



XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil

MAURICIO GARDINALI JUNIOR	Silma Regina Carmelo	César Thomaz Verechia
AES Eletropaulo Metropolitana - Eletr. de São Paulo S.A.	AES Eletropaulo Metropolitana - Eletr. de São Paulo S.A.	AES Eletropaulo Metropolitana - Eletr. de São Paulo S.A.
mauricio.gardinali@aes.com	silma.carmelo@AES.com	cesar.verechia@AES.com

Reutilização de Area Contaminada - Subestação ETD Itaim

Palavras-chave

Gestão de ativos
Reutilização
Setor Elétrico
Solo e água subterrânea
valorização imobiliária
Áreas Contaminadas

Resumo

Este trabalho apresenta o processo de gerenciamento e reaproveitamento de uma área contaminada devido a operação de uma subestação de energia elétrica. Devido a valorização imobiliária do local, o imóvel destinado à operação da Subestação Elétrica ETD (Estação Transformadora de Distribuição) Itaim, onde estava instalada toda a estrutura necessária para distribuição de energia (transformadores, torres, chaves de segurança e outras), foi parcelado de forma a abrigar a operação de uma nova subestação compacta que foi instalada em uma parte menor do antigo terreno e um empreendimento residencial de alto padrão na parte restante. Esta operação resultou em uma otimização do uso e ocupação do terreno, além do ganho ambiental relativo ao saneamento da contaminação existente e da geração de receita proveniente da negociação do ativo imobiliário.

1. Introdução

Durante a década de 1980, a progressiva diminuição do número de estabelecimentos industriais instalados em algumas regiões do Estado, particularmente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) tem acarretado o surgimento de um grande número de imóveis desocupados. Alguns desses imóveis foram convertidos para usos não industriais, tendência que desde então tem se acelerado devido à escassez de

terrenos vazios em regiões metropolitanas, fato que favorece ainda mais a reutilização de antigas áreas industriais.

No caso do imóvel pertencente à AES Eletropaulo, situado na Rua Hungria, 316, Itaim, uma área nobre da cidade de São Paulo, o qual era destinado à operação de uma subestação elétrica que contava com toda a estrutura necessária para distribuição de energia (transformadores, torres, chaves de segurança entre outras), o projeto de otimização da estrutura operacional da subestação e parcelamento do terreno para alienação visando uso futuro de um empreendimento residencial de alto padrão foram impulsionados pela necessidade de investigação da qualidade do solo e também pela possibilidade de geração de receita proveniente da negociação do ativo imobiliário.

A Subestação ETD Itaim é da década de 40 e iniciou suas atividades pela Brazilian Traction Light and Power Co. Ltda., passando a operar a partir de 1979 como Light Serviços de Eletricidade S.A e atualmente é administrada pela AES Eletropaulo. A subestação esteve associada a unidades de transformadores de potência para conversão da tensão de fornecimento de 88 kV para um nível de 13,8 kV, podendo ser utilizada também para chavear diferentes rotas de fornecimento de energia de mesmo nível de tensão.

A empresa desativou esta subestação e instalou uma nova unidade compacta e abrigada no terreno adjacente, localizada no limite sudoeste do imóvel em estudo.

As principais estruturas com potencial de gerar impactos nos compartimentos constituídos pelo solo e água subterrânea estão relacionadas aos transformadores e cabos subterrâneos que utilizam óleo como meio isolante. A Subestação Elétrica ETD Itaim contava com 6 (seis) transformadores com capacidade de fornecer 128 MVA de potência em tensões de 3,8 kV e 13,8 kV.

O imóvel destinado à operação da Subestação Elétrica ETD (Estação Transformadora de Distribuição) Itaim, onde estava instalada toda a estrutura necessária para distribuição de energia (transformadores, torres, chaves de segurança e outras), foi parcelado de forma a abrigar a operação de uma nova subestação compacta que foi instalada em uma parte menor do antigo terreno e um empreendimento residencial de alto padrão na parte restante.

A fim de verificar e gerenciar possíveis contaminações no solo e na água subterrânea da área a AES Eletropaulo executou, a partir de 2005, diversos trabalhos de investigação e de remediação.

2. Desenvolvimento

Investigação Confirmatória:

O primeiro trabalho de investigação ambiental na área foi realizado em abril de 2005. Com base nos resultados da investigação confirmatória, foi recomendada a continuidade dos trabalhos com a realização de uma investigação de detalhamento com o objetivo de delimitar as áreas impactadas de solo e água subterrânea, avaliar medidas de controle das fontes, avaliação de risco a saúde humana frente aos compostos presentes e avaliação de alternativas para remediação do solo e água subterrânea. O resumo dos resultados da investigação confirmatória é apresentado abaixo:

Contexto geológico – presença de aterro na camada superficial do terreno (composição argilosa) sobreposto aos sedimentos aluvionares do Rio Pinheiros compostos por argila e areia de granulação variada;

Investigação geofísica – as anomalias identificadas pela investigação geofísica através do método de indução eletromagnética decorrentes no terreno, estiveram relacionadas à presença de cabos energizados enterrados e outras utilidades metálicas presentes na área;

Avaliação da qualidade do solo – foram realizadas 25 sondagens para caracterização do solo local e coleta de amostras para análises químicas. Destas, foram selecionadas 9 amostras representativas para análises químicas para os compostos PCB's, VOC's e TPH total (critério de seleção das amostras foi baseado na maior concentração de gases voláteis identificada com o PID). Todas as amostras analisadas apresentaram resultados abaixo dos limites de intervenção para os compostos analisados. Na área dos transformadores VIII e VII, foi observado impacto ambiental com presença de óleo em fase livre;

Avaliação da qualidade da água subterrânea – foram instalados 5 (cinco) poços de monitoramento para avaliação da qualidade da água subterrânea local. O elenco analítico definido para avaliar a qualidade da água subterrânea foi PCB's, VOC's, TPH total. Foram identificados impactos na área de influência do PM-04 (PCB) e PM-05 (TPH) com resultados acima dos limites de intervenção para os padrões adotados como referência.

Investigação Detalhada e Análise de Risco:

Os resultados da investigação de detalhamento identificaram a necessidade de implantação de um projeto com ações de remediação considerando a remoção do solo impactado juntamente com o tratamento e remoção de toda a água subterrânea do aquífero aluvionar. Durante a etapa de detalhamento foram executadas 16 sondagens dentro dos limites do terreno da subestação ETD Itaim. Estas sondagens foram distribuídas no perímetro e porção central da área ocupada pela subestação elétrica, principalmente nos setores onde foram identificados impactos ambientais nos trabalhos anteriores para delimitação da área afetada. Foram instalados 8 (oito) poços de monitoramento para detalhamento e delimitação de eventuais plumas de compostos alvo identificados na etapa de investigação de detalhamento.

Os poços de monitoramento foram instalados em posições interpretadas como estratégicas nas proximidades das utilidades da subestação em que foram identificadas vulnerabilidades com relação a geração de impactos no solo e água subterrânea. Um dos poços de monitoramento foi instalado no terreno de jusante da área onde atualmente está instalada a subestação ETD Itaim, interceptando a direção de fluxo do lençol subterrâneo (jusante) na futura área a ser ocupada pela nova unidade da subestação que substituirá a unidade.

Durante a etapa de detalhamento foi realizada um estudo de avaliação de risco com os objetivos de identificar e quantificar os riscos à saúde humana, além de estabelecer as metas de remediação para a área contaminada em questão. A base inicial de dados para a execução da avaliação de risco é constituída pelas informações coletadas na atual etapa de investigação, acrescidas de informações sobre toxicologia dos compostos de interesse, os cenários (atual e futuro) de uso e ocupação do solo e as variáveis de exposição configuradas na área. As metas de remediação (*SSTL – site specific target level*) a serem alcançadas conforme resultados da avaliação de risco para o cenário atual e futuro da área considerando os compostos alvos presentes foram:

Solo – TPH concentração máxima obtida no solo superficial ($1,0 \times 10^4$ mg/kg). A

concentração a ser alcançada para este composto no solo em função dos cenários avaliados foi $SSTL = 9,1 \times 10^3$ mg/kg;

Água subterrânea – Tetracloroeteno concentração máxima obtida nesta etapa de investigação de detalhamento ($7,4 \times 10^{-3}$ mg/L). A concentração a ser alcançada para este composto na água subterrânea em função dos cenários avaliados foi SSTL = $1,4 \times 10^{-4}$ mg/L – concentração menor que o valor de intervenção da CETESB para este parâmetro;

PCB – concentração máxima obtida foi de $4,3E-5$ mg/L. A meta de remediação para este composto é de $3,9E-5$.

Clorofórmio, maior concentração obtida na água subterrânea foi de $1,4E-2$ mg/L. A meta de remediação para este parâmetro é de $1,3E-2$ mg/L.

Para o TPH, a máxima concentração detectada foi de 3,1 mg/L. A meta de remediação para o TPH será o valor de intervenção do padrão holandês.

Após a conclusão dos trabalhos de delimitação, quantificação da contaminação existente e avaliação de risco à saúde humana, foi realizado um estudo para a determinação do volume de solo contaminado a ser removido e destinado visando a conclusão dos trabalhos de remediação da área. Estes trabalhos resultaram na remoção e destinação de 7.348,01 toneladas de resíduos impactados por PCB e por TPH, os quais foram destinados em aterro Classe I no CTR de Caieiras da Essencis, localizado no município de Caieiras, no estado de São Paulo. Todo o controle e documentação pertinente ao transporte foram emitidos e gerenciados pela AES Eletropaulo. Antes do início dos trabalhos de remediação dos setores impactados, foi feito um planejamento de todas as atividades, onde montou-se um plano de trabalho, um plano de segurança com análise de riscos, de modo a dimensionar as atividades e o risco inerente a cada uma delas. Desta forma, terminado a fase de planejamento tiveram início os trabalhos de remoção de solo, sendo que estas atividades foram executadas em duas etapas.

A primeira etapa onde foram removidas as partes mais superficiais do solo impactado, e a segunda etapa, remoção do solo impactado localizado em profundidades maiores que 2 metros e as áreas impactadas com hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH), que foram executadas após a retirada do estande de vendas e do apartamento decorado presentes no local. Na primeira etapa de remoção de solo impactado, que foi executada no período de 14 de outubro a 03 de novembro de 2008, foram feitas remoções em quatro setores impactados (cava 01, cava 02, cava 03 e cava 04), e a segunda etapa de remoção que ocorreu no período de 19 de agosto de 2009 à 08 de janeiro de 2010 em 6 setores impactados (cava 01, cava 02, cava 03, cava 05, cava 06 e cava 07). Após a remoção dos materiais impactados presentes nessas áreas, foram feitas coletas de fundo e de lateral de cava, para comprovação da qualidade do solo remanescente.

Para avaliação do compartimento ambiental caracterizado pelo solo presente na área da subestação, a avaliação e interpretação dos resultados dos trabalhos executados nas duas campanhas de investigação realizadas identificaram duas áreas fonte ativas para os impactos identificados no solo local. Estas fontes ativas foram relacionadas às estruturas dos transformadores VIII e VII, onde foram identificados vazamentos de óleo mineral utilizado como isolante nestes transformadores. Nestes setores é visível a presença de manchas de óleo na camada de brita que cobre a superfície do terreno, na área de influência direta da estrutura de suporte destes transformadores

O processo de transporte dos compostos alvo identificados no solo é o transporte por escoamento superficial pelo terreno que é coberto por brita em sua maior parte. O óleo proveniente dos vazamentos dos transformadores é depositado na superfície do terreno (próximo aos transformadores) tendo como reservatório a camada de brita superficial e o solo superficial de menor permeabilidade é a base por onde ocorre o escoamento deste óleo. A mobilização e dispersão do óleo em fase dissolvida ocorrem

principalmente em eventos de alta pluviosidade quando há a saturação da camada de brita e mobilização do óleo para porções de jusante do terreno por escoamento superficial. Esta interpretação com relação ao processo de transporte dos compostos alvo é embasada nos resultados das investigações realizadas na área e observações de campo.

Os resultados de TPH no solo apresentaram concentrações abaixo dos limites de intervenção para o padrão holandês na maioria das amostras analisadas. Concentrações de destaque e acima dos limites de intervenção para o padrão holandês foram identificadas principalmente nas proximidades do transformador VIII, em sua área de influência direta. Neste setor específico, os compostos TPH e PCB's foram identificados em concentrações de destaque.

Na área do transformador VII, embora os resultados analíticos não tenham indicado resultados acima dos limites de intervenção para o padrão holandês, a presença de vazamentos e o impacto visual na camada de brita superficial são fortes evidências de impactos no solo local. Neste setor específico, diferente da área do transformador VIII, não foi identificada a presença de PCB's. A presença de traços de compostos PCB's provavelmente esteja relacionada a algum evento de utilização de óleo mineral isolante regenerado no transformador VIII, contendo traços deste composto como resíduo do processo de regeneração. Para minimizar os impactos no compartimento caracterizado pelo solo local confirmados nesta etapa de trabalho e evitar que ocorra um aumento da área atualmente comprometida, recomenda-se a

realização de intervenções imediatas, com o objetivo de eliminar as fontes ativas (vazamentos nos transformadores VIII e VII) e fontes residuais (solo e brita com presença de manchas de óleo).

Para avaliação do compartimento ambiental caracterizado pela água subterrânea na área da subestação, foram instalados poços de monitoramento permanentes para amostragem do aquífero aluvionar (interpretado como o mais vulnerável frente aos compostos presentes). Estes poços foram instalados em pontos interpretados como estratégicos na área, tendo como base os resultados da investigação confirmatória e as estruturas com risco potencial de geração de impactos que pudessem atingir a água subterrânea local.

Os resultados analíticos da água subterrânea mostram presença de duas áreas fonte relacionadas aos transformadores VIII e VII, confirmando os resultados obtidos na avaliação do compartimento representado pelo solo superficial. A área fonte caracterizada pelo transformador VIII apresenta como compostos impactantes o óleo que foi identificado como TPH e traços de PCB's como resíduo no óleo mineral isolante utilizado neste transformador. A área fonte caracterizada pelo transformador VII apresenta como composto impactante o óleo que foi identificado como TPH, não sendo observada a presença de PCB's relacionada a esta área fonte. Foram identificados dois setores impactados pelos compostos TPH e PCB's, que abrangem as seguintes áreas:

Transformador VIII – ocorrências pontuais de PCB's formada pela área de influência correspondente aos poços de monitoramento PM 06 e PM 04. Nestes setores, apesar de ter sido identificado óleo em fase livre no contato da camada de brita com o solo abaixo do transformador VIII, não foi identificada presença de TPH acima dos valores de intervenção para os padrões adotados como referência, apesar dos resultados terem apresentado traços deste composto;

Transformador VII – pluma de TPH formada pela área de influência correspondente aos poços de monitoramento PM 05, PM 10 e PM 11. Neste setor não foi observada a presença de compostos PCB's.

Assim como nos resultados das análises químicas para o solo local, a maioria dos resultados analíticos para

água subterrânea acusou presença de TPH em concentrações abaixo dos limites de intervenção para os padrões adotados como referência nestes estudos. Estes resultados confirmam a hipótese de que o processo de transporte deste composto ocorre por escoamento superficial associado a infiltração para o sistema aquífero em menor taxa por conta dos processos de infiltração envolvidos (solubilização/lixiviação, sorção, permeabilidade do solo local entre outros). Com isto, pode-se concluir que os impactos identificados relacionados a este composto são de fato decorrentes de vazamentos dos transformadores, que utilizam óleo mineral isolante. Associada a implantação das medidas corretivas propostas para atuação no solo local, com eliminação das áreas fonte identificadas (primária e residual), portanto foi necessário a implantação do sistema de bombeamento para a extração dos compostos em fase dissolvida que apresentaram concentrações acima dos limites de intervenção para os padrões adotados como referência.

Diante dos resultados obtidos pelas etapas anteriores foi desenhado o plano de ação para a implementação do projeto de desativação da subestação e remoção do solo e água subterrânea contaminados existentes na área da ETD Itaim.

Eliminação das fontes primárias – utilização de bandejas para captação do óleo proveniente dos vazamentos no corpo dos transformadores VIII e VII, tubulações e conexões e estocagem temporária do efluente líquido que será captado em tambores. Volume total estimado de efluente foi de 720 litros. Controle por meio de análises químicas do efluente gerado;

Eliminação das fontes residuais – remoção de solo e brita na área de influência direta dos transformadores VIII e VII. Volume total estimado para destinação especial após resultado de análises químicas foi de 48 m³. Controle por meio de análises químicas do solo nas cavas, paredes das escavações e solo removido;

Bombeamento dos compostos em fase dissolvida – bombeamento pontual dos compostos em fase dissolvida utilizando os poços de monitoramento onde estiveram presentes estes compostos. Volume total estimado foi de 2.400 litros. Controle por meio de análises químicas e monitoramento trimestral dos poços de monitoramento além de instalação de 2 poços adicionais;

Medidas de controle para obra de implantação do prédio residencial Cenário 1 – solo a ser escavado (escavação total) para destinação em “bota fora” e/ou aterro especial sem distinção por local de destinação. Volume total estimado a ser gerado pela escavação = 88.000 m³

(não considerado taxa de “empolamento”);

Medidas de controle para obra de implantação do prédio residencial Cenário 2 – pior cenário considerando a necessidade de destinação especial (classe II) do solo nos setores identificados de maior vulnerabilidade. Volume total estimado a ser gerado pela escavação nas principais faixas de vulnerabilidade = 26.417 m³ (não considerado taxa de “empolamento”). Neste cenário o volume restante de solo correspondente a 62.335 m³, foi destinado para aterro comum ou bota fora. Para confirmação deste cenário foram realizadas análises químicas das amostras de solo antes de sua destinação final.

3. Conclusões

Com base nos resultados de investigações relatadas nos relatórios de investigação e no relatório de cubagem do solo impactado, onde foram realizadas amostragens de solo para análise quanto à presença de PCBs em uma malha de 10 por 10 metros em toda área do terreno em três diferentes profundidades até 4,8 metros (0,0 a 0,5 m; 1,2 a 1,4 m; 4,4 a 4,8m), indicando concentrações acima do limite de intervenção da CETESB, foram definidas as áreas a serem escavadas nomeadas como Cava 01 à Cava 07.

As atividades foram divididas em duas etapas de remoção, sendo que na primeira etapa foram removidas as partes mais superficiais do solo impactado, e na segunda etapa a remoção do solo impactado remanescente destas partes superficiais, o solo impactado localizado em profundidades maiores que 2 metros e as áreas impactadas com hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH), que foram executadas após a retirada do estande de vendas e do apartamento decorado presentes no local.

Na primeira etapa o solo impactado removido foi disposto numa área de armazenamento temporário devidamente construída conforme a norma NBR-12235/1992. As cavas foram aterradas para viabilizar o início dos trabalhos da construtora, e antes foram forradas com lona de sacrifício para facilitar a separação do solo limpo do aterro durante a segunda etapa de remoção e evitar o contato deste solo com o possível material remanescente impactado, caso alguma amostragem confirmasse tal situação. Nesta fase foi removido um total de 3.723,27 toneladas de solo impactado.

Os resultados das análises químicas de algumas amostras de solo coletadas após a primeira etapa de remoção apresentaram valores superiores aos limites orientadores da CETESB para o parâmetro de PCB's, na Cava 01, amostras SW03, NW01 e NW03; na Cava 02, amostra FC03; na Cava 03, amostra NW02 e na Cava 04, amostras SE 02, FC01 e FC 03. Nestes pontos as cavas foram ampliadas para retirada de todo material impactado durante a segunda etapa de remoção.

Na segunda etapa, além da remoção do solo remanescente da primeira etapa e do solo impactado em profundidades maiores que 2 metros, foi removido o solo impactado com TPH na Cava 02 e coletadas amostras de fundo de cava para confirmar a sua qualidade. Porém, das oito amostras coletadas, três apresentaram resultados analíticos acima dos valores orientadores da CETESB para este parâmetro (FC06, FC07 e FC08). Então foi removido o solo até mais 1 metro de profundidade nestas áreas e outras amostragens de fundo de cava foram coletadas (FC06A, FC07A e FC08A), cujos resultados analíticos foram satisfatórios. Da mesma forma também foi removido o solo referente a amostra FC02 que estava um pouco acima do valor orientador. De maneira preventiva e conservadora foi realizada uma raspagem para remover o solo superficial que apresentava concentrações abaixo dos valores orientadores na área de armazenamento temporário de resíduos. Nesta fase foi removido um total de 3.624,74 toneladas de solo impactado.

Dentro da área da pluma de TPH na água subterrânea, como toda a água subterrânea contida no sistema aquífero aluvionar foi drenada e não houve recarga suficiente para a recomposição do lençol freático nesta área, não foi necessária a operação do sistema de contenção por barreira hidráulica, pois todo o solo contaminado por TPH presente na franja capilar da área da pluma foi removido e destinado adequadamente. Esta comprovação foi realizada pelas amostragens de fundo e paredes de cava durante o processo de escavação do solo contaminado realizado nesta segunda etapa de trabalho.

Um total de 7.348,01 toneladas de solo impactado foi removido e destinado para o aterro classe I da Essencis, no município de Caieiras / SP, através do CADRI nº 45002843.

Considerando as amostras de solo coletadas após a segunda etapa de remoção e as sondagens realizadas para determinação da cubagem de solo, pode-se concluir que todo material impactado foi removido e a área estava apta para receber o empreendimento a que se destina. Esta operação resultou em uma otimização do uso e ocupação do terreno, além do ganho ambiental relativo ao saneamento da contaminação existente e da geração de receita proveniente da alienação do ativo imobiliário.

4. Referências bibliográficas

CETESB, 2001. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. São Paulo. 2ª edição, 389 páginas.

CETESB, 2005. DECISÃO DE DIRETORIA Nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005.

Procedimento Operacional da AES BRASIL: AESSGA 1000 - GERENCIAMENTO DE PASSIVOS AMBIENTAIS.

RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DE DETALHAMENTO DA QUALIDADE DO SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA DA SUBESTAÇÃO ETD ITAIM DA AES ELETROPAULO E TERRENO DE JUSANTE SÃO PAULO – SP, Dezembro de 2005 - ARCADIS

RELATÓRIO FINAL DE REMEDIAÇÃO DO SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA - AES ELETROPAULO S. A. / SÃO PAULO, JANEIRO/2010 – ARCADIS
