

APLICABILIDADE DE DISPOSITIVOS DE CONTROLE AMBIENTAL DURANTE A EXECUÇÃO DE INTERVENÇÕES DE ENGENHARIA EM CÓRREGO

André Nagalli¹ & Bruno Nagalli²

RESUMO --- Intervenções de engenharia usualmente interagem de maneira significativa com o meio ambiente. Assim, cumpre aos engenheiros atentarem às questões ambientais de cada empreendimento. Com vistas a avaliar a eficiência de medidas de controle ambiental de uma obra de engenharia foi promovido um estudo de caso que contemplou a substituição de uma antiga galeria celular por outra, a fim de permitir tráfego de veículos sobre a nova estrutura. As obras contemplaram intervenções diretas no córrego para a remoção das peças implantadas, incluindo a execução de escavações e aterros. Foram estudadas medidas de controle ambiental como por exemplo a execução de filtros de brita rachão, emprego de tapumes para estabilização de encostas, execução de enscadeiras e disponibilização de equipe de apoio. Os resultados revelaram que a adoção de medidas de controle ambiental assegura a minimização dos impactos ambientais associados à obra. Entretanto, alguns dispositivos de controle, tais como os filtros de brita rachão e contenções, requerem o emprego de critérios técnicos quando de sua implantação, mostrando-se parcialmente aplicáveis.

ABSTRACT --- Engineering interventions usually interact to the environment in significant way. Thus, engineers must be atent to the enviromental aspects of each undertaking. With the pourpose of avaliate the efficiency of some environmental control mechanisms was developed an study case which involve the substitution of an old celular gallery for another which will suport vehicles traffic. The engineering services involve the remotion of the gallery, excavations and embankments. It was studied mechanisms as filters, contentions, switches and the use of a cleaning team. The results show that the mechanims adopted were able to minimize the environmental impacts. However, some mechanisms as filters and contentions require technical criterias when adopted.

Palavras-chave: proteção aos recursos hídricos; impactos ambientais; áreas urbanas.

1) Professor do Departamento de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Curitiba. Av. Pres. Arthur da Silva Bernardes, 1514, Curitiba, PR, 80320-080. e-mail: anagalli@globo.com.

2) Estudante do Curso de Geologia da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Campus Curitiba. Av. Pres. Arthur da Silva Bernardes, 1514, Curitiba, PR, 80320-080. e-mail: brunonagalli@hotmail.com.

1 - INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades, associado à forte pressão pelo fluxo de pessoas, produtos e veículos, demanda soluções integradas de transportes. Neste sentido, criar alternativas de tráfego é uma necessidade. A abertura e pavimentação de vias, a construção pontes, trincheiras e transposições de corpos d'água é uma necessidade. A conciliação harmoniosa entre o progresso decorrente das intervenções de engenharia e a preservação ambiental é um desafio.

A execução de obras de engenharia atenta há muitos critérios técnicos, seja no planejamento ou na execução das obras. Dentre estes critérios, destacam-se e surgem como pré-requisitos nas últimas décadas, os critérios ambientais. Obras de engenharia executadas em áreas de fragilidade ambiental, tais como as Áreas de Preservação Permanente – APP fixadas pelos corpos d'água, demandam segundo a legislação ambiental brasileira, cuidados especiais. Um marco regulatório é a Resolução Conama 369/06, a qual prevê que em função do interesse social ou utilidade pública são permitidas intervenções em APP.

A exigência de licenciamento ambiental, estabelecida em âmbito federal pela Resolução Conama nº 237/97, e de outorga do direito de uso, prevista na Lei Federal nº 9.433/97, para a execução de intervenções de engenharia em áreas de APP, tem demandado dos empreendedores e executores de obra o estabelecimento e adoção de práticas ambientais, uma vez que estas devem ser informadas quando destes procedimentos administrativos (licenciamento ambiental e outorga de uso) aos órgãos competentes.

Este trabalho foi motivado pela dificuldade em se estabelecer procedimentos operacionais de obra e de avaliação de desempenho de dispositivos de controle ambiental em obras de engenharia urbana, visando à proteção dos recursos hídricos existentes.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Obras de engenharia, em especial obras viárias, podem causar diversos impactos ambientais e operacionais, necessitando de medidas de controle específicas, segundo diversos autores (Bellia e Bidone, 1993; Brasil, 2006b; Brasil, 2005a; Brasil, 2005 b; Paraná, 2000).

Em geral, as medidas de controle ambiental são estabelecidas em engenharia de transportes para rodovias, ficando as vias e obras urbanas à margem de estudos específicos. Por vezes, são utilizadas em vias e obras urbanas as mesmas técnicas empregadas em rodovias. Este fato pode acarretar em problemas adicionais, no que concerne à aplicabilidade das medidas de controle ambiental.

A presença de uma rodovia em zona urbana tende a estabelecer um conflito entre o espaço viário e o espaço urbano, com sérios impactos negativos para ambos, que afetam o desempenho operacional da rodovia e provocam a perda da qualidade de vida da população dos núcleos urbanos (Brasil, 2005b).

De acordo com Brasil (2005a), a natureza evolui (muda) constantemente, buscando o equilíbrio entre as forças que atuam no meio ambiente. Um curso d'água (de qualquer tamanho), por exemplo, percorre um terreno que representa o equilíbrio daquela massa d'água naquele momento e no local considerado. A execução de intervenções de engenharia em um corpo hídrico pode acarretar, segundo Brasil (2005a), nos seguintes efeitos: inundações à montante e à jusante da via (inclusive com a formação de lagos e suas conseqüências sanitárias); erosões, com abatimento de encostas e margens (possíveis efeitos sobre benfeitorias); perdas d'água em porosidades naturais (fendas, cavernas, camadas arenosas) e ressurgências em locais sujeitos à erosão, entre outros aspectos.

No Brasil, pode-se afirmar que a preocupação com a questão ambiental em obras da engenharia de transportes não é de hoje, inclusive com a publicação de documentos de referência que datam de mais de uma década (Bellia e Bidone, 1993; Brasil, 1996). Como não poderia deixar de ser, considerando as peculiaridades de cada empreendimento, em geral, os manuais de instruções abordam as questões ambientais de maneira genérica (Paraná, 2000). Assim, cada obra deve ter suas particularidades estudadas e as soluções ótimas a uma obra podem não se aplicar às demais. Desta forma, este trabalho visa detalhar alguns dos dispositivos de controle ambiental atualmente empregados em obras de engenharia urbana, ao avaliar sua aplicabilidade em um estudo de caso, visando sempre à proteção do meio ambiente, em especial, dos recursos hídricos.

A Resolução Conama 369/06 contribuiu sobremaneira para a questão da regulamentação deste tipo de intervenções em APP, pois permite que, desde que motivada pelo interesse público ou social, possam ser admitidas obras de infra-estrutura de transportes, com vistas ao bem comum. Tal instrumento condiciona a execução deste tipo de obra à posse da outorga de direito de uso.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

A execução de intervenções de engenharia em áreas ambientalmente frágeis, uma APP por exemplo, requer a adoção de critérios técnicos para a escolha dos dispositivos de controle ambiental a serem adotados. Neste sentido foi realizado um estudo de caso que contemplou a substituição de uma galeria celular em um córrego sem nome, situado em área fortemente urbanizada, no Bairro Pinheirinho, no município de Curitiba, Estado do Paraná.

Com base na experiência profissional dos autores, foram adotados alguns dispositivos de controle ambiental para os quais se desejava saber a aplicabilidade, isto é, se estes dispositivos mostram-se eficientes no caso escolhido para a pesquisa.

A obra escolhida para a realização do estudo de caso contempla a execução de galeria em concreto armado pré-moldado em uma célula, com dimensões internas de 3,30 m (altura) por 4,50 m (largura), com comprimento total de 25,0 m. O objetivo da implantação da nova galeria é permitir, após a execução dos aterros laterais, o fluxo de veículos entre as ruas Oscar Wilde e Leonel França. Um croqui de localização da obra é apresentado figura 1.

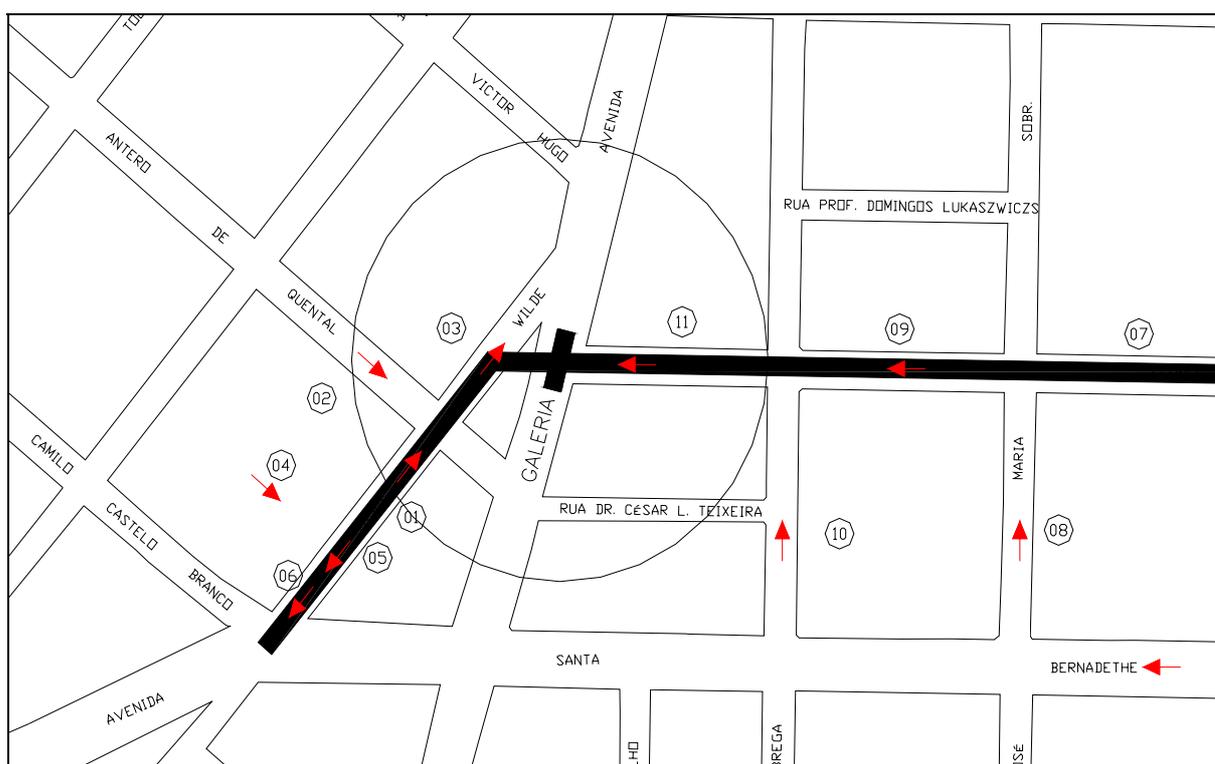


Figura 1 – Localização do trecho estudado

O canal existente é aberto, em peças pré-moldadas de concreto armado, sobre base de pedra britada (rachão) com espessura aproximada de 10 cm, sobre leito natural em solo turfoso. As laterais do canal acima dos elementos de concreto pré-moldados são em talude formado, com revestimento em vegetação rasteira, com declividade média de 1:2 (V:H), conforme apresentado na figura 2.



Figura 2 – Vista geral do trecho escolhido para o estudo de caso

O plano de execução da obra contempla diversas atividades dentre serviços preliminares e complementares. Como serviço preliminar foi necessário executar caminho de serviço para acesso de escavadeira hidráulica e caminhões basculantes, mediante a formação de uma rampa e plataforma de trabalho na margem esquerda do canal (do lado da Rua Oscar Wilde), com largura de 6 metros, e plataforma de 1,5 metros na margem direita (do lado da Rua Leonel França), sendo ambas as plataformas em cota próxima ao nível superior das bordas dos elementos de concreto existentes, como ilustra a figura 3.

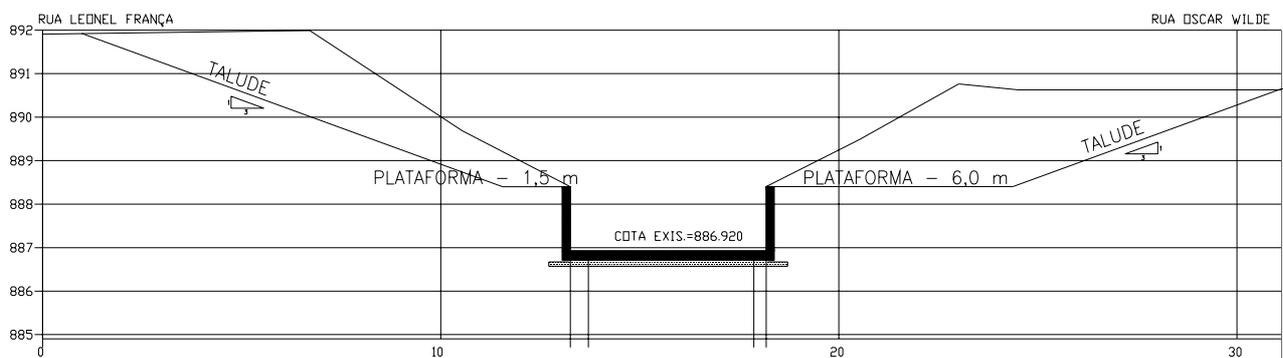


Figura 3 – Seção transversal intermediária de implantação de plataforma e taludes

Os taludes foram conformados com inclinação de 1:3 (V:H) ou inferior, fato que assegurou a estabilidade geotécnica dos mesmos. A figura 4 apresenta a conformação dos taludes e o posicionamento das plataformas de trabalho e rampa de acesso pela rua lateral ao canal (Av. Henry Ford).

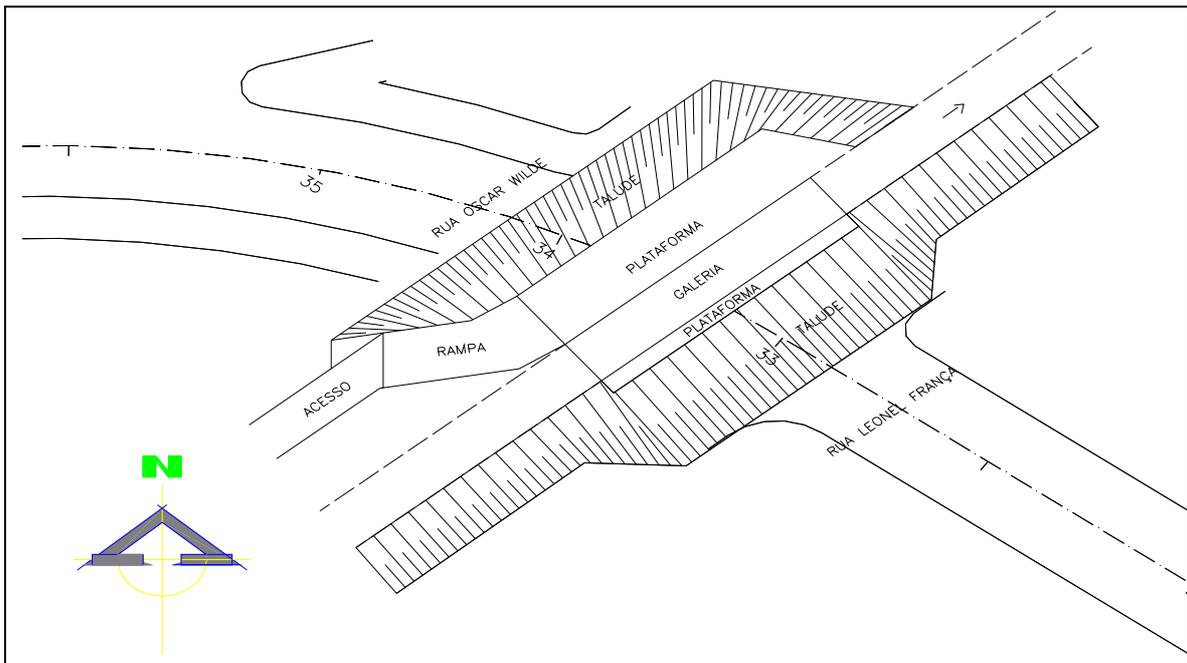


Figura 4 – Planta esquemática da configuração dos taludes durante as obras

Após execução dos serviços preliminares, foram iniciados os trabalhos no corpo da galeria, sendo desenvolvidos em pequenos trechos com seqüência de trabalho em ciclos, como segue:

- Escavação mecânica do solo adjacente às bordas laterais da galeria existente até a profundidade de sua base na largura de 1.0 metro, em extensão longitudinal de no máximo 4 (quatro) peças pré-moldadas.
- Remoção de conjunto de até 4 peças existentes com utilização de escavadeira hidráulica, mantendo o fluxo de água dentro da caixa do canal, sobre a base de brita existente, e confinado lateralmente pelos painéis e sacos de areia.
- Execução de ensecadeira de sacos de areia para induzir o fluxo para faixa lateral com largura de 1/3 do canal, como indica a figura 5.

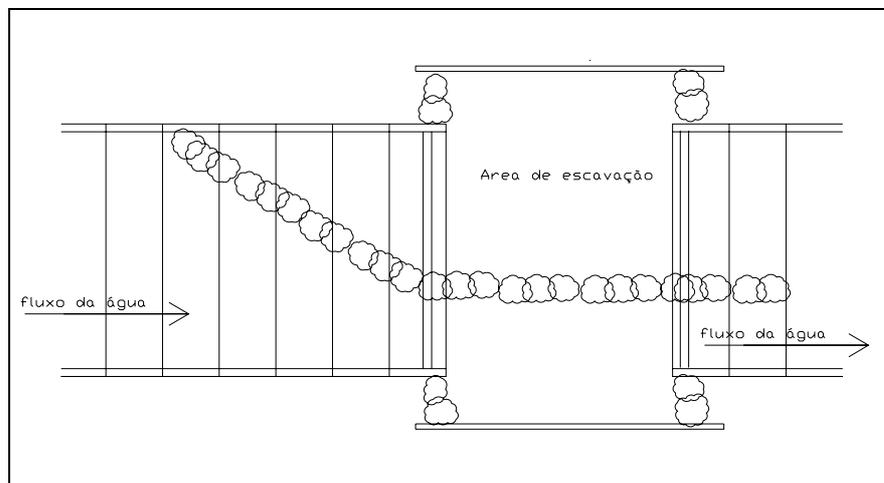


Figura 5 – Croqui esquemático da execução de ensecadeira durante as obras

- Remoção de camada de fundação da galeria existente, e escavação de rebaixo para lançamento da nova base no trecho sem fluxo de água.
- De imediato, o preenchimento do rebaixo com a base de rachão.
- Regularização do leito com lastro de brita.
- Inversão da ensecadeira de sacos de areia para indução do fluxo para o lado oposto, ou seja sobre a base executada.
- Remoção de camada de fundação da galeria existente, e escavação de rebaixo para lançamento da nova base no trecho sem fluxo de água.
- De imediato, o preenchimento do rebaixo com a base de rachão.
- Regularização do leito com lastro de brita.
- Remoção da ensecadeira.
- Lançamento das novas peças inferiores (em “U”).
- Remoção dos painéis de proteção.
- Reaterro das laterais.
- Inicia-se o procedimento novamente em novo segmento de até 4 peças, repetindo até a conclusão.

O material removido (turfa e rachão existente) foi destinado para bota-fora específico, e as peças pré-moldadas para depósito da Prefeitura conforme orientação da fiscalização da obra. Após a conclusão da colocação dos elementos inferiores, foi procedida a colocação das peças superiores de fechamento.

O prazo previsto e executado para cada ciclo (4 peças) foi de 8 horas (um dia) de trabalho, totalizando sete dias úteis. Como etapa final, foi executado o reaterro das laterais superiores da galeria em camadas, com compactação do material (saibro), e posteriormente o aterro da parte superior.

A execução da galeria celular permitiu, conforme previsto em projeto e após a execução dos aterros laterais, a passagem de uma via urbana sobre a estrutura implantada. Uma ilustração da fase final de execução dos aterros, apresentando as contenções provisórias e galeria implantadas, é apresentada na figura 6.



Figura 6 – Vista geral da galeria celular implantada, durante a fase final de execução dos aterros laterais

As medidas adotadas para casos de instabilização dos terrenos incluíram medidas de caráter essencialmente preventivo (dimensionamento adequado das escavações, contenção, execução de ensecadeiras, diminuição no prazo de execução das obras, atenção às condições climáticas, etc.). A metodologia prevista para o trabalho contemplou os estudo dos seguintes dispositivos de controle ambiental:

- Filtro de brita rachão
- Tapumes de contenção de encostas
- Ensecadeira
- Equipe de limpeza e manutenção
- Sinalização das obras
- Treinamento e Capacitação

Considerando a situação de execução da troca dos elementos pré-moldados de concreto com o canal em funcionamento, fizeram parte do procedimento para minimizar eventuais danos ambientais as seguintes medidas complementares:

- Procedimento da execução por partes, 4 peças (no máximo) de cada vez, objetiva a redução da área do terreno, fundações e escoramento, expostos ao fluxo de água e conseqüentemente possibilitando eventual carreamento de solos. A reduzida área de escavação (de cada vez) com a imediata reposição com material pétreo (rachão e brita), além da conformação de taludes com inclinações inferiores às existentes, minimizam a possibilidade de instabilidade por rompimento de taludes.

- Os trabalhos foram executados sempre com condições climáticas favoráveis, ou seja, sem precipitações pluviométricas que incrementem significativamente a vazão do canal. Quando do início dos trabalhos atentou-se à previsão climática.
- Manutenção de equipe dentro do canal, garantindo a constante limpeza do leito em caso de eventual carreamento de solo e/ou outros elementos utilizados no trabalho.
- Em caso de interrupção do serviço, não foi permitida a exposição direta da área escavada ao fluxo d'água, executando os elementos substitutos, e nos trechos onde não pôde ser aplicado elemento de fechamento (pré-moldado) foi feito preenchimento localizado com pedra rachão.
- Para impedir o carreamento de materiais ao longo do canal, foi executado a jusante, com distância aproximada de 20 metros do final da obra, um filtro com pedra rachão (envolto em tela metálica) com o intuito de permitir o fluxo de água e bloqueio de elementos sólidos, delimitando assim área para limpeza dos detritos. Este dispositivo é apresentado na figura 7.

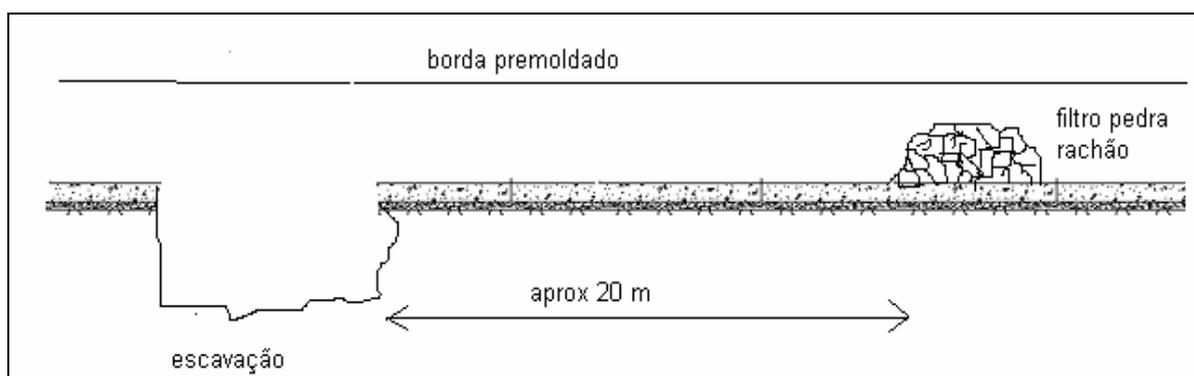


Figura 7 – Seção esquemática da utilização do filtro de pedra rachão

Os dispositivos supracitados foram aplicados durante a execução das obras e foram observados seus desempenhos de sorte a avaliar sua aplicabilidade. Ao final, são apresentados os pontos favoráveis inerentes a cada dispositivo e as dificuldades encontradas.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Da implantação dos dispositivos de controle ambiental previstos para a obra pode-se dizer que, em geral, tiveram êxito em sua aplicação. Não foram identificados grandes problemas operacionais, fato que os autores atribuem ao planejamento prévio das ações.

Mostraram-se eficientes o treinamento e a capacitação dos trabalhadores, que permitiram ciência e consciência nas ações de campo e uma uniformização nos procedimentos adotados, focados na questão ambiental. Reuniões preliminares e orientações técnicas durante a realização dos

serviços mostraram-se eficientes neste aspecto. Sugere-se um processo de educação ambiental continuada nas empresas do setor.

Os procedimentos de sinalização, ilustrados na figura 8, corroboraram para a baixa interferência da população lindeira nos procedimentos de obra, evitando-se assim acidentes de trabalho e ambientais. O emprego de faixas de sinalização e telas de proteção mostrou-se necessário e insuficiente ao controle de acesso, controle este que só foi permitido pelo emprego de funcionários da equipe de segurança alertando verbalmente os lindeiros.



Figura 8 – Sinalização do trecho estudado

No que concerne à implantação no córrego de filtros de brita rachão à jusante da obra, estes constituídos por rocha britada de grande dimensão envolta em tela metálica, notou-se que estes dispositivos restringiram em demasia o fluxo d'água no córrego. Outro ponto a ser considerado é a distância de implantação do filtro, inicialmente projetada para 20m. O posicionamento a 20m mostrou-se de imediato inaplicável, uma vez que houve interferência hidráulica direta a montante, isto é, formou-se um pequeno represamento o qual influenciou diretamente nas condições de fluxo sobre a frente de trabalho (galeria).

Como alternativa, o filtro a 20m foi removido e implantado a 50 m a jusante da frente de trabalho. Esta alternativa melhorou a eficiência do procedimento, embora não tenha se mostrado satisfatória enquanto medida de controle ambiental. Isto porque, dadas as pequenas dimensões da galeria, da ordem de 3m de largura, associados à forte urbanização da área, o que permite grande aporte de lixo pelas águas do córrego, os filtros de brita rachão foram rapidamente colmatados / obstruídos, o que gerou complicações de ordem hidráulica, aumentando a área de influência do reservatório formado a montante do filtro, o que acabou interferindo na obra.



Figura 9 – Implantação de filtro de pedra brita rachão no trecho estudado

Neste sentido, sugere-se ao invés da adoção de filtros de brita rachão o reforço nas demais medidas de controle ambiental, conjunto que se mostrou suficiente para conter os efeitos adversos no corpo hídrico. Trata-se portanto de uma medida de controle ambiental dispensável, neste caso. Ressalta-se que tal dispositivo pode ser útil em outros casos.

O emprego de ensecadeiras construídas com sacos de areia mostrou-se parcialmente eficiente na medida em que permite que os trabalhos realizados em uma das margens aconteçam em local seco. A utilização de sacos de areia permite versatilidade e praticidade na construção da ensecadeira, principalmente neste caso em que se tratava de um fluxo baixo de água (lâmina de aproximadamente 10cm).

O grande empecilho foi que os trabalhos incluíram a remoção de peças pré-moldadas de concreto, as quais ocupavam toda a seção transversal do córrego, inviabilizando a retirada parcial das peças com o guindaste. Contudo, ao restringir-se a direção de fluxo das águas, os trabalhos foram facilitados, como mostra a figura 10.



Figura 10 – Vista geral da galeria com a execução das contenções provisórias de encostas com tapumes de madeira.

A disponibilização de equipe de limpeza e apoio à implantação das estruturas julga-se a principal medida de controle ambiental. Esta permite a conjunção das diversas medidas de controle ambiental. Foram de extrema importância, a disponibilização de equipamentos de proteção individual e coletiva tais como botas, luvas, capas, etc. uma vez que se trata de um córrego poluído, em função de despejos de esgotos sanitários domésticos e industriais. Atenta à saúde do trabalhador, a empreiteira não trabalhou em dias muito frios, ocorridos durante a execução das obras, uma vez que a equipe de limpeza necessitava trabalhar dentro das águas do córrego.

Considerando os serviços executados, pode-se dizer que os impactos sobre a qualidade das águas do córrego foram mínimos, atenuados principalmente pela atuação da equipe de limpeza. Esta, composta por 5 funcionários, mostrou-se de dimensões adequadas ao porte da obra. A equipe de limpeza promoveu, através de pás e baldes, a remoção de materiais que eventualmente deslizassem pelos taludes ao córrego, e auxiliou a colocação das peças pré-moldadas.

A implantação de tapumes de madeira e escoras, que podem ser observados na figura 11, para a contenção de eventuais deslizamentos de material, mostrou-se parcialmente eficiente. Apresentou-se satisfatória do ponto de vista de carreamento de materiais, inclusive em períodos chuvosos.



Figura 11 – Vista geral da galeria com a execução das contenções provisórias de encostas com tapumes de madeira.

Contudo, pelo fato de a obra se inserir em um contexto urbano, os materiais empregados na confecção dos tapumes foram freqüentemente furtados no período da noite. Este fato repercute negativamente no processo de adoção desta alternativa, devendo-se buscar materiais alternativos, sem valor econômico à população lindeira, para a confecção dos tapumes. Adicionalmente, pode-se trabalhar no reforço da comunicação social / educação ambiental dos lindeiros a fim de que estes, conscientes da importância da obra, colaborem com a vigília das estruturas implantadas.

O projeto de engenharia da galeria não contemplou a execução de alas, fato que pode acarretar em problemas futuros de escorregamento de materiais, dada a esconsidade dos taludes. Caso estas alas tivessem sido previstas em projeto, as contenções provisórias executadas com tapumes em madeira, poderiam ter sido substituídas pelas fôrmas das alas. Espera-se que, com a revegetalização das margens através do plantio de gramíneas, associada à configuração dada aos taludes, estes não apresentem problemas de instabilização ou ainda processos erosivos localizados.

5 – CONCLUSÕES

Os estudos realizados permitiram avaliar e compreender as dificuldades de implantação de dispositivos de controle ambiental, em especial, em obras de engenharia de transporte, em áreas urbanas. A revisão bibliográfica demonstrou que muito tem se estudado sobre o assunto, principalmente em rodovias. Dificuldades adicionais, relativas à pressão antrópica proporcionada pela urbanização e ocupação de áreas lindeiras às obras, mostraram-se significativas.

Dos dispositivos de controle ambiental analisados mostraram-se parcialmente eficientes os filtros de brita rachão, a execução de ensecadeira com sacos de areia e a sinalização das obras. Mostraram-se eficientes o treinamento e capacitação dos trabalhadores, a manutenção de equipes de limpeza dentro do córrego e a implantação de tapumes de contenção de encostas.

Ao final, conclui-se que é imprescindível ainda na fase de projetos contemplar tais dispositivos de controle ambiental, pois estes além de proteger o meio ambiente contra os efeitos adversos das obras, permitem um trâmite facilitado e organizado no que concerne aos processos de licenciamento ambiental e outorga de direito de uso, previstos em lei.

BIBLIOGRAFIA

BELLIA, Vitor; BIDONE, Edson D. (1993). *Rodovias, recursos naturais e meio ambiente*. Niterói: EdUFF; Brasília: DNER.

BRASIL (2006a) Legislação Ambiental. *Resolução CONAMA Nº 369* de 28 de março de 2006. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da União. Brasília.

BRASIL (2006b). Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Manual de drenagem de Rodovias- 2. ed.* - Rio de Janeiro. 304p.

BRASIL (2005a). Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambientais*. 2. ed. Rio de Janeiro. 68p.

BRASIL (2005b). Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Instruções de proteção ambiental das faixas de domínio e lindeiras das rodovias federais*. 2. ed. Rio de Janeiro. 161p.

BRASIL (1997). Legislação Ambiental. *Resolução CONAMA Nº 237* de 19 de dezembro de 1997. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da União. Brasília.

BRASIL (1996). Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Engenharia Rodoviária. Divisão de Estudos e Projetos. Serviço de Estudos Rodoviários e Ambientais. Corpo normativo ambiental para empreendimentos rodoviários. Rio de Janeiro. 93p.

PARANÁ (2000). Secretaria de Estado dos Transportes. Departamento de Estradas de Rodagem. Manual de instruções ambientais para obras rodoviárias. Curitiba: SETR/DER e UFPR/FUPEF. 246p.