OTIMIZAÇÃO DOS ATIVOS – TÚNEIS NATM - O CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO COMO CONTRIBUIÇÃO PARA A SEGURANÇA E A LONGEVIDADE DA VIDA DOS ATIVOS.

2 linhas em branco, fonte Times New Roman, corpo 10

Alipio Teixeira dos Santos Neto[(1)]
Tecnólogo e Engenheiro Civil formado pelas Faculdades de Tecnologia de São Paulo (FATEC) e de Engenharia de São Paulo (FESP), pós graduado em Gestão da Inovação Tecnológia pela FIA/USP e MBA em Administração para Engenheiros pelo Instituto Mauá de Tecnologia. Atuou na Sabesp em controle de qualidade de obras, pesquisa e desenvolvimento e gestão patrimonial, nas funções de tecnólogo, engenheiro, gerente de divisão e de departamento.
José Ferdinando Morroni
Tecnólogo em Produção Industrial formado pela Universidade Mogi das Cruzes, pós graduado em Gestão da Qualidade pela Universidade Brás Cubas. Atuou na Sabesp nas áreas de fiscalização, acompanhamento e controle de qualidade de obras, nas funções de topógrafo, encarregado de topografia e gestor.

Endereço[(1)]**:** Rua Pedro Campana, 201 – Vila Mariana – São Paulo – SP- CEP 04115-100 – Brasil - Tel: +55 (11) 8383-0803 - Fax: +55 (11) 3388-8094 - e-mail: **asantosn@sabesp.com.br.**

RESUMO

Este trabalho retrata a importância do investimento em controle tecnológico como ferramenta de garantia da segurança estrutural e de longevidade das estruturas, desta forma impactando na conseqüente otimização do ativo da empresa pelo efetivo prolongamento da sua vida útil e agregando valor na sua base de ativos. Foca os estudos em obras lineares executadas pelo método não destrutivo na construção de túneis utilizando o NATM – New Australian Tunnelling Method. Mostra ainda esta técnica executiva e o controle de qualidade utilizado nas obras subterrâneas do Projeto Tietê – fase 2 , com estas características.

PALAVRAS-CHAVE: Otimização dos ativos, Túneis, Controle Tecnológico

INTRODUÇÃO

Há grande demanda pelos investimentos em obras de saneamento no Brasil. Muito há o que se fazer até que o país atinja níveis ideais de cobertura em sistemas de água e esgoto. Ao se viabilizarem recursos para a implantação destes sistemas, existe a pressão pela execução o mais rápido possível, dentro do menor prazo, pressões motivadas por aspectos políticos, pelos agentes financiadores e pelos curtos ciclos de gestão em empresas públicas.

Diante deste cenário é comum deixar-se “de lado” por assim dizer aspectos importantes como um efetivo e rigoroso controle de qualidade, envolvendo o tecnológico de concreto e a instrumentação a nosso ver indispensáveis ao se deparar com o NATM – um dos métodos não destrutivo de execução de tuneis. Comum ouvir-se no dia a dia das obras que estas ações atrapalham ou atrasam cronogramas. Combate-se estas afirmativas ao se deparar com acidentes de rompimento do maciço e fechamento de túneis, muita vezes com vítimas e a responsabilização civil e criminal pelos responsáveis pelas obras, quando se motivam os sinistros por problemas executivos passíveis de serem impedidos pelas ações de controle.

Outro argumento que se coloca é a durabilidade destas obras. Questiona-se se é razoável, perante tanta dificuldade de obtenção de recursos para investimento em obras de saneamento, executarem-se estruturas que poderiam dura muito mais, ter vida útil muito mais prolongada se tivessem sidos investidos parte destes recursos em controle, algo em torno de 2 a 3% do valor do investimento.

O esforço empreendido para a execução de obras de saneamento deve ser integral. Integral no sentido de se contemplar a sua durabilidade e longevidade desde o seu nascimento, ou seja, na faze de concepção. Uma estrutura de saneamento deve durar algo em torno de 50 anos. Para tanto a fase de projetos deve ter esta premissa como condição de contorno e a fase executiva não pode deixar de considerá-la.

Projetada e especificada adequadamente, as estruturas devem ser objeto de rigoroso controle de qualidade durante sua execução, sob pena de apresentarem efeitos danos progressivos, considerando-se o ambiente agressivo a que estarão expostas.

Fator vital para validar esta afirmação é a crescente e necessária consideração a respeito da otimização dos ativos da empresa. Um empreendimento, após imoblizado deve ter a sua vida útil a maior possível, maximizando a geração de valor para a empresa. Não incomum a necessidade de enormes investimentos em substituição a obras danificadas em fases iniciais de sua existência, com todos os esforços que isto representa.

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo demonstrar a necessidade e viabilidade técnico financeira de investimentos em controle tecnológico executivo em túneis construídos pelo método NATM.

MATERIAIS E MÉTODOS

PROJETO TIETÊ – 2ª ETAPA

O Programa de Despoluição do Rio Tietê – 2ª Etapa, também denominado Projeto Tietê, é um projeto de grande alcance, com investimentos de US$ 400 milhões, qualificado como um dos maiores do mundo na atualidade, voltado a melhorar as condições sanitárias, com considerável impacto na saúde e na qualidade de vida da população, objetiva aumentar a cobertura do atendimento, compreendendo: a coleta, o transporte e tratamento dos esgotos na Região Metropolitana de São Paulo.
O investimento do Programa de Despoluição do Rio Tietê – 2ª Etapa inicialmente previa a execução de:

- 290 mil ligações domiciliares Ligações Domiciliares de Esgoto
- 1,2 mil quilômetros de Redes Coletoras de Esgoto
- 110 quilômetros de Coletores Tronco
- 33 quilômetros de Interceptores
- 03 Estações Elevatórias de Esgoto de grande porte
- 77 Estações Elevatórias de Esgoto de pequeno e médio porte
- Estação de Tratamento de Esgoto de Barueri - ETE Barueri. Melhorias nas unidades internas do processo de tratamento, visando otimizar a eficiência operacional.

Realizadas as primeiras contratações apurou-se, como resultado da normal disputa licitatória e de variações cambiais, uma considerável economia, com conseqüente folga de recursos financeiros financiados pelo BID.
O fato motivou a SABESP a solicitar autorização ao BID para o fim de contratar mais obras, dentro do mesmo Programa, permitindo aumentar ainda mais os índices de nossa cobertura no atendimento à população.
Neste sentido, estas obras adicionais representam um acréscimo de:

- 34,2 mil ligações domiciliares de Esgoto
- 465,7 quilômetros de Redes Coletoras de Esgoto
- 55,6 quilômetros de Coletores Tronco
- 2,1 quilômetros de Interceptores
- 42 Estações Elevatórias de Esgoto de pequeno e médio porte
- 01 Estação de Tratamento de Esgoto em Santana do Parnaíba

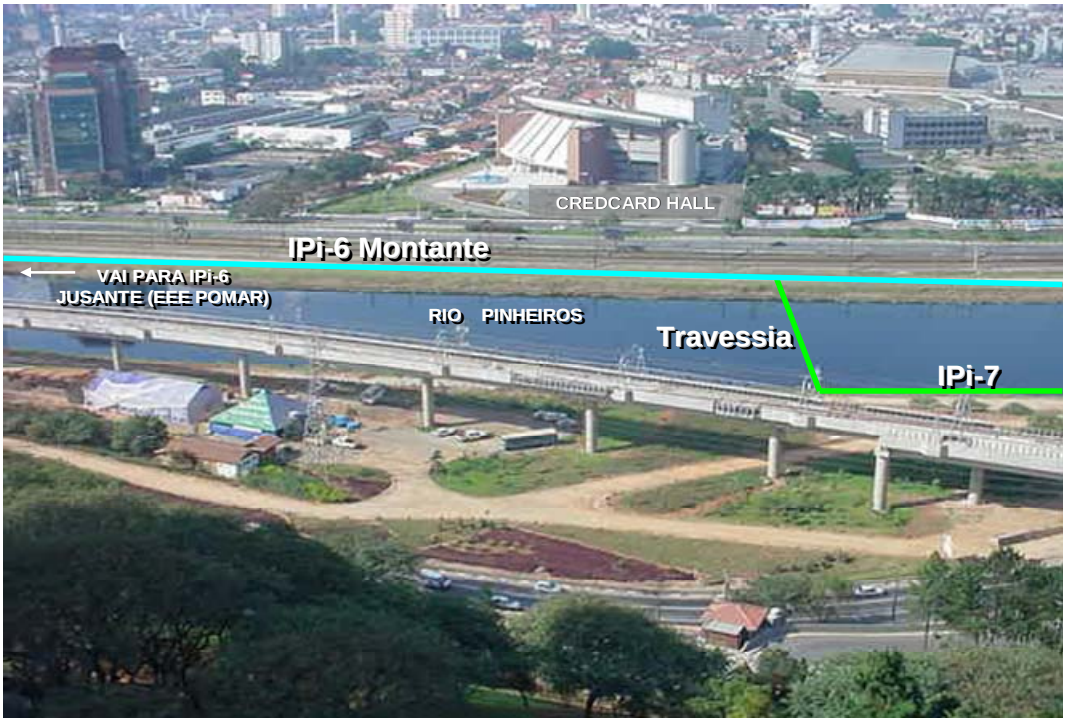
DETALHES TÉCNICOS DE ENGENHARIA

As obras subterrâneas constantes do Programa de Despoluição do Rio Tietê estão sendo construídas em locais que exigem alto grau de controle tecnológico e boa prática executiva, pois passam no subsolo ao lado de edifícios, cruzam por baixo de rios, pontes, viadutos, estradas de ferro, rodovias, e interferências subterrâneas de alto risco como, por exemplo, as tubulações da Petrobrás. São túneis executadas nas marginais de São Paulo e em grandes avenidas.

Visualiza-se, na figura 1 os principais eixos por onde correrão os esgotos pelos interceptores na marginal do rio Pinheiros (IPi). São túneis de grande diâmetro que recebem toda a vazão de esgoto proveniente dos coletores tronco nas regiões adjacentes.

Os maiores túneis do Projeto Tietê, que futuramente serão os interceptores, foram e estão sendo executados com a metodologia denominada NATM, onde o concreto aplicado in loco tem papel primordial na sua estabilidade. São obras, assim como todas as outras, que necessitam de todos os tipos de serviços de controle tecnológico (incluindo os de concreto), sob pena de impactos na sua durabilidade e longevidade futura.

Figura 1 - Ilustração do sistema de esgoto sanitário.



OBRAS SUBTERRÂNEAS

As obras lineares (redes, coletores e interceptores) foram executadas por dois métodos: os destrutivos (abertura de valas nas ruas, assentamento de tubulações e recomposição das condições de solo e pavimento originais) e os não destrutivos (MND), caracterizados pela execução de túneis com diâmetros variando de 1,20 m (m) a 3,50 m.

Em linhas gerais, as redes e os coletores tronco são executados em material cerâmico e plástico (PVC) para os de diâmetro da ordem de 300 milímetros e em concreto para os de maior diâmetro. Os Interceptores são executados em concreto, podendo o concreto ser aplicado “in loco” (dependendo do seu diâmetro) de conformidade com as técnicas executivas de túneis.

Para as obras do Programa de Despoluição do Rio Tietê – 2ª Etapa estão sendo utilizados como métodos executivos de obras subterrâneas: (i) o NATM - Novo Método Austríaco de Execução de Túneis, em percentual preponderante nos interceptores de grande diâmetro; (ii) o Túnel Liner – método com escavação e posterior estruturação do maciço do terreno com chapas de aço aparafusadas; e (iii) o Jacking-Pipe - método de cravação de tubos de concreto pré-fabricados, ambos com grande utilização nos coletores tronco.
Todas estas metodologias estão descritas neste painel técnico.

POÇOS DE SERVIÇO, POÇOS DE VISITA E ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO.

Visando a caracterizar a importância e responsabilidade nas questões de estabilidade e durabilidade, descrevem-se inicialmente as estruturas auxiliares:

Poços de Serviços e de Visita. São escavações circulares com diâmetro variando de 2,50m até 8,00m, com profundidades entre 6,00m a 20,0m, cuja sustentação do terreno adjacente e circunvizinho se faz com a

utilização do material concreto (na grande maioria) ou com chapas de aço que podem vir a ser revestidas com concreto.

Figura 2 - PS em execução



Utilizando-se o concreto projetado, são escavados trechos com profundidade máxima de 1,00m (dependendo das condições do solo), em seguida é fixada armação de aço e projetado concreto para a estruturação do PS.

Todo o procedimento deve ser objeto de controle tecnológico de concreto, lembre-se que esta é a mesma técnica de projeção utilizada no interior dos túneis e esta é – por assim dizer – a fase de ajustes no processo.

Ao se atingir a profundidade determinada pelo projeto executivo, aplica-se concreto convencional no fundo, também controlado, configurando-se a laje de fundo, quando então, inicia-se a execução da obra subterrânea pelo chamado emboque do túnel. Um novo PS será executado a uma distância média de 150m (variáveis de obra como: planejamento, cronograma de execução, condições geológicas e método executivo podem interferir nesta distância, implicando na abertura de mais PS conforme as necessidades e acarretando em mais frentes de serviço a serem atendidas pelo controle tecnológico de concreto) quando então, a partir deste novo PS, prossegue-se na execução do túnel em duas direções, à montante e a jusante.

Figura 3 – Emboque do tunel



ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO - EEE.

Por serem estruturas localizadas e enterradas, pois sua cota de fundo deve coincidir com a cota de chegada da obra linear (rede, coletor tronco ou interceptor), dependem de escavações e estruturação. Na sua grande maioria utiliza-se o mesmo processo executivo adotado para os Poços de Serviço (PS).

Pode-se também utilizar o processo tradicional de escavação, montagem de forma, armação, execução de concretagem e reaterro posterior, ou ainda o processo de escavação e colocação de anéis pré-fabricados de concreto.

Todas as operações que precedem a aplicação do concreto, assim como a sua aplicação efetiva e cura posterior, destinado à execução dos PS, PV e EEE, executados in loco, devem ter garantida a sua ualidade pelo controle tecnológico, no qual se referem as contratações em tela. Ilustra-se a dimensão destas obras nas fotos anexas.

Figura 4 – Estação elevatória Pomar – EEE de grande porte



Figura 5– EEE de pequeno porte



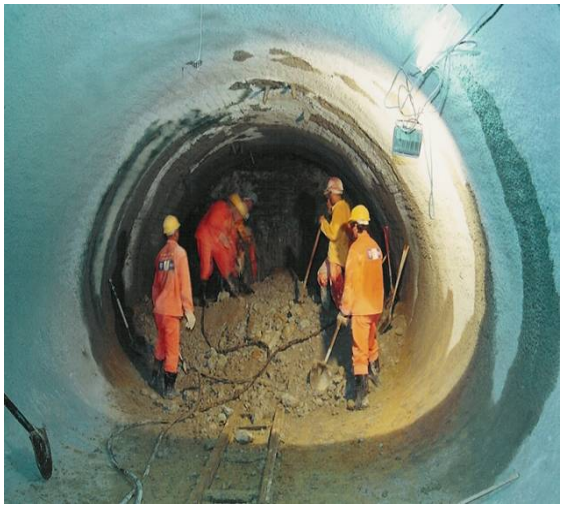
METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DAS OBRAS SUBTERRÂNEAS

MÉTODO NATM

Os túneis em NATM do Projeto Tietê foram executados mediante escavação manual. Em alguns locais, como na marginal do Rio Pinheiros – Interceptor IPi 6, a escavação ocorreu em vários trechos, mediante desmonte de rochas com explosão, no período noturno. Ambos os procedimentos geram avanços executivos muito pequenos, da ordem de 1,00m por dia, com muitas frentes de serviço abertas nos respectivos PS, motivo pelo qual o controle tecnológico de concreto necessitou de esforços maiores se comparados com as outras

metodologias executivas também adotadas pelas empreiteiras. Na figura 6 ilustramos o processo de escavação, dando a dimensão de um de nossos maiores túneis.

Figura 6– IPi 6 – Frente de escavação



Após a escavação e/ou o desmonte das rochas, o futuro túnel é preparado para a estruturação fixando-se armadura de aço no terreno recém escavado e procedendo-se a aplicação do concreto por projeção.
Trata-se de concreto preparado em uma estação de trabalho alocada nas proximidades do PS onde o túnel está sendo escavado, sendo este o local onde os seus materiais constituintes (cimento, areia, brita, água, aditivo) são acondicionados, medidos e misturados. O concreto recém misturado é transportado para o interior do túnel, mediante bombeamento por uma tubulação com pressão de ar interno.

Figura 7– Preparo do concreto



Para o concreto projetado a adição de água na mistura dos materiais constituintes ocorre na frente de projeção, já no interior do túnel, sendo a mesma transportada também por tubulação sob pressão. Ambas as tubulações passam pelo PS e chegam até a frente recém escavada onde um operário da obra controla, em um equipamento denominado bico de projeção, a mistura de concreto seco + água.
A pressão do concreto e da água proporciona a mistura dos dois elementos e a aplicação no terreno mediante lançamento por projeção.

Figura 8 – Projeção de concreto no túnel



Figura 9 – Projeção de concreto no túnel



Este concreto tem a função vital de: (i) sustentar todo o maciço do terreno nas primeiras horas após o lançamento, necessitando-se de um rápido endurecimento para este fim; (ii) resistir a todos os esforços solicitantes e agentes agressivos do esgoto durante a vida útil da estrutura. Estas propriedades são frutos de estudo em laboratório, onde se determina a dosagem ideal dos materiais constituintes do concreto, incluindo um aditivo especial acelerador de endurecimento que garante o atendimento da necessidade nas primeiras horas, sem prejudicar o desempenho deste concreto nos próximos 50 anos (vida útil desejada para este tipo de obra).
Terminada a projeção do concreto de estruturação, e, após o seu completo endurecimento, é aplicada uma nova camada de concreto projetado (também controlada), com dosagem de materiais específica, que tem por finalidade dar o acabamento na superfície que ficará em contato com o esgoto, conferindo a esta a configuração hidráulica e rugosidade adequada ao perfeito escoamento do liquido, garantido a operacionalidade esperada ao sistema.

Destaca-se aqui o papel preponderante e essencial do controle tecnológico de qualidade em todas as fases de execução do método NATM descritas anteriormente. Começa com a chegada do tecnologista na obra, quando são verificadas: as condições dos materiais que serão utilizados na execução do concreto; as condições de limpeza da armadura de aço que estruturará o concreto do túnel; a conferência das medidas de peso ou volume dos materiais que gerarão o concreto no processo de dosagem (precisam ser preservadas e garantidas as condições estudadas em laboratório); a correta mistura dos mesmos; sua aplicação na frente de execução, onde são verificadas as pressões ideais de projeção, assim como o desempenho do operário que o aplica (chamado de mangoteiro), visto que este tem papel fundamental na qualidade e desempenho futuro do concreto, por controlar manualmente a dosagem de água + concreto seco no bico de projeção (uma falha deste coloca em risco todo o concreto aplicado); e por fim, a retirada de amostras deste concreto para ensaios no laboratório de campo e central.

A distâncias determinadas pelo controle tecnológico são extraídas amostras da própria estrutura do concreto endurecido no túnel, visando a verificações da conformidade com os resultados obtidos em laboratório; o acompanhamento da evolução da resistência do concreto; assim como a obtenção de resultados do concreto na eventual impossibilidade do acompanhamento de campo no período de sua execução.

Figura 10 – Tunel em NAM concretado e acabado



TÚNEL LINER

Este método consiste-se na escavação do subsolo a partir dos PS, seguido de estruturação do maciço do terreno com chapas de aço curvas, corrugadas e aparafusadas. Após a estruturação procede-se o preenchimento interno do túnel com a utilização de concreto aplicado em formas circulares, dando à estrutura a configuração hidráulica e rugosidade adequada e necessária à sua operacionalidade Todos os serviços que envolvam a aplicação de concreto neste método são também objeto de controle tecnológico de qualidade, pois deve ser garantida a durabilidade do concreto interno que ficará em contato com o esgoto durante toda a vida da estrutura.

JACKING PIPE – TUBOS CRAVADOS

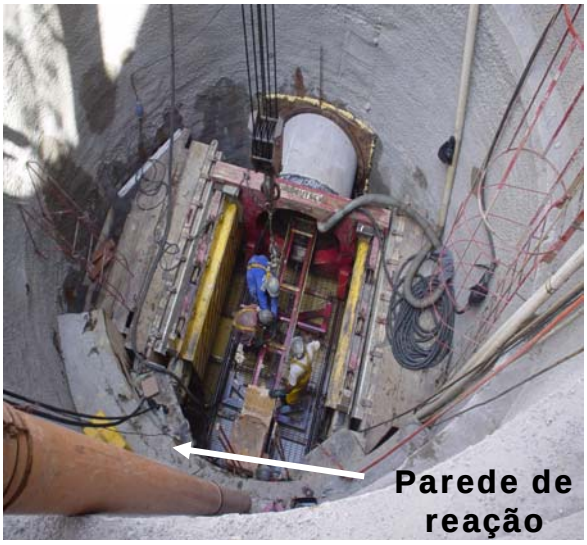
Esta metodologia consiste-se em, a partir do PS, executar uma escavação manual ou mecânica seguida da cravação de tubos de concreto pré-fabricados (com diâmetros especificados em projeto) de forma que após o alcance do próximo PS temos o túnel pronto e acabado.

Para utilização desta tecnologia, o PS é escavado, estruturado com concreto armado e, na cota de execução do túnel, é construída uma parede de reação também em concreto armado, que tem por finalidade suportar os esforços necessários para a cravação dos tubos. Na foto se visualiza um tubo de concreto sendo cravado, assim como o PS e a parede de reação.

Esta metodologia tem restrições quanto a grandes diâmetros (acima de 2,00m) e propriedades do terreno que podem prejudicar ou até mesmo impedir a cravação. Eventuais obstáculos existentes entre os PS, como por exemplo, a presença de rocha, exige que se escave um PS intermediário, não previsto.

Este processo executivo também demanda esforço de controle tecnológico de concreto, em menor intensidade do que a metodologia NATM, mas necessário, pois as operações que envolvem a utilização de concreto, ou seja, a execução do PS; da laje de fundo; da parede de reação e da laje intermediária, se for o caso, também serão objeto de controle de qualidade. É também função do tecnologista de concreto, quando presente na obra, o acompanhamento da cravação, verificando se ocorreram danos nos tubos de concreto pré-moldados, considerando que os mesmos serão a configuração final do túnel.

Figura 11 – Parede de reação e cravação de tubo



CONTROLE DE QUALIDADE EM CONCRETO

Descreve-se neste item as atividades de controle de qualidade para a tecnologia de concreto, objetivando aclarar as informações e explicações constantes deste painel técnico.

Os serviços de garantia da qualidade são efetuados mediante o acompanhamento e análise dos procedimentos construtivos adotados e resultados obtidos na atividade de controle tecnológico de concreto, aço para a estruturação do concreto e materiais impermeabilizantes, verificando sua eficácia, adequação e confiabilidade através de procedimentos sistêmicos e amostragens reduzidas dos materiais empregados, retroalimentado a operação construtiva, visando a melhoria permanente da qualidade do empreendimento e a conformidade com os parâmetros especificados.

Atua-se de forma a acompanhar todos os procedimentos que antecedem e durante a aplicação do concreto, seja de que forma for (convencional ou projetado). O tecnologista deve estar presente na obra de forma a avaliar todas as condições pré estudadas em laboratório, verificar dosagens, fiscalizar a execução do concreto e retirar amostras. Nesta concepção a equipe de campo que faz o controle tecnológico funciona como um agente de qualidade, não apenas moldando corpos de prova para verificações posteriores, mas sim agindo preventivamente para evitar a ocorrência de problemas que venham a prejudicar a qualidade e longevidade da estrutura, otimizando desta forma os investimentos feitos nas obras.

PRINCIPAIS AÇÕES

- análise crítica das especificações;
- pré qualificação de jazidas e fornecedores;
- verificação de dosagens de concreto;
- ensaios no laboratório da empresa responsável pelo controle tecnológico;
- ensaios de rotina na frente de serviço e laboratório de campo;
- ensaios em agregados;
- ensaios em cimentos;
- ensaios em concreto convencional;
- ensaios em concreto projetado;
- ensaios em calda de cimento e argamassas;
- ensaios em aço para concreto armado e protendido (quando for o caso)

ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO

- avaliação dos procedimentos executivos;
- acompanhamento da execução (envolvendo o preparo, lançamento, adensamento e cura do concreto);
- execução de amostragens reduzidas;

- avaliação pós executiva.

Tratamento de Dados - Para o acompanhamento estatístico dos parâmetros de controle, as informações pertinentes a cada parâmetro ensaiado recebem acompanhamento embasado em tratamento estatístico do conjunto de dados obtidos e aceitos, visando observarem-se suas variações, tendências e limites de utilização. Onde houver recomendações normativas para o tratamento estatístico (caso da norma ABNT NBR-12655 para a resistência à compressão do concreto), estas são prioritariamente observadas.

Quando detectadas ocorrências fora dos limites previstos ou tendências que possam comprometer a qualidade dos serviços, imediatamente será informada a fiscalização para providências e avaliação. Em havendo Programas de Qualidade com sistemas implementados, são emitidos RNC – Relatório de Não Conformidade para acompanhamento do processo e das ações corretivas.

Relatórios - Emissão mensal de relatório técnico, contendo o descritivo das atividades desenvolvidas, os resultados dos ensaios realizados, as avaliações e conclusões das inspeções executadas.

Ao término de cada empreendimento é emitido relatório técnico contendo o resumo de todas as atividades desenvolvidas e dos parâmetros obtidos, com laudo conclusivo sobre a qualidade dos empreendimentos sob o foco da tecnologia de concreto.

Deve-se primar pela garantia da qualidade dos empreendimentos, por entender que estes, ao serem executados, decorrem de um enorme esforço de captação de fontes de recursos para viabilizar aqueles investimentos, cujas obras, no plano técnico executivo, guardam aderência aos seguintes parâmetros essenciais:

Tabela 1: Parâmetros de durabilidade.

Estabilidade	Propriedade que deve garantir que as obras se mantenham sob condições seguras, sem sofrerem movimentações prejudiciais, evitando ações freqüentes de manutenção e/ou reforços que sempre complicam a sua vida útil.
Estanqueidade	Propriedade que deve garantir que as obras sejam impermeáveis interna e externamente, não permitindo o vazamento de esgoto ao subsolo, assim como infiltrações para o seu interior.
Durabilidade	Concluída a sua execução, as obras devem permanecer em condições de utilização por 100 anos.
Operacionalidade	Estas obras subterrâneas dependem de um perfeito aspecto executivo para que a vazão do esgoto flua a contento, evitando sérios problemas operacionais e para a população, como por exemplo, o retorno de esgotos para dentro de casas.

A conjunção desses quatro fatores reverte no padrão de qualidade esperado que, ao ser alcançado, traduz sensível ganho financeiro com economia, a curto, médio e longo prazo, disponibilizando importantes recursos que se destinariam a manutenções corretivas decorrentes de eventuais problemas construtivos, quando não cobertos pelos serviços de garantia de qualidade proporcionados pelo controle tecnológico.

A LEI DOS 5

Por oportuno descrevemos o consagrado estudo do mestre em durabilidade das estruturas, SITER JR. W.R.: “Costs for Service Life Optimization, the Law of Fives” 1. A Lei dos Cinco contempla o estudo do fenômeno da vida útil de uma estrutura de concreto tomando-se como base os problemas de durabilidade do concreto.

[1] Proceedings of the CEB-RILEM International Workshop on Durability of Concrete Structures. Kopenaghem, Denmark. 1983. (CEB Bulletin d’Informatiom, nº 152, 1984); www.acrassoc.com.au/technology.htm.

SITER divide a vida útil da estrutura em quatro fases e defende na Lei dos Cinco que a cada dólar (unidade monetária estudada) gasto eficientemente na Fase A será equivalente a economizar 5 dólares em gastos com manutenção na fase B, ou 25 dólares na Fase C, ou 125 dólares na Fase D. Analisemos cada fase.

Fase A – Concepção, projeto, construção, endurecimento do concreto. Esta é a fase crítica de um empreendimento. Uma obra bem projetada, construída com as técnicas adequadas e controlada eficientemente em todas as suas etapas certamente terá uma durabilidade, no mínimo, de acordo com o previsto. É o dólar que não pode ser economizado em hipótese alguma. Nesta fase a estrutura é submetida às primeiras solicitações é o início de operação e remetendo ao caso da Sabesp, a estrutura passa a ter contato com os agentes agressivos do esgoto.

Fase B – Iniciação. Aqui efetivamente começam os problemas na estrutura. É o ponto em que os agentes agressivos conseguem adentrar ao interior da estrutura de concreto e ao atingir a armadura, inicia-se sua deterioração, por isto o estudo fala em corrosão. O aço da armadura está em processo de corrosão, mas ainda não dá sinais disto. É a fase em que se deve investir em manutenção preventiva visando recompor as condições de durabilidade. É estimada em cinco vezes o que se deixou de gastar eficientemente na fase de construção.

Fase C – Propagação. É a fase em que as primeiras patologias[2] começam a aparecer na estrutura, ocorrem as primeiras trincas e sinais de corrosão. São os indicativos de que a estrutura esta caminhando para algo preocupante se não for detido o processo de propagação destes danos. Se não foi dada a devida importância aos investimentos em manutenção preventiva na Fase B, necessitaremos aqui investir na estrutura 25 vezes mais em manutenção corretiva, em relação ao dólar que não foi investido na Fase A.

Fase D – Propagação em estágio avançado. É a fase em que as patologias representam riscos à estabilidade estrutural com alto grau de comprometimento da estrutura. Serão necessárias intervenções de grande monta caracterizadas pelas recuperações e reforços estruturais, muitas vezes inviabilizando a intervenção, pois representa algo em torno de 125 vezes o valor não investido corretamente na fase A.
Este estudo nos fornece subsídios para validar o investimento com controle de qualidade pela expectativa de retorno que proporciona nas fases da vida futura de uma estrutura.
Gostaríamos também de enfatizar, a necessidade de um efetivo controle de qualidade nas estruturas de concreto que garanta a sua longevidade, sobretudo as obras lineares e subterrâneas destinadas à condução de esgoto, pois concluídas aquelas estruturas e após o início de sua operação restará prejudicada a possibilidade de inspeções e intervenções para manutenções no seu interior, pois apenas em casos extremos isto acontece, sempre com transtornos à população, quando, por exemplo, ocorrem rupturas de túneis e interrupção do escoamento do esgoto.

RESULTADOS

Os resultados obtidos tanto dos milhares de corpos de prova ensaiados como do conjunto final permitiram a aceitação da estrutura, hoje em operação e com previsão de vida útil acima dos 50 anos.

CONCLUSÃO

Os investimentos devem dispor de controle tecnológico, capaz de assegurar acompanhamento consultivo de forma a garantir os requisitos técnicos de durabilidade considerando a realidade executiva das obras e as demandas futuras, evitando-se a geração de indesejáveis incrementos de situações de risco, sob pena de comprometimento do padrão de qualidade já ressaltado

O investimento em controle tecnológico deve ser adotado para prover as obras de indispensável controle de qualidade que, uma vez assegurado, reverte em ganho global na otimização dos investimentos realizados, pois garante a sua vida útil e economiza recursos que se destinariam à manutenções precoces em idades futuras.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se a realização de controle de qualidade nas obras, seja em qual nível de investimento for. Existem vários modelos de controle tecnológico, devendo-se adotar aquele que mais se adequar a obra, considerando-se os riscos, estruturas no seu entorno e recursos disponíveis.

[2] Os profissionais especializados em durabilidade de estruturas adotam a nomenclatura da área médica para se referir aos problemas e intervenções estruturais. É comum se escrever: diagnóstico, patologia terapia e profilaxia das estruturas de concreto.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. SITER JR. W.R.: “Costs for Service Life Optimization, the Law of Fives”