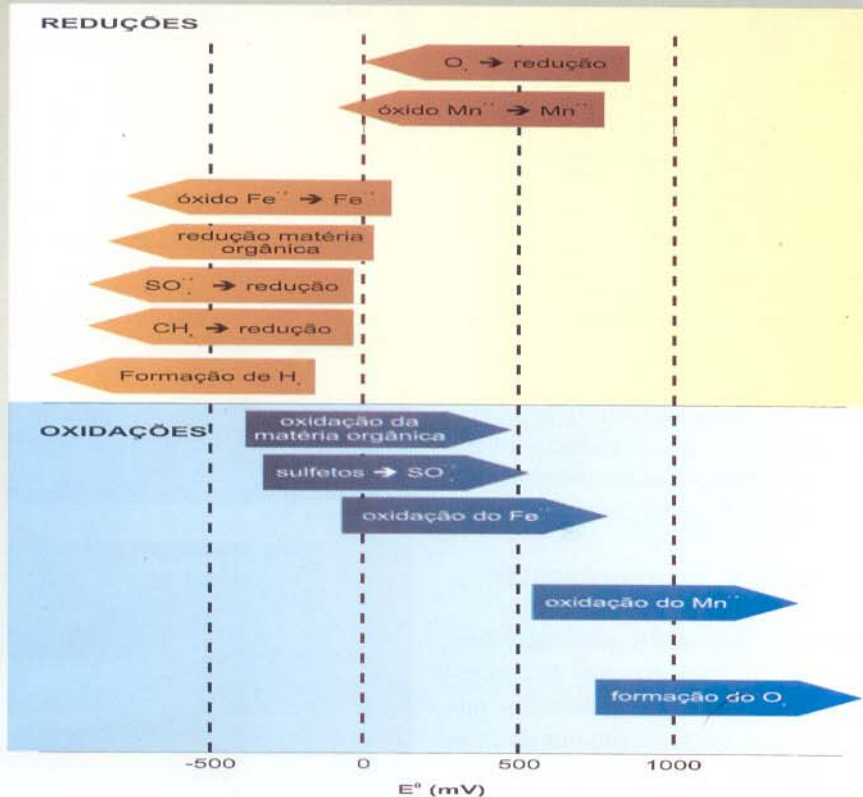
Pode-se afirmar que o Fe sofreu uma oxidação (perda de elétrons) e o oxigênio sofreu uma redução (ganho de elétrons). Os fenômenos de oxidação e redução ocorrem de forma simultânea e constituem a chamada reação de oxidação-redução ou redox. No exemplo anterior, podemos dizer também que o oxigênio provocou a oxidação do ferro ou que o oxigênio é um oxidante. Por outro lado, o ferro provocou a redução do oxigênio. Logo, o ferro é um redutor.

RECONCRET

Engenharia de Recuperação e Estruturas Ltda

- RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS
- REFORÇO ESTRUTURAL COM UTILIZAÇÃO DE FIBRA DE CARBONO
- INJEÇÃO DE GROUT QUÍMICO
- TRATAMENTO DE CONCRETO APARENTE
- IMPERMEABILIZAÇÕES

AV. EUZÉBIO MATOSO, 422 - SÃO PAULO - SP / Fone: (11) 212-2877 - FAX: (11) 813-8527



Ordem dos potenciais de oxidação (E°) em solos e sedimentos, medidos em milivolts.

O QUE É O POTENCIAL DE OXIDAÇÃO

Indica a capacidade que os elementos apresentam para perder elétrons.

Para medirmos altitudes, por exemplo, torna-se necessário estabelecer um padrão arbitrário, no caso, o nível do mar, considerado como altitude zero. Analogamente, é impossível medir o potencial absoluto de eletrodo de qualquer metal, se não houver um padrão. Foi escolhido um normativo denominado eletrodo padrão de hidrogênio, porque o H^+ é o cátion mais comum em soluções aquosas, já que se forma pela dissociação da água: $H_2O \rightleftharpoons (H^+) + OH^-$.

O valor medido no voltímetro (em volts ou milivolts) é denominado potencial de oxidação e é indicado por E° .

orgânica. Posteriormente, com o crescimento da cidade, todo o esgoto era lançado no canal.

Montando o quebra-cabeça

Na água do mar, os sulfatos estão presentes em altas concentrações (taxas de 270mg/litro) difundindo-se rapidamente pelos sedimentos. Esta alta concentração de sulfatos diminui à medida que a profundidade aumenta, em razão da diminuição do oxigênio. O ferro oxidado (Fe^{+3}) é outro componente comum nos sedimentos, em razão de sua abundância na crosta terrestre e de seu estado de oxidação pela ação do tempo e da erosão.

As bactérias redutoras de sulfatos (SO_4^{2-}), usam-no para oxidar a matéria orgânica, resultando na liberação de energia (da quebra das ligações químicas) e na formação dos gases

sulfeto de hidrogênio (H_2S) e dióxido de carbono (CO_2).

Como está evidenciado na figura abaixo, a redução do ferro pelas bactérias redutoras do mesmo pode ocorrer antes da redução dos sulfatos, já que o ferro apresenta um potencial de oxidação superior ao sulfato. A bactéria redutora de ferro transforma diretamente o ferro férrico (Fe^{+3}) em ferro ferroso (Fe^{+2}), produzindo siderita ou Fe^{+2} dissolvido. A siderita e o Fe^{+2} são instáveis em presença do H_2S e, portanto, rapidamente convertidos no mineral pirita (FeS_2). A bactéria desulfobáctéria pode reduzir tanto o ferro como o sulfato, sob condições anaeróbicas.

Naquele ambiente sedimentar, rico em matéria orgânica, vários minerais do ferro respondem, de forma diferente, àquele ambiente de redução. Quando em pequenas quantidades, este mesmo ferro praticamente reage todo com os sulfatos, desde que sua produção não esteja limitada. A extensão da reação ferro/sulfato é medida através do grau de piritização (GP), a qual é um perfeito indicador de como um determinado meio está reduzindo.

Testes laboratoriais das amostras do sedimento, mostraram que mais de 75% da quantidade de ferro total coletado estava na forma de pirita (FeS_2). Sedimentos com grande GP indicam:

- 1 – Alta atividade bacteriana no sedimento e...
- 2 – ...baixo teor de Fe^{+3} .

Sendo Fe^{+3} o agente oxidante atuante ou preferido, na sua ausência, as bactérias atacarão de forma ativa, o ferro da pasta de cimento do concreto, consumindo-o como um agente oxidante e reduzindo-o a Fe^{+2} . Este bio-processo resultará na dissolução das substâncias do Fe^{+3} , um dos principais componentes do clínquer do cimento, havendo a pre-

CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

ALPHAGEOS
GEOLOGIA
GEOTECNIA E
COMÉRCIO LTDA

(011) 7295-6699

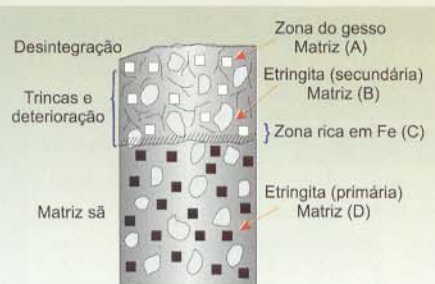
Serviço de Atendimento ao Cliente 0800 156 800

Rua João Ferreira de Camargo, 44 - Tamboré - Barueri - SP - CEP 06460-060 - FAX (011) 7295-1656



Pesquisadores analisam amostras do concreto com corrosão bacteriológica.

cipitação do ferro em minerais siderita (sulfeto de ferro). Quando estas combinações do ferro que formam a ferrita (uma das quatro fases do clínker) são reduzidas, aumenta a quantidade de sulfatos absorvidos pela pasta de cimento. Desta forma, os sulfatos reagem com os aluminatos de cálcio hidratados, formando sulfoaluminatos de cálcio dentro da estrutura da pasta do cimento hidratada, provocando o aumento do volume da massa do concreto, selando sua sorte com a surgência de trincas. As trincas, na



Apresentação esquemática de como amostras de argamassa corroídas formam, localizadamente, gesso, calcita e barita (A), etringita secundária (B), óxidos de ferro (C) e etringita primária (D).

lo ou aterros com sedimentos ricos em matéria orgânica, mesmo com ausência de ferro e oxigênio, bastando aos microorganismos anaeróbicos estarem em número suficiente.

Evidências ao microscópio

A CIM ou bio-corrosão provoca uma série de mudanças na microestrutura do concreto, bem identificadas através de análise microscópica. As peças estruturais de concreto, com a redução do pH a partir de sua superfície, vão perdendo, milímetro a milímetro, aquela condição passiva de proteção ou de neutralização, instalando-se a situação de progressiva carbonatação, ao mesmo tempo em que ocorre a migração dos íons ferro (cátions ou íons com carga positiva) de dentro para fora do concreto.

Com a instalação da CIM, os íons ferro que estão migrando gradualmente, se acumulam na interface situada entre o concreto sã e o já corroído, formando-se aí, com alguma frequência, uma fina camada de ferro. Desta forma, esta camada ferrosa poderá ser um indicador da taxa da CIM no concreto. Na figura acima é possível ver a alta concentração desta camada rica em ferro, a partir de 6 a 7mm da superfície da estaca, através do exame microscópico (SEM-EDX) em corpos de prova extraídos das estacas corroídas. O exame microscópico e petrográfico das amostras também evidenciaram a formação de etringita secundária (igual à primária, mas com diferente morfologia) nas regiões deterioradas das estacas. De forma similar, em estações de tratamento e ga-

lerias de esgotos, foi constatada a formação de etringita secundária, durante a CIM. Enfatizamos que a CIM ou a bio-corrosão é agressiva para todo concreto convencional, havendo a necessidade da investigação apurada do solo. Caso se confirme tal situação, haverá a necessidade da modificação do solo, usando grauteamento químico com microcimento. Em ETEs torna-se necessária a proteção do concreto.

Fax consulta nº 387

Para ter mais

informações sobre

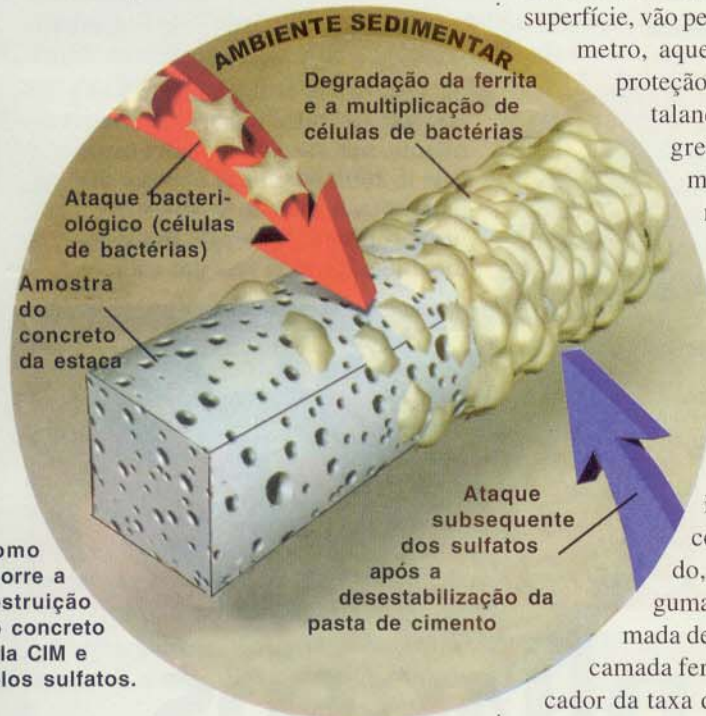
Corrosão Bacteriológica

Click aqui:

<http://www.thomastec.com.br>

REFERÊNCIAS

- Joaquim Rodrigues é Engº Civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- "ACI 201.2R-1992, Guide to durable concrete", ACI Manual of Concrete Practice, Part I: Material and General Properties of Concrete.
- "The Sulfur cycle", M.B. Goldhaber, and I.R. Kaplan, The Sea, Vol. 5, Marine Chemistry.
- "The Microbiology of Corrosion: A review of the action of microbes in the Corrosion process, with particular reference to the attack on concrete and underground pipe systems", C.A. Smith, Anti-Corrosion, Methods and Materials, Vol. 28, No.1.
- "Ricerche intorno alla corrosive dei cementi per opera dei solfati", V. Cirilli, La Ricerca Scientia, Vol. II, No.12.
- "I ferriti di calcio idrati, e i complessi che dal ferrito tricalceico prendono origine per associazione con differenti sali di calcico", G. Malquori and V. Cirilli, La Ricerca Scientia, Vol. 14, No.2-3.
- "Resistance of Concrete to Destructive Agencies", M. Eglinton, Lea's Chemistry of Cement and Concrete, Fourth Edition.
- "Concrete: Structure, Properties, and Materials", P.K. Mehta.
- "Properties of concrete", A.M. Neville, Fourth Edition.
- "Aquatic Chemistry", W. Stumm and J.J. Morgan, An Introduction Emphasizing Equilibria in Natural Waters.
- "Introduction to geochemistry", K.B. Krauskopf, Second Edition, International series in earth and planetary sciences.
- "Reduction of Fe(III) in Sediments by Sulfate-reducing Bacteria", D.B. Hedrick, D.R. Lovely, D.C. White, and K. Pye, Nature, Vol. 361, Letters to Nature.
- "Enzymatic iron and uranium reduction by sulfate-reducing bacteria", D.R. Lovely, E.E. Roden, E.J.P. Phillips, and J.C. Woodward, Marine Geology, Vol.113.
- "The Reactivity of Sedimentary Iron Minerals Toward Sulfide", D.E. Canfield, R. Raiswell, and S. Botrell., American Journal of Science Vol.292.
- "Reactive Iron in Marine Sediments", D. Canfield, Geochimica et Cosmochimica Acta Vol.53.
- "Comparison of Methods to Determine Degree of Pyritization", J. Leventhal, and C. Taylor, Geochimica et Cosmochimica Acta Vol.54.



Como ocorre a destruição do concreto pela CIM e pelos sulfatos.

superfície do concreto, funcionam como uma ferida aberta ao ingresso de um sem número de contaminantes que se apressam em diminuir ainda mais a quantidade de ferro da pasta, aumentando a abrangência do ataque promovido pelos sulfatos, ocasionando a gradual desintegração das peças de fundação. A CIM pode ocorrer em qualquer infraestrutura de concreto convencional exposta a so-



Reforço com fibra de carbono

Provas de carga analisam, no local, a eficiência deste revolucionário sistema de reforço estrutural.

Carlos Carvalho Rocha



Provas de carga constituem-se na melhor ferramenta para avaliar estruturas com capacidade de carga questionável, devido a erros de projeto, má execução, mudança das cargas em uso, deterioração e, indubitavelmente, testar sistemas de reforço estrutural.

Historicamente, nos testes com cargas, temos usado cargas mortas, como areia e água, para a aplicação das cargas e relógios comparadores (extensômetros) para medir ou monitorar as deformações subseqüentes. Esta forma de testar a estrutura, admitamos, consome tempo e, às vezes, torna-se muito lenta em análises que necessitam de urgência.

Para encurtar este tempo, necessário à avaliação da estrutura, foi desenvolvida uma nova sistemática de trabalho que consiste em uma "prova de carga rápida" (PCR), através da qual macacos hidráulicos aplicam cargas e relógios digitais medem as respostas, alimentando continuamente uma pequena unidade de aquisição de dados. Pelo fato das cargas poderem ser removidas instantaneamente, poder-se-á ter controle absoluto da segurança. As respostas às ações aplicadas podem ser analisadas simultaneamente determinando-se, na hora, diversas variáveis, incluindo a linearidade do comportamento da análise, a repetição daquelas mesmas respostas que costumamos achar e a permanência das deformações. Esta técnica oferece aos técnicos extrema confiança na capacidade de carga da estrutura analisada, em função dos carregamentos aplicados, em locais estratégicos, ao longo das peças, capazes de induzir tensões internas em seções transversais críticas.



Figura 1 - Trincas de cisalhamento junto ao apoio. Para corrigir este problema e aumentar sua capacidade para cisalhamento, as vigas foram envolvidas com fibra de carbono, formando um U.

CONCREJATO

SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S/A

- Recuperação e Reforma de Estruturas
- Restauros e Reformas
- Manutenção Predial e Industrial
- Construção Industrial

Rio de Janeiro - (21) 585-3335 • Fax: (21) 589-8967
São Paulo - (21) 5506-6288 • FaX: (21) 5506-6789

Belo Horizonte - Brasília - Curitiba - Porto Alegre - Fortaleza - Salvador - Recife

equivalentes as resultantes de cargas distribuídas.

Necessitar-se-á determinar esta equivalência quando se estabelece o nível de carregamento a ser aplicado durante o teste, juntamente com a análise das condições das peças de apoio, nas extremidades e nas áreas adjacentes.

Pelo fato desta revolucionária técnica ser bastante nova e não ter normas suficientes, é ainda questionada. A resposta às dúvidas existentes são respondidas através de provas de carga que fornecem, a ambas as partes interessadas, informações sobre a capacidade de carga desejada. Nas provas de carga tradicionais gastam-se de 24 a 72 horas, ocupando grande parte da estrutura, o que pode ser enormemente reduzido com a nova técnica da PCR que, além de gastar apenas 1 hora na execução do teste, toma apenas uma pequena região da estrutura, fornecendo a mesma informação e com risco de colapso insignificante.

PCR X

Reforço com fibra de carbono em um edifício garagem

Não é difícil encontrar trincas de cisalhamento em cantos de vigas de garagens de prédios residenciais, shoppings centers e edifícios garagens. Este caso que iremos apresentar está dentro deste contexto, pois é um pequeno edifício garagem construído há cinco anos, apresentando trincas de cisalhamento em diversas vigas de duplo T, junto aos pilares (ver figuras 2 e 3). Para corrigir este problema e, naturalmente, aumentar a resistência ao cisalhamento das



Figura 2 - Macacos hidráulicos na região superior do piso...

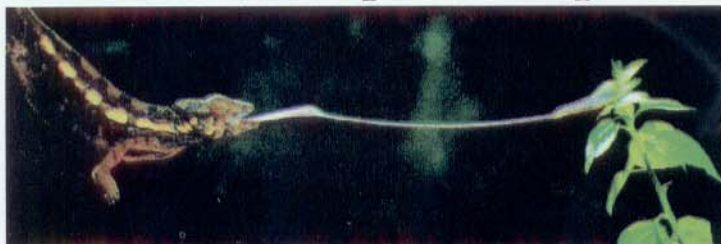


Figura 3 - ...aplicam cargas em uma viga de duplo T abaixo. O equipamento de monitoramento está a postos. Repare na reação formada pela viga metálica com tirantes nas extremidades, correspondente aos dois tirantes dos macacos na foto de cima

vigas executaram-se reforços em forma de U com fibra de carbono. Esta técnica de reforço estrutural permite, facilmente, proceder-se ao aumento dos esforços de cisalhamento,

ao mesmo tempo em que também se aumenta os de flexão. Subseqüentemente, uma prova de carga na estrutura reforçada poderá avaliar, diretamente, se a peça atendeu as

Não é só o camaleão pantera que faz isso.



As Borrachas Impermeabilizantes de Juntas (B.E.I.JUs) esticam, dilatam e expandem da mesma forma que a língua do camaleão pantera. Ao identificar a presença de água, os agentes hidrófilos do B.E.I.JU. desenvolvem alto poder de expansão, fazendo com que a borracha aumente de volume, pressurizando a junta e bloqueando qualquer infiltração. Solução ideal para juntas de construção e juntas frias de estruturas hidráulicas, além da aplicação em torno de tubulações.

O B.E.I.JU. é fornecido tanto na forma elastomérica quanto no formato de tiras, com diversas seções, uma delas adequada à sua obra.

Trabalhar com água exige tecnologia.

USE

B.E.I.JU.

Fax consulta nº 197

cargas a serem impostas. Isto é efetuado checando-se a linearidade das respostas das deformações ao carregamento aplicado e, através da comparação da força cizalhante induzida pela ação do carregamento com a força cizalhante causada pela carga de cálculo.

As cargas de teste foram aplicadas através do método denominado "laço curto", usando macacos hidráulicos de 30 toneladas (figura 1). A intensidade do carregamento foi determinada pela comparação entre a força de cisalhamento induzido e a força de cisalhamento causada por 85% da carga de cálculo máxima menos a carga morta existente no local. Os transformadores lineares diferenciais variáveis (TLDV) que mediram as deflexões instalados sob as peças podiam ser monitorados à distância, favorecendo a segurança (figura 2).

Caso ocorressem deflexões que não estabilizassem, sob carga constante, o sistema tornar-se-ia inelástico, sendo imediatamente interrompido. Se ocorressem danos permanentes durante e após o teste, ficariam contidos apenas na viga ensaiada, não afetando a estrutura como um todo.

Após a instalação do sistema de carregamento, em cada local, iniciou-se o teste aumentando-se, em etapas, as cargas aplicadas. Mantinha-se cada etapa até que as deflexões estabilizassem, em períodos, sempre não inferiores a 2 minutos. Uma vez posicionado o carregamento máximo e havendo a consequente estabilização das deflexões, retrocediam-se, em etapas, as cargas aplicadas. O ciclo de cargas era então repetido, de modo a dar mais subsídios ao teste. No segundo ciclo, as cargas de cada etapa do carregamento eram mantidas até que as deformações es-

tabilizassem, não durando mais de 1 minuto. Os valores das cargas e deformações eram tomados a cada dois segundos de intervalo. Após a execução de cada teste, executou-se a curva carga/deflexão com os dados obtidos, de modo a evidenciar-se o comportamento linear da peça estrutural durante a prova de carga, evidenciando-se que pouca ou nenhuma deformação permanente ocorreu nas vigas reforçadas. Para enriquecer a análise, projetou-se uma curva dos acontecimentos em relação ao tempo, evidenciando-se ainda mais a estabilização das deflexões sob carga constante.

PCR e o Reforço com fibra de carbono em laje

Uma laje, de uma determinada indústria, necessitava ser reforçada à flexão, tanto para esforços positivos quanto negativos, devido a mudança de uso. A carga original de cálculo era 50psf, necessitando ser majorada para 120psf.

A laje foi reforçada em sua região superior, ao longo das linhas dos pilares, entre vãos e em sua região inferior. Após os serviços de reforço, a laje foi submetida a uma PCR, de modo a atestar a sua nova capacidade suporte, checando-se a linearidade dos valores das deformações com as cargas impostas, além do que comparando-se o momento induzido pelas cargas do teste ao momento causado pelas cargas de cálculo.

As cargas de teste foram aplicadas com macacos de 30 toneladas, reagindo contra uma cargueira posicionada no piso superior (figura 5), utilizando-se, adicionalmente sobre



Figura 4 - Posicionamento do equipamento de monitoramento sob a linha da viga.

a laje de teste, sacos de areia e grandes rolos de papel para aumentar a carga e diminuir a ação dos macacos. A posição das cargas é o principal fator a ser considerado para que haja sucesso na execução de provas de carga rápidas. Um modelo de elemento finito foi usado para determinar a locação das cargas de teste que poderiam produzir um momento equivalente ao causado pelas cargas de cálculo, nos locais considerados críticos. Também utiliza-se um modelo de elemento finito para determinar o melhor posicionamento da instrumentação, que consistiu de transformadores diferenciais variáveis lineares para medir as deflexões (figura 4), medidores de deformações de 50mm na parte superior da laje perto do pilar e extensômetros de 50mm posicionados na região inferior da laje, apro-

BENTOGRAUT
IMPERMEABILIDADE COM DURABILIDADE

A turma que construiu isto já conhecia o poder impermeabilizante da bentonita.

O PRIMEIRO GRAUT BENTONÍTICO INJETÁVEL QUE ACABA COM PROCESSOS DE UMIDADE EM PAREDES DIAFRAGMA E PISOS INDUSTRIAIS.

Fax consulta n° 265



Figura 5 - Macacos de 30 toneladas reagindo contra a laje superior, previamente carregada e escovada. Sobre a laje testada foram colocados sacos de areia e rolos de papel.

ximadamente na mesma região, para medir a deformação no concreto.

A PCR foi iniciada adicionando-se cargas, em etapas, através dos macacos hidráulicos, sempre estabelecendo-se um tempo determinado ou até que as deflexões estabilizassem sob carga constante. Caso contrário, considerar-se-ia o sistema inelástico, interrompendo-se a prova de carga. Uma vez encontrada a carga máxima, durante a PCR, e as deflexões estabilizassem, seria feito o descarregamento em etapas. Adicionalmente, foi repetido um ciclo de cargas, de modo a endossar os dados iniciais coletados.

Durante a execução da PCR, as anotação das cargas, deflexões e deformações foram feitas em intervalos de 1 segundo, utilizando-se os dados para montar curvas carga/deflexão, as quais evidenciam excelente linearidade e muito pouca ou insignificante deformação permanente. Também foram construídas curvas, em relação ao tempo, que tornaram mais clara a estabilização das deflexões sob a carga constante.

Encontrou-se, em um determinado carregamento um momento aproximadamente igual ao momento causado por 85% das cargas máximas administradas, desconsiderando as cargas mortas já existentes. A prática demonstra que, mesmo considerando níveis altos de carregamento, com esta sistemática de trabalho, obtém-se testes extremamente seguros. Na eventualidade da laje apresentar qualquer sintoma de ruína, durante

o teste, ficaria bastante localizado e, de forma nenhuma, afetaria a estrutura como um todo.

Fax consulta n° 388

Para ter mais informações sobre reforço com fibra de carbono.

Click aqui:

<http://www.thomastec.com.br>

REFERÊNCIAS

- Carlos Carvalho Rocha é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- Dr. Antonio Nanni (Jones Professor of Civil Engineering, University of Missouri - Rolla).
- Matt Mettmeyer (M.S. Candidate, University of Missouri - Rolla).
- Jeff Bradshaw (Staff Engineer).
- Paolo Serra (Visiting Scholar).

Epóxis Subaquáticos?

Epóxi Bio-Seal 182

Epóxi incolor, A + B, aplicado com trincha.

Promove uma efetiva e segura proteção para superfícies de concreto expostas a toda sorte de contaminação do tipo salmouras, gasolina, óleos e produtos cáusticos. Protege superfícies expostas a agentes corrosivos como maresia e ambientes industriais, particularmente os sujeitos a ataques de ácido sulfúrico. Indicado para uso subaquático (água doce ou salgada). Material com 100% de sólidos.

Epóxi Bio-Dur 561

Pasta epóxica tixotrópica com 100% de sólidos, A + B, estruturada com micro-fibras de Kevlar. É particularmente projetada para aplicações profissionais subaquáticas.

Epóxi Sub-RG

É um epóxi cinza com 100% de sólidos, A + B, especialmente formulado para serviços profissionais subaquáticos. Aplicado com trincha.

Epóxi Semi-rígido 36

É um sistema epóxico de última geração, com dois componentes e 100% de sólidos (sem solvente), baixa viscosidade e ausente de retração. Possui altas resistência a ácidos e bases (médio ataque), já que forma uma eficiente barreira contra agentes contaminantes e a própria umidade.

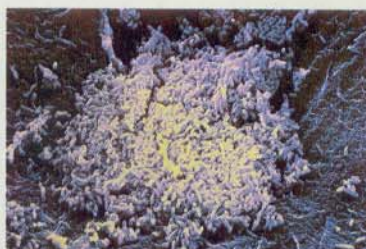
Estes são os epóxis que efetivamente fazem o melhor trabalho de ancoragem em sua obra.



Fax consulta n° 274

Só os que atendem à norma ASTM C-882

A corrosão bacteriológica e a sua boca



Proliferação das bactérias pela decomposição do alimento em nossa língua, a semelhança da placa bacteriana nos dentes.

Michelle Batista



Hoje, e cada vez mais, gastamos mais tempo com nossa saúde, fazendo exercícios, melhorando nossa nutrição ou mesmo tratando de nossos dentes, não apenas por razões médicas, mas por um convívio social cada vez mais intenso. Cada um de nós quer se sentir bem e parecer melhor ainda.

Contudo, milhares de pessoas sofrem de uma condição que não pode ser curada em uma academia ou num spa. Este problema chama-se mau hálito crônico ou halitose e atinge mais de 100 milhões de pessoas no mundo inteiro. Até hoje, o tratamento é feito com chicletes, pastilhas, escovagens intensas e a última (e louca) novidade estabelece o uso de pílulas que "atacam" o problema no estômago. Nenhum destes tratamentos funciona. A halitose é causada por uma bactéria que se estabelece na parte de trás da língua, acima da garganta, produzindo gases sulfurosos. A única maneira de interromper ou anular o mau hálito é anular este processo químico.

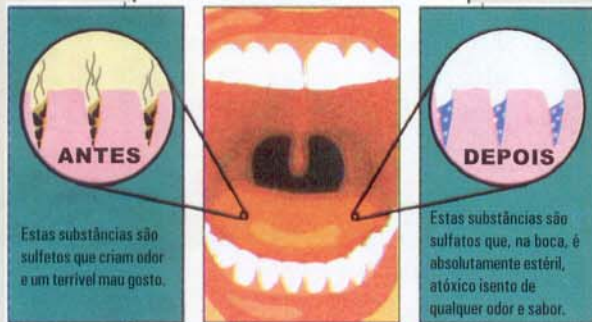
Como a halitose compromete

A halitose é originada na boca e, virtualmente, indetectável por nosso próprio cheiro. Quando muito percebemos um sabor desagradável e azêdo em nossa boca, ao falarmos. Desagradável mesmo é quando, na maioria das vezes, sem percebemos o problema, uma pessoa amiga nos expõe a situação. Entramos naquela ciranda de "tratamentos" que nada resolvem e, percebendo a continuidade do problema, caímos em depressão.

Trata-se de um problema que afeta profundamente nossas vidas, a começar pelo casamento, vida social, carreira e os relacionamentos em geral.

Como funciona a medicação

Todos nós temos bactérias naturais que vivem na região anterior da língua e entre nossos dentes e que interferem diretamente em nossa digestão direcionando restos de comida. Nos dentes formam as



ANTES
Estas substâncias são sulfetos que criam odor e um terrível mau gosto.

DEPOIS
Estas substâncias são sulfatos que, na boca, é absolutamente estéril, atóxico isento de qualquer odor e sabor.

placas bacterianas. Sob certas condições, estas bactérias irão quebrar as ligações químicas das proteínas, transformando-as em sulfetos, o grande responsável pelo mau cheiro em nossa boca.

Uma solução científica

Bacteriologistas, até então fora do contexto dos idealizadores de soluções para este grave problema, descobriram que a fonte do mau hálito, não é originária do aparelho digestivo.

Muito menos tem efeito direto com a comida que comemos. Alguns alimentos como as proteínas de determinadas comidas, entretanto, contribuem para a produção de gases sulfurosos na parte de trás da boca, exarcebando o problema. As pas-



Os produtos que neutralizam a ação das bactérias do mau hálito.

tilhas de menta ou hortelã, as bebidas alcoólicas ou mesmo aqueles líquidos que são recomendados para enchugar diariamente a boca pioram ainda mais esta condição porque, simplesmente, o açúcar e o álcool ressecam a boca. Medicamentos receitados para a depressão aumentam a pressão sanguínea, resultando na formação de sulfetos (H_2S). O muco que drena da parte superior do nariz para a boca, contém grandes proteínas carregadas de enxofre. Alguns tratamentos recomendados para a halitose contém sulfato lauril de sódio (SLS), e são propensos a causar infecções ou mesmo úlceras.

Efetivamente, a única maneira de eliminar a produção dos sulfetos (aqueles gases sulfurosos mal cheirosos expelidos pela boca) é introduzindo oxigênio nas células das bactérias, fazendo com que produzam não mais sulfetos e sim sulfatos, que não apresentam cheiro ou qualquer odor.

O tratamento seguro e natural

O produto recentemente lançado no mercado, chamado THERABREATH, introduz grande quantidade de oxigênio na boca, alterando as reações químicas que produzem os sulfetos. É isento do perigoso SLS, tratando-se, portanto, de um produto 100% natural, com um leve sabor de menta.

REFERÊNCIAS

• Michelle Batista é Química.

Fax consulta nº 397

Você aplicou a tinta. E agora?

Saiba como adere a película de tinta que você aplicou.

Michelle Batista



Não é só comprar a tinta, limpar a superfície e aplicá-la. Se você ainda adota esta estratégia para fazer a sua obra, pare e faça uma nova análise da situação em que você vai se meter.

Para entender, adequadamente, o que ocorre entre uma tinta e o substrato em que vai ser aplicado, é essencial conhecer as forças químicas e físico-químicas que sustentam a tinta, tanto dentro da lata quanto na superfície aplicada. Uma vez dentro da química da tinta, aceitamos que suas moléculas são seus elementos formadores, estruturados por complexos grupos de átomos unidos por ligações químicas, das quais já falamos aqui. Veremos que isto é verdade se nos referirmos aos polímeros à base de carbono, com suas cadeias compridas que, de um modo ou de outro, formam a maioria dos veículos das tintas.

A química da tinta

A natureza da ligação química que mantém os átomos juntos depende acima de tudo dos tipos de átomos (elementos) envolvidos. Todos os elementos tem estruturas atômicas formadas por núcleos carregados positivamente, circundados por um ou mais níveis (envoltórias ou camadas) energéticas de elétrons carregados negativamente. A natureza do elemento dependerá do número de prótons (e de partículas não carregadas conhecidas com neutrons) que formam o núcleo, e o número de elétrons que o envolve.

O número de elétrons que existe no nível (camada) energético mais externo de um átomo,



Exemplos de matérias primas para tintas

Pigmentos	Resinas	Solventes
Poder de cobertura	Sintéticas que secam por evaporação do solvente	Hidrocarbonetos
Dióxido de titânio	Vinilas	Xileno
Óxido de cromo	Borracha clorada	Nafta
Óxido de ferro	Acrílicos	Thiners
Cromato de chumbo	Estireno/Butadieno	
	Nitrocelulose	
Funcional	Oxidantes	Oxigenados
Óxido de cobre	Óleos secativos	Metil etil cetona
Óxido de zinco	Alquídicos	Butanol
Zarcão	Estersepóxicos	Acetato de etila
Tetro xiconato de zinco	Uretanos modificados com óleo	Etileno glicol mono éter butila
Cargas	Cura química	Outros
Silicato de magnésio	Epóxi/poliamidas	Nitropropano
Silicato de alumínio	Epóxi/fenílicos	Turpentina
Carbonato de cálcio	Uretano/acrílico	Dimetil formamida
Sulfato de bário	Alquídica/uréia formadeído	Tricloroetano

de qualquer átomo, é absolutamente crítico porque são eles que tomam parte nas reações químicas ou mesmo informam o número de ligações químicas que um átomo pode fazer. Estes elétrons são chamados de elétrons de valência.

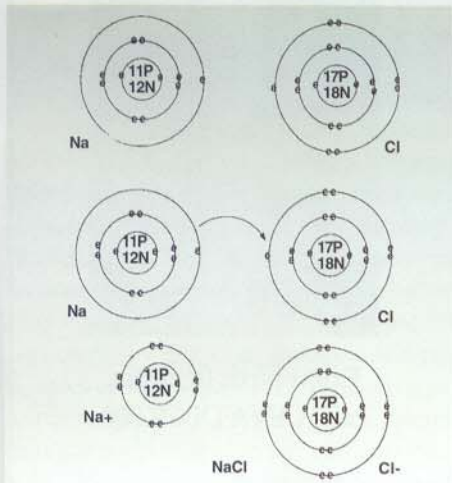
Átomos individuais de um elemento são mais estáveis quanto a quantidade de elétrons de valência, na camada mais externa, for igual a oito. A ligação química ocorre quando, através de um mesmo ou de diferentes

elementos, aproximam-se o suficiente para trocar (ligação covalente) ou transferir (ligação iônica) elétrons de valência, de maneira que cada elemento esteja satisfatoriamente estabilizado com oito elétrons naquela importante camada. Em alguns elementos, como o sódio, zinco e o alumínio, os elétrons de valência são doados para a ligação. Em outros, como o cloro e oxigênio, aceitam aqueles elétrons. Em alguns outros elementos, como o carbono, silício e o ni-

trogênio, os elétrons tanto podem ser doados quanto recebidos, dependendo do caso particular.

A ligação iônica

Geralmente, sais inorgânicos e óxidos de metais em que o átomo do metal com excesso de elétrons na camada mais externa, transfere-os para o átomo de um elemento não metálico com necessidade de elétrons adicionais para tornar-se estável com a configuração de oito elementos. O sódio, por exemplo, com um elétron adicional na camada mais externa, rapidamente transfere um elétron para o cloro, que imediatamente o aceita, adicionando-o aos sete já existentes. A configuração estável resultante, com oito elétrons na camada mais externa de cada átomo, é o cloreto de sódio ou o sal comum, uma estrutura ionicamente ligada e carregada que se dissocia em água para formar uma solução eletrolítica.

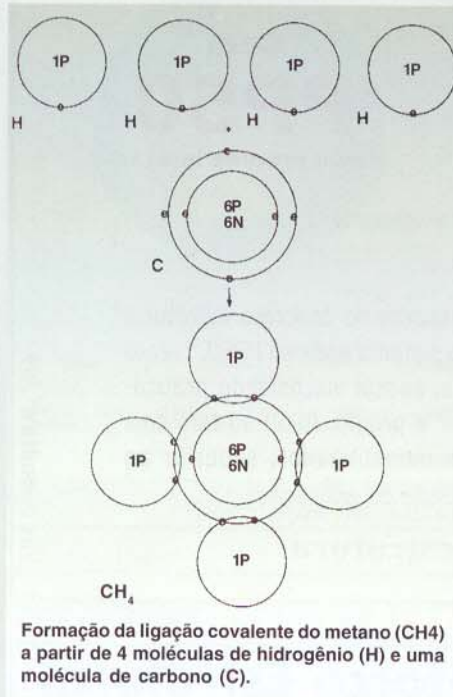


Formação da ligação iônica do cloreto de sódio (NaCl) a partir do sódio (Na) e do Cloro (Cl).

O íon sódio, tendo perdido um elétron, passa a ter uma carga positiva e o átomo de cloro, agora com um elétron adicional, passa a ter uma carga negativa. Uma vez em uma solução, estas cargas viabilizam uma fácil e rápida passagem de corrente elétrica.

A ligação covalente

O nível de atração dos elétrons de um átomo em relação aos elétrons de outro átomo é conhecido como sua eletronegatividade.

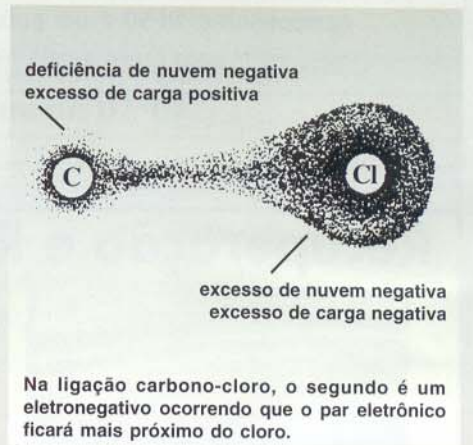


Formação da ligação covalente do metano (CH₄) a partir de 4 moléculas de hidrogênio (H) e uma molécula de carbono (C).

A ligação química que ocorre em substâncias orgânicas à base de carbono, além de outros grupos moleculares formados de elementos com diferentes eletronegatividade, não envolve transferência de elétrons e,

portanto, não existirá a natureza iônica (anterior) para a ligação, já que as cargas positivas e negativas resultantes em cada extremidade das moléculas formadas são insignificantes. Vejamos porque.

Quando ocorre uma ligação entre dois átomos com grandes diferenças em suas eletronegatividades, seus elétrons de valência, que irão construir esta ligação, não se transferem como já afirmamos e sim apenas se "casam" ou são mutuamente divididos ou compartilhados, de maneira que, desta forma, encontram um octeto estável. A particularidade, neste caso, entre átomos com diferentes eletronegatividades é que os elétrons compartilhados ficarão mais próximos do átomo com mais eletronegatividade, formando excesso de carga elétrica ou polo ao seu redor. Isto fará com que este elemento, mais eletronegativo, fique com uma carga elétrica desprezível, formando-se, portanto, uma molécula em cujas extremidades haverá cargas positiva e negativa insignificantes. Isto é a chamada ligação covalente polar. Moléculas polares apresentam pouca atração entre si.

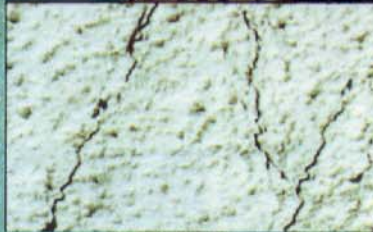


Na ligação carbono-cloro, o segundo é um eletronegativo ocorrendo que o par eletrônico ficará mais próximo do cloro.

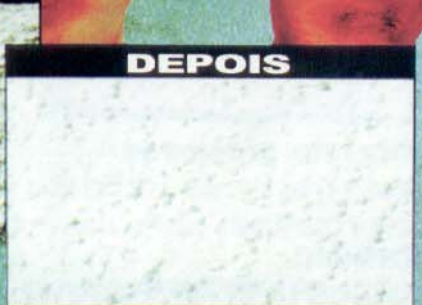
**VOCÊ TEM ISTO EM SUA FACHADA?
A SOLUÇÃO É**

ELASTO-TEX

Elasto-tex é uma tinta elastomérica, made in USA, que não promove emendas. É totalmente impermeável para uso em fachadas de edificações, particularmente as com histórico de infiltrações. Tinta acrílica elastomérica à base d'água, isenta de plastificantes (material adicionado à tinta para torná-la mais flexível) e modificada quimicamente, de modo a ter qualidades verdadeiramente elastoméricas.



ANTES



DEPOIS

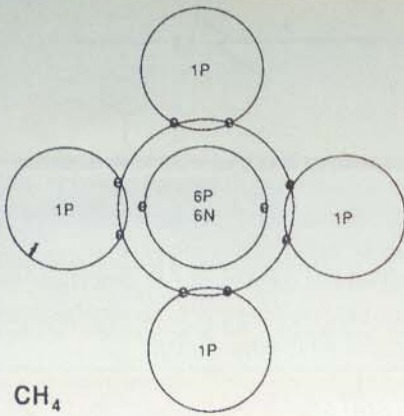
**ESTICA 600% E NÃO PERDE
ESTA CARACTERÍSTICA**

Fax Consulta n° 291

De outra forma, quando a ligação é feita entre dois átomos de mesma eletronegatividade, os elétrons de valência, que fazem a ligação dos grupos moleculares, são igualmente divididos, rigorosamente simétricos em relação aos seus núcleos, não existindo pólos. Nestas condições a ligação química é dita apolar.



Quando a ligação covalente é feita entre dois átomos iguais, a distribuição do par eletrônico é rigorosamente simétrica em relação aos núcleos, não existindo pólos. O H_2 é um belo exemplo.

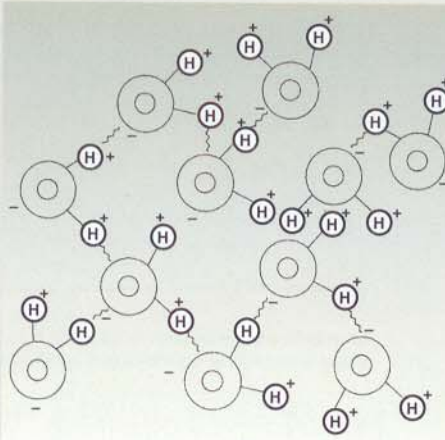


A molécula do metano tem grupamento simétrico de átomos de eletronegatividade similar, ocorrendo uma ausência de polaridade.

Ligação do hidrogênio

Em situações onde o átomo de hidrogênio é menos eletronegativo desenvolve-se uma situação muito particular em que há apenas um elétron para ser dividido, não havendo outros em torno do próton solitário do núcleo de hidrogênio. Neste caso, não apenas o átomo mais eletronegativo puxa o único elétron desprezível em direção ao seu núcleo, mas também o próton do núcleo de hidrogênio está agora mais exposto, apresentando uma fraca carga positiva. Se o átomo eletronegativo da segunda molécula polar se aproxima desta molécula, ocorrerá uma fraca atração entre a porção mais exposta carregada positivamente do átomo de hidrogênio e o átomo eletronegativo da segunda molécula polar.

Este tipo de ligação é especificamente conhecido como ligação do hidrogênio. Talvez seja o melhor exemplo do tipo de fraca atração intermolecular entre moléculas po-



Ligação do hidrogênio nas moléculas de água (H_2O).

lares, conhecidas como atrações da valência secundária. Diferentemente das ligações

químicas reais, as ligações da valência secundária são físico-químicas por natureza, facilmente quebradas e realmente reversíveis. Um clássico exemplo da ligação por valência secundária ocorre na água, onde as moléculas individuais da água são ligadas entre si por meio de uma rede de ligações de hidrogênio. Estas ligações do hidrogênio são responsáveis por todas as particularidades da água.

Surpreendentemente ou não, é nesta ligação de valência secundária que a maioria dos veículos (resinas) das tintas precisam se ligar para aderirem nas superfícies. Poucos são os casos em que uma película de tinta forma uma ligação química verdadeira ou de valência primária com a superfície, permitindo à película molhar e secar.

COMO OCORRE, NA PRÁTICA, A ADESÃO DA TINTA

Todos os primers de tintas precisam aderir muito bem no substrato para permitir que a pintura principal tenha a durabilidade desejada. De outra forma, ocorrerá o descolamento da película. Ocorrem dois mecanismos básicos na adesão das tintas – através da ligação química secundária (fraca) e da primária (forte). A maioria das pinturas orgânicas aderem em superfícies metálicas através da ligação química secundária. As resinas de tintas orgânicas que tenham grupos químicos com o oxigênio, por exemplo as tintas à base de óleo e

os epóxis, “molham” e aderem bem em superfícies metálicas.

Algumas pinturas reagem quimicamente com superfícies metálicas, formando ligações químicas primárias, havendo com isso uma fortíssima adesão.

Para obter uma perfeita adesão da pintura em uma superfície metálica, o substrato precisa estar livre de contaminantes e texturado, de modo a aumentar a área disponível para a ligação. Contaminantes tendem a aumentar a distância entre a superfície de ligação, reduzindo o número de regiões de ligação.



Uma empresa dedicada à indústria de tintas e revestimentos. Análises, testes, investigação do estado de ruína e formulações.

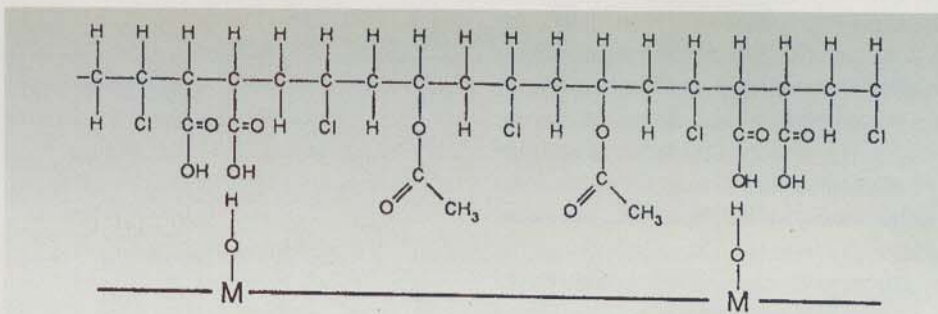
- Consultoria
- Testes físicos e analíticos
- Análise de películas de tinta
- Pesquisa
- Análise dos problemas em qualquer tipo de pintura

Fax consulta 227

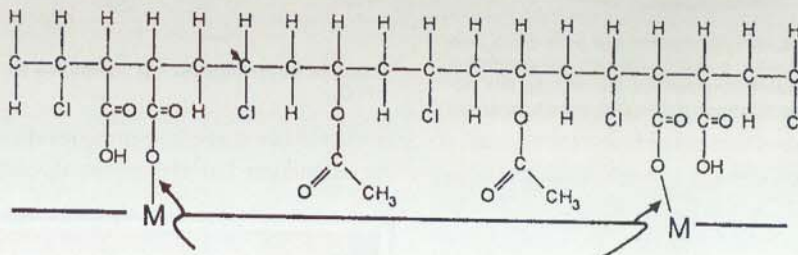
A preparação da superfície. Como "molhá-la" e conseguir uma boa adesão.

Por melhor que seja uma tinta, não conseguiremos mostrar suas qualidades em uma superfície mal preparada. Em pouco tempo apresentará problemas.

A principal diretriz de qualquer pintura, seja arquitetônica ou de proteção é que precisa aderir ao substrato. Mesmo antes de considerar os mecanismos através dos quais a pintura irá aderir, é necessário assegurar que o substrato seja forte ou coesivo o suficiente para ser uma boa base. Precisamos assegurar que a tinta faça, e não é errado dizer, um contato íntimo com a superfície, para que as forças de ligação que irão assegurar uma perfeita química entre ambos, efetivamente ocorra. Em outras palavras, é necessário que a tinta "molhe" a superfície. A distância entre as porções que irão se atrair, por exemplo, a superfície metálica (óxidos e hidróxidos) e a película polimérica (grupos ácidos, hidroxilas, etc...) é muito pequena, da ordem de 5 unidades de Ângstrom, ou não superior a três vezes o diâmetro de um átomo de oxigênio. Além disso, à medida que a distância entre estas porções aumenta, as for-



Uma tinta à base de cloreto de vinila e acetato de vinila, modificada com ácido maleico ataca a superfície do metal nas regiões dos hidróxidos metálicos.



Formação das ligações de valência primária.

Exemplo de ligação de valência primária entre a resina (veículo) da tinta e as superfícies metálicas.

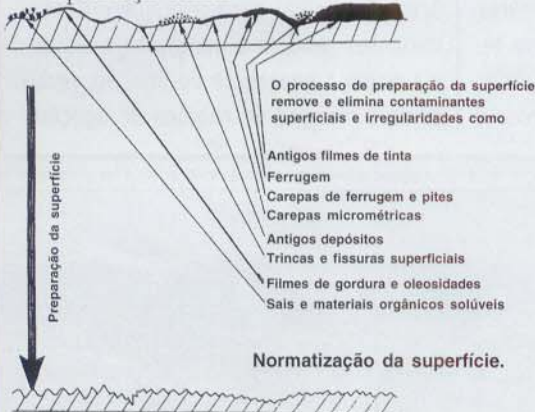
ças de ligação (ou de adesão) que puxam os dois materiais entre si diminuem rapidamente. Nesta escala, uma partícula de poeira na superfície metálica aparecerá como uma grande pedra e uma diminuta gota mono-

molecular de óleo funcionará como uma camada de gelo lisa e escorregadia.

Uma efetiva preparação da superfície tem como base quatro exigências capitais, apresentadas no quadro abaixo:

AS EXIGÊNCIAS PARA A PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES

1 Que o substrato seja uniforme e firme, de acordo com a especificação técnica.



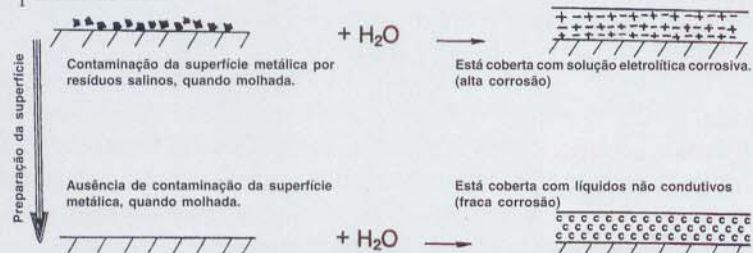
2 Que haverá, o que se denomina, inúmeras regiões com possibilidades reativas na superfície metálica para reagir com a película polimérica a ser aplicada por reação via ligação química (valência primária) ou físico-química (valência secundária). A preparação da superfície deverá assegurar a ausência total de qualquer material que possa interferir na ligação com a superfície metálica, tipo carepas de ferrugem, pó da ferrugem, óleo, substâncias orgânicas e inorgânicas.



Remoção de espécies contaminantes das regiões reativas.

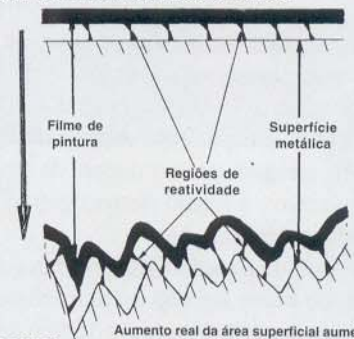
Campos de ferrugem removidas das regiões reativas, permitindo a total reação do polímero com os hidróxidos metálicos.

3 Que não haja substâncias solúveis em água, orgânicas ou inorgânicas, abaixo da película de tinta.



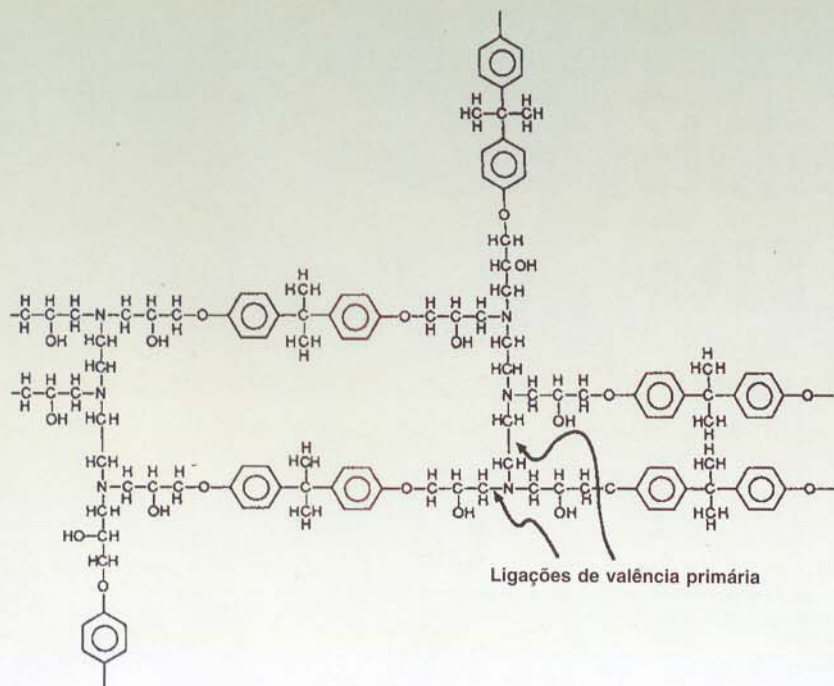
Efeito da preparação da superfície metálica na remoção de substâncias solúveis.

4 Excelente adesão pelo aumento de regiões reativas na superfície metálica para subsequente reação com a pintura. Isto é feito aumentando a área do substrato.



Efeito da preparação da superfície no aumento da adesão.

Aumento real da área superficial aumentando o número de regiões reativas para reação com o polímero da tinta.



Molécula de epóxi curada com poliamida evidenciada tanto pela cadeia principal como pelas ramificações, através de ligações de valência primária.

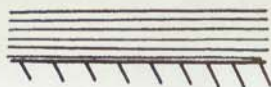
Molhando a superfície

Toda e qualquer preparação superficial torna-se inútil, se a tinta aplicada, subsequentemente, for incapaz de fazer um contato suficientemente íntimo com o substrato, permitindo que seus próprios grupos reativos se aproximem e reajam com os grupos complementares existentes no substrato. Esta distância, necessária à reação, dever-se-á, como já vimos, ser muito próxima, o que não é difícil de obter.

Superfícies limpas metálicas (óxidos metálicos), de concreto ou mesmo paredes emboçadas, apresentam alta energia superficial (centenas de dinas por centímetro) e são facilmente molháveis por soluções polimé-



Líquidos com alta tensão superficial não podem molhar a superfície com baixa energia, já que não podem se aproximar o bastante para reagir e promover boa adesão.



Líquidos com baixa tensão superficial, tranquilamente molham superfícies com alta tensão superficial, já que podem se aproximar o suficiente para reagir com o substrato.

ricas com baixa energia superficial livre. Caso a superfície apresente uma energia superficial menor do que a película a ser aplicada, simplesmente a tinta não molhará a superfície. Problemas de molhamento ocorrerão em superfícies contaminadas com materiais de baixa energia, tipificados por substâncias oleaginosas após a preparação das superfícies, muito característicos em todo o

tipo de superfícies e, particularmente, as metálicas. Este fino filme de substâncias estranhas gordurosas, com energia superficial livre em torno das 20 dinas por centímetro, tem uma forte afinidade com a energia superficial da superfície, que é mais alta, podendo rapidamente dispersar-se, reduzindo a alta energia superficial livre do substrato para um valor próximo ao seu. Com isto, a pintura (tinta) que tem uma energia superficial em torno de 30 dinas por centímetro, facilmente molharia a superfície metálica com uma energia superficial em torno de 400 dinas por centímetro. No entanto, o mesmo não ocorrerá agora, já que uma vez contaminada, passará a ter apenas 20 dinas por centímetro, em média.

Fax consulta nº 398

Para ter mais informações sobre Pinturas.

Click aqui:

<http://www.thomastec.com.br>

REFERÊNCIAS

- Michelle Batista é Química.
- Haris M.R. Herbert S.M. and Smith M.A. The remedial treatment of contaminated land.
- Steeds J.E., Shepherd E. and Batry D.L. A guide to safe working practices for contaminated.
- Denner J. Industrial Waste Management.

SONDOSOLO

GEOTECNIA E ENGENHARIA LTDA.



- Sondagem a Percussão e Rotativa
- Ensaio Geotécnicos
- Ecologia e Meio Ambiente
- Cortinas Atirantadas e Injeções
- Estacas "Raiz"
- Estacas Tipo "Franki"
- Estacas Pré Moldadas
- Trilhos e Perfis Metálicos
- Estacas Escavadas e Tubulões

FONE: (019) 254.6644

Rua Mogi das Cruzes, 255 - Fax: (019) 254.7391 - Campinas - SP

Corrosão bacteriológica no concreto de ETEs

Saiba porque nossas estações de tratamento de esgotos tornam-se vulneráveis à corrosão e, em menos de 5 anos, entram em estado de recuperação.

Carlos Carvalho Rocha



Tintas e revestimentos protetores específicos, obrigatoriamente têm que proteger o concreto armado de ETAs e ETEs, estendendo-lhes o tempo de serviço. Estas estações, quando ausente de qualquer tratamento, o que é bastante comum entre nós, apresentam um tempo de vida em torno de quatro anos (alguma relação com a política?), devido ao ataque bacteriológico, necessitando, a seguir, caros serviços de recuperação e reforço estrutural, além de tratamento protetor superficial. Repare que somente após os serviços de recuperação/reforço nas paredes e pisos estruturais é que administradores e projetistas despertam para este sério problema. O número de estações desativadas todos os anos para trabalhos de recuperação ou trabalhando com sérios problemas operacionais devido a vazamentos ou ameaça de ruína é, realmente, um problema constante. A causa é a chamada corrosão bacteriológica ou corrosão induzida por microorganismos (CIM) originada pelo metabolismo bacteriano, extremamente agressivo ao concreto, causador da desintegração de galerias e tubulações de ETEs, particularmente em regiões acima da linha do esgoto.

Ambientes poluídos destroem o concreto

Cidades importantes como São Paulo e Rio de Janeiro estão recebendo estações de tratamento de esgoto para tratar toda sorte de esgotos, antes que cheguem ou sejam despejados em seus rios, lagoas ou diretamente no mar.

PROBLEMAS COM FUNDAÇÕES?

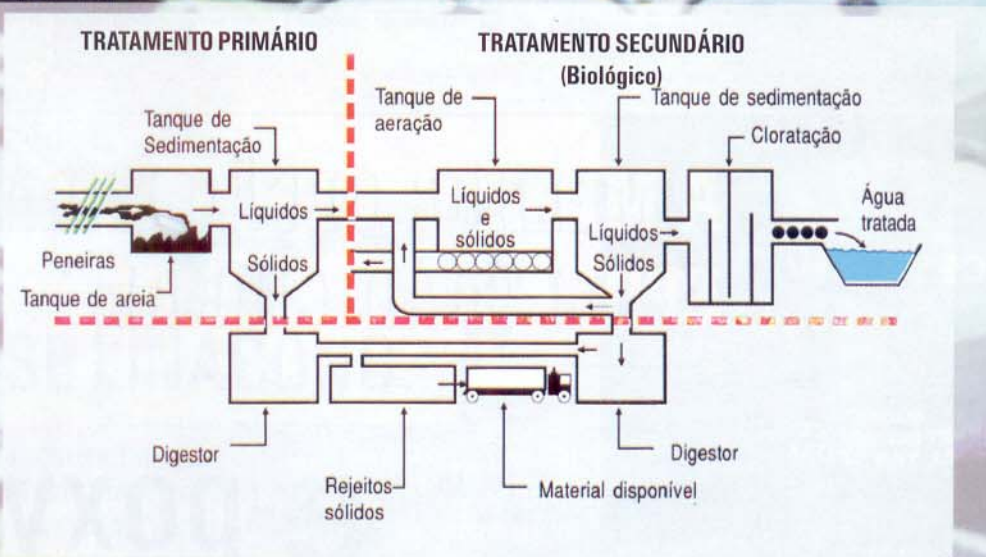
Substitui o jet grouting com vantagens no custo e no prazo de execução. A resina hidroexpansiva do PH Solo Estabilizador, em apenas 24 horas, restabelece qualquer situação suporte, principalmente em presença de grandes fluxos d'água, em qualquer tipo de solo. Na próxima vez não sobrecarregue ou arrebente o seu solo.

Use

PH Solo Estabilizador.
Solução em 24 horas.

GRAUT QUÍMICO
PH SOLO
ESTABILIZADOR

Graut
Químico



Esquema de uma estação de tratamento de esgoto

Um típico fluxograma (simplificado) do processo de tratamento de uma ETE. O diagrama mostra o processo físico ou peneiramento, filtragem pela caixa de areia e remoção dos sólidos sedimentados. O processo biológico de ativação do lodo vem logo a seguir e, finalmente, o processo químico de desinfecção, utilizando-se o cloro. Outras ETEs podem apresentar tipos diferentes de processamentos. Naturalmente dependendo da situação exigida para o efluente final.



A maioria de nossas ETEs não apresentam qualquer sistema de proteção nas superfícies, deixando o concreto entregue à própria sorte, no contato com as bactérias.

A maioria dos projetistas e técnicos acreditam que só o esgoto ou os efluentes industriais são responsáveis pela ativação da CIM em estruturas de concreto armado. Na verdade, o esgoto doméstico é tão severo quanto o esgoto industrial. As ETEs recebem tanto um quanto outro. O que importa, na maioria das vezes, é que a corrosividade do esgoto está diretamente relacionada com a sua idade e não, necessariamente, com seu conteúdo. Os níveis de sulfeto de hidrogênio são realmente insignificantes no início de sua estocagem. No entanto, à medida que adquire idade ou envelhece, torna-se mais séptica (que causa germes patogênicos) dentro do sistema de coleta e tratamento, aqueles mesmos níveis crescem assustadoramente.

Estruturas de concreto armado, sem qualquer revestimento protetor contra a corro-

são (tanto do concreto quanto de suas armaduras) perdem, em média, 6,2mm de sua superfície por ano. Com isto, estruturas com camadas de recobrimento de 25mm, em apenas quatro anos, podem ficar com suas armaduras totalmente expostas e, portanto, em total estado de corrosão.

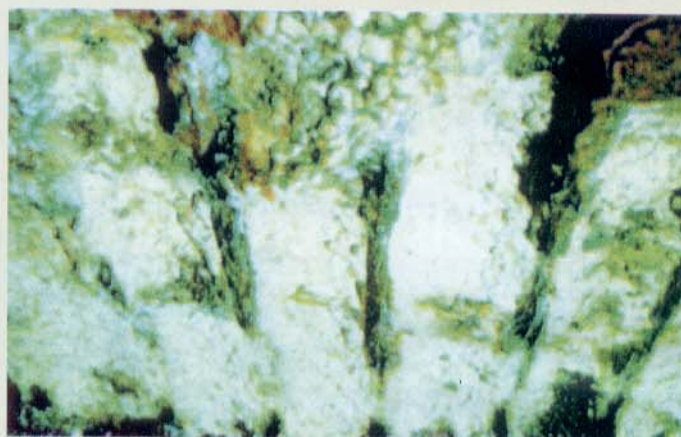
Problemas adicionais que aceleram a deterioração do recobrimento ou do substrato, incluem a umidade, a abrasão do efluente, a erosão e, por fim, o ataque químico. A umidade alta, muito comum entre nós, contribui para a destruição



da superfície do concreto, assim como de alguns revestimentos protetores, já que é fator predominante para o crescimento de fungos e bolor e, portanto, colocando na área a CIM. Torna-se natural, portanto, o uso de revestimentos protetores na superfície do concreto que resistam também à abrasão provocada pelo esgoto, durante o seu processamento dentro da estação, assim como sejam resistentes aos produtos químicos extremamente corrosivos de limpeza, desinfecção e controle do odor utilizados e que, invariavelmente, rolam nas superfícies.

A E.T.E.

Uma ETE, freqüentemente processa tanto esgoto doméstico quanto o industrial e, adicionalmente, em algumas cidades, a água das chuvas também é coletada e tratada como esgoto. Cidades importantes como São Paulo e Rio de Janeiro estão recebendo ETEs



O teto de galerias é mais seriamente atacado devido a presença de H₂S.



A MELHOR OPÇÃO PARA O EPÓXI TRADICIONAL

 **poxy**
INDUSTRIES, INC.

Fax consulta nº 381



O estado das paredes das ETEs com a ação da CIM.

de modo a tratar toda a sorte de esgotos, seguindo um determinado padrão de qualidade, antes que desemboquem nos rios, lagoas e no mar. Nos EUA, esta descarga é severamente controlada pelo órgão federal NPDES (National Pollutant Discharge Elimination System) ou por sistemas estaduais similares.

Uma ETE, comumente, incorpora processos de tratamento físico, químico e biológico, de modo a obter aquiescência a padrões previamente estabelecidos.

O tratamento biológico, também chamado tratamento secundário, remove a maioria da matéria orgânica carbonada, reduzindo drasticamente a demanda de oxigênio biológico do esgoto (DOB). Mostramos, a seguir, um modelo de tratamento biológico com o processo de lodo ativado, comum, hoje, em ETEs do Rio de Janeiro e São Paulo. O esgoto contendo lixo orgânico e lodo reciclado, chamado Lodo Ativado Tratado (LAT),

proveniente dos tanques de sedimentação secundários, é continuamente alimentado para o tanque de aeração, adicionando-se aí uma massa microbiológica aeróbica e produzindo-se o que se denomina de "licor". Os microorganismos aeróbicos, eventualmente, decompõem o lixo orgânico em CO_2 , água, algumas substâncias estáveis e outros microorganismos. Quando este "licor", rico em microorganismos e produtos em decomposição, alcança uma determinada idade passa para o tanque de sedimentação secundária, onde efluentes secundários são separados do lodo sedimentado (microorganismos). Parte desta lodo sedimentado é reciclado (LAT) para o vaso de aeração para manter a concentração dos microorganismos. Aqui, nesta região da ETE, ocorre a CIM de forma mais intensa, principalmente nas tubulações.

Como se processa a C.I.M.

O concreto, este pseudo sólido que todos nós conhecemos, apresenta condições excelentes, através de sua superfície, de penetração de gases e líquidos contaminantes. Por outro lado, sua composição é facilmente atacada por substâncias ácidas.

Veja como uma ETE convencional sofre a ação da CIM, uma vez sem qualquer revestimento protetor em suas superfícies (repetimos que a totalidade de nossas ETEs não apresentam nenhum revestimento protetor).

A preparação da superfície e o sistema de proteção ideal

Superfícies de concreto novas ou antigas, que precisam ser recuperadas, necessitam

CONHEÇA A ÚLTIMA NOVIDADE EM REVESTIMENTO PROTETOR DE ETEs

Um sistema formado por um primer elastomérico de poliuretano, seguido de um revestimento protetor de PVC, totalmente impermeável à ação de gases, é a última novidade para a proteção de tubulações, galerias e dentro das próprias estações de tratamento de águas e esgotos. Sua aplicação é extremamente simples, tanto para estruturas novas como antigas, consistindo na preparação da superfície do concreto, aplicando-se a seguir o elastômero líquido de poliuretano que penetra nos poros, antes de sua

polimerização, formando uma excelente ancoragem para o revestimento de PVC principal. A seguir, aplica-se a manta de PVC como se fosse um papel de parede sobre a base elastomérica, formando uma "adesão molecular" com a base aplicada. A grande vantagem em relação às resinas aplicadas a rolo ou spray é a uniformidade da manta. A grande resistência do PVC e, principalmente, a ausência de furos na película aplicada, porta de entrada para os gases sulfurosos como o H_2S .

APOLLO

Solicite um representante ou ligue para conhecer nossa linha de tintas para a área industrial e para a construção civil. Fabricamos tintas sob encomenda, segundo as normas americanas e européias.



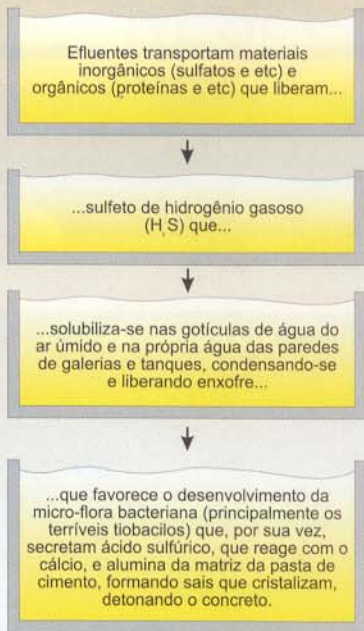
**Abaixo as Tintas
de Má Qualidade!**

TINTAS APOLLO

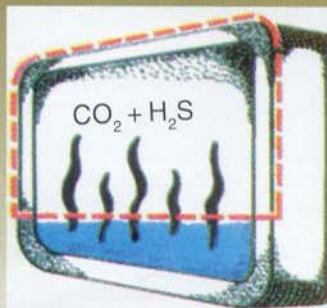
APOLLOPOXI (EPÓXI) • ACRIOBRIL (ACRÍLICO EM SOLUÇÃO) • APOLLUDUR (POLIURETANO) • APOLLIT (SILICONE) • APOLLOCRIL (EMULSÃO)

Tels.: (021) 796-1951 / 796-4633 • Fax: (021) 796-3664

Ação da CIM em tanques e reservatórios



Ação da CIM em galerias e tubulações



O CO_2 é um gás que reduz o pH da superfície do concreto. O H_2S , sai do ácido sulfídrico, é um gás que origina sulfossulfatos e polisulfonatos que abaxam ainda mais o pH da massa do concreto.

de uma preparação específica. No caso de uma superfície nova e lisa, aquela nata superficial precisa ser retirada pois, sobre ela, nada adere de forma estável. Sugere-se para este caso um hidrojateamento de areia. Este mesmo procedimento é indicado para superfícies de concreto em estado de corrosão, seguido da investigação do estado de oxidação das armaduras, através da semipilha, de forma a evidenciar a existência de células de corrosão sob a camada de recobrimento aparentemente sã. Normalmente, o prazo de recuperação de ETEs é extremamente curto. Logo a argamassa ou o concreto de recuperação deverá estar acompanhado ou modificado com um polímero acrílico ou EBD (estireno butadieno) além de fibras sintéticas e um acelerador, de modo a promover uma cura rápida, acompanhada de

OS NOMES DAS ARTISTAS

É comum encontrar-se famílias das bactérias tiobacilus que corroem, de forma excepcional, o concreto e, em menor grau, o aço carbono, abrindo espaço para enormes famílias de outras bactérias, como por exemplo os ferrobacilos, lactobacilos, galionelas, cremostrix, etc. Por exemplo, a galionela, em sua célula, oxida o ferro, tornando o íon ferroso em férrico, ocasionando a precipitação do hidrogênio férrico, aquela excrescência na superfície do aço de tubulações, principalmente os que conduzem o L.A.T. As principais famílias são:



Alguns epóxios como este servem de comida para as bactérias nesta região da ETE.

Bactéria (e família)	Ambiente	O que elas aprontam	Condições
Tiobacilos	Efluentes, rios, mar, solos	Oxidam o enxofre e produzem sulfetos, sulfatos e ácido sulfúrico	aeróbica
Desulfobivrio	Efluentes, solos, maringos	Reduzem os sulfatos e produzem ácido sulfídrico e sulfetos (bastante presente em água salgada)	anaeróbica
Galionela Crematrix Leptotrix	Água com ferro em solução	Oxidam o ferro e produzem hidróxido férrico	Aeróbica

As bactérias se reproduzem dividindo-se em duas. Com boas condições – calor, umidade e alimentação – elas dobram a cada 20 minutos. Surgem três gerações de bactérias em apenas uma hora. Em 24 horas, repetidas divisões produzem 5 sextilhões de filhotes.

Nos microorganismos, geralmente associados aos processos de corrosão, o enxofre e substratos derivados constituem parte importante do seu metabolismo que se relaciona com o ciclo do enxofre na natureza.

Em nossa cozinha

A gema do ovo (proteína sulfúrica) contém enxofre, que se move para a beira da gema formando uma margem cinza, se o ovo está cozido há muito tempo. O enxofre é parte vital das proteínas construtoras do corpo. Quando elas se rompem, produzem sulfeto de hidrogênio, gás venenoso com cheiro de ovo podre.



grandes resistências de colagem ou adesão no antigo substrato. O grau de rugosidade obtido na superfície nova durante a preparação é importante, já que está se considerando o sistema de proteção a ser aplicado. Como proteção, exigir-se-á revestimentos ou argamassas epóxicas formuladas com 100% de sólidos (epóxi misturado com areia seca extremamente fina), epóxios de alcatrão (coal tar epóxi) ou o novo revestimento de PVC, específicos para ambientes sujeitos a ataque químico e bacteriológico, com contato direto de ácido sulfúrico. A espessura mínima de aplicação varia de 1 a 3mm, dependendo do sistema. Exigir-se-á, sempre após a aplicação de argamassas epóxicas, a aplicação final (acabamento) de uma demão, de preferência, com bomba airless (spray) do sistema empregado como resina ou aglo-

merante (epóxi ou epóxi de alcatrão), de modo a bloquear a existência de micro-buracos ou furos no revestimento aplicado.



Pite redonda e profunda sob o tubérculo (já removido) em uma tubulação que conduz o L.A.T.

O QUE FAZER QUANDO AS ARMADURAS DO CONCRETO ESTÃO CORROÍDAS?

Serviços de recuperação estrutural em ETEs, significam restituir as seções de concreto e armaduras em estado de corrosão, de paredes, pisos e lajes. O tratamento convencional do estado de corrosão nas armaduras do concreto armado restringe-se às situações terminais, onde as células de corrosão já comprometeram a camada de recobrimento, provocando o seu deslocamento ou, mais especificamente no caso das ETEs, quando o ácido sulfúrico e outras substâncias químicas agressivas criam grandes cavidades nas superfícies das estruturas, comprometendo imediatamente as armaduras.

A verdade é que já se estabeleceram inúmeras outras células de corrosão ao longo da superfície das armaduras, sob a camada de recobrimento do concreto, sem que haja qualquer sinal aparente do seu comprometimento.

O tratamento convencional das armaduras em estado de corrosão aparente, definido pelas situações terminais, é obrigatório mas ineficiente e comprometedor já que, efetivamente, não interrompe a corrosão, além do que as demais células de corrosão que ainda não se manifestaram à superfície, efetivamente, precisarão ser interrompidas. A solução efetiva e que acarreta a durabilidade da estrutura, antes e após a manifestação das células de corrosão nas armaduras, é a proteção catódica com anodo de sacrifício. No caso das ETEs, este tratamento com Zinco Termo Projetado (ZTP) dever-se-á executar pelo lado externo das paredes e lajes, promovendo-se a interrupção do processo de corrosão.

Esta sistemática de trabalho poderá ser executada, tanto durante a fase de projeto (preferencialmente), quanto durante os serviços de recuperação estrutural da ETE.

Não esqueçamos que o epóxi deverá ter 100% de sólidos.

É importante salientar que películas de tintas nada mais são do que a combinação de resinas naturais e pigmentos em estado líquido que, a partir da sua formulação, continuarão a oxidar durante sua vida útil até se tornarem porosas ao oxigênio, aos gases do esgoto, à água e aos íons. Reiteramos que alguns tipos de pigmentos e resinas utilizados em sistemas epóxicos de proteção servem de boa comida para alguns tipos de bactérias, favorecendo seu crescimento.

Alguns novos epóxios híbridos já são empregados em ETEs como revestimento protetor.

Um dos grandes problemas encontrados como barreira à ação da CIM, além da própria resistência que a resina deverá ter, é a existência de furos ou micro-furos que possibilitam a fácil penetração do H₂S através da "película" formada e, naturalmente, o início da criação de colônias de bactérias por trás do revestimento, agindo na frágil superfície do concreto.

Com base neste problema, que é constante e próprio da aplicação de revestimentos, principalmente com rolos ou trinchas, agora há no mercado um revestimento à base de PVC, comprovadamente resistente à ação da CIM. Este revestimento está disponível na forma de uma fina manta, fornecida em rolos. É apli-

cada sobre uma base, previamente imprimada, de uretano. Sua aplicação é feita de modo semelhante ao papel de parede.

Fax consulta nº 399

Para ter mais informações sobre Estações de Tratamento de Esgoto. Click aqui: <http://www.thomastec.com.br>

REFERÊNCIAS

- Joaquim Rodrigues é Eng^o Civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- "Process Design Manual for Sulfide Control in Sanitary Sewerage System", U.S. Environmental Protection Agency.
- R. Witzgall, I. Horner, P. Schafer, Water Environmental and Technology.
- A. Van Mechelen, P. Polder, "Degradation of Concrete in Sewer Environment by Biogenic Sulfuric Acid Attack", P. Howsan, ed., Proc. of the Federation of European Microbiological Societies Symposium No. 59.
- P. Vesilind, J. Peirce, Environmental Engineering.
- G. Tchobanoglous, Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, 2nd Ed.
- S. Borenstein, Microbiologically Influenced Corrosion Handbook.
- G. Kobrin, ed., A Practical Manual on Microbiologically Influenced Corrosion.

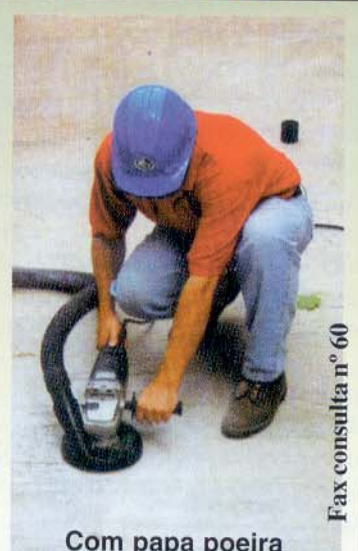


Sem papa poeira



O papa poeira elimina aquela poeira que, além de tremendamente prejudicial à saúde, diminui o rendimento do seu funcionário, ao mesmo tempo que provoca serviços adicionais de limpeza. Qual é o cliente que gosta de poeira? Adquira hoje mesmo o seu papa poeira, adaptável em qualquer lixadeira comercial. Em qualquer tipo de lixadeira, seja elétrica ou pneumática, pequena ou grande e escarificadores de agulhas, você poderá adaptar facilmente o PAPA POEIRA.

PAPA POEIRA
Trabalho limpo com saúde.



Com papa poeira

Fax consulta nº 60