

INVESTIGAÇÃO E REMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS EM POSTO DE COMBUSTÍVEL

Engº Esp. Felipe Raguer Valadão de Souza* (felipervs@hotmail.com)

Geól. Dr. Wilson Shoji Iyomasa (wsi@ipt.br)**

*** Engenheiro Graduado pela Universidade Nove de Julho**

**** Prof. Universidade Anhembi Morumbi e Pesquisador do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas**

1. INTRODUÇÃO

Com a severa expansão do mercado imobiliário nos últimos anos, associado à pequena oferta de terrenos livres para compra, os incorporadores, dos mais diversos tamanhos, que atuam no mercado imobiliário da Cidade de São Paulo, sentiram a necessidade de aumentar seu estoque de terrenos, objetivando aumentar seus lucros e suprir a demanda existente. Para que a necessidade de compra do mercado fosse atingida, os investidores do setor deram início à busca de terrenos em áreas anteriormente ocupadas por postos de abastecimento de combustíveis e grandes indústrias desativadas.

De maneira geral, pode-se dizer que as áreas citadas anteriormente possuem, em sua grande maioria, contaminações no solo e nas águas subterrâneas, ocasionando restrições no uso e ocupação do terreno. É provável que esse tipo de contaminação tenha grande relação com o desconhecimento e a falta de cuidado no manejo de substâncias potencialmente perigosas. Em contato acidental com o solo e com a água, tais substâncias comprometem a qualidade dos mesmos, sofrendo restrições de uso e ocupação.

Coube à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB a responsabilidade em organizar, controlar, fiscalizar, monitorar as áreas contaminadas no estado, com a finalidade em preservar e, quando necessário, implementar medidas para preservar e recuperar a qualidade das águas, do ar e do solo.

Portanto, de acordo com as suas funções a Cetesb desenvolveu estudos que culminaram com o cadastramento de novas áreas com contaminação em potencial. Sabe-se que em determinadas regiões da cidade de São Paulo, durante muitos anos, diversas indústrias de grande porte ocasionaram algum tipo de contaminação no solo ou nas águas destes locais. Essas áreas foram caracterizadas, em sua essência, como áreas potenciais para contaminação, cabendo sempre um estudo prévio aprofundado do local a fim de identificar possíveis riscos à saúde humana e ao desenvolvimento de qualquer tipo de atividade no local.

Os resultados dos estudos apresentados pela Cetesb, em dezembro de 2013, mostraram crescimento de modo exponencial. Em maio de 2002 haviam 255 áreas cadastradas com problemas de contaminação, e em dezembro de 2013 esse número saltou para 4.771.

É nesse contexto que o presente estudo foi desenvolvido, a partir da aquisição de terreno contaminado com hidrocarbonetos passou-se a estudar formas de contaminação para viabilizar a edificação de novo condomínio vertical na cidade de São Paulo.

O presente estudo teve por objetivo específico a realização de investigações ambientais para caracterização dos contaminantes e discutir o método adotado para reparar a área a fim de se obter a autorização para construção da edificação.

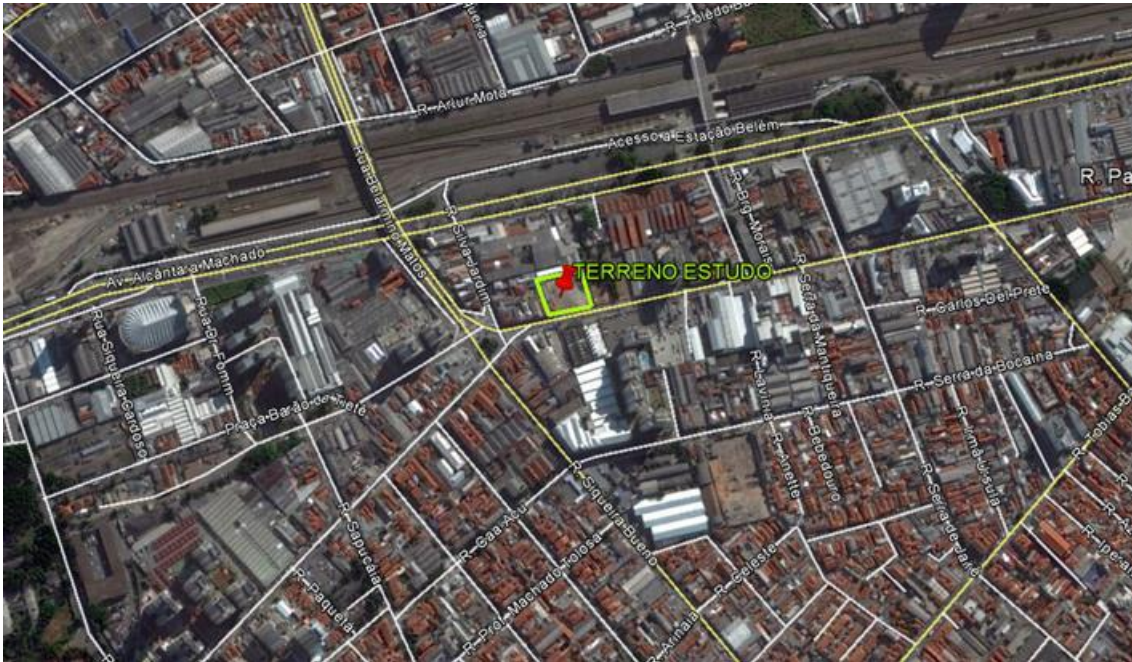
2. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DA ÁREA

O terreno adquirido pela incorporadora está localizado na Zona Leste da cidade de São Paulo, com aproximadamente 2.200 m² de área total, onde anteriormente funcionava um posto de combustível que foi desativado no ano de 2010.

Esse estabelecimento comercial possuía quatro tanques identificados com capacidade de armazenamento de 15.000 litros cada e um tanque, desconhecido até a elaboração do primeiro Plano de Intervenção, com capacidade de armazenamento de 10.000 litros. Tais tanques eram utilizados para armazenar gasolina do tipo comum, gasolina aditivada e etanol. As instalações contemplavam, ainda, equipamentos para serviços de lavagem e troca de óleo lubrificante. A Figura 1 mostra a localização do terreno à Rua Padre Adelino, 305, São Paulo, capital.

Ressalta-se que o lote de terreno localiza-se próximo à uma das principais vias de acesso (Av. Alcântara Machado) da cidade, junto de um centro comercial (Largo Ubirajara) e cerca de 100 m da estação metroviária do Belém.

Figura 1 – Localização do terreno adquirido pela incorporadora, situada á rua Padre Adelino, 305, na cidade de São Paulo, SP.



Fonte: Google Maps (Maio de 2015).

As sondagens executadas no terreno indicaram que junto à superfície, com até 1,5 m de profundidade, estão presentes duas camadas de aterro justapostas: uma composta por argila arenosa com fragmentos de RCD – Resíduo de Construção e Demolição; e a outra, constituída predominantemente por RCD.

Subjacente às camadas de aterro e na parte posterior do terreno, ocorre uma camada delgada (entre 1 e 2 m) de solo mole, constituído praticamente de matéria orgânica, de cor preta. Essa camada de solo mole foi encontrada em área restrita e na parte posterior do terreno, no lado oposto da rua Padre Adelino.

A partir de 3,5 até quase 5 m de profundidade são encontradas camadas sedimentares (aluvião) de argila arenosa. A partir de 5 m de profundidade as sondagens indicam a ocorrência de camada de areia média a grossa com cascalho.

O nível d'água obtido nos furos das sondagens indicavam 2 m de profundidade.

A rede subterrânea de dutos do posto de combustível estava instalada praticamente nas camadas de aterro, e os quatro tanques de combustíveis estavam posicionados nas camadas sedimentares de argila arenosa, enquanto que o quinto tanque foi encontrado junto à camada de solo mole.

3. INVESTIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO

A empresa incorporadora, GRP GP25 EMPREENDIMENTOS LTDA, adquiriu o terreno, em janeiro de 2014, com conhecimento sobre a existência da contaminação do solo e da água subterrânea, bem como todo o histórico da ocupação anterior.

Para a área contaminada foram elaborados estudos ambientais, tais como: 1) Laudo Técnico de Investigação de Passivo Ambiental; 2) Investigações Detalhadas; 3) Planos de Intervenção, que sofreram alterações em decorrência da localização de um novo tanque de estoque de combustíveis; 4) Estudo e Análise de Cava; 5) Investigação Detalhada Complementar e Análise de Riscos à Saúde Humana.

Inicialmente, os estudos foram desenvolvidos prevendo a construção de um edifício para uso comercial com salas para ocupação de escritórios. Posteriormente, os estudos realizados foram atualizados para o novo cenário de negócio: construção de edifício residencial. Nesse local, a incorporadora pretende construir um empreendimento residencial com padrão médio e destinada para famílias denominadas de classe B.

Visando a emissão do Laudo de Passivo Ambiental, os estudos realizados para verificar a existência e a incidência da contaminação começaram, em 2008, e foram elaborados pela **SAFETY E ENVIRONMENT DO BRASIL LTDA**. Na etapa inicial dos trabalhos foram executadas quatro sondagens (S-01 a S-04) e cinco poços para o monitoramento (PM-01 a PM-05), como mostra a Figura 2.

A partir das informações coletadas no campo e nas análises químicas efetuadas nas amostras, foi possível traçar a pluma de contaminação e identificar o poluente Benzeno na sondagem S-01 com teor de 3,1 mg/kg, e por Benzeno e Xilenos nos poços PM-02 e PM-04.

Após a apresentação dos resultados dessa investigação inicial, partiu-se para os estudos de Investigação Detalhada e Plano de Intervenção, elaborados pela empresa **CMA ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA**, em janeiro de 2010. Nesses estudos, foram escavados outros quatro novos poços de monitoramento (PM-06 a PM-09). As amostras conectadas nesses poços não indicaram a presença de contaminantes em fase livre. Entretanto, as análises realizadas em amostras de águas coletadas nos poços PM-01, PM-02, PM-03, PM-04 e PM-09 indicaram contaminação por Benzeno, e nas amostras de água extraídas dos poços PM-01 e PM-03, identificaram-se presenças de Etilbenzeno e Xilenos.

Os relatórios técnicos produzidos das investigações foram encaminhados à CETESB, que por meio de um ofício datado de julho de 2010, informou aos antigos proprietários que não houve a correta delimitação da pluma de contaminação, sendo necessária uma Investigação Detalhada Complementar,

Para atender tal solicitação, executaram-se mais seis sondagens (S-05 a S-10) e instalaram-se quatro novos poços de monitoramento. Para essa nova campanha de investigação, os poços foram divididos em rasos (PM-10 e PM-11) com profundidades entre 4 e 6 m, e profundos (PMM-01 e PMM-03) entre 10 e 15 m.

Os resultados obtidos confirmaram a presença de Benzeno nos poços PM-01, PM-02, PM-03, PM-04 e PM-09 e nos poços profundos PMM-01 e PMM-03. Importante ressaltar que nos poços

PM-01, PM-03 e PMM-01, os valores normativos para Etilbenzeno e Xilenos foram ultrapassados. Para a matriz solo, apresentada na sondagem S-09, foi identificado Benzeno (0,034mg/kg) acima dos valores estabelecidos.

Em decorrência dos resultados extraídos de todas as investigações realizadas, foi recomendada a implantação do sistema de remediação na área específica que abrigava o antigo posto de abastecimento de combustível. Essa determinação teve como principal objetivo a redução das concentrações dos contaminantes existentes por meio das técnicas de *air sparging*, extração multifásica e bombeamento.

Em janeiro de 2013, foi executado, pela empresa BTX, o Estudo de Investigação de Cava da Remoção de Tanques Subterrâneos, que visou avaliar a contaminação da cava durante o procedimento de remoção dos tanques (CV-01 a CV-04). Nesse estudo, os resultados indicaram ocorrência de Benzeno acima do limite estabelecido, em duas amostras (CV-01 e CV-03).

A partir dos estudos já realizados, em setembro de 2013, a empresa **BTX** desenvolveu a Investigação Ambiental Detalhada e Análise de Risco à Saúde Humana. Durante essa etapa dos trabalhos, cinco novos poços de monitoramento foram executados no terreno, sendo três rasos (PM-12, PM-13 e PM-14) e dois multiníveis (PMN-01B e PMN-03B).

Para efeitos de caracterização, os poços de monitoramento rasos, definidos pela sigla PM, possuem profundidades variadas, partindo de 4,0 m, para o poço mais raso, atingindo 6,0m nos pontos mais profundos. Os poços de monitoramento multiníveis, definidos pela sigla PMN, também possuem profundidades variadas, partindo de 10,0 m, para o ponto mais raso, e atingindo 15,0 m no ponto mais profundo. Estes poços multiníveis consistem em tubos longos, com comprimento variável, com sistema de filtragem interno. São utilizados para interceptarem o fluxo de água subterrânea, permitindo uma análise detalhada das condições do aquífero freático em toda sua extensão ou em alguns segmentos.

No processo de remoção dos tanques, houve também a reinstalação de quatro poços de monitoramento, sendo três rasos (PM-02, PM-03 e PM-07) e um multinível (PMN-03A). Adicionalmente, foram realizadas amostragens de solos nos poços PM-12, PM-13 e PM-14. Os resultados das análises efetuadas indicaram a presença de contaminantes: Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos, todos acima dos valores limites estabelecidos pela CETESB (2005).

Ao final dessa etapa de estudos concluiu-se a pluma de contaminantes foi devidamente delimitada, tanto na horizontal como na vertical. Concluiu-se também que toda a massa contaminada se localiza ao redor dos poços PM-01, PM-02 e PM-04, local onde haviam tanques e bombas de abastecimento.

Como resultado final dos estudos, foi identificado risco à saúde humana por inalação de vapores na área das CV-01 e CV-03, para o caso de se construir edifício residencial. Houve também a indicação de risco para contato dérmico e de ingestão de água subterrânea para os futuros

trabalhadores efetivos e temporários na construção da edificação e aos futuros residentes adultos e crianças, no caso de ser edifício residencial.

Na conclusão do relatório recomenda-se elaborar o planejamento do Programa de Monitoramento Ambiental de Encerramento, que permite controlar a evolução das concentrações dos contaminantes identificados. Foi recomendado realizar quatro campanhas semestrais de monitoramento, distribuídas nos períodos de maior e menor concentração pluviométrica.

Após esta etapa de trabalho, ainda em setembro de 2013, foi elaborado o Plano de Intervenção, sob responsabilidade da empresa **BTX**. Este relatório apresenta discussões sobre as técnicas de intervenção aplicáveis ao caso, bem como as quantidades de solo a serem removidas e tratadas adequadamente.

Com a aquisição da gleba para investir em construção de edifício, inicialmente para fins comerciais e depois para residências para famílias de classe B, os novos proprietários, em março de 2015, resolveram complementar a Investigação Ambiental Detalhada e a Análise de Risco à Saúde Humana. Os estudos realizados pela empresa **BTX** compreenderam a extração de novas amostras de água de todos os poços de monitoramento, bem como, a **reinstalação de dois poços**.

Foram executadas, ainda, doze novas sondagens (ST-04 a ST-15) com coleta de sete amostras de solo por sondagem, em intervalos a cada 0,5 m, iniciando em 1,0 m e finalizando em 4,0 m de profundidade. Foram também coletadas três amostras de solo (NBR-01 a NBR-03) para identificação do material conforme descrito na norma NBR 10.004/2004 e instalados quatro poços adicionais de monitoramento (PM-15 a PM-18) para avaliação das águas subterrâneas.

Com os resultados dessas análises, elaborou-se o relatório da etapa de Complementação da Investigação Ambiental Detalhada, cuja conclusão aponta a identificação de valores da contaminação acima dos permitidos pela CETESB, tanto nas novas sondagens realizadas como na avaliação das águas subterrâneas. O resultado desse estudo concluiu que um novo Plano de Intervenção deveria ser elaborado para que atendesse a nova situação de contaminantes, bem como, para adequar ao novo uso do terreno.

O novo Plano de Intervenção, elaborado pela empresa **BTX**, em março de 2015, estabelece a remoção dos solos na área onde estavam instalados os tanques e as bombas de abastecimento, estimando em 118,5 t. Esse plano estabelece a destinação de todo material contaminado para um aterro licenciado para Resíduos Classe II A.

Com relação à água subterrânea, recomenda-se a execução da técnica de *Ozônio Sparging*, com o objetivo de abaixar a concentração de Benzeno para níveis abaixo das Concentrações Máximas Aceitáveis, definidas através da sigla CMAs. O plano também estabelece restrição de captação desta água num determinado polígono.

Com o objetivo de complementar a investigação e finalizar todos os trabalhos executados, a empresa **SGW SERVICES**, assumiu a coordenação do processo, em maio de 2015. Realizou-se avaliação dos solos de superfície por meio de pontos de medição de Compostos Orgânicos Voláteis, definidos pela sigla VOC, além de efetuar novas sondagens com coleta de amostras de solos e novos poços de monitoramento. Os resultados dessa campanha indicaram novo volume de solo a ser retirado, atingindo 201,6 t. Na água subterrânea, foi identificada ainda concentração acima do limite de referência obtido nos poços PM-01, PM-02, PM-03, PM-04, PM-15, PM-16, PM-17, PM-18, PM-19, PM-20 e PMN-01B, porém nenhum destes poços ultrapassaram os valores de CMA calculados.

Após a execução dos trabalhos, o solo contaminado foi destinado para o aterro cadastrado e posteriormente sofreu o processo de dessorção térmica. O volume de solo final transportado foi de 267t.

4. REMOÇÃO DOS CONTAMINANTES

Fundamentado nos estudos efetuados, uma parte significativa do processo de descontaminação foi desenvolvida pelos antigos proprietários do terreno, sem acompanhamento dos atuais proprietários. No entanto, foram apresentadas todas as documentações legais exigidas pelos órgãos de controle – CETESB e Prefeitura Municipal de São Paulo.

Os serviços de escavação tiveram duração de vinte e dois dias. Todo o material retirado foi depositado em *big bags*, posteriormente armazenados no próprio terreno, sobre *paletes*, em área devidamente impermeabilizada.

Durante o processo de remoção do solo impactado, ocorreu a interceptação do lençol freático e, conseqüentemente, o afloramento da água subterrânea dentro da cava. Para tratar as concentrações na água subterrânea em fase dissolvida, foi implantado o sistema de bombeamento e tratamento da mesma. Este tratamento consistia no bombeamento da água para dentro de um tanque de decantação, passando por um tanque pulmão e posteriormente encaminhado para um sistema de filtração por carvão ativado. Após o tratamento, a água foi reinserida no aquífero freático, dentro da própria cava. Foram tratados cerca de 95.000 litros de água, nesta fase.

Por conta da presença de hidrocarbonetos nas águas subterrâneas, foi adotado o uso do oxidante Persulfato de Sódio para promover a degradação das substâncias, antes que a área fosse recomposta. O produto foi aplicado com a cava ainda aberta, em paralelo com a inserção da água bombeada e tratada.

Com o método de pulverização e mistura mecânica do solo, foi adicionado o agente oxidante *Provect-OX*. Na sequência, houve a adição de aproximadamente 80 kg do catalizador Cloreto Férrico, com o objetivo de ativar o agente oxidante. Vale ressaltar que a massa do produto remediador foi calculada baseando-se na estimativa da massa de contaminante em fase dissolvida na água subterrânea do local.

A recomposição da área escavada aconteceu com a utilização de 528 m³ de pó de pedra (ou areia de pedra) com diâmetro máximo de 4,76 mm, sem torrões e devidamente compactado com maquinário específico. A aplicação deste pó de pedra foi efetuada em camadas umedificadas e compactadas, até atingir a cota de recomposição do piso.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas informações obtidas nos últimos relatórios emitidos, conclui-se que o processo de remediação da área foi atingido com êxito. A partir de amostras coletadas no fundo da cava, não se identificou concentrações quantificáveis dos parâmetros relativos aos poluentes.

As informações obtidas por meio de amostras de águas subterrâneas, não apresentaram concentrações para hidrocarbonetos em concentrações acima das CMAs calculadas para a área na Avaliação de Riscos à Saúde Humana (BTX, Março/2015). Vale ressaltar também que o PMN-15B, anteriormente citado, não apresentou concentrações quantificáveis, indicando que a pluma está devidamente delimitada e restrita ao aquífero raso.

O monitoramento ambiental e a realização de campanhas específicas de investigação devem continuar para manter o efetivo controle sobre a área. Ressalta-se que se manteve a restrição ao uso e consumo das águas subterrâneas rasas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13895**: Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 21 p.

BTX. **Estudo de Investigação na Cava da Remoção dos Tanques Subterrâneos para o Armazenamento de Combustíveis**. São Paulo: BTX Geologia e Meio Ambiente, 2013a.

BTX. **Investigação Ambiental Detalhada e Análise de Risco à Saúde Humana**. São Paulo: BTX Geologia e Meio Ambiente, 2013b.

BTX. **Plano de Intervenção – Março/2013**. São Paulo: BTX Geologia e Meio Ambiente, 2013c.

BTX. **Plano de Intervenção – Setembro/2013**. São Paulo: BTX Geologia e Meio Ambiente, 2013d.

BTX. **Complementação de Investigação Ambiental Detalhada e Análise de Risco à Saúde Humana**. São Paulo: BTX Geologia e Meio Ambiente, 2015.

CETESB. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. São Paulo: CETESB, 2001.

CMA. **Investigação Detalhada e Plano de Intervenção – Janeiro/2010**. São Paulo: CMA Engenharia Ambiental LTDA, 2010a.

CMA. **Investigação Detalhada e Plano de Intervenção – Junho/2010.** São Paulo: CMA Engenharia Ambiental LTDA, 2010b.

SAFETY. **Laudo Técnico de Investigação de Passivo Ambiental – Outubro/2008.** São Paulo: Safety e Environment Systems do Brasil, 2008.

SGW. **Investigação Complementar para Atualização do Cenário Ambiental e Embasamento do Plano de Remediação.** São Paulo: SGW Services Engenharia Ambiental LTDA, 2015a.

SGW. **Plano de Intervenção – Maio/2015.** São Paulo: SGW Services Engenharia Ambiental LTDA, 2015b.