

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO E HIDROQUÍMICO DE UMA ÁREA COM OCORRÊNCIA DE ÓLEO DIESEL EM NASCENTES PRÓXIMAS AO RIBEIRÃO LINDÓIA NA ZONA NORTE DE LONDRINA – PR.

André Celligoi¹; Chang Hung Kiang²; Maurício Moreira dos Santos³

RESUMO - Estudos hidrogeológicos que visam avaliar a qualidade das águas subterrâneas são de extrema importância, garantindo a proteção desse importante manancial, contribuindo para o planejamento sócio-econômico e o desenvolvimento sustentável. Esse presente artigo destaca a avaliação hidrogeológica realizada em uma área do município de Londrina - Pr, a qual objetivou localizar a origem de um vazamento de óleo diesel ocorrido no mês de maio de 2002 em nascentes da vertente direita do ribeirão Lindóia. Os métodos utilizados consistiram em ensaios de infiltração para obtenção dos valores de condutividade hidráulica e de velocidade de fluxo, coleta de amostras de água para caracterização hidroquímica e medições dos níveis da zona saturada com a finalidade de determinar a rede de fluxo subterrânea. O padrão de fluxo subterrâneo em conjunto com os resultados analíticos de TPH em fase dissolvida, indica que o vazamento de óleo diesel teve sua origem a partir de um tanque pulmão localizado em área de terminal de combustíveis e que o mesmo percorreu claramente uma trajetória direta até as nascentes às margens do ribeirão Lindóia.

ABSTRACT - Hydrogeologic studies are very important to evaluate the groundwater quality as a way to protect this important source and to contribute for the social-economic planning and the sustainable development. An hydrogeologic evaluation was made in an area of the city of Londrina - Pr, which objectified to locate the origin of a diesel fuel leakage occurred on May 2002 in springs of the right bank of the Lindóia brook. The used methods had consisted of infiltration tests for achievement of the values of hydraulic conductivity and groundwater flow, water sampling for hydrochemical characterization and levels measurements of the saturated zone with the purpose to determine the groundwater flownet. The standard of groundwater flow in set with the analytical results of TPH in dissolved phase indicates that the diesel fuel leakage was originated from a tank located in area of a fuel terminal through a direct trajectory to the springs near Lindóia brook.

Palavras –chave: óleo diesel, águas subterrâneas, Londrina.

¹ Departamento de Geociências – UEL - Universidade Estadual de Londrina – Caixa Postal 6001 – CEP: 86051-990 – Londrina – PR. Fone: 43-33714316 Fax: 43-33714216. e-mail: celligoi@uel.br

² LEBAC – Laboratório de Estudos de Bacias – UNESP – Universidade Estadual Paulista Campus de Rio Claro. Fone: 19- 35262814 Fax: 19- 3534-0327. e-mail: chang@rc.unesp.br

³ LEBAC – Laboratório de Estudos de Bacias – UNESP – Universidade Estadual Paulista Campus de Rio Claro. Fone: 19- 3526-2803 Fax: 19-3534-0327. e-mail: mauricio_geografia@ig.com.br

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos subterrâneos, considerados por muitos como reservas estratégicas de água, face ao agravante da deterioração dos mananciais superficiais, estão sendo periodicamente afetados por agentes contaminadores e/ou poluidores gerados pelo uso e ocupação desordenado do solo e ações vinculadas ao processo produtivo. No entanto, devido à complexidade hidráulica dos aquíferos, sua degradação dificilmente é notada e, portanto, anunciada para a sociedade.

Dessa forma, estudos hidrogeológicos que visam avaliar a qualidade das águas subterrâneas são de extrema importância para o meio ambiente e para a sociedade, garantindo a proteção desse importante manancial, contribuindo para o planejamento sócio-econômico e o desenvolvimento sustentável.

As fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas são inúmeras, em especial as provindas dos derivados de combustíveis fósseis. Nesse sentido, esse presente artigo destaca um estudo hidrogeológico realizado em uma área do município de Londrina - PR, com o objetivo de descrever e avaliar a situação hidrogeológica, uma vez que a região em estudo sofreu um grave acidente ambiental provindos de derivados de hidrocarbonetos.

Portanto, esse estudo busca localizar a origem de um vazamento de grande quantidade de óleo combustível ocorrido no mês de maio de 2002, verificado em nascentes de água próximas ao ribeirão Lindóia, localizado na região norte do município de Londrina – PR.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A bacia hidrográfica do ribeirão Lindóia localiza-se na porção norte da área urbana de Londrina - PR, abrangendo uma área total de 5.080,21 ha, com altitudes variando entre 470 e 630 metros. (Figura 1).

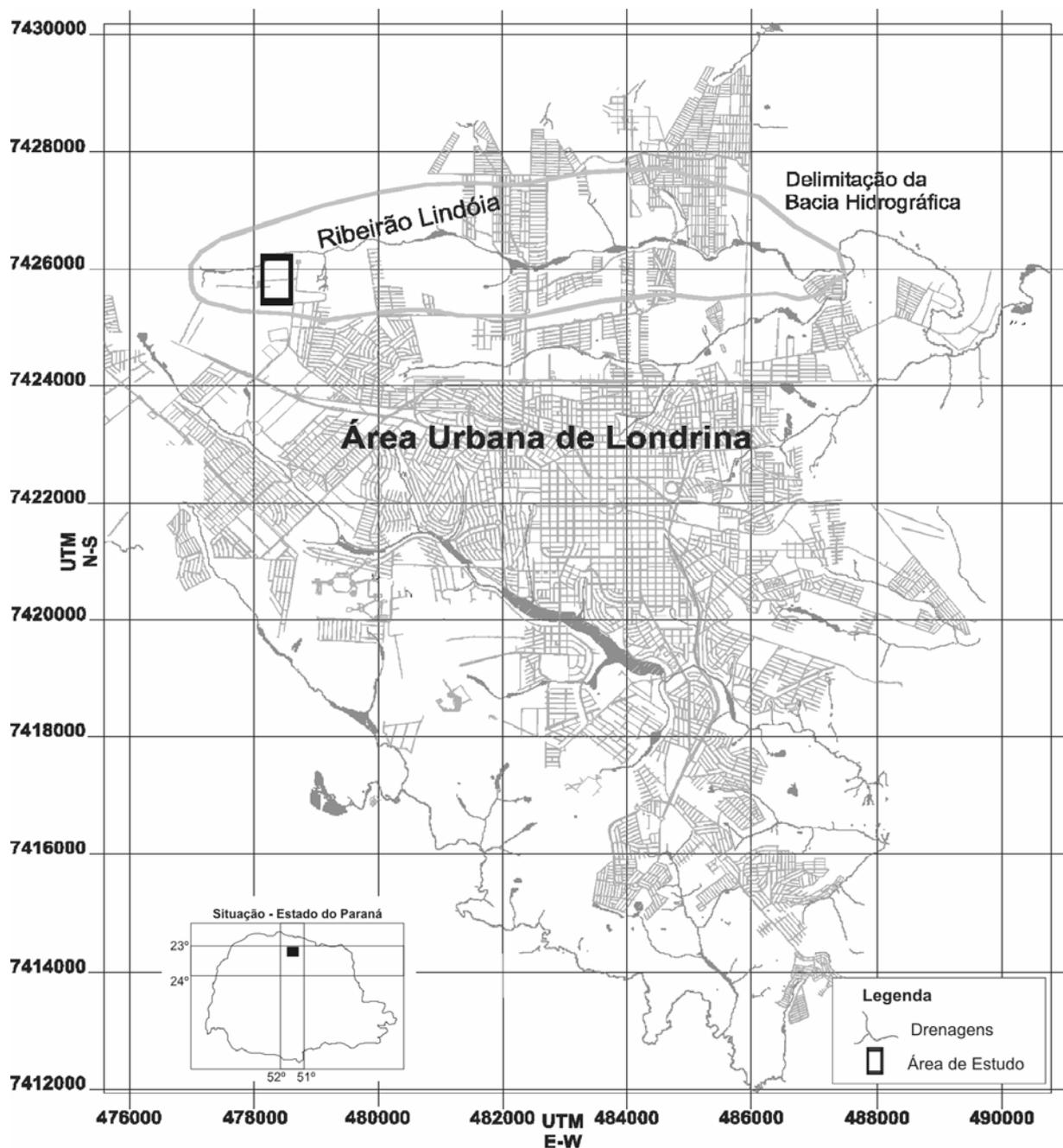


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo. (Fonte: Prefeitura Municipal de Londrina - IPPUL Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina 2001).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os métodos adotados para essa avaliação estão descritos a seguir: utilização de sondagens do tipo SPT para determinação da permeabilidade das camadas de solo através de ensaios de infiltração, determinação da velocidade de fluxo em meio saprolítico através de ensaios de *slug* em poços de monitoramento, segundo o método de HVORSLEV (1951); medição dos níveis da zona

saturada, com a finalidade de se estabelecer à rede de fluxo de água subterrânea a partir de cálculos feitos com base nos gradientes hidráulicos determinados; determinação das condutividades hidráulicas do aquífero para caracterização do aquífero freático e por fim, coleta de amostras de água para análises físico-químicas, visando à detecção e controle da pluma poluente.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA

Clima

Apesar de se observar no estado do Paraná um predomínio do clima subtropical, algumas diferenciações climáticas podem ser observadas. Tal fato é resultante da conformação topográfica do Estado paranaense.

Assim, este território é composto por três subtipos climáticos todos caracterizados como úmidos, com diferenciações entre si quanto às suas temperaturas, entre altas e amenas, aos seus regimes de chuvas, entre abundantes e medianos, e quanto à intensidade e frequência das geadas, entre fortes e frequentes, menos frequentes ou ausentes (IAPAR, 1984).

A região norte paranaense, onde se situa a área estudada, segundo a classificação de Köppen (*apud* NIMER, 1989) pertence ao tipo climático Cfa (Clima subtropical úmido), com chuvas em todas as estações, porém no inverno a pluviosidade é muito baixa.

MAAK (1981) classificou a região em apreço como pertencente à Zona Climática Tropical-Subtropical a qual possui temperatura média anual de 20,6°C sendo que o mês mais frio e mais seco é julho. A precipitação média anual na região norte do estado do Paraná varia de 1500 a 1700mm.

Solos

O Latossolo Vermelho e o Nitossolo são as principais formações pedológicas encontradas na região do município de Londrina. O Latossolo Vermelho é um dos mais importantes solos do ponto de vista agrícola pela fertilidade natural apresentada. Sua coloração caracteriza-se pelo vermelho fosco, ou mesmo bruno avermelhado e quando umedecida parece tornar-se arroxeadada. Estes solos profundos (espessura oscilando entre 1,50 m e 10 m) são pouco suscetíveis à erosão.

Suas características morfológicas apresentam poucas variações, fazendo com que os diversos horizontes se apresentem poucos individualizados e difusos. O Latossolo Vermelho é formado quase que completamente da rocha mãe (basalto) e constituído de grandes quantidades de ferro hidratado, dando-lhe a característica de coloração bastante escura (VIEIRA 1995).

Segundo o mesmo autor, o Nitossolo possui coloração que se assemelha ao Latossolo Vermelho, sendo que sua importância para a agricultura é a mesma. Classifica-se de estruturada devido

a sua estrutura subangular bem desenvolvida. Este solo tem por características principais o B textural (argiloso), cerosidade no horizonte B e quando molhado se torna plástico e pegajoso.

Geomorfologia

Na parte centro-sul da região estudada, predomina o relevo plano a suavemente ondulado, com declividades que variam entre 0 e 5%, resultado de implantação de instalações industriais. Já na porção centro-norte, que corresponde às vertentes do vale do ribeirão Lindóia, as declividades situam-se em torno de 10% e podem ser consideradas moderadamente onduladas. As altitudes variam aproximadamente entre 500 e 650 metros acima do nível do mar.

Caracterização geológica

A zona norte de Londrina encontra-se geologicamente sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral (Figura 2). Tal formação ocorre em toda a área estudada, exceto no fundo dos grandes vales, aonde se encontram sedimentos aluvionares muito restritos, oriundos da deposição recente de sedimentos trazidos pelos rios da região. A Formação Serra Geral pertence ao Grupo São Bento no qual compreende ainda as formações Botucatu e Pirambóia, porém de ocorrência limitada no extremo sul do município, como se observa na Figura 2.

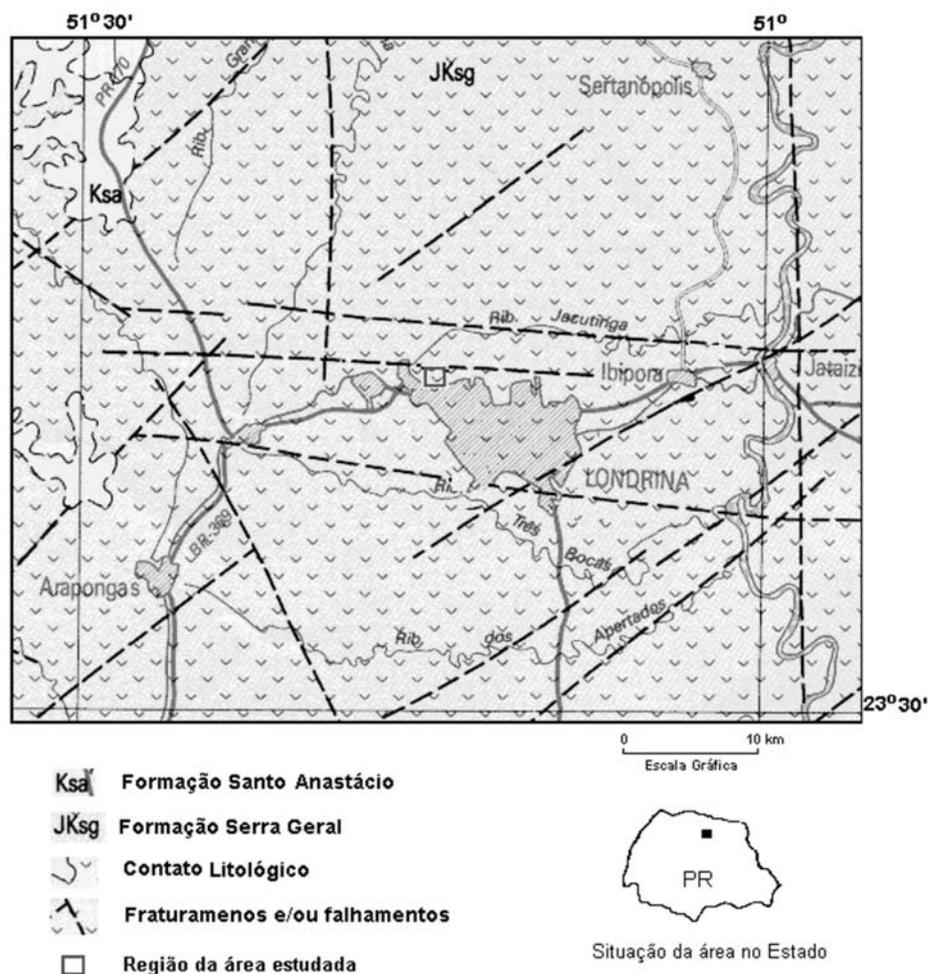


Figura 2 - Mapa Geológico - estrutural regional. Fonte: MINEROPAR (2001).

A Formação Serra Geral é composta por basaltos pretos a cinza escuros, de estrutura maciça ou vesicular, fraturados e com o manto de intemperismo muito pouco presente em algumas localidades, até cerca de 30 metros nas regiões mais elevadas topograficamente (REBOUÇAS, 1978).

Na área de estudo não foram observados afloramentos rochosos. De acordo com os dados obtidos durante a elaboração dos poços de monitoramento e nas sondagens, a rocha está a uma profundidade superior aos 15 metros nas porções mais elevadas do terreno.

A análise de fotografias aéreas nas escalas 1:25.000 e 1: 8.000, revelou a presença de lineamentos estruturais distribuídos pela grande área com direções E-W, acompanhando trechos do ribeirão Lindóia e, também NNE, subordinadamente.

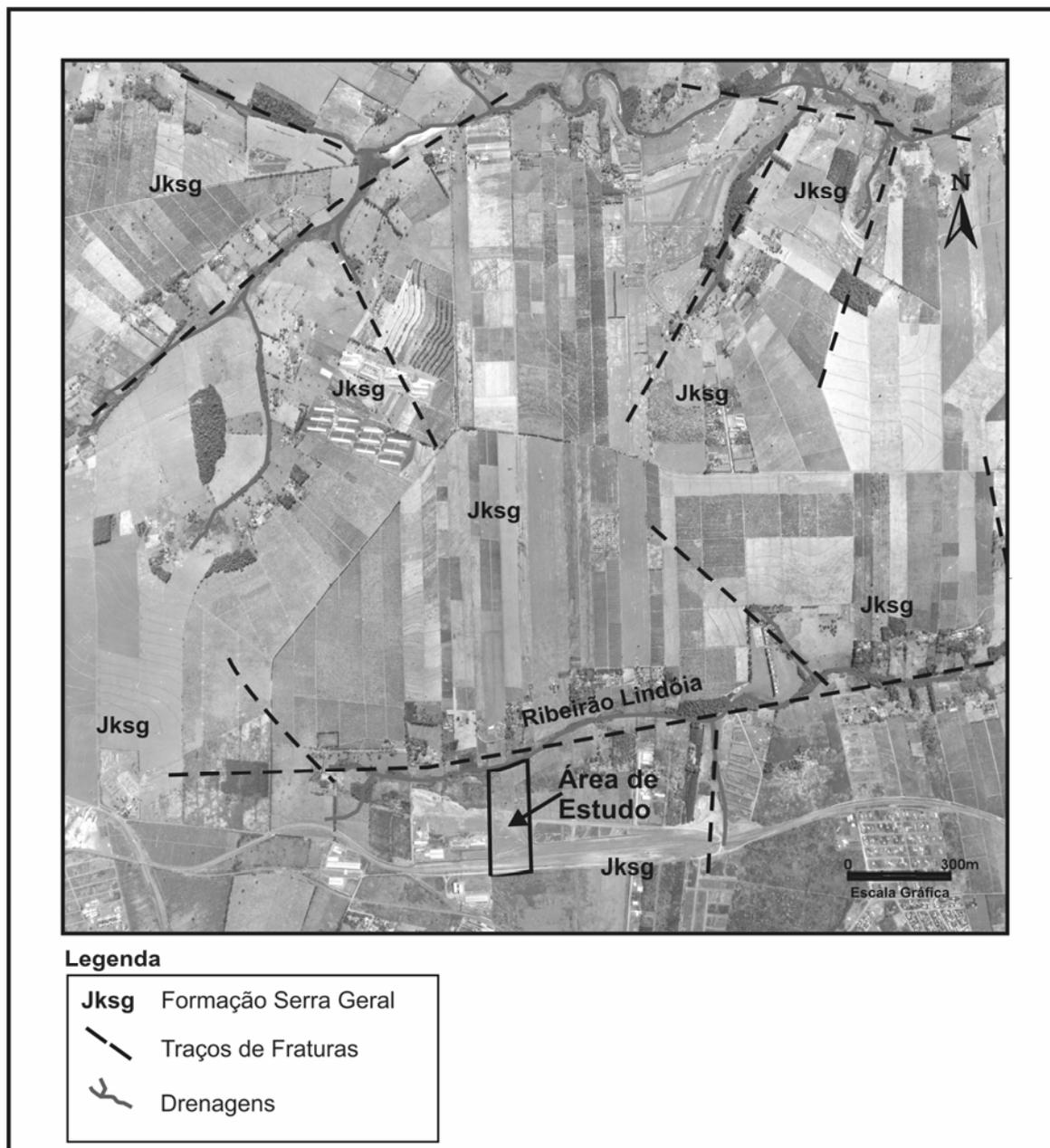


Figura 3 - Mapa geológico-estrutural local.

HIDROGEOLOGIA

Segundo CELLIGOI et al (2001), na grande área estudada existem duas formas de ocorrência de água subterrânea: O aquífero freático e o sistema aquífero Serra Geral.

O aquífero freático, representado aqui pela camada de solo e rocha alterada, pelas suas características geológicas de sedimentos argilosos, constitui-se em um meio poroso, pouco espesso, que se distribui na parte superficial do relevo e nas partes mais baixas dos cursos d'água.

Este aquífero tem características essenciais de aquífero livre, ou não-confinado. A recarga, então, se dá diretamente a partir de águas pluviais nas áreas mais elevadas topograficamente,

Ao contrário dos sistemas aquíferos sedimentares, os quais possuem uma certa homogeneidade física, o sistema Serra Geral pelas suas características litológicas de rochas cristalinas, se constitui em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas (FREEZE; CHERRY, 1979).

Dessa forma, o modo de ocorrência da água subterrânea fica restrito às zonas de descontinuidades das rochas, as quais se constituem principalmente nas estruturas tectônicas do tipo fraturas e/ou falhamentos.

Embora consideradas muitas vezes indiscriminadamente como rochas cristalinas, as suítes vulcânicas da Formação Serra Geral possuem diversas características litológico-estruturais que as distinguem hidrogeologicamente dos demais meios fraturados, tanto ígneas plutônicas, quanto metamórficas em geral (CELLIGOI; DUARTE, 1994).

No topo de derrame, mais especificamente nas estruturas vesiculares e amigdaloidais, a permeabilidade depende da disposição espacial dos vacúolos. Quando os mesmos são interconectados por fraturas, os resultados podem ser excelentes. A percolação de água, junto aos fraturamentos verticais, vai alimentar as diáclases horizontais da porção inferior do derrame. Estas, no entanto, não possuem, freqüentemente, uma circulação de água muito efetiva, devido à presença de materiais de alteração junto aos planos de fratura (CELLIGOI, 1993).

Para este trabalho toda a ênfase será dada ao aquífero freático, uma vez que o acidente ocorreu na subsuperfície, tendo o óleo combustível atingido diversas fontes ao longo do perfil topográfico, fontes essas que têm sua recarga direta a partir de águas pluviais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Investigação do subsolo

Em visitas de campo realizadas no mês de junho de 2002, foi possível constatar que a surgência do material oleoso situava-se na margem direita do ribeirão Lindóia e concentrados nas cercanias do ponto F1 (Figura 4). Nos pontos F2 e F3 não foram mais encontradas fases livres. No ponto F3, junto à ravina, orientado grosso modo no sentido N-S, as nascentes apresentam-se límpidas, sem nenhum odor.

	<p>Detalhe da caixa de captação de água de nascente situada nas proximidades do ponto F1 Para localização vide Figura 5.</p>
	<p>Vista panorâmica do ribeirão Lindóia próximo ao ponto F2. Para localização vide Figura 5.</p>
	<p>Detalhe da nascente situada no flanco oeste da ravina orientada N-S. O local situa-se próximo ao ponto F3. Para localização vide Figura 5.</p>

Figura 4 - Fotos de campo de locais selecionados nas cercanias do ribeirão Lindóia.

A figura 5, a seguir, mostra o mapa planialtimétrico da área estudada com curvas de nível de equidistância de um metro. A seta indica local que foi reportada a ocorrência de surgência de óleo diesel, junto à margem sul do ribeirão. F1, F2 e F3 correspondem aos locais das fotos da Figura 4.

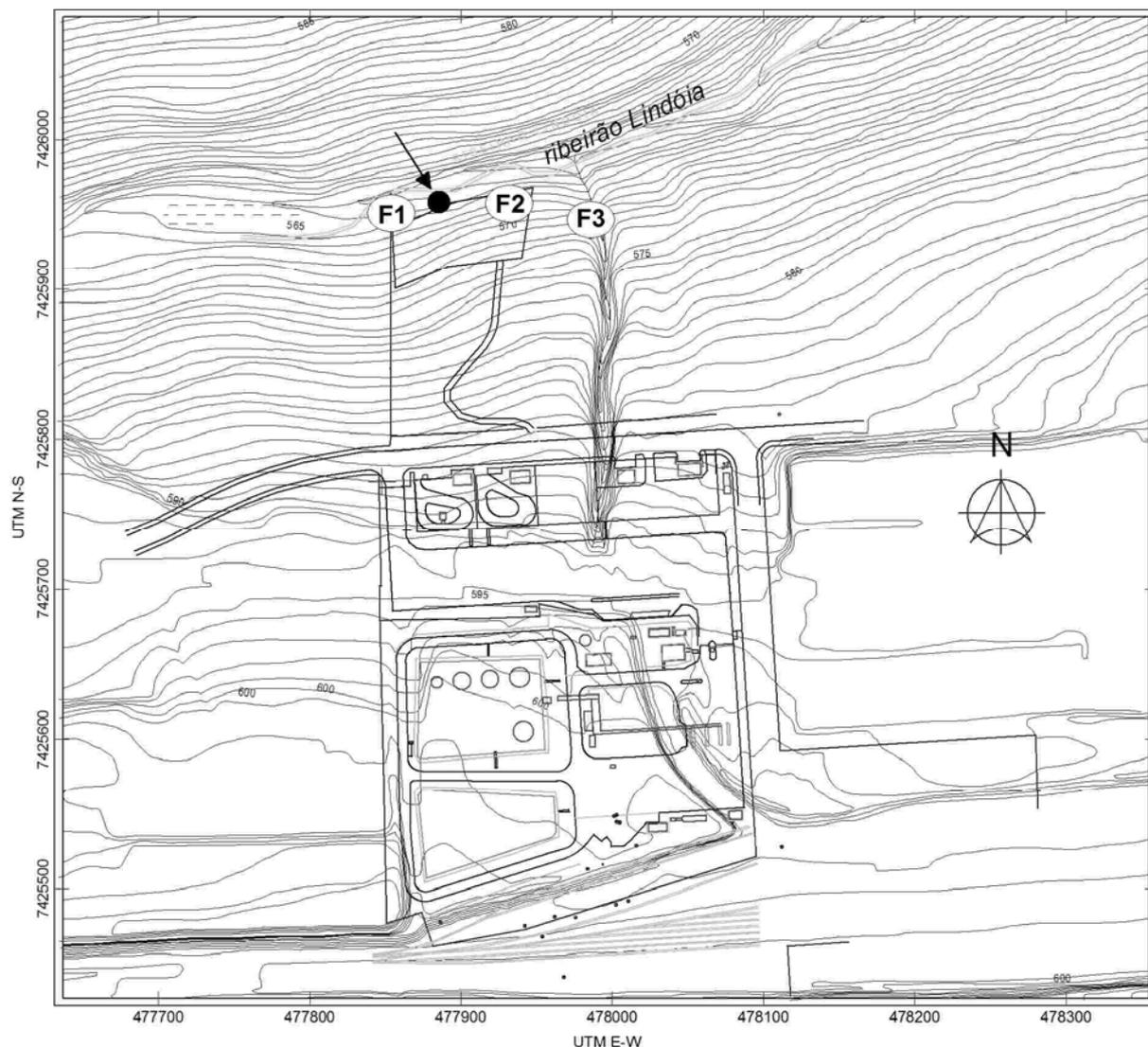


Figura 5 - Mapa planialtimétrico da área.

Para a realização dos estudos hidrogeológicos, foram executados furos de sondagens SPT (ST) e perfurações de poços de monitoramento (PM) com a finalidade específica de se investigar e caracterizar a ocorrência das águas subterrâneas no local, uma vez identificado os pontos de surgência de óleo diesel.

Eventualmente, tais poços podem ser utilizados como poços de bombeamento com a finalidade de se efetuar o rebaixamento do nível freático, quando este se faz presente, para se tentar isolar a zona saturada da fonte de poluição.

Os poços de monitoramento foram locados na mesma vertente em que se encontra o Terminal de Combustíveis, desde o divisor de águas até o ribeirão Lindóia (Figura 6). O procedimento justifica-se tecnicamente, uma vez que o local de afloramento do óleo diesel situa-se próximo ao ribeirão Lindóia e as eventuais fontes potenciais de poluição por hidrocarbonetos, como tubulações subterrâneas e tanques, se encontram ao sul da área, nas porções mais elevadas do terreno, próximas ao divisor de águas (vide Figuras 2 e 5).

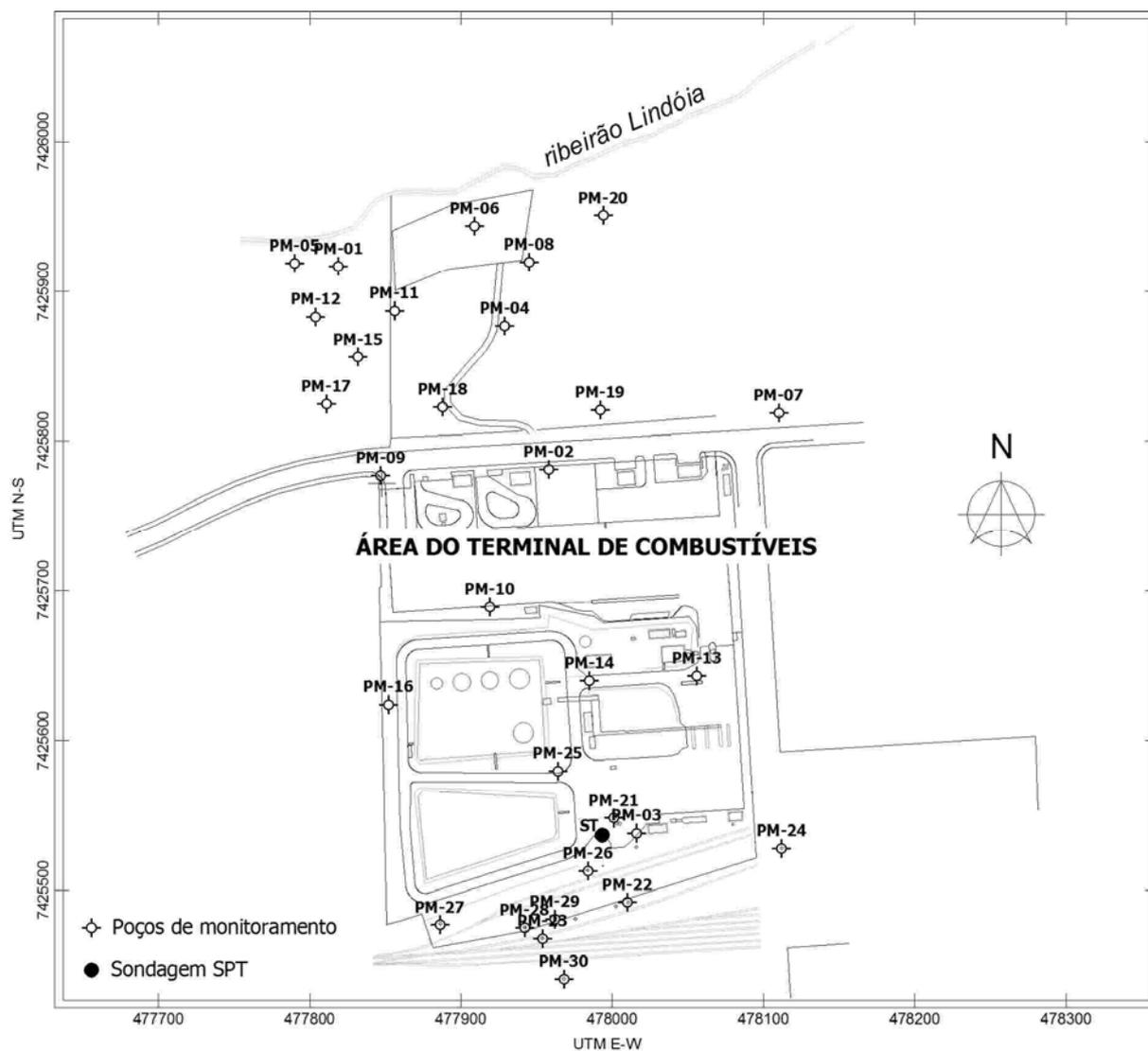


Figura 6 - Mapa de localização dos poços de monitoramento na área de estudo.

Superfície potenciométrica

A superfície potenciométrica foi determinada medindo-se os níveis de água dos poços de monitoramento nas vizinhanças do ribeirão Lindóia e correlacionando-os com as cotas de altitudes acima do nível do mar (Figura 7).

Como observado, o gradiente hidráulico apresenta-se claramente direcionado de sul para norte, seguindo de maneira geral com o declive do terreno, em direção à margem direita da drenagem do ribeirão Lindóia.

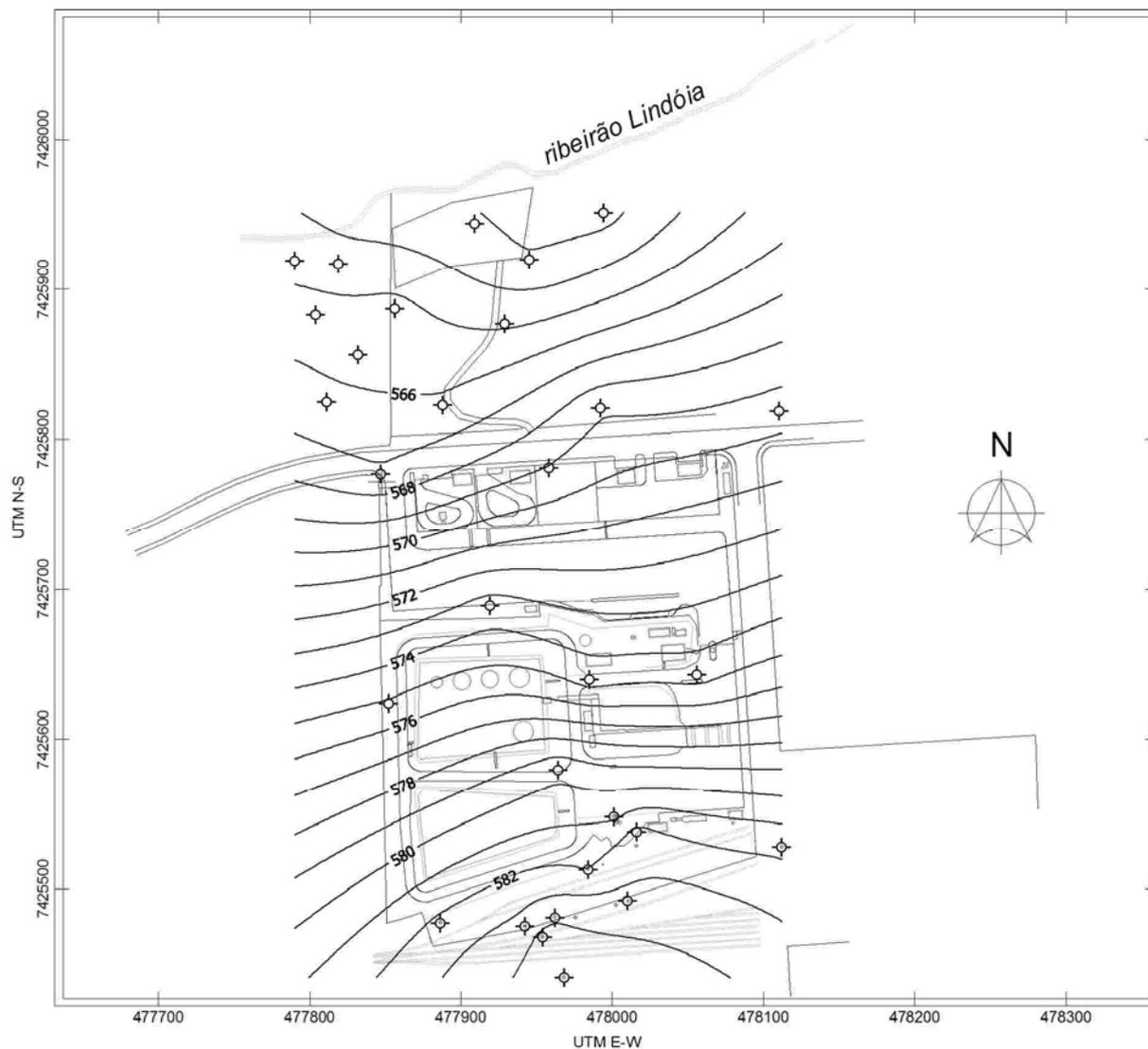


Figura 7 - Mapa de superfície potenciométrica do aquífero freático na área de estudo.

O sentido de escoamento da água em subsuperfície ocorre acompanhando a declividade máxima do terreno, isto é, ortogonal às linhas equipotenciais. Este fato já era de certa forma esperado, uma vez que o aquífero é livre, com a recarga local feita a partir da precipitação pluviométrica.

O gradiente hidráulico médio para a área, determinado através dos níveis d'água nos poços de monitoramento, foi de 0,046, enquanto que a declividade média do terreno para a mesma região foi de 0,11.

A figura a seguir, mostra toda a área de interesse e a direção de fluxo subterrâneo bem como a delimitação da área de surgência do óleo diesel.

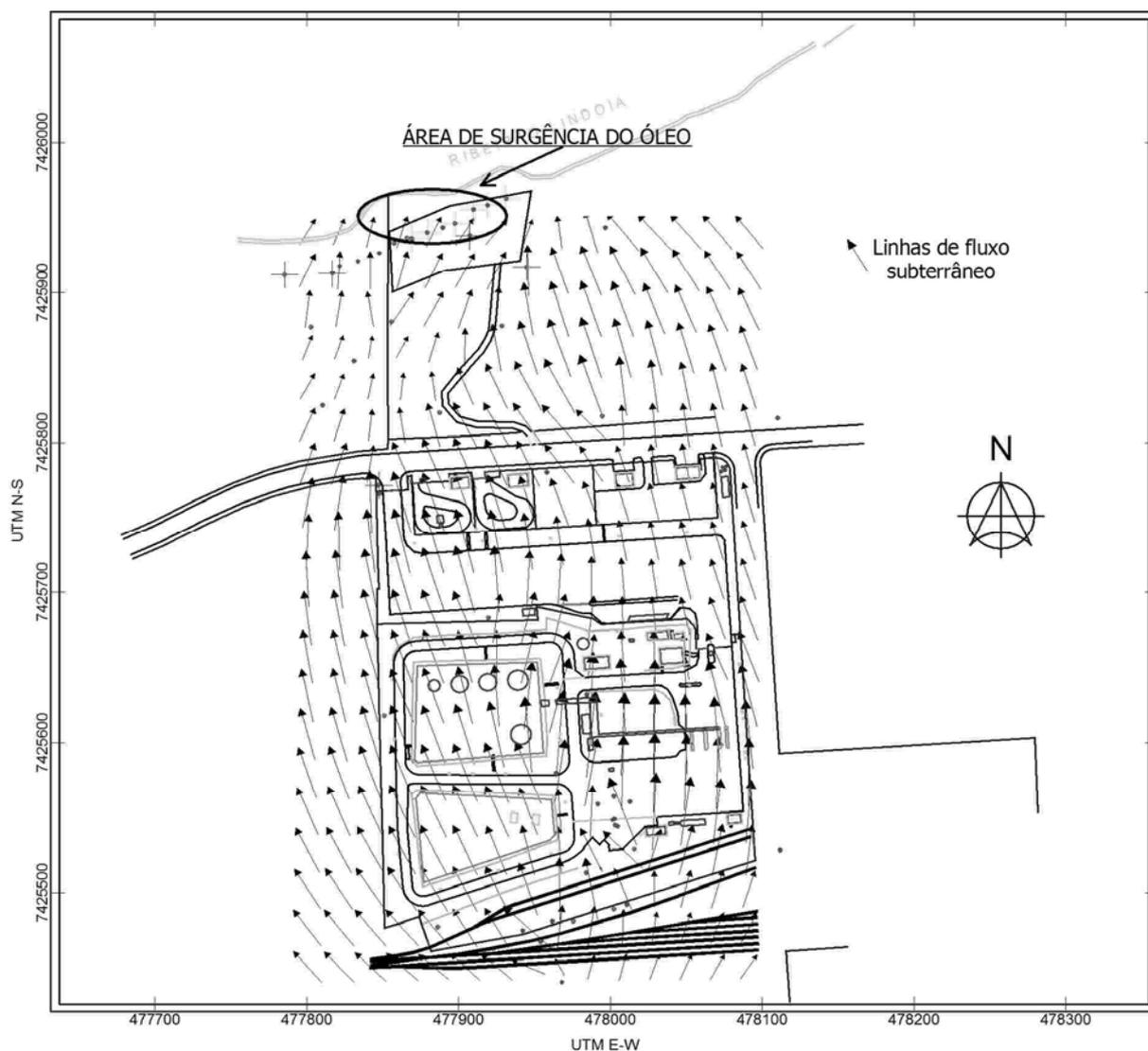


Figura 8 – Mapa evidenciando a área de surgência do óleo e as direções de fluxo subterrâneo.

De acordo com os dados fornecidos em todas as seqüências acima, os gradientes hidráulicos do perfil, bem como os fluxos subterrâneos conseqüentemente são direcionados da parte alta para a parte baixa do terreno, alimentando o fluxo de base do ribeirão Lindóia no fundo do vale.

Determinação da condutividade hidráulica e velocidades de fluxo

O aquífero freático da área em torno do ribeirão Lindóia está instalado sobre manto de intemperismo de rochas basálticas da Formação Serra Geral. Apesar do solo de alteração ser predominantemente constituído por argilo-minerais, as características permoporosas são muitas vezes surpreendentes pela sua alta condutividade hidráulica. Isto se deve à presença de solo estruturado ou de nível saprolítico diretamente assentado sobre rochas relativamente sãs. Neste último, as condutividades

Tabela 1 – Coeficientes K obtidos através ensaios de *slug*.

Poço (PM)	Profundidade (m)	K (cm/s)	K (m/d)
PM-06	6,77	$1,07 \times 10^{-1}$	92,4
PM-08	10,28	$2,47 \times 10^{-1}$	213,4
PM-18	19,50	$2,97 \times 10^{-2}$	25,6
PM-19	19,59	$1,50 \times 10^{-4}$	0,12

Os valores acima indicam que a camada entre o solo e a rocha semi-alterada apresenta condutividade hidráulica extremamente elevada, pela qual, com um gradiente hidráulico relativamente alto, pode ter velocidades de fluxo consideravelmente altas.

Tal velocidade é regida diretamente pela Lei de Darcy, na expressão:

$$V_r = \frac{V}{n_e} \quad (2)$$

O gradiente hidráulico (i) médio para a área da vertente determinado anteriormente foi de 0,046.

Adotando-se o valor médio de $k = 1,2 \times 10^{-1}$ cm/s, determinado pelos testes de *slug* para os poços PM-06, PM-08 e PM-18, uma vez que o PM-19 fica a leste e praticamente fora do percurso possível para o contaminante (vide Figura 5), teremos que:

$$V_r = 5,88 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$$

Esse valor demonstra que o óleo diesel vazado no topo da vertente do Terminal de Combustíveis, cerca de 450 metros de distância acima topograficamente, na mesma vertente, uma vez atingindo o nível d'água e não reagindo com os minerais de argila do solo, deve ter atingido o ribeirão Lindóia em aproximadamente 88 dias, aproximadamente. Tal valor se coaduna relativamente com um material de permeabilidade alta.

Entretanto, pelo teste de percolação realizado em sondagem SPT com profundidade de 2 metros no meio do perfil de alteração, a condutividade hidráulica (k) foi calculada em $1,02 \times 10^{-5}$ cm/s. Considerando a porosidade efetiva de 0,01, ou 1%, teremos que a velocidade real de percolação no solo é $1,02 \times 10^{-3}$ cm/s, o que o torna uma camada de solo com características de um material pouco permeável. O derramamento de óleo ocorrido próximo à superfície levou aproximadamente 16 dias para atingir a superfície saturada.

Dessa forma, o poluente derramado nas partes mais elevadas da vertente, segundo as estimativas realizadas, levou um total de 104 dias aproximadamente para atingir a nascente próxima ao ribeirão Lindóia.

Hidroquímica

Foram realizadas coletas das águas dos poços de observação para análises químicas, com a finalidade de se obter um padrão hidroquímico para a água subterrânea no local.

A seguir serão mostrados mapas com a área do Terminal de Combustíveis e adjacências com os teores de TPH plotados em conjunto com a rede de fluxo subterrâneo (Figuras 10 e 11).

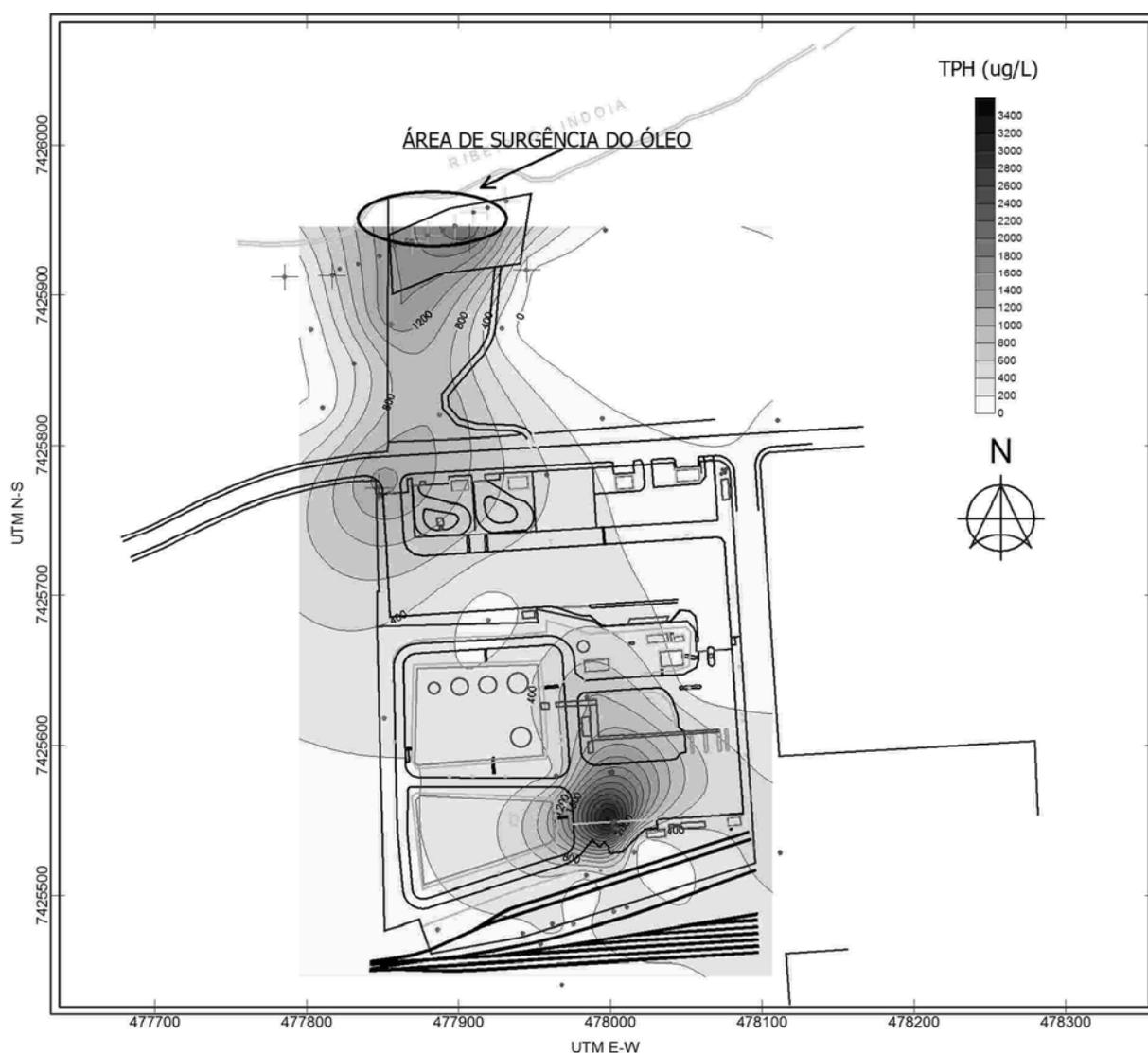


Figura 10 – Mapa mostrando a área do terminal de combustíveis contendo as isolinhas de concentração de TPH.

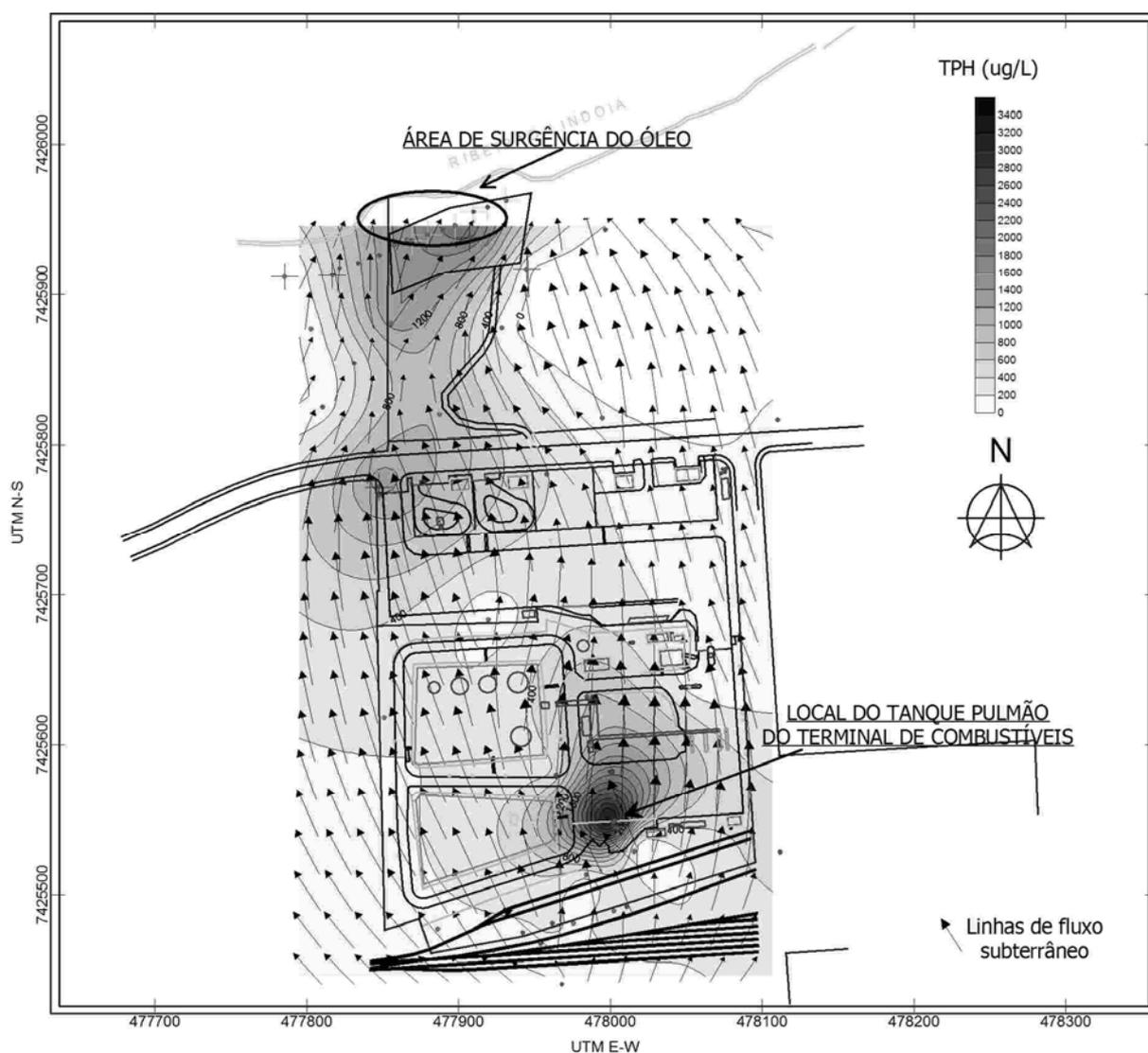


Figura 11 – Mapa evidenciando a concentração de TPH e o fluxo subterrâneo, bem como a localização geográfica do tanque pulmão.

A análise dos parâmetros plotados nas figuras acima evidencia claramente que as concentrações elevadas de TPH em fase dissolvida partem da área onde se encontra o tanque pulmão do Terminal de Combustíveis. Tal tanque é subterrâneo e tem por finalidade receber óleo combustível, distribuindo-o para o reservatório. Além disso, o poço PM-21 (vide Figura 6), que está imediatamente a jusante do tanque pulmão, possui fase livre, ou seja, a visualização de óleo combustível na água subterrânea. Tal fase livre nesse ponto tem espessura de 16 cm, comprovada durante a amostragem.

A composição das concentrações de TPH com o padrão de fluxo subterrâneo indica, sem dúvidas, o caminho percorrido pelo óleo combustível vazado do tanque pulmão. Tal caminho vai direto para a área em que ocorreu a surgência de óleo diesel às margens do ribeirão Lindóia, como demonstrado nas Figuras 4 e 5.

Dessa forma, a poluição subterrânea por óleo diesel tem seu início no tanque pulmão da área do Terminal de Combustíveis.

CONCLUSÕES

Os estudos hidrogeológicos realizados na área de estudo foram necessários e suficientes para a determinação da origem do óleo vazado presente nas nascentes próximas ao ribeirão Lindóia.

O padrão de fluxo subterrâneo em conjunto com os resultados analíticos de TPH em fase dissolvida indica que a origem do vazamento de óleo diesel, constatado em meados de maio do ano de 2002, teve sua origem a partir do tanque pulmão na área do terminal de combustíveis e que o mesmo percorreu claramente uma trajetória direta até as nascentes às margens do ribeirão Lindóia.

O óleo diesel infiltrado no solo próximo ao tanque pulmão do Terminal de Combustíveis levou, segundo os estudos hidrogeológicos, um total aproximado de 104 dias aproximadamente para atingir a nascente próxima ao ribeirão Lindóia, destes cerca de 16 dias para atingir a superfície saturada e 88 dias no percurso até o ribeirão Lindóia.

Com relação ao passivo ambiental verificado em toda a área do Terminal de Combustíveis e adjacências, recomenda-se que sejam cumpridas todas as exigências formuladas pelo IAP (Instituto Ambiental do Paraná), quanto às medidas atenuadoras e compensatórias a serem tomadas pelas duas partes envolvidas.

BIBLIOGRAFIA

AB' SÁBER, Azis Nacib. (1956) *Relevo, estrutura e rede hidrográfica do Brasil*. Boletim Geográfico, ano XV nº 132, maio – junho, conselho nacional de geografia. Rio de Janeiro,.

CELLIGOI, A.; SANTOS, M. M.; VIANNA, T. R. (2001) *Análise e interpretação do gradiente hidráulico do aquífero freático em uma área na região sul de Londrina-PR*. Revista do Departamento de Geociências. UEL, v. 10, n. 1, , p. 79-87.

CELLIGOI, A; DUARTE, U. (1994) *Critérios hidrogeológicos na locação de poços tubulares em rochas basálticas da Formação Serra Geral*. In: Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 8., 1994. Salvador. Anais..., Salvador: ABAS,.

CELLIGOI, A.(1993) *Recursos hídricos subterrâneos da Formação Serra Geral em Londrina – PR*. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo,.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1999) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos,.

FETTER, C.W. (1999) *Contaminant hydrogeology*, 2nd Edition, Prentice-Hall Publisher, New York, , 500 pp.

FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A. (1979) - *Groundwater*. Prentice-Hall inc., New Jersey, 604 p.

- HVORSLEV, M. J. (1951) *Time lag and soil permeability in groundwater observations*. Bulletin Army Corps of Engineers Waterway Experimentation Station, US n. 36,.
- IAPAR, (2001) *Cartas Climáticas do Paraná*. Instituto Agrônômico do Paraná, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Consórcio Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Londrina,.
- LONDRINA. (1995) *Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina. Plano Diretor: Documento para discussão*. Londrina,.
- MAACK, R. (1981) *Geografia Física do Estado do Paraná*. Rio de Janeiro/Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná,.
- MINEROPAR (2001) *Mapa geológico do Estado do Paraná*. MME / DNPM / Gov. do Estado do Paraná. Curitiba, Pr,.
- NIMER, E. (1989) *Climatologia do Brasil* - Rio de Janeiro: IBGE, 2º ed., Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais,.
- REBOUÇAS, A. C. (1978) *Potencialidades hidrogeológicas dos basaltos da bacia do paraná no brasil*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30., 1978. Recife. Anais... Recife: SBG.
- SCHINEIDER, R.L. ; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A .; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A . (1974) *A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. In: Congresso Brasileiro de Geologia. 28., Porto Alegre. Anais...Porto Alegre-RS: SBG..
- VIEIRA S.A. (1995) *Manual da ciência do solo*. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda..