
FERNANDA BACARO

**VULNERABILIDADE NATURAL E RISCO À
CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO LIVRE DA ÁREA
URBANA DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO – SP**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de
Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto de
Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de
Rio Claro, como parte das exigências para o
cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura
no ano letivo de 2015*

Orientador: Antonio Celso de Oliveira Braga

Rio Claro – SP
2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

FERNANDA BACARO

VULNERABILIDADE NATURAL E RISCO À CONTAMINAÇÃO DO
AQUÍFERO LIVRE DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE RIO
CLARO – SP

Trabalho de Graduação apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências
Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Rio Claro - SP
2015

551.49 Bacaro, Fernanda
B116v Vulnerabilidade natural e risco à contaminação do
aquífero livre da área urbana de Rio Claro - SP / Fernanda
Bacaro. - Rio Claro, 2015
68 f. : il., figs., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas

Orientador: Antonio Celso de Oliveira Braga

1. Águas Subterrâneas. 2. Contaminação. 3. Aquíferos. 4.
GOD. I. Título.

Às lembranças das minhas avós Alayde e Maria.

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, a meus pais. Mãe, não imagino o quanto você deve ter sofrido com a partida de sua única filha de casa aos 16 anos para a faculdade e, depois, minha partida para outro país. Mas isso só prova como você é uma pessoa forte, como eu sempre te digo. Pai, você sempre me ensinou a ser uma pessoa boa e honesta, acima de tudo. Me espelho muito em vocês e tenho muito orgulho de chamá-los de pais. Reconheço e agradeço muito o enorme sacrifício que vocês sempre fizeram por mim, para garantir minha educação, acima de tudo. Agradeço a educação que vocês me deram dentro de casa também, é isso que constrói pessoas de caráter. Meu maior reconhecimento é ver vocês orgulhosos da filha que criaram. Amo muito vocês e não há nada que vai mudar isso, nunca.

Agradeço, também, a todos os membros da Família Bacaro e da Família Terciotti pelos incentivos aos estudos e preocupação pela estada longe de casa, vocês todos me mostram que família é a base de tudo e, que, mesmo com as diferenças de cada um, a união deve ser importante; principalmente meu avô Euclides e minha avó Alayde, que está hoje em um lugar melhor.

Ao Lucas, meu companheiro para todas as horas. É incrível como você sempre consegue me alegrar, com suas atitudes, e me acalmar, com suas sábias palavras. Agradeço por te ter ao meu lado e espero que assim sempre seja, aqui ou em qualquer lugar; você sabe que *you were always on my mind*, e sempre estará.

Aos meus amigos de Santo André pelos muitos e muitos anos de amizade, que sei que levarei comigo para o resto da vida. Murilo, nossa amizade já é maior de idade e sei que sempre será a mesma, independentemente de quanto tempo ficamos sem nos encontrar. Bia, Bárbara e Gabriel, que sempre estiveram comigo e sempre deram um jeitinho pra me encontrar na vida corrida de estudante fora de casa. A vida nos ensina que família não precisa ser de sangue.

À minha segunda família, que construí em Rio Claro, a República RAWR. Giovanna, Luna e Victória, pelos muitos anos de convivência diária desde o começo da vida universitária: muito aprendizado, experiências, histórias, estudos, festas, diversões, gordices e até mesmo brigas. Cada uma, com seu jeito único, me ensinaram tantas coisas, que hoje já são parte de mim; vocês são minhas irmãs de coração, que sempre levarei comigo. Na Família RAWR, ainda, Carol, Laís, Pampers e Rach, com quem convivi nos últimos anos de faculdade, e também aprendi e me diverti muito. Todas vocês tem um espaço especial no meu coração. É muito estranho e assustador pensar que não as verei mais todos os dias, mesmo que por só 5 minutos. Espero que a vida seja muito boa pra todas vocês e que possamos sempre manter contato e nos ver. Aliás, vocês sabem que serei a madrinha de casamento de vocês. haha

Aos Negos agregados da família RAWR Ivan, Lívia, Pedro, Samuel, Bença, Mayara, Thaís Vieira, Thais Munhoz, Tais Salles, Tati, Fuleco, Edu e tantos outros, pelo companheirismo e eventuais confraternizações. À Turma EA10 pelos anos de convivência diária e luta conjunta. Espero que possamos fazer encontros anuais de formados. EA 11 pelo acolhimento pós-intercâmbio. Às lindas meninas e meninos do Handebol Rio Claro por todos os incentivos e críticas construtivas ao longo dos treinos – vai, sangue rosa! Meu desejo era

poder continuar a jogar com vocês sempre. À galera NUI, onde encontrei mais pessoas, que, assim como eu, compreendem a situação da volta do intercâmbio e se esforçam, mesmo com outras prioridades, para melhorar a UNESP e o Brasil.

Ao Programa Ciências sem Fronteiras, que me possibilitou experiências fantásticas, que jamais imaginei e jamais poderia realizar sem essa ajuda. À maravilhosa cidade de Brighton, que sempre surpreende com seu clima desumanamente frio no inverno e calor invejável no verão, mas sempre um clima liberal e ambiente agradável, com pessoas de mente aberta e tolerantes; suas praias de pedra e águas geladas. À University of Brighton e os bons professores com quem pude ter aulas. Ao pessoal do flat B11 e agregados, pessoas maravilhosas; me sinto honrada em ter vocês como amigos: Raj, Yuri, Samara, Felipe, Rach de novo e Mateus; meu crescimento pessoal no intercâmbio foi exponencial, graças ao convívio com vocês. Aos melhores jogadores e técnicos de handebol da Inglaterra – do time Brighton Handball Club – me fizeram me sentir mais em casa. Ao pessoal do EPHRU lab, especialmente Sarah e Austen, os dois mais novos Doutores em Microbiologia, por todos os ensinamentos, conversas e conselhos; desejo que a vida de vocês seja repleta de realizações profissionais e pessoais. E o Prof. Dr. Huw Taylor, pessoa que admiro muito. A humildade e a educação que vocês todos tem é rara de se encontrar hoje em dia; espero manter contato com vocês e sempre encontrá-los quando estiverem no Brasil.

Quantas pessoas boas, de bom coração! É nessas horas que vejo que tudo valeu a pena e que faria tudo de novo, exatamente do mesmo jeito.

Agradeço também a alguns professores em particular: Prof. Dr. Marcelo Loureiro Garcia, Prof. Dr. Marcus Cezar Avezum de Castro, Prof. Dr. Rodrigo Braga Moruzzi, Prof. Dr. Edson Vasquez, Prof. Dr. André Rodrigues, são de profissionais como vocês, cheios de empenho, determinação, dedicação e conhecimento que o Brasil precisa para crescer. Também ao Prof. Dr. Didier Gastmans pelo auxílio e disponibilidade em ajudar.

Agradeço em especial ao Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Braga, meu orientador, por ter aceitado a me orientar, pelos debates e conselhos, não só na pesquisa e elaboração do TCC, pelas conversas, sempre positivas e construtivas. Aprendi muito com o senhor e tenho um respeito imenso pelo senhor.

Agradeço, também, à Universidade Estadual Paulista, UNESP, que me possibilitou todas essas experiências, aprendizagem e crescimento, tanto pessoalmente, quanto academicamente e profissionalmente. À cidade de Rio Claro, me sinto em casa aqui. À Prefeitura de Rio Claro e, em especial, SEPLADEMA, por contribuir ao trabalho com importantes informações.

Em especial, agradeço à FAPESP pelo apoio financeiro, que me possibilitou este ano de pesquisa.

Resumo

O estudo de vulnerabilidade e risco de aquíferos é de alta relevância, dado a importância destes para os mais diversos usos, sendo, majoritariamente, o abastecimento público, já que 51% da água brasileira provem de origem subterrânea. Para a realização deste estudo na área urbana do município de Rio Claro, primeiramente, alguns parâmetros foram determinados, tais como: (i) a profundidade do aquífero; (ii) tipo de ocorrência do aquífero e (iii) características geológicas. Assim, estabeleceu-se o grau de vulnerabilidade natural do aquífero pelo método GOD, gerando um mapa georreferenciado do tópico em questão, com uso do software ArcGIS. Com o mapeamento da vulnerabilidade, foi introduzido no georreferenciamento agentes contaminantes, como aterros, cemitérios e postos de combustíveis, para determinar os riscos do aquífero perante estes contaminantes, gerando outro mapa. O mapa gerado de vulnerabilidade indicou graus de alto a extremo na área urbana; quando se adicionam fontes contaminantes a esta área, a mesma apresenta-se em alto risco à contaminação, como mostrado em outro mapa. Assim sendo, devem-se tomar certos cuidados na implantação de atividades potencialmente poluidoras na área de estudo.

Palavras-chave: Vulnerabilidade. Risco. Contaminação. Aquíferos. GOD.

Abstract

The study of vulnerability risk of aquifers is highly relevant, given the importance of them for various uses, and, mostly, public supply, once 51% of Brazil's water comes from underground source. For this study in the urban area of the city of Rio Claro, first, some parameters were determined, such as: (i) the depth of the aquifer; (ii) type of occurrence of the aquifer and (iii) geological characteristics. So it was established the degree of natural vulnerability of the aquifer by GOD method, generating a georeferenced map of the topic at hand, using ArcGIS software. With vulnerability mapping, it was possible to introduce contaminant sources, such as landfills, cemeteries and gas stations to determine the risks of the aquifer before these contaminants, creating another map. The resulting map for the vulnerability showed levels of high to extreme in the urban area; when potential contaminant sources are added to the area, it showed high levels of risk as well, as seen in another map. Therefore, some careful acts should be taken when installing potential contaminant activities in this study area.

Keywords: Vulnerability. Risk. Contamination. Aquifers. GOD.

Sumário

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO	9
1.1 Introdução	9
1.2 Objetivos	10
CAPÍTULO 2 – CONCEITUAÇÃO BÁSICA.....	11
2.1 Ciclo Hidrológico	11
2.2 Águas Subterrâneas	12
2.2.1 Aquíferos	13
2.2.2 Propriedades Hidráulicas.....	15
2.2.3 Relevo e Solo	16
2.3 Vulnerabilidade Natural à Contaminação.....	17
2.4 Risco à Contaminação	17
2.5 Fontes de Contaminação	18
2.5.1 Aterros Sanitários	18
2.5.2 Cemitérios.....	19
2.5.3 Postos de Combustível.....	19
2.6 Geofísica – Técnica SEV (Sondagem Elétrica Vertical).....	20
CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
3.1 Aspectos Gerais.....	22
3.2. Geomorfologia, Vegetação e Uso e Ocupação do Solo.....	23
3.3. Pedologia e Geologia.....	24
3.4 Recursos Hídricos.....	26
3.4.1 Águas Superficiais	26
3.4.2 Águas Subterrâneas	27
3.5 Vulnerabilidade Natural e Áreas Contaminadas	28
CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4.1. Revisão Bibliográfica.....	29

4.2. Coleta de Dados	29
4.3. Estimativa da Vulnerabilidade Natural do Aquífero Livre	29
4.4. Identificação do Risco de Contaminação do Aquífero.....	30
4.5. Elaboração de Mapas	31
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1 Coleta de Dados	32
5.2 Estimativa da Vulnerabilidade do Aquífero	33
5.3. Risco à Contaminação	37
5.4. Áreas Contaminadas em Rio Claro.....	40
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS.....	44
ANEXO I.....	51
ANEXO II.....	53

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO

1.1 Introdução

Em todo o planeta, uma quantidade de aproximadamente 97,3% da água é encontrada em oceanos, lagos e mares salgados. Calotas polares abrangem 2,1%; água doce líquida representa cerca de 0,6%. Dentre a porcentagem de água doce, 22% é encontrada em subsuperfície, 77% em forma de geleiras e 1% apenas em forma de rios e lagos (ANA, 2002). O Brasil possui cerca de 12% da água doce do Mundo, em rios, lagos e aquíferos (ANA, 2008).

O processo de urbanização, resultado de um rápido crescimento demográfico, conduz a uma maior demanda de água, que aliada à insuficiência de planejamento e infraestrutura nas cidades, tem causado significativos impactos no meio ambiente. Outras consequências da urbanização acelerada são: a ocorrência de eventos catastróficos, como enchentes e inundações, bem conhecidos nas cidades; situações de desequilíbrio no ciclo hidrológico através da mudança de permeabilidade do solo, capacidade de infiltração e percolação da água no solo em ecossistemas; etc. (TUCCI, 2000).

Outro fator considerável para o abastecimento populacional é a qualidade das águas. A disposição inadequada de efluentes domésticos e industriais em corpos d'água, por exemplo, impossibilita a utilização dos mesmos sem pré-tratamento das águas, o que encarece seu custo para consumo (TUNDISI, 2000).

Esses fatores, dentre outros, geram uma preocupação sobre o atual e futuro quadros do meio ambiente, principalmente quanto à disponibilidade de águas potáveis, podendo chegar a uma situação alarmante, como a recente seca em diversos pontos do Estado de São Paulo em 2014. Assim sendo, as águas subterrâneas mostram-se como importante fonte para o suprimento desta necessidade. Cerca de 63,7% dos municípios brasileiros utilizam captação de águas subterrâneas em poços profundos para abastecimento da população (IBGE, 2008) e, exclusivamente no Estado de São Paulo, esse valor aumenta para 71,6% dos municípios, sendo o Aquífero Guarani a maior fonte de exploração para este uso (CETESB, 2006). Essa crise no abastecimento de água tem provocado aumento no uso das águas subterrâneas.

A contaminação não é exclusiva de corpos d'água em superfície, pois a má disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários, cemitérios, postos de gasolina, etc., são exemplos de atividades humanas que podem contaminar solos e águas subterrâneas, dependendo da vulnerabilidade natural.

Assim sendo, o presente trabalho se considera de extrema relevância, especialmente nesta época de crise hídrica.

Há diversos métodos atualmente para avaliar a vulnerabilidade de aquíferos, sendo os mais utilizados: GOD, EKV, EPIK, AVI, DRASTIC, dentre outros. Este trabalho compreende pesquisa acerca da avaliação da vulnerabilidade natural do aquífero da Formação Rio Claro do município de Rio Claro (SP) e, para isto, propõe-se a utilização do método GOD (FOSTER e HIRATA, 1988), que leva em consideração parâmetros como profundidade do aquífero, litologia das camadas geológicas e tipo de ocorrência do aquífero. Ainda, foram utilizados ensaios geofísicos desenvolvidos na área, pelo método da eletrorresistividade (técnica da sondagem elétrica vertical). Na avaliação de riscos, fontes potenciais de contaminação foram levantadas e avaliadas.

1.2 Objetivos

O trabalho tem como objetivos estimar, na área urbana do município de Rio Claro, a vulnerabilidade natural do aquífero livre da Formação Rio Claro empregando o método GOD, segundo Foster e Hirata (1988) e, a partir de fontes potenciais de contaminação, tais como aterros sanitários, cemitérios e postos de gasolina, avaliar o risco deste aquífero em função da localização das fontes de contaminação e o grau de vulnerabilidade definido pelo método GOD.

CAPÍTULO 2 – CONCEITUAÇÃO BÁSICA

2.1 Ciclo Hidrológico

A água no planeta apresenta-se em permanente intercâmbio com ajuda da energia solar como principal motor, em um ciclo fechado de circulação entre a superfície e subsuperfície – águas subterrâneas – terrestre e a atmosfera, denominado ciclo hidrológico ou ciclo da água (TUCCI, 2002). Assim, moléculas de água em reservatórios – lagos, rios, oceanos, etc. – podem ser evaporadas ou transpiradas por seres vivos, principalmente nas áreas de florestas para a atmosfera, ou, ainda, condensarem-se em forma de nuvens. Estas gotículas de água ficam armazenadas na atmosfera até que ocorra a precipitação, em forma de chuva.

A partir da precipitação, as gotas de água seguem diferentes caminhos. Na opção do escoamento superficial, as gotas escoam livremente em superfície. Estas, também, são interceptadas antes de atingirem o solo; se armazenam em depressões; pode haver perdas. Ainda, infiltram-se no solo e no subsolo, dependendo das características das rochas, reabastecendo, assim, aquíferos, nascentes e cursos d'água (IRITANI & EZAKI, 2008). Estes, por sua vez, deságuam nos oceanos, fechando o ciclo hidrológico (SOLIMAN et. al, 1998).

Outros fatores interferem no ciclo hidrológico, como derretimento de neve e geleiras e consequente escoamento destes em superfície; processos de sublimação e dessublimação; orvalho na atmosfera. A Figura 1 esquematiza o ciclo da água.

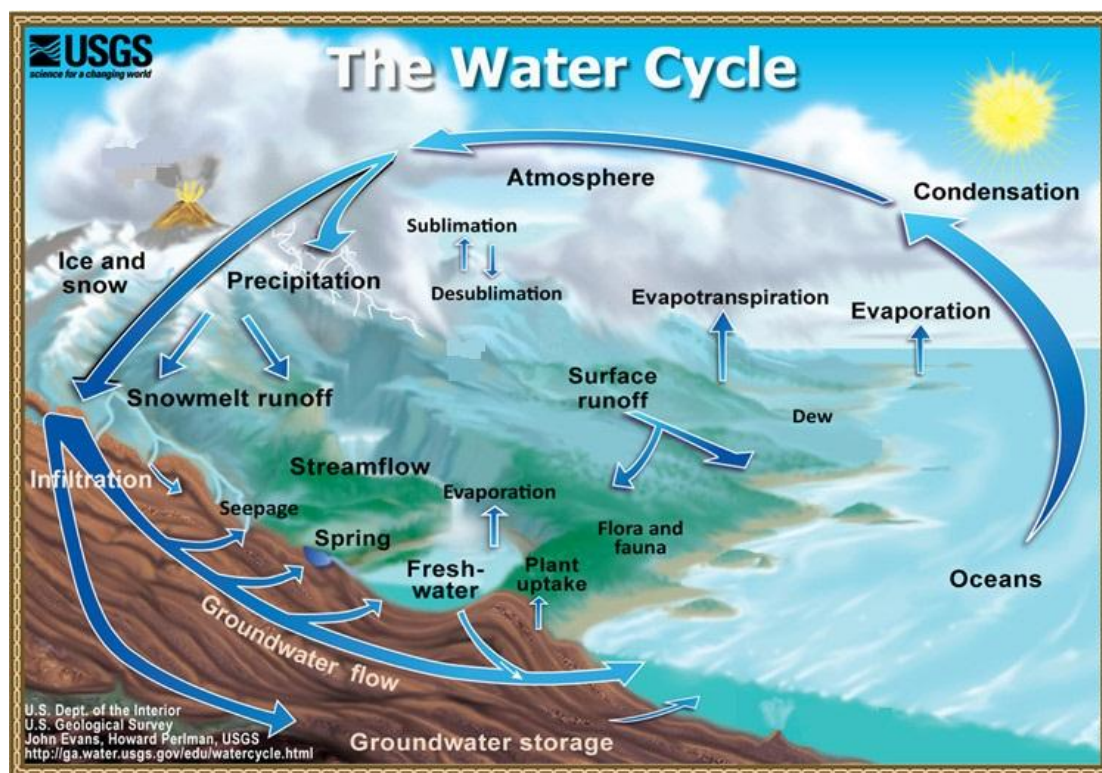


Figura 1: Ciclo Hidrológico.

Fonte: USGS (2013).

2.2 Águas Subterrâneas

Diferentemente das águas superficiais, as águas de subsuperfície são acumuladas e armazenadas durante milhares de anos, em uma situação de equilíbrio entre descarga¹ e recarga², quando em condições naturais, geralmente abrangendo grandes áreas. Apresentam movimento lento em comparação às águas superficiais e devido a este fator e sua ocorrência em profundidade, os aspectos climáticos pouco interferem no fluxo das águas subterrâneas. Isto possibilita a exploração de aquíferos profundos mesmo em épocas de estiagem (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

A infiltração, como descrita anteriormente, é o processo mais importante para as águas subterrâneas, pois é o responsável pela recarga de aquíferos, nascentes, corpos d'água, etc. Esta água infiltrada percorre caminhos preferenciais verticais no subsolo, onde há a divisão em duas zonas: saturada e não saturada.

¹ Por descarga de aquíferos, entende-se o afloramento da água subterrânea à superfície do solo – através de nascentes, rios, córregos ou lagos – e sua união ao escoamento superficial (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

² Por recarga de aquíferos, entende-se o movimento da água da zona não saturada para a zona saturada. A área de recarga é, portanto, aquela em que a água infiltra no solo e percola até atingir o aquífero subterrâneo (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

Zona não saturada, zona de aeração ou ainda zona vadosa é onde os poros estão parcialmente preenchidos por água e gases – majoritariamente por vapor d’água e ar –, situando-se entre a superfície freática e a superfície do terreno. Nesta zona, a água encontrada é chamada por umidade do solo (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

Entende-se por zona saturada ou zona de saturação a camada onde todos os espaços vazios – poros – estão preenchidos completamente por água (TUCCI, 2000). A Figura 2 abaixo esquematiza as duas zonas no subsolo.

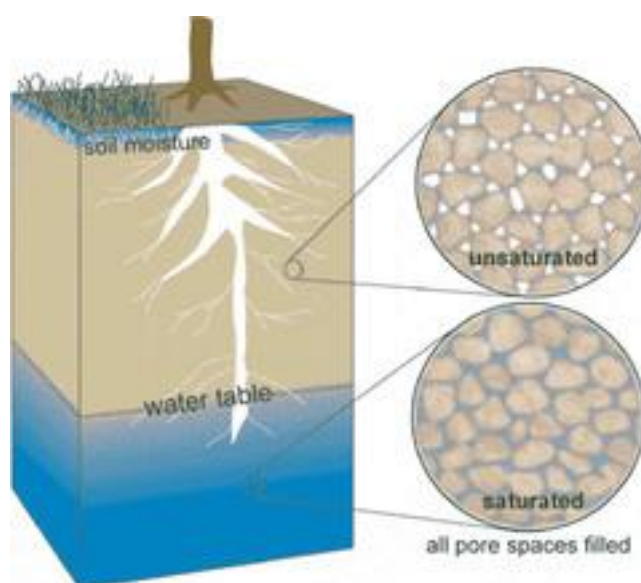


Figura 2 – Divisão do Solo em Zona Não Saturada (unsaturated) e saturada (saturated).

Fonte: CHEVALIER, 2010.

É de extrema importância o conhecimento das características da zona não saturada por diversos fatores, visto que nela ocorre a infiltração natural para a recarga de um aquífero, retendo a umidade essencial para a manutenção da vida de espécies vegetais e microbiológicas (FRANCISCO, 2013). Além disso, nela também ocorre a atenuação natural de contaminantes, através de reações físico-químicas como oxidação, redução, volatilização, etc. – muitas vezes realizadas com ajuda de microorganismos –; é a camada protetora da zona saturada, retardando sua contaminação (GOWLER, 1983 *apud* FRANCISCO, 2013).

2.2.1 Aquíferos

Do Latim, “carregar água”, aquífero é definido por Todd (1959) como “uma formação ou material rochoso capaz de fornecer quantidades

significativas de água.” Portanto, a formação geológica e suas propriedades onde o aquífero se encontra é de extrema importância para os estudos hidrogeológicos.

Os aquíferos podem ser classificados devido às características das formações geológicas em que se encontram, como a porosidade e as características hidráulicas, como pressão a que estão submetidos (IRITANI e EZAKI, 2008).

Aquífero livre, freático ou não confinado é constituído por formações – ou grupos de formações – geológicas permeáveis, situando-se relativamente próximos à superfície do terreno. Seu limite superior é uma superfície freática, onde todos os pontos são submetidos à pressão atmosférica. O aquífero encontrado na região de Rio Claro é considerado essencialmente de forma livre ou freático. Assim sendo, a água infiltrada no solo atravessa a zona não saturada até atingir a zona saturada, recarregando o aquífero. Pode ser do tipo drenante ou não drenante, classificado pelo grau de permeabilidade das camadas limítrofes (TODD, 1959; FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

Em um aquífero confinado ou artesianos, a água está submetida a uma pressão maior que a atmosférica; isso se deve a presença de uma camada geológica confinante – com baixa permeabilidade – acima dele. Os aquíferos confinados são recarregados através dos aquíferos livres, quando o excesso de águas de chuva ultrapassa e penetra por infiltração. Assim como os aquíferos livres, pode ser dividido entre os tipos drenante ou não drenante (TODD, 1959; FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

Existem, ainda, os aquíferos suspensos, que são um tipo especial de aquífero livre, formado sobre camadas impermeáveis ou semipermeáveis, entre a superfície freática e o nível do terreno, com extensão reduzida. Por isso, muitas vezes é apenas temporário, pois, com o passar do tempo, são drenados para outros níveis freáticos (TODD, 1959; FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

A Figura 3 abaixo mostra os diferentes tipos de aquíferos, definidos anteriormente.

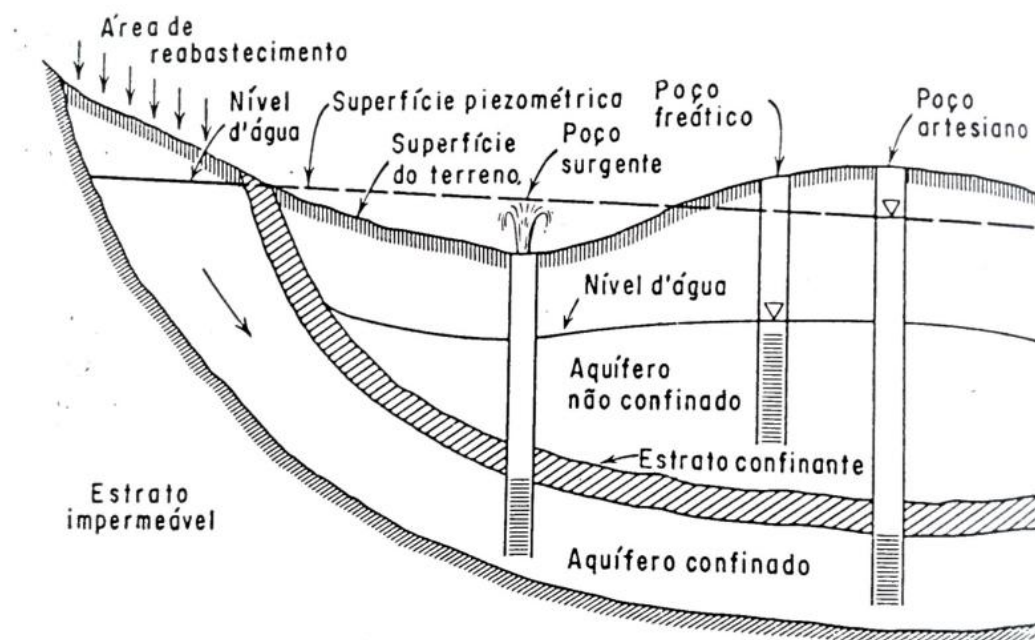


Figura 3 – Aquíferos confinados e não confinados.

Fonte: Todd (1959).

2.2.2 Propriedades Hidráulicas

A porosidade dos materiais geológicos é fundamental para o volume de recarga dos aquíferos; é definida como a relação entre o volume dos poros e o volume total de um dado material. Depende do tamanho, forma, grau de compactação e distribuição dos grãos (TUCCI, 2000). Materiais porosos e permeáveis, como solos e sedimentos arenosos, e rochas expostas muito fraturadas ou porosas, favorecem a infiltração de água. Em contrapartida, materiais argilosos, rochas cristalinas e metamórficas pouco fraturadas, como granitos e gnaisses, apresentam-se desfavoráveis à infiltração. O solo, principalmente quando em camada mais espessa, retém parte da água da infiltração por determinado tempo, até que esta percole na rocha subjacente (TEIXEIRA et al, 2000).

A permeabilidade do material refere-se à facilidade de um fluido em passar por este material (TODD, 1959), que também depende do tamanho dos poros e a conexão entre eles. Como exemplo, pode-se tomar um sedimento argiloso, que tem como característica alta porosidade e, ao mesmo tempo, baixa permeabilidade, pois os poros no sedimento são muito pequenos, adsorvendo, assim, a água (TEIXEIRA et al, 2000). Em contraste, sedimentos arenosos apresentam alta permeabilidade e relativa baixa porosidade.

A condutividade hidráulica pode ser definida como a capacidade da formação do aquífero funcionar como um condutor hidráulico e é medida como velocidade. É uma propriedade dos materiais não consolidados que leva em

conta características do meio, como porosidade, tamanho, forma, distribuição e arranjo das partículas e características do fluido percolado, como massa específica e viscosidade. É representada pela letra K, apresenta uma forma matemática específica e é expressa geralmente em cm/s (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000). Porém, há faixas de valores tabelados para cada tipo de material não consolidado, conforme a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Faixa de valores de condutividade hidráulica para materiais não consolidados.

Material	Condutividade Hidráulica (cm/s)
Argila	$10^{-9} - 10^{-6}$
Silte; silte arenoso	$10^{-6} - 10^{-4}$
Areia argilosa	$10^{-6} - 10^{-4}$
Areia siltosa; areia fina	$10^{-5} - 10^{-3}$
Areia bem distribuída	$10^{-3} - 10^{-1}$
Cascalho bem distribuído	$10^{-2} - 10^0$

Fonte: FETTER, 1994.

Ainda relacionado aos grãos do solo, tem-se o fator transmissividade, que pode ser definido como a taxa de escoamento de água pelo aquífero, corresponde à quanto de água pode ser transmitido pela zona saturada do aquífero horizontalmente. É representado pela letra T e, para aquíferos livres, é expresso em m²/s ou m²/dia (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

Armazenamento específico de um aquífero pode ser definido como o volume de água liberado do aquífero a um decréscimo de carga hidráulica. Em um aquífero livre, a água é liberada para poços ou fontes, em função da drenagem dos poros, que passam a ser preenchidos por ar, abaixando, assim, o nível freático (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

2.2.3 Relevo e Solo

Em relação à topografia, declives acentuados favorecem um rápido escoamento superficial, diminuindo, assim, a infiltração de água nesses caminhos (TEIXEIRA et al, 2000).

O tipo de cobertura no solo – responsável também pela interceptação em alguns casos – pode influenciar no volume de água a ser drenado para um aquífero. Em áreas verdes, a vegetação pode atuar como uma forma de obstrução ao escoamento, impedindo a chegada de água no solo, que retorna para a atmosfera através do processo de evaporação (TUCCI, 2000). Por outro

lado, em áreas urbanas, a infiltração torna-se mais difícil devido à impermeabilização do solo, aumentando o escoamento superficial e, muitas vezes, provocando eventos de enchentes e inundações. Em áreas rurais, como pastagens, a infiltração também é prejudicada pela falta de vegetação, solo exposto e compactado, aumentando, novamente, o escoamento superficial nessas áreas (TEIXEIRA et al, 2000).

2.3 Vulnerabilidade Natural à Contaminação

Vulnerabilidade natural à contaminação é entendida como a capacidade de um poluente de infiltrar-se às camadas superiores a um aquífero até atingir o mesmo (PERALTA, et al, 2005). Está associada diretamente às propriedades hidráulicas, como a porosidade, permeabilidade, transmissividade, condutividade hidráulica e armazenamento (OLIVEIRA E BRITO, 1998). A vulnerabilidade de um aquífero abrange os fatores citados acima e a profundidade em que se encontra (BRAGA, 2008).

Existem diversos métodos para determinar a vulnerabilidade de aquíferos, sendo os mais utilizados: GOD, Ekv, EPIK, AVI, DRASTIC, dentre outros, porém, somente o método GOD segundo Foster & Hirata (1988) foi implementado para as coletas de dados, com sua metodologia descrita detalhadamente no capítulo 4, devido a sua facilidade de aplicação e resultados rápidos e de fácil interpretação.

2.4 Risco à Contaminação

Segundo Foster e Hirata (1988), risco potencial de contaminação das águas subterrâneas é conceituado como a interação entre a carga contaminante proveniente de atividades antrópicas e a vulnerabilidade natural dos aquíferos a ser afetada por esta carga. Assim sendo, quando adicionam-se fontes potenciais contaminantes à uma área com vulnerabilidade pré-estabelecida, tem-se o risco.

Há diversos fatores que põem em risco a qualidade e quantidade de águas subterrâneas, destacando-se a exploração intensiva e fontes potenciais de poluição vindas de atividades humanas. Outro risco é a falta de manutenção e cuidado dos poços, podendo também ser fontes pontuais de contaminação de águas subterrâneas. A superexploração dessas águas dá-se principalmente para abastecimento público de grandes cidades, através da perfuração de diversos poços, podendo causar uma diminuição do nível d'água do lençol (IRITANI & EZAKI, 2008).

Pela Lei Estadual nº 997, de 31/05/1976, o termo poluição do meio é entendido como “a presença, o lançamento ou a liberação nas águas, solo ou ar, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade ou características em desacordo com padrões ambientais estabelecidos, ou que tornem ou passam tornar as águas, o ar e o solo: impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde; inconvenientes ao bem estar público; danosos aos materiais, à fauna e à flora; prejudiciais à segurança, ao uso e ao gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade” (CESTESB, 1976). Contaminação é um caso particular de poluição. É a presença de substâncias ou patógenos que sejam nocivos à saúde humana; porém, estas substâncias não alterarem as relações ecológicas do ambiente existentes ao longo do tempo (BRAGA et al, 2002).

Assim, quando um agente contaminante atinge o solo e percola neste até atingir os aquíferos, este passa pela zona não saturada, contaminando o aquífero. Outra possibilidade é o lançamento direto nos aquíferos, através de poços como intermediários (IRITANI e EZAKI, 2008).

2.5 Fontes de Contaminação

2.5.1 Aterros Sanitários

Aterros sanitários oferecem às águas subterrâneas o risco potencial de contaminação por chorume, um líquido de cor escura e de odor forte, resultado da decomposição da matéria orgânica dos resíduos sólidos (CETESB). O chorume pode conter quantidades muito altas de compostos orgânicos e inorgânicos. Quando o chorume de um aterro se mistura à água subterrânea, uma pluma é formada e se espalha na direção e sentido do fluxo da água subterrânea. Conforme esta pluma se distancia da fonte original de contaminação, a concentração dos poluentes diminui devido à dispersão dos mesmos. (FETTER, 1994).

Em regiões de clima úmido, o volume de chorume costuma ser maior, dado que as chuvas penetram nos aterros e contribuem para a formação do lixiviado. Em contrapartida, em regiões de clima seco, este chorume apresenta concentrações de contaminantes mais elevadas (FOSTER et al, 2002).

Como exemplos de substâncias encontradas no chorume, é comum a presença de amônio, hidrocarbonetos, metais pesados (VARNIER, 2008), sódio, potássio, cálcio, cobre, alumínio, ferro, entre outros, em concentrações acima dos valores máximos permitidos para consumo humano (FETTER, 1994). A presença e quantidade destes contaminantes no chorume devem-se ao tipo

e quantidade de resíduo sólido despejado no aterro e também às condições climáticas (FOSTER et al, 2002).

Para evitar a contaminação das águas pelo chorume, é recomendável a impermeabilização dos locais destinados à aterros sanitários, com sistema de drenagem e coleta de chorume.

2.5.2 *Cemitérios*

Os cemitérios podem contaminar as águas subterrâneas através do necrochorume, líquido gerado no processo de decomposição dos cadáveres que contribui com o aumento da concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas (FUNASA, 2007).

Dentre as substâncias encontradas no necrochorume estão manganês, cromo, ferro, prata e alumínio, em níveis acima dos valores máximos permissíveis para consumo humano, proteínas, diversas outras substâncias orgânicas, vírus e bactérias. Há, ainda, a presença de materiais radioativos em alguns casos, devido a tratamentos de saúde com substâncias deste tipo (FUNASA, 2007).

Devido aos potenciais riscos que o necrochorume pode causar nas águas subterrâneas e, conseqüentemente, à saúde pública, os cemitérios devem passar por processos de licenciamento, como regulamentado na Resolução CONAMA nº 335/2003.

O processo de formação do necrochorume pode ser reduzido com a prática da construção de túmulos impermeáveis (FOSTER et al, 2002).

2.5.3 *Postos de Combustível*

O armazenamento em tanques subterrâneos de produtos químicos como postos de combustíveis – gasolina, álcool, diesel, etc. – pode contaminar águas subterrâneas por vazamentos que percolam através do solo (CETESB). As tubulações que ligam as bombas aos tanques também podem contribuir aos vazamentos, rachando devido ao peso de veículos circulando em superfície (Foster et al, 2002).

Dentre os eventuais contaminantes, encontram-se hidrocarbonetos como benzeno, tolueno e xilenos, fenóis, entre outros (VARNIER, 2008).

Devido ao alto risco potencial de contaminação, desenvolveu-se a Resolução Conama nº 273, de 29 de novembro de 2000, na qual o licenciamento de postos de combustíveis se tornou obrigatório em todo território nacional (MARANHÃO, TEIXEIRA e TEIXEIRA, 2007).

As áreas afetadas são geralmente de difícil recuperação e apresentam custos muito elevados (ALVARENGA, 2007).

2.6 Geofísica – Técnica SEV (Sondagem Elétrica Vertical)

A geofísica apresenta métodos eficientes para avaliação e caracterização de problemas ambientais, não alterando o meio físico (BORTOLIN & MALAGUTTI FILHO, 2010).

Dentre os métodos Geoelétricos, a eletrorresistividade é um método geofísico para a determinação da resistividade elétrica dos materiais geológicos, caracterizando seus estados, como alteração, saturação, etc., e identificando-os litologicamente, sem necessidade de perfuração de poços.

A resistividade dos solos e rochas pode ser alterada pela quantidade de água, dos sais dissolvidos e da porosidade. Os poros, sua ocupação por eletrólitos e esse conjunto se comportam como condutores iônicos, de resistividades muito variáveis.

O método da eletrorresistividade consiste na introdução de uma corrente elétrica no subsolo a diferentes profundidades e cálculo das resistividades dos materiais geológicos ao longo das profundidades. Geralmente, os arranjos dos métodos geoelétricos constam de quatro eletrodos cravados na superfície do terreno: dois eletrodos para introduzir a corrente elétrica no subsolo; outros dois para medir a diferença de potencial entre eles, devido a passagem de corrente.

A técnica SEV consiste em uma investigação geoelétrica vertical realizada a partir de um ponto fixo na superfície do terreno, investigando, de maneira pontual, sua variação em profundidade, investigando, de maneira pontual, sua variação em profundidade, segundo Orellana (1972). Através dele, é possível determinar parâmetros como a profundidade do nível d'água subterrânea, espessura, resistividade e condutância longitudinal das camadas geológicas de uma determinada área (BRAGA, 2008). O arranjo *Schlumberger* é o mais utilizado, como apresentado na Figura 4 abaixo, por apresentar leituras menos sujeitas às interferências produzidas por ruídos indesejáveis e por ser menos susceptível a erros interpretativos em terrenos não homogêneos (BRAGA, 2006). Os eletrodos de corrente AB apresentam uma separação crescente; os eletrodos de potencial MN permanecem fixos durante o desenvolvimento da técnica.

Ao aumentar a distância entre os eletrodos de corrente AB, é possível aumentar também a profundidade de investigação.

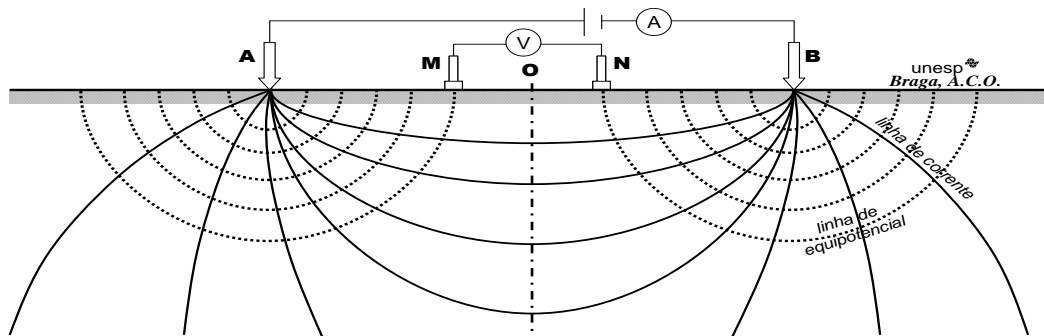


Figura 4 – Técnica SEV – Arranjo Schlumberger.

Fonte: Braga, 2006.

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Aspectos Gerais

O município de Rio Claro localiza-se na região centro-leste do Estado de São Paulo, a 190 km da capital São Paulo. Seu acesso de São Paulo é através do sistema rodoviário Anhanguera–Bandeirantes e a Washington Luiz.

Sua área total abrange 498,42 km², sendo aproximadamente 6% sua área urbanizada; os restantes 94% são áreas rurais. Os municípios limítrofes são Corumbataí, Leme, Araras, Santa Gertrudes, Iracemápolis, Piracicaba, Charqueada, Ipeúna e Itirapina. A Figura 5 mostra a localização do município de Rio Claro no Estado de São Paulo.

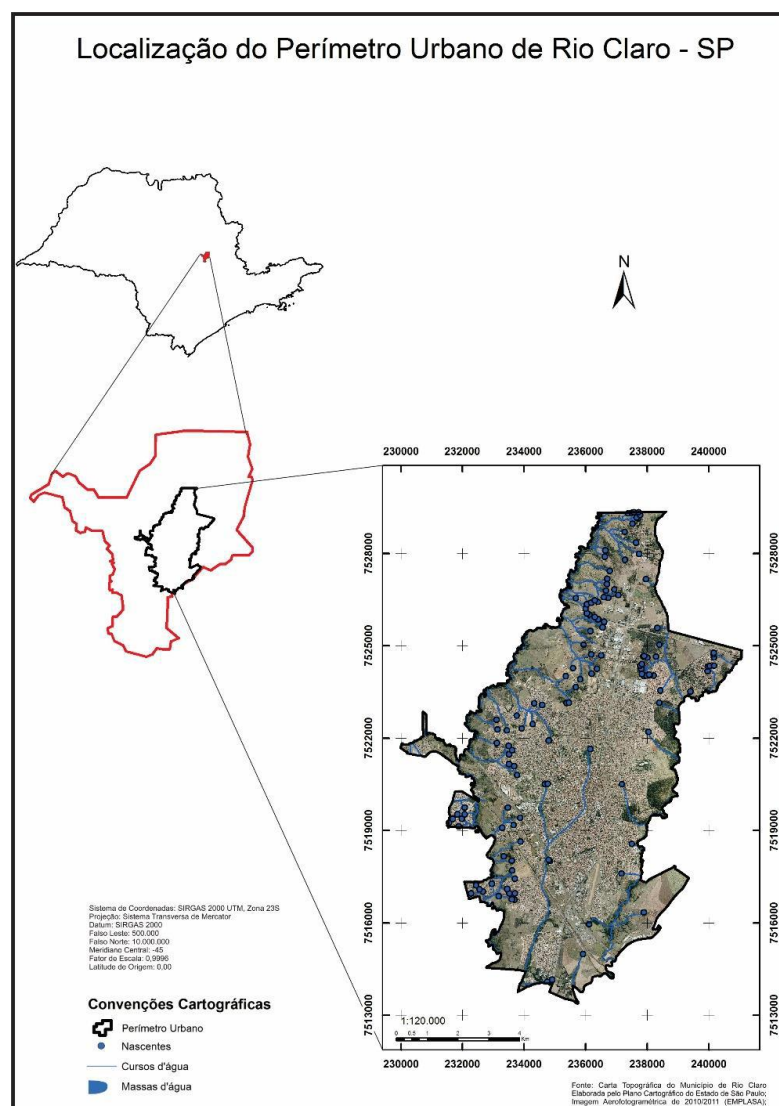


Figura 5 – Localização da Área de Estudo.

Fonte: BASOTTI, 2015.

A população do município de Rio Claro é estimada em 196.821 habitantes, com uma densidade demográfica de 395,22 hab./km² e taxa de urbanização de 97% (IBGE, 2013). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município é 0,803, sendo o índice de longevidade de 0,862, o de educação 0,766 e renda média de 0,784 (PNUD, 2010).

Rio Claro, juntamente com os municípios de Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Limeira, Ipeúna, Piracicaba e Araras, formam o maior polo cerâmico das Américas, com 47 indústrias na região. Outro forte ponto na economia rio-clarense é a indústria de produtos como fibras de vidro, tubos e conexões de PVC – Tigre –, eletrodomésticos da linha branca – como a Whirlpool (atua no Brasil com as marcas Brastemp, Consul e KitchenAid) –, balas e caramelos – como a Riclan, com as marcas Fregealls e TNT. O cultivo de cana-de-açúcar também é grande no município.

O clima do município de Rio Claro é considerado por Monteiro (1973) como tropical com duas estações bem definidas: seca no inverno – temperaturas médias do mês mais frio variando entre 3°C e 18°C – e mês mais quente com temperaturas médias de 25 °C e máxima de 38°C, caracterizando um clima tropical alternadamente seco e úmido. As temperaturas médias anuais encontram-se entre 18,1 e 20,9 °C (TROPMAIR, 1992).

A precipitação anual média do município é em torno de 1.200 mm, sendo a distribuição anual de chuvas caracterizada por um período de estiagem entre abril e setembro – com precipitação de 180 a 200 mm – e um período chuvoso de outubro a março – com precipitação em torno de 1.000 mm (TROPMAIR, 1992).

3.2. Geomorfologia, Vegetação e Uso e Ocupação do Solo

Rio Claro situa-se na Depressão Periférica Paulista – zona do Médio Tietê – (IPT, 1981), caracterizada por Penteado (1976) como composta por colinas tabuliformes, vertentes com perfis de retilíneos a convexos, com pouca inclinação. A densidade de drenagem é considerada baixa e comumente é encontrada a presença de lagoas, ligadas às cabeceiras ou isoladas nos topos planos (ZAINÉ, 2000). O município também está parcialmente inserido na Província das Cuestas Basálticas, representadas por maciços básicos e morros testemunhos (ALMEIDA, 1964; IPT, 1981). Há também a presença de colinas médias, morros alongados e paralelos, caracterizando partes de seu relevo.

A vegetação nativa decorrente na Província da Depressão Periférica Paulista, Zona do Médio Tietê, – onde Rio Claro está inserida – era composta por Floresta Estacional Semidecidual majoritariamente e trechos de cerrado

sensu lato, hoje, ambas apresentam-se fragmentadas devido à ação antrópica (TROPMAIR, 1975), como desmatamento para ocupação e expansão agrícola. O primeiro tipo de vegetação é caracterizado por dupla estacionalidade climática – estiagem no inverno e chuvas no verão –; árvores caducifólias representam de 20 a 50% de seu conjunto florestal (VELOSO, 1992). Já o cerrado *sensu lato*, ou simplesmente cerrado, abrange três biomas, sendo eles: campo tropical, savana e floresta estacional.

A vegetação nativa na região foi substituída, em primeiro instante, por plantações cafeeiras e, atualmente, por cultivo de cana, cereais, citricultura e pastagens. No município, ainda, é encontrado o antigo Horto Florestal, hoje Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade – FEENA –, criado em 1909, com o plantio de diversas espécies de eucaliptos para suprir a carência de matéria prima na região no século passado.

Em 2010, a área de vegetação nativa total no perímetro urbano de Rio Claro foi de 10,11%. A área urbanizada ocupava o primeiro tipo de ocupação do solo, com 36,73% do total; em segundo, está a área de pastagens, com 20,59% do total; a cobertura herbácea urbana ocupou a terceira maior área, com 11,38% do total; áreas de cultura (cana-de-açúcar, etc.) ocuparam 6,92%; áreas industriais urbanizadas, 5,92%; área construída com vegetação, 4,02%; silvicultura, 2,30%; solo exposto, 1,59% do total do perímetro urbano (BASOTTI, 2015).

3.3. Pedologia e Geologia

Os solos encontrados no município de Rio Claro são predominantemente de dois tipos: podzólico vermelho-amarelo, apresentando textura média/argilosa, presente principalmente no vale dos rios Corumbataí e Ribeirão Claro; latossolo vermelho-escuro, com textura encontrada de argilosa a muito argilosa. Porém, encontram-se outras classificações de solo, como latossolo vermelho-amarelo, latossolo roxo, conhecido também como terra roxa, de textura argilosa a muito argilosa, solos litólicos e solos hidromórficos cinza e preto que ocupam as várzeas e depressões interfluviais arenosas na Bacia do Rio Corumbataí (PENTEADO, 1976; ZAINÉ, 1994).

A área de estudo localiza-se, geologicamente, no setor paulista do flanco nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, representada por rochas sedimentares e vulcânicas. A Figura 6 apresenta o Mapa da Folha Geológica do município, com delimitação da zona urbana, que está inserida nos limites de duas formações geológicas: a Formação Rio Claro, majoritariamente, e a Formação Corumbataí.

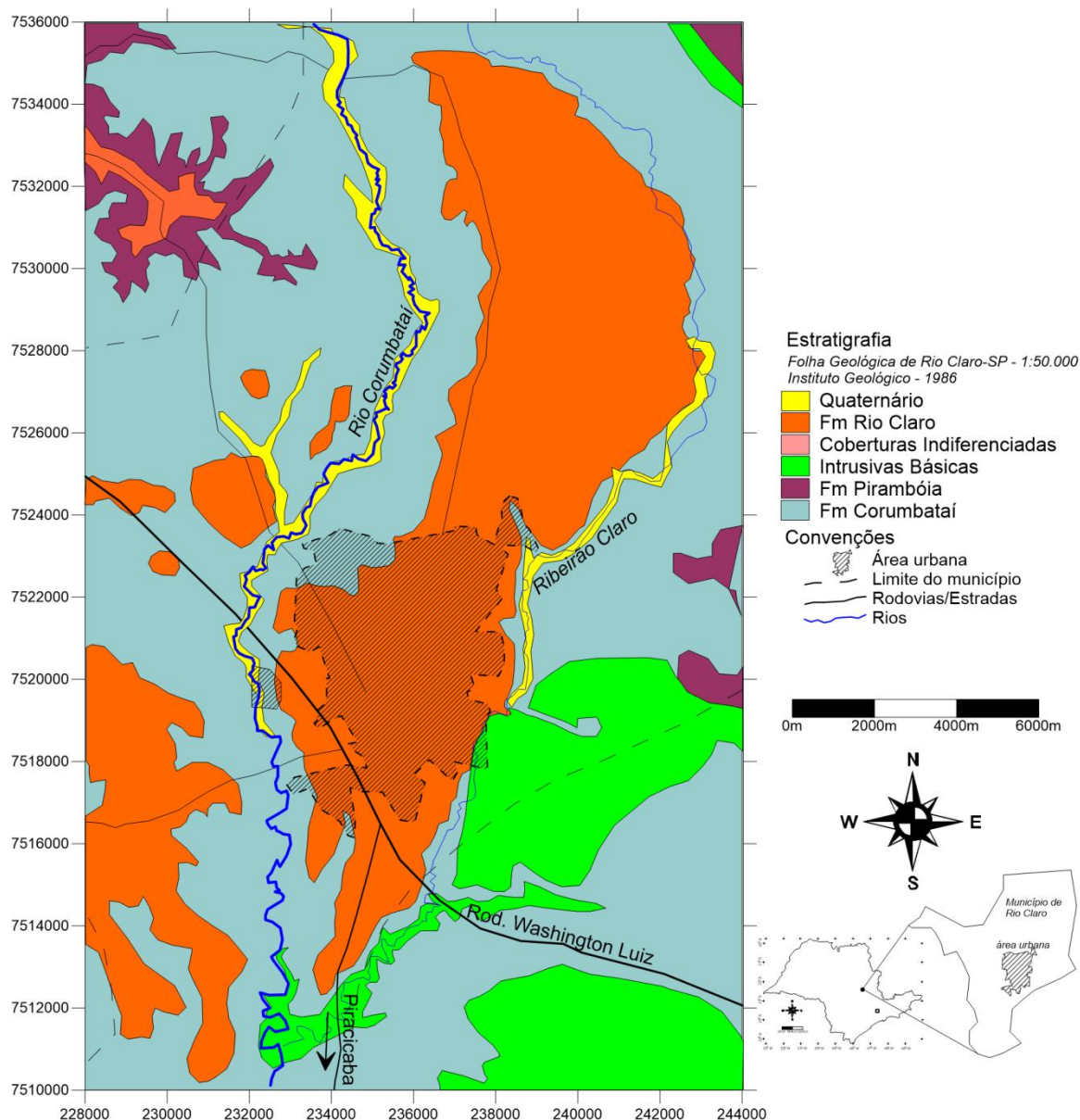


Figura 6 – Mapa da Folha Geológica da Área de estudo: Área Urbana de Rio Claro – SP – 1: 50.000.

Fonte: Modificado de IG – Instituto Geológico (1986).

Formação Corumbataí

A Formação Corumbataí é uma formação geológica sedimentar da era Paleozóica. Segundo Cottas (1983), a formação é constituída de siltitos e argilitos arroxeados e cinza claros, arenitos finos, lamitos, entre outras unidades. Associados a essas rochas são bastantes comuns fósseis de conchas bivalves e dentes e escamas de peixes, como evidências sedimentológicas e paleontológicas, indicando uma interpretação para ambientes marinhos costeiros e pantanosos (domínio predominante de marés)

e eventualmente lacustres. Sua espessura é bem variável, podendo chegar até 180 metros na região de estudo (TOLEDO, 2001).

Formação Rio Claro

A Formação Rio Claro é uma formação geológica sedimentar, encontrada principalmente no município de Rio Claro, São Paulo, da era Cenozóica, sendo, assim, uma formação mais recente em relação à Formação Corumbataí. Encontra-se em muitas partes, como no sítio urbano, assentada sobre a Formação Corumbataí; em outras partes, é encontrada sobre outras formações geológicas, como a Piramboia, Irati e Tatuí. Sua espessura média é de 30 metros, não ultrapassando 40 metros.

É formada majoritariamente por unidades de arenitos mal selecionados – de granulometria variada entre média a fina –, amarelo avermelhados, friáveis, e em algumas localidades, com a presença de estratificações cruzadas e conglomerados. Apresenta níveis de argilitos, que por vezes contém fragmentos de vegetais fósseis. É comum a ocorrência de quartzo e quartzito na base da unidade. Estas características levam a uma interpretação de seus depósitos como ocorridos em condições continentais, principalmente fluviais em clima semiárido. Atualmente há a presença de várias lagoas e, também, extensas voçorocas. Nesta formação, há o aproveitamento de água subterrânea (PERINOTTO e LINO, 2010), com vazões entre 17 e 25m³/h (OLIVA, 2002).

3.4 Recursos Hídricos

3.4.1 Águas Superficiais

O município de Rio Claro está inserido na sub-bacia do rio Corumbataí, na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI – número 5: PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiá), do Estado de São Paulo (São Paulo, 1994).

A população da cidade é abastecida pelos rios Corumbataí e Ribeirão Claro, sendo a retirada de água em média 1000 litros por segundo do Ribeirão Claro. Pertencem à mesma bacia em questão, os tributários do Corumbataí rio Cabeça e rio Passa Cinco (CONSÓRCIO PCJ, 2008). O Córrego da Servidão é o principal curso d'água a atravessar a zona urbana do município, hoje canalizado abaixo da Avenida Visconde de Rio Claro, e que recebe cerca de metade dos lançamentos de esgotos doméstico e industrial da cidade (ZAINÉ, 2000), despejando estes dejetos no rio Corumbataí.

3.4.2 Águas Subterrâneas

Segundo o DAEE (1981), o município de Rio Claro está assentado sobre os sistemas aquíferos do grupo Passa Dois e Tubarão e intrusivas básicas, além de sedimentos Cenozóicos da Formação Rio Claro.

O grupo Passa Dois armazena água por porosidade nas fissuras, dependendo de sua litologia (DAEE, 1981). O sistema do Grupo Tubarão – Formação Tatuí, subgrupo Irati –, abriga um aquífero confinado com profundidades de 200m e vazões variando de 20 a 37m³/h. Há, ainda, uma ampla ocorrência de rochas intrusivas básicas – mais comuns nas formas de diques e sills –, onde corpos profundos de diabásio também apresentam água em suas fraturas, a uma vazão girando em média de 5 a 30m³/h (OLIVA, 2002).

O sistema de aquífero de sedimentos cenozóicos da Formação Rio Claro dá-se por um aquífero livre pouco profundo, com vazões entre 17 e 25 m³/h, objeto de estudo deste trabalho.

O Departamento Autônomo de Água e Esgoto – DAAE – de Rio Claro pouco utiliza as águas de subsuperfície. Somente o Distrito de Assistência é abastecido com águas subterrâneas, apesar do grande número de poços perfurados (ZAINÉ, 2000).

As rochas que apresentam permeabilidade de regular a boa são as mais favoráveis à formação de aquíferos, como os arenitos – Formação Rio Claro –, que podem armazenar grandes quantidades de água.

A Figura 7 abaixo apresenta a estratigrafia do município de Rio Claro – SP, com as formações geológicas descritas anteriormente.

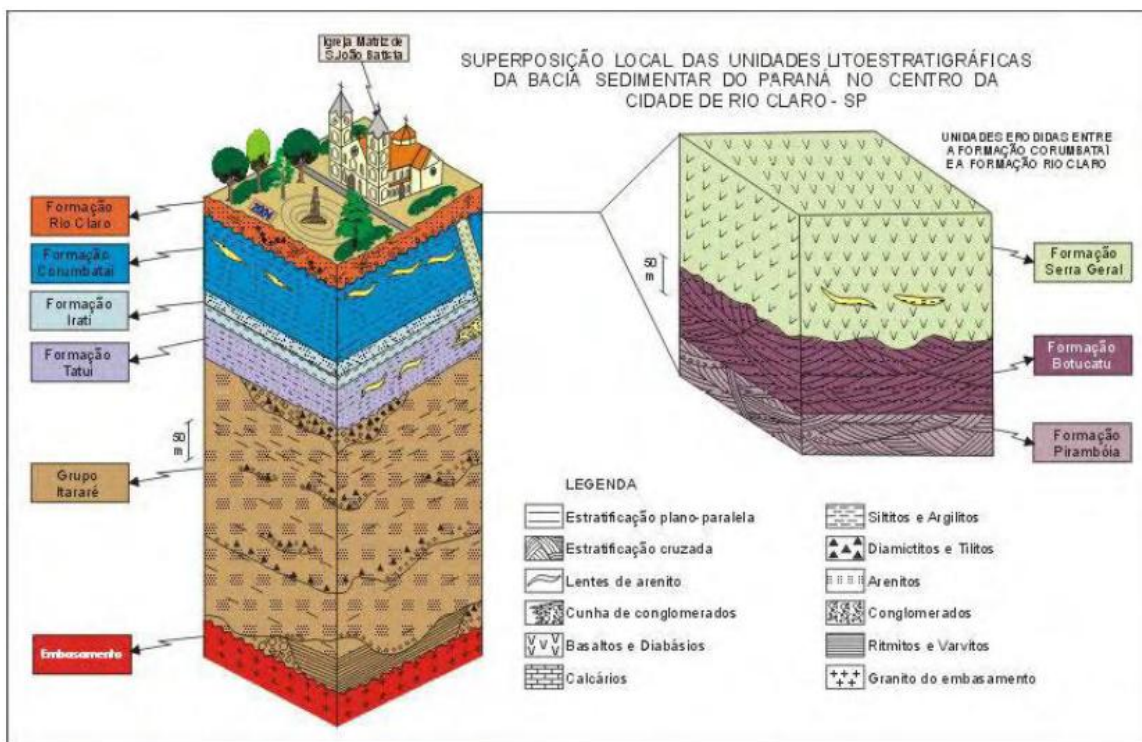


Figura 7 – Estratigrafia local na cidade de Rio Claro (SP).

Fonte: Perinotto & Zaine (1996).

3.5 Vulnerabilidade Natural e Áreas Contaminadas

Segundo IG/CETESB/DAEE (1997), Rio Claro apresenta um índice de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas classificado como ALTO – Baixo. Esta classificação refere-se ao aquífero livre pouco profundo da Formação Rio Claro, como descrito anteriormente. Quanto aos grupos Passa Dois e Tubarão, a vulnerabilidade natural para ambos no município é classificada como BAIXO – baixo, devido à alta profundidade dos mesmos.

CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Revisão Bibliográfica

Na primeira etapa da pesquisa, foi executada uma revisão bibliográfica com diversos autores e trabalhos do assunto em questão, visando a melhor compreensão e entendimento do assunto para a execução do projeto. Nesta etapa, enquadram-se a caracterização da área de estudo – município de Rio Claro – e a definição de conceitos básicos e fundamentais para o desenvolvimento e entendimento do trabalho.

4.2. Coleta de Dados

Na estimativa da vulnerabilidade natural de aquíferos pelo método GOD, dados sobre as características geológicas, tipo de ocorrência do aquífero e profundidade do nível freático foram coletados a partir de levantamentos geológicos e hidrogeológicos disponíveis em bases de dados, tais como: IG (1986), Zaine (1994), Perinotto et. al. (2006), entre outros. Informações de poços tubulares existentes foram coletadas a partir de fontes disponíveis e, também, levantadas durante o trabalho.

Dados sobre a profundidade do nível d'água subterrâneo foram extraídos de ensaios geofísicos executados pelo método da eletrorresistividade e técnica de investigação das sondagens elétricas verticais (SEV), desenvolvidas na área de estudo em trabalhos anteriores, como Braga (1997) e Oliva, 2006.

Demais informações necessárias para o andamento do projeto, como as localizações das fontes potenciais contaminantes de aterros sanitários, cemitérios e postos de gasolina, foram encontrados na literatura, na prefeitura, órgãos responsáveis, trabalhos anteriores, entre outros.

4.3. Estimativa da Vulnerabilidade Natural do Aquífero Livre

A vulnerabilidade natural do aquífero sob a área urbana de Rio Claro foi determinada através do método GOD, proposto por Foster & Hirata (1988), um dos mais utilizados no Brasil, devido à facilidade de aplicação e conceituação.

O nome do método vem do Inglês e leva em consideração a inicial de seus três parâmetros:

G – tipo de ocorrência do aquífero (*Groundwater occurrence*);

O – litologia da zona não saturada e camadas confinantes (*Overall lithology of the unsaturated zone*);

D – profundidade do lençol freático (*Depth to the water table*).

Nesta metodologia, são atribuídos valores para cada um dos parâmetros, variando de 0,0 a 1,0. Os índices são multiplicados entre si para chegar ao resultado final de vulnerabilidade, variando também entre 0,0 e 1,0 e, assim, determina-se o grau de vulnerabilidade, que pode ser Nenhum, Desprezível, Baixo, Médio, Alto ou Extremo.

A Figura 8 abaixo relaciona os parâmetros do método GOD, resultando no grau estimado de vulnerabilidade de um aquífero.

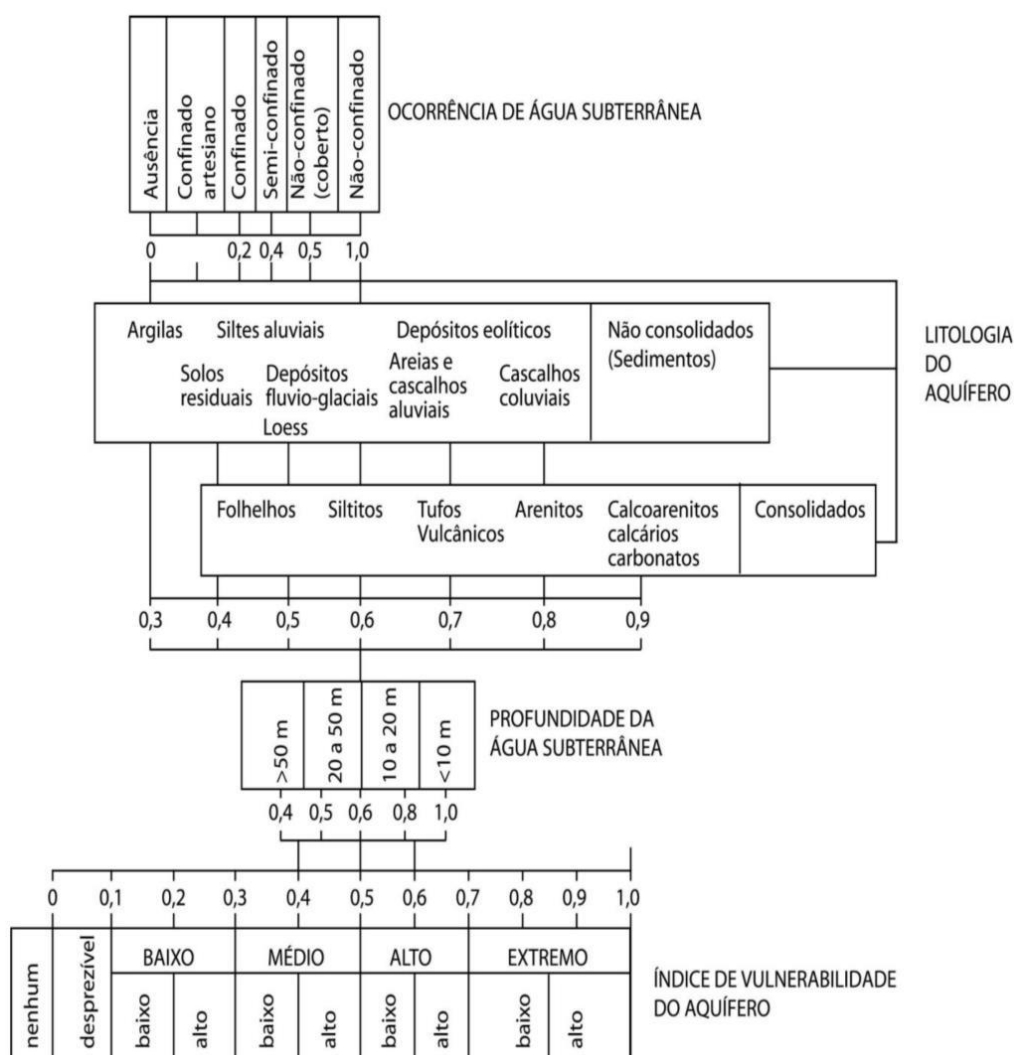


Figura 8 – Parâmetros e Índice de Vulnerabilidade de um Aquífero através do Método GOD.

Fonte: Foster & Hirata (1988).

4.4. Identificação do Risco de Contaminação do Aquífero

No Estado de São Paulo, os principais métodos de avaliação de risco de aquíferos são propostos por IG/CETESB/DAEE (1997) e Foster & Hirata (1988),

porém, ambos os métodos usam a carga poluidora como um atributo para chegar ao nível de risco. Neste estudo, a carga poluidora não é quantificada, somente a localização das fontes potenciais contaminantes foram georreferenciadas em um mapa de risco à contaminação da área de estudo.

As fontes potenciais contaminantes utilizadas no trabalho foram aterros sanitários, cemitérios e postos de combustíveis encontrados sobre a área de estudo.

4.5. Elaboração de Mapas

Nesta etapa do trabalho, após a coleta de todos os dados, foi gerado o mapa de vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero livre de Rio Claro através da ferramenta Kriging do software ArcGIS. No caso do mapa de risco à contaminação, foi gerado um mapa com as fontes potenciais contaminantes pontuais das águas subterrâneas combinadas à vulnerabilidade determinada pelo método GOD, também pelo uso do software ArcGIS. Para delimitação da área urbana, objeto de estudo, foi utilizado o auxílio do Google Earth.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Coleta de Dados

Conforme apontado na metodologia, os dados das SEV's e, conseqüentemente, da profundidade do nível da água (N. A.) foram coletados de trabalhos anteriores.

Oliva (2006) realizou ensaios geofísicos aplicando a técnica SEV e arranjo *Schlumberger* a partir do método da eletrorresistividade por toda a Formação Rio Claro, no município de Rio Claro. Porém, como este trabalho limita-se à zona urbana do município, os pontos externos a esta área foram excluídos dos cálculos, restando apenas os pontos informados na Tabela 3, abaixo. A Figura 9 esquematiza os pontos em que as SEV's foram realizadas sobre a Formação Rio Claro, segundo o trabalho de Oliva (2006).

A partir dos dados das SEV's e suas localizações, foi possível calcular a profundidade do nível d'água em cada ponto. A Tabela 3 apresenta as SEV's utilizadas nesse trabalho e suas coordenadas geográficas, em UTM, dos pontos em que foram executadas, com as devidas identificações das mesmas e profundidade do nível d'água, dos trabalhos de Braga (1997) e Oliva (2006). Estes dados são de fundamental importância para a determinação da estimativa da vulnerabilidade do aquífero. É possível observar na Tabela 3 que, na zona urbana, as profundidades não ultrapassam 20 metros, indicando uma vulnerabilidade mais frágil. A partir das medidas de profundidade, foi possível determinar a vulnerabilidade do aquífero através do método GOD.

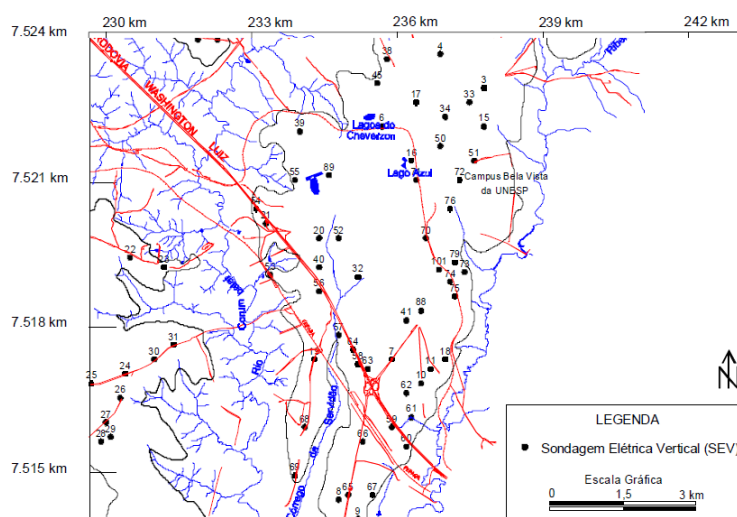


Figura 9 – Mapa de Localização das SEV's, escala de município.

Fonte: Modificado de Oliva (2006).

Tabela 3. Identificação dos ensaios geofísicos executados em escala de município e profundidade do Nível d'água (NA).

SEV	UTM E -x	UTM N -y	NA (m)
SEV-04	236900	7523600	15,30
SEV-10	236500	7516800	7,65
SEV-15	237800	7522100	4,34
SEV-32	235200	7519000	5,09
SEV-39	234000	7522000	14,12
SEV-41	236200	7518100	13,12
SEV-45	235600	7523000	3,51
SEV-50	236900	7521700	16,15
SEV-52	234800	7519800	5,02
SEV-56	234400	7518700	12,01
SEV-59	235900	7515900	9,07
SEV-65	235000	7514500	7,37
SEV-68	234100	7515900	8,56
SEV-70	236600	7519800	10,07
SEV-72	237300	7521000	10,16
SEV-76	237100	7520400	7,05
SEV-91	238100	7524100	7,01
SEV-101	236870	7519150	4,01
B-01	237055	7524270	12,37
B-02	237005	7524270	12,94
B-03	236935	7524280	14,6
B-04	237675	7521145	9,2
B-05	237650	7521140	9,7
B-06	237595	7521009	9,8
B-07	237670	7521010	9,8
B-08	237630	7521015	10,15
B-15	236130	7522160	6,9
B-16	236160	7522155	7,7

Fontes: Oliva (2006). Adaptado.

Braga (1997). Adaptado.

5.2 Estimativa da Vulnerabilidade do Aquífero

A partir dos dados coletados em Oliva (2006) e Braga (1997), foi possível estimar a vulnerabilidade do aquífero de Rio Claro.

Como descrito na metodologia, para estimar a vulnerabilidade do aquífero através do método GOD, são necessários três parâmetros:

G – tipo de ocorrência do aquífero;

O – litologia da zona não saturada e camadas confinantes;

D – profundidade do lençol freático.

Dado que o aquífero é livre (não confinado) em toda sua extensão sob a área urbana, atribui-se o valor 1,0 neste quesito.

Quanto ao quesito referente à litologia da zona não saturada e camadas confinantes, tem-se o valor 0,8 atribuído em toda a extensão da zona urbana, dado que em toda esta extensão, a litologia é a da Formação Rio Claro (arenosa).

Logo, o que altera a vulnerabilidade do aquífero em cada ponto da zona urbana é sua profundidade, determinada anteriormente através dos dados coletados das SEV's.

Para aquíferos a profundidades maiores de 50 metros, é atribuído o valor 0,4; entre 20 e 50 metros, este valor sobe para 0,6; entre 10 e 20 metros, 0,8; profundidades menores de 10 metros recebem o valor 1,0 de atribuição.

Então, os valores das três categorias são multiplicados entre si para determinar o grau final de vulnerabilidade.

A Tabela 4 abaixo identifica esses valores e sua classificação. O mapa da vulnerabilidade natural pode ser visualizado na Figura 10 abaixo.

Tabela 4. Classificação da Vulnerabilidade Natural do Aquífero de Rio Claro de acordo com o método GOD em cada ponto de SEV realizado.

SEV	NA (m)	Índice Profundidade	Multiplicação Final	Índice Vulnerabilidade
SEV-04	15,30	0,8	0,64	ALTO-alto
SEV-10	7,65	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
SEV-15	4,34	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
SEV-32	5,09	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
SEV-39	14,12	0,8	0,64	ALTO-alto
SEV-41	13,12	0,8	0,64	ALTO-alto
SEV-45	3,51	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
SEV-50	16,15	0,8	0,64	ALTO-alto
SEV-52	5,02	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
SEV-56	12,01	0,8	0,64	ALTO-alto
SEV-59	9,07	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
SEV-65	7,37	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
SEV-68	8,56	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
SEV-70	10,07	0,8	0,64	ALTO-alto
SEV-72	10,16	0,8	0,64	ALTO-alto
SEV-76	7,05	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
SEV-91	7,01	1,0	0,8	EXTREMO-baixo

SEV-101	4,01	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
B-01	12,37	0,8	0,64	ALTO-alto
B-02	12,94	0,8	0,64	ALTO-alto
B-03	14,6	0,8	0,64	ALTO-alto
B-04	9,2	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
B-05	9,7	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
B-06	9,8	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
B-07	9,8	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
B-08	10,15	0,8	0,64	ALTO-alto
B-15	6,9	1,0	0,8	EXTREMO-baixo
B-16	7,7	1,0	0,8	EXTREMO-baixo

Fontes: Oliva (2006); Braga (1997). Adaptado/Elaborado pelo Autor.

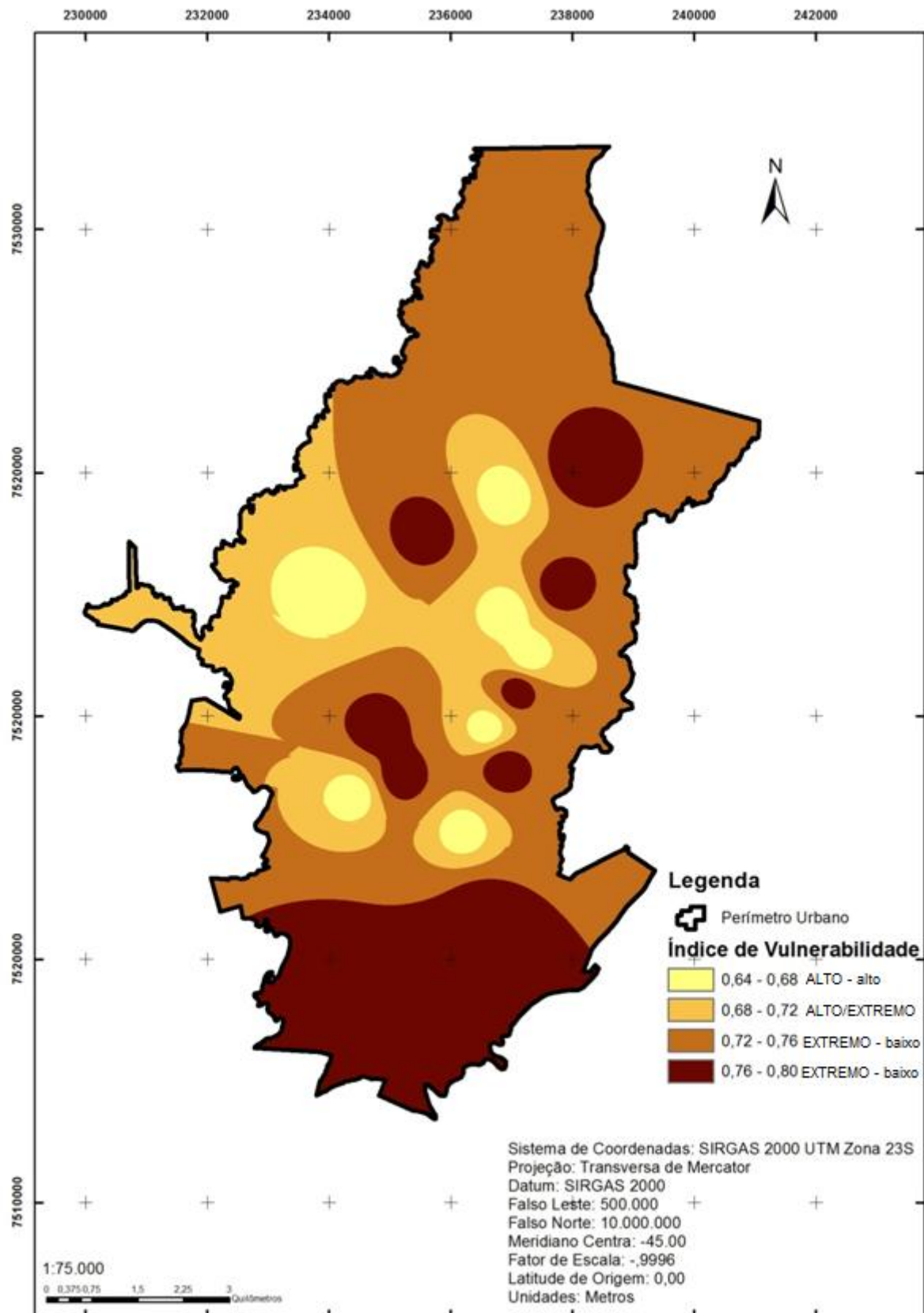


Figura 10 – Vulnerabilidade natural do aquífero livre da Formação Rio Claro.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através de análises da Figura 10 e da Tabela 4, é possível notar que o aquífero livre na zona urbana de Rio Claro apresenta vulnerabilidade natural entre os graus de Alta a Extrema. Esses elevados graus de vulnerabilidade são decorrentes principalmente: i) da baixa profundidade do aquífero na área de estudo, permitindo um menor tempo para um potencial contaminante atingir o nível freático, já que tem menor caminho a percorrer; ii) da característica arenosa da Formação Rio Claro, que tem alta permeabilidade, facilitando a percolação dos contaminantes no solo, que não ficam retidos no mesmo.

5.3. Risco à Contaminação

Adicionando fontes potenciais contaminantes ao mapa de vulnerabilidade, tem-se o mapa de risco. A Tabela 6 do Anexo I contém diversas fontes (potenciais) contaminantes na zona urbana de Rio Claro. A Figura 11 mostra a localização destas fontes na zona urbana de Rio Claro.

Considerou-se, neste ponto do trabalho, a atividade potencialmente poluidora do empreendimento apenas; a carga potencial poluidora não foi determinada.

A partir destes dados e da combinação dos mapas das Figuras 10 e 11, elaborou-se, então, o mapa de Risco à contaminação da área de estudo em questão, representado na Figura 12 a seguir.

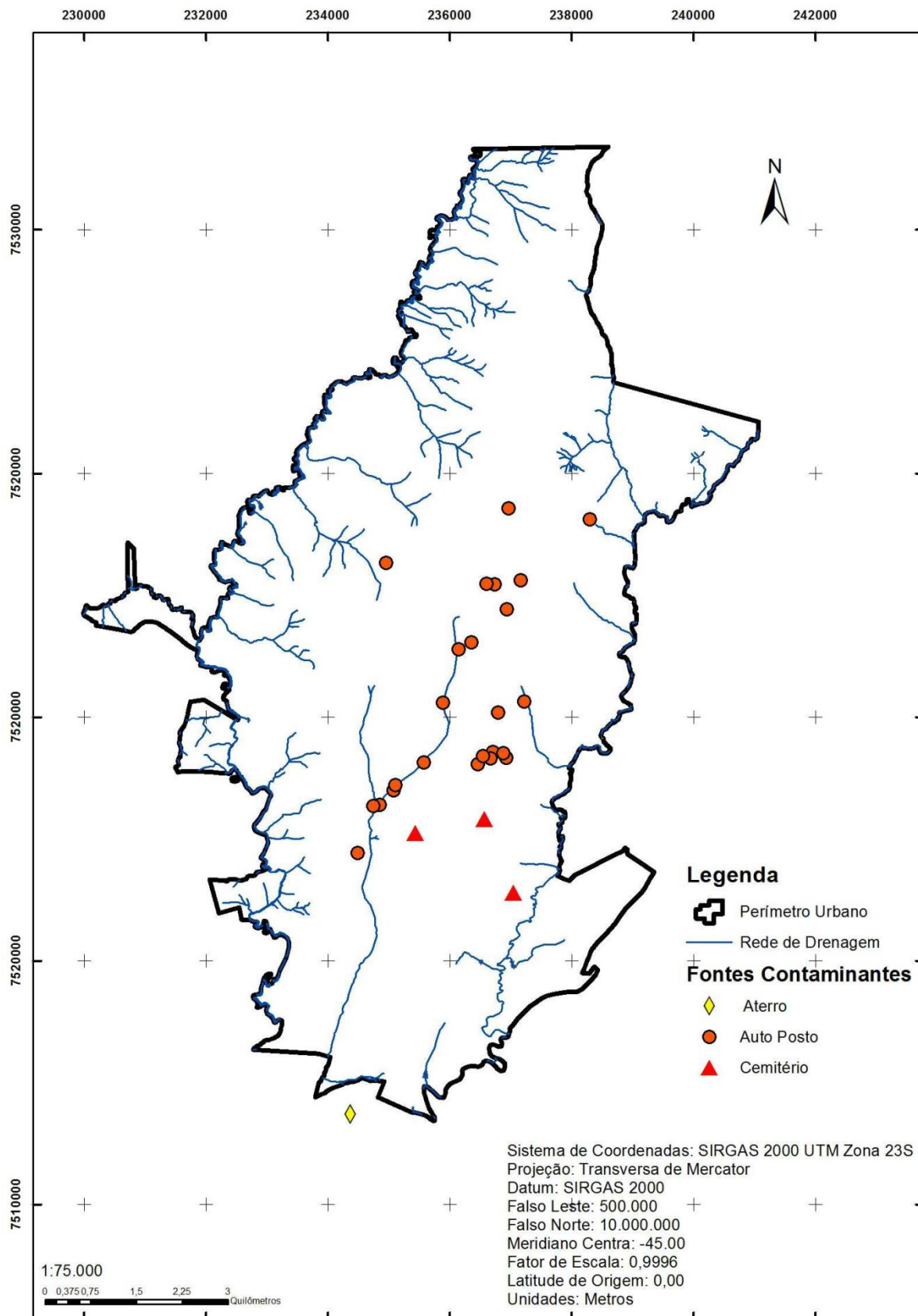


Figura 11 – Mapa de Localização de fontes potenciais zona urbana de Rio Claro – SP.

Fonte: Elaborado pelo autor.

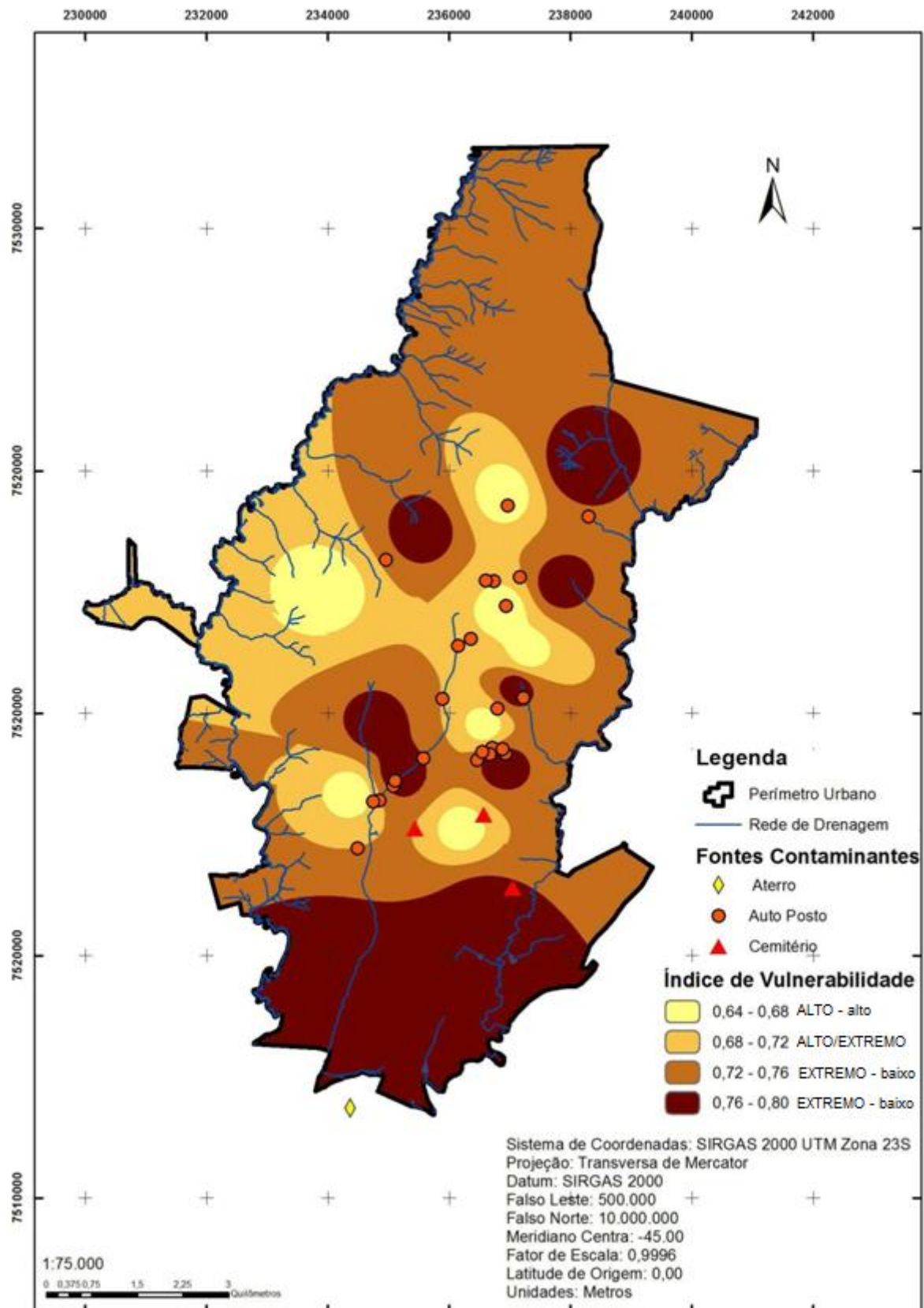


Figura 12 – Mapa de Risco à Contaminação do aquífero livre de Rio Claro na zona urbana de Rio Claro – SP.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como analisado no mapa da Figura 10 anteriormente, o aquífero da área urbana de Rio Claro apresenta um grau considerável de vulnerabilidade, indicando maior facilidade para a contaminação do aquífero. Assim sendo, as fontes potenciais contaminantes apresentam riscos de contaminação a este aquífero vulnerável, como mostra o mapa da Figura 12 acima, com destaque para: (i) os cemitérios em áreas altamente vulneráveis; (ii) o aterro sanitário, fora da área urbana, mas em zona provavelmente altamente vulnerável também; (iii) os postos de combustíveis próximos a corpos hídricos superficiais.

Ainda, na Figura 12, é possível observar que as fontes potenciais de risco à contaminação são, em sua maioria, postos de combustíveis, como indicaram, também, os relatórios da CETESB sobre áreas contaminadas e reabilitadas do Estado de São Paulo, em 2013, traduzidas nas tabelas de 7 a 16 no Anexo II.

5.4. Áreas Contaminadas em Rio Claro

De acordo com o relatório anual expedido pela CETESB de Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo, foi possível elaborar uma tabela com a relação das áreas contaminadas em Rio Claro e na zona urbana, de 2004 a 2013, com as respectivas informações: tipo de empreendimento que gerou a contaminação e em quais destas áreas as águas subterrâneas apresentam-se contaminadas. As tabelas de 7 a 16 estão apresentadas no Anexo II.

A Tabela 5 abaixo ilustra a evolução do número de áreas contaminadas na zona urbana de Rio Claro, de 2004 a 2013. A tabela identifica, também, o tipo de empreendimento e quais apresentam contaminação nas águas subterrâneas.

Tabela 5. Relação de áreas contaminadas na zona urbana de Rio Claro.

Áreas Contaminadas no Município de Rio Claro									
Ano	Número de áreas	Na Zona Urbana	Posto de Combustível	Contaminação de águas subterrâneas - Posto	Indústria	Contaminação de águas subterrâneas - Indústria	Resíduo	Contaminação de águas subterrâneas - Resíduo	Águas Subterrâneas Contaminadas na Zona Urbana
2004	5	5	1	1	2	1	2	1	3
2005	6	6	1	1	3	2	2	1	4
2006	6	6	1	1	3	2	2	1	4
2007	10	10	5	5	3	2	2	1	8
2008	13	11	6	5	3	2	2	1	8
2009	22	20	15	14	3	2	2	1	17
2010	25	23	17	16	3	3	3	2	21
2011	25	22	17	15	3	3	3	2	20
2012	25	22	17	15	3	3	3	2	20
2013	25	22	17	15	3	3	3	2	20

Fonte: CETESB, 2013. Elaborado pelo autor.

Através de análises da Tabela 5, é possível identificar um significativo aumento do número de áreas contaminadas na zona urbana do município, notoriamente mais acentuado entre 2008 e 2009. Dentre as áreas contaminadas, as águas subterrâneas (última coluna) se apresentam como o meio físico mais impactado. Destacam-se, ainda, os postos de gasolina, responsáveis por armazenagem de hidrocarbonetos, como fontes contaminantes principais das águas subterrâneas, como apresentado, também, na Figura 12 anteriormente. Este aumento está, provavelmente, relacionado ao aumento do número de empreendimentos deste tipo, já que a vulnerabilidade natural do aquífero não poderia ter mudado em tão pouco tempo. Além disso, os incentivos do Governo Federal brasileiro à compra de automóveis – como financiamentos, parcelamentos, baixo valor de entrada na compra e IPI reduzido – refletiram em um aumento do número de carros nas ruas, aumentando, assim, o uso de combustíveis e estimulando o comércio destes.

As tabelas contidas no Anexo II mostram a relação de áreas contaminadas no município de Rio Claro, de 2004 a 2013, ano a ano, elaboradas a partir dos mesmos relatórios anuais expedidos pela CETESB. Nelas, constam todas as áreas contaminadas no município, assim como sua localização, tipo e nome do empreendimento que causou a contaminação, fonte de contaminação, contaminantes encontrados e meios físicos impactados.

Através de análises das tabelas, é possível confirmar a acentuada elevação do número de áreas contaminadas através dos anos, com destaque para 2009, onde houve um grande aumento de áreas contaminadas.

As águas subterrâneas mostraram-se o meio físico mais impactado nestas áreas. Isto pode ser explicado pela alta vulnerabilidade do aquífero livre de Rio Claro, como concluído anteriormente. Os postos de combustíveis são os maiores geradores de contaminação das águas subterrâneas. Isso se deve, principalmente, a vazamentos e/ou derramamentos de gasolina e outros combustíveis e a conseqüente percolação destes no subsolo, até atingir as águas subsuperficiais. Alguns hidrocarbonetos constituintes da gasolina tem maior solubilidade em água; uma vez presentes na zona saturada, se difundem no meio, aumentando o perímetro da contaminação.

Assim sendo, na instalação de empreendimentos ou atividades que são potencialmente fontes contaminantes das águas subterrâneas, deveriam ser tomados cuidados redobrados para os devidos procedimentos, principalmente se tratando de postos de combustíveis.

Para impedir que as contaminações de fato ocorram, é altamente recomendável impermeabilizar as áreas previamente à instalação das

atividades ou empreendimentos, pelas mais diversas tecnologias existentes atualmente. Em aterros sanitários, é obrigatória a impermeabilização da base; é comum que esta seja feita através de camada de solo argiloso compactada, seguida de uma camada de barreira mineral – geralmente cascalho e pedregulhos – e uma manta geotêxtil impermeável, com um canal para a drenagem de águas pluviais. Só depois desta estrutura, é que os resíduos sólidos podem ser depositados no aterro. Em partes de alguns cemitérios, os jazigos são construídos com concreto, evitando o vazamento do necrochorume para o solo e águas subterrâneas. Em postos de combustíveis, os tanques de armazenagem são, muitas vezes, envoltos em estruturas concretadas ou revestidas de poliéster de alto desempenho, por exemplo, para evitar o vazamento e percolação no subsolo.

Também se recomenda monitorar estas áreas frequentemente: nos postos de combustíveis, por exemplo, é costume avaliar o nível dos tanques de cada tipo de combustível antes do expediente e no fim do expediente diário, e comparar a diferença dos volumes medidos com a quantidade total vendida de cada tipo de combustível no dia; em alguns aterros sanitários, é possível encontrar poços de monitoramento da qualidade das águas; etc. Assim, se é detectado algum tipo de vazamento ou contaminação logo no início, a contenção ou controle passa a ser mais fácil.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

Dada a importância das águas subterrâneas no Estado de São Paulo neste momento de crise hídrica, estudos sobre vulnerabilidade e risco à contaminação destas estabelecem-se como de extrema importância.

No município de Rio Claro – SP, com destaque para o perímetro urbano, o aquífero livre da Formação Rio Claro mostrou-se altamente/extremamente vulnerável naturalmente à contaminação, devido a sua formação arenosa – permeável – e suas baixas profundidades do nível d'água, facilitando a percolação de contaminantes. Assim sendo, quando adicionadas fontes potenciais contaminantes, como os usados neste trabalho – aterros sanitários, cemitérios e postos de combustíveis –, o risco à contaminação também é alto, já que estes contaminantes podem facilmente infiltrar-se nas camadas não saturadas até atingir o aquífero. Estes compostos químicos podem oferecer riscos à saúde e segurança do homem e desequilíbrio ao meio ambiente. Portanto, é extremamente recomendada a utilização de técnicas para proteção dos aquíferos, como impermeabilização das bases dos empreendimentos, seja através de argamassas ou mantas impermeáveis. Ainda, o cumprimento da legislação, a fiscalização e o monitoramento tornam-se indispensáveis para garantir a qualidade dessas águas.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **A evolução da gestão de recursos hídricos no Brasil**. Edição Comemorativa do Dia Mundial das Águas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2002.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Águas Brasil**. Informativo da Agência Nacional de Águas número 5. 2008. Disponível em <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AguasBrasil/AguasBrasil05_07042008.pdf> Acessado em 19 Mar 2014.

ALMEIDA, F. F. M. - 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Bol. Instituto Geográfico e Geológico**, n. 41, p. 169-263, 1964.

ALVARENGA, M. C. de. **Contaminação das águas subterrâneas por resíduos de postos de combustíveis: uma abordagem no município de Rio Claro**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro. 2007.

BASOTTI, I. S **Análise das Áreas de Proteção Permanente do perímetro urbano do município de Rio Claro, SP, visando uma proteção e revitalização por meio de um gerenciamento baseado no PMBOK**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP, Campus Rio Claro. 2015.

BORTOLIN, J. R. M.; MALAGUTTI FILHO, W. **Método da eletrorresistividade aplicado no monitoramento temporal da pluma de contaminação em área de disposição de resíduos sólidos urbanos**. Eng Sanit Ambient, v.15, n.4, p. 367 – 374, 2010.

BRAGA, A. C. O. **Métodos geoeletrônicos aplicados na caracterização geológica e geotécnica - formações Rio Claro e Corumbataí, no município de Rio Claro/SP**. 1997. 169 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

BRAGA, A. C. O. **Métodos da eletrorresistividade e polarização induzida aplicada nos estudos da captação e contaminação de águas subterrâneas: uma abordagem metodológica e prática**. 2006. 126 p. Tese – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2006.

BRAGA, A. C. O. **Estimativa da vulnerabilidade natural de aquíferos: uma contribuição a partir da resistividade e condutância longitudinal**. Revista

Brasileira de Geofísica, 26 ed. nº1, 2008 p.61-68. Sociedade Brasileira de Geofísica. ISSN 0102-261X.

BRAGA, B; HESPANHOL, I; CONEJO, J. G. L; MIERZWA, J. C; BARROS, M. T. L; SPENCER, M; PORTO, M; NUCCI, N; JULIANO, N; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Editora Pearson – Prentice Hall: São Paulo. 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS no. 518/2004**. Brasília – DF, 2005.313p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 2006. 213p.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 273 de 2000**. Dita normas sobre regularização e licenciamento de postos de combustíveis.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 335 de 2003**. Dita normas sobre regularização e licenciamento de cemitérios.

CESTESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Lei n. 997, de 31 de Maio de 1976**. CETESB. 1976. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/lei_997_1976.pdf>. Acesso em: 12 Maio 2014.

CESTESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo**. São Paulo, CETESB, 274 p., 2006.

CESTESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Aterro Sanitário**. CETESB. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/biogas/Aterro%20Sanit%C3%A1rio/21-Aterro%20Sanit%C3%A1rio>>. Acesso em: 09 Nov 2014.

CESTESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Áreas Contaminadas**. CETESB. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacoes-de-areas-contaminadas/15-publicacoes>>. Acesso em 25 Jan 2015.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria n.o 001/2014/E/C/I, de 14/02/2014**. CETESB. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/solo/valores-orientadores-2014.pdf>>. Acesso em 12 Jun 2015.

CHEVALIER, L. R. Southern Illinois University Carbondale. Environmental Biology for Civil Engineers. 2010. Disponível em <<http://civil.engr.siu.edu/cheval/CEE210/Lecture/Lecture8-BiogeochemicalCycles/Lecture%208-CEE%20210%20Environmental%20Biology%20for%20Engineers.pdf>> Acesso em 12 Nov 2014.

CONSÓRCIO PCJ. Organizadores: TAUKE-TORNISIELO, S. M; ESQUIERRO, J. C. Bacia do Rio Corumbataí: aspectos socioeconômicos e ambientais. 2008. 178 p.

COTTAS, L.R. - 1983. **Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro - SP**. São Paulo, SP. 171 p., 2 v. (Tese de Doutorado -Instituto de Geociências/ USP).

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Estudo de Águas Subterrâneas, Região Administrativa 5 (Campinas), SP**. São Paulo. 1981.

FEITOSA, F. A. C; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 2ª Ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID – UFPE, 2000. 391 p.

FETTER, C. W. **Applied Hydrogeology**. 3a ed. New Jersey: Prentice Hall, 1994. 691 p.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Avaliação do risco de poluição das águas subterrâneas**: uma metodologia baseada em conceitos existentes. Organização Mundial da Saúde, Organização Panamericana de Saúde, Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências Ambientais. Lima, 78 p. 1988.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities and Environment Agencies**. The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank. 2002.

FRANCISCO, R. F. **Avaliação da Vulnerabilidade Natural à Contaminação do Sistema Aquífero Bauru, na Região Centro-Sul do Estado de São Paulo**. 2013. 116 p. Tese (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Cemitérios como Fonte Potencial de Contaminação das Águas Subterrâneas na Região de Cuiabá e Várzea Grande (MT)**. Relatório Final. Brasília, 2007.

GOWLER, A. Underground purification capacity. **IAHS Publishers**, v. 2, n. 142, p.1063-1072.1983. In: FRANCISCO, R. F. **Avaliação da Vulnerabilidade**

Natural à Contaminação do Sistema Aquífero Bauru, na Região Centro-Sul do Estado de São Paulo. 2013. 116 p. Tese (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico -2008. Rio de Janeiro, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População Residente nos Municípios Brasileiros com Data de Referência em 1º de Julho de 2013.** Site do IBGE. 2014. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2013/populacoes_estimativas_municipios_TCU_31_10_2013.pdf>. Acesso em: 17 Ago. 2014.

IG/CETESB/DAEE. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo.** IG/CETESB/DAEE. v.1. 144 p. 1997.

IG. **Folha Geológica de Rio Claro – SP – 1: 50.000.** Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais, Instituto Geológico. 1986.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1981. 93p.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo.** São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente – SMA, 2008. 104p.

MARANHÃO, D.; TEIXEIRA, C. A.; TEIXEIRA, T. M. A. **Procedimentos de Investigação e Avaliação da Contaminação em Postos de Combustíveis, Utilizando Metodologias de Análise de Risco: Aplicação da ACBR em Estudo de Caso na RMS.** UFBA, Salvador, 2007. Disponível em <http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/monografias/mono_denise_carlos_tiago.pdf> Acesso em 10 Nov 2014.

MONTEIRO. C.A.F. - 1973. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo.** Instituto de Geografia - USP, São Paulo. 130 p.

OLIVA, A. 2002. **Estudo hidrogeológico da Formação Rio Claro no município de Rio Claro – SP.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP, Campus de Rio Claro. 137 p.

OLIVA, A. 2006. **Estudo hidrofaciológico do Aquífero de Rio Claro no município de Rio Claro – SP.** 2006. Tese de doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP, Campus de Rio Claro, 244 p.

OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, 1998. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. P- 117 a 121.

ORELLANA, E. **Prospección geoeletrica em corriente continua**. Madrid: Paraninfo, Biblioteca Tecnica Philips, 1972. 523 p. in FRANCISCO, R. F. **Avaliação da Vulnerabilidade Natural à Contaminação do Sistema Aquífero Bauru, na Região Centro-Sul do Estado de São Paulo**. 2013, 116p. Tese de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2013.

PEDROSA, C. A; CAETANO, F. A. **Águas Subterrâneas**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Informações Hidrogeológicas, 2002. 85p. Disponível em <www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/InfoHidrologicas/aguasSubterr/EstudoAguaSubterraneasANA22-08-02.doc> Acesso em 15 Nov 2014.

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da depressão periférica paulista**. 1976. 86 p. Serie Monografias - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, Rio Claro, 1976.

PERALTA, E. A; Frances, A. P; Ribeiro, L. F. **Avaliação da Vulnerabilidade do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja e Análise Crítica das Redes de Monitorização no Contexto da Directiva Quadro da Água**. 7º SILUSBA (Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa) – Évora, 2005.

PERINOTTO, J. A. LINO, I. C. **Geologia, recursos minerais e passivos ambientais. Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí**. 2010. Disponível em: <<http://ceapla.rc.unesp.br/atlas/atlas.html>>. Acesso em: 11 out. 2010.

PERINOTTO, J. A. J.; ZAINÉ, M. F. , 1996. **Evolução de Paisagens no Decorrer do Tempo em Rio Claro, SP**.

PERINOTTO, J. A. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; ZAINÉ, J. E.; SAAD, A. R. **Nova Contribuição ao Conhecimento da Formação Rio Claro (T) na Folha de Rio Claro (SP)**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 25, n. 3, p. 297 – 306, 2006.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Ranking decrescente do IDH-M dos municípios do Brasil**. Atlas do Desenvolvimento Humano. (2010). Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/arquivos/ranking-idhm-2010.pdf>>. Acesso em: 27 Mai. 14.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2 ed. São Paulo: Escrituras, 2002. 704 p.

SÃO PAULO. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, Conselho Estadual de Recursos Hídricos, **Legislação sobre recursos hídricos**. São Paulo, 72p.,1994.

SOLIMAN, M. M. et al. Hydrogeology. In: SOLIMAN, M. M. (Org). **Environmental Hidrogeology**. Florida: Lewis Publishers, 1998. p. 37 – 80.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.) Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568 p.

TOLEDO, C. E. V. **Análise Paleoictiológica da Formação Corumbataí na Região de Rio Claro, Estado de São Paulo**. 2001. Dissertação de Mestrado em Geologia Regional. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP Rio Claro, 2001.

TODD, D. K. **Groundwater hydrology**. New York: Wiley, 1959. 535 p.

TROPPEMAIR, H. 1992. **Atlas da qualidade ambiental e de vida de Rio Claro - SP**.

Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP. 72p

TROPPEMAIR, H. Regiões ecológicas do Estado de São Paulo. **Série bioecografia**. Instituto de Geografia, n.10, p.1-23, 1975.

TUCCI, C. E. M. (Org.) Hidrologia: ciência e aplicação. In: SILVEIRA, A. L. L. da. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 4ª Ed, 2000. Cap.2, p. 35-52. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4)

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, IIE, 2003. Limnologia e gerenciamento integrado de recursos hídricos: avanços conceituais e metodológicos. **Ciência & Ambiente**, v. 1, n. 21, p. 9-20, 2000.

USGS – United States Geological Survey. **The Water Cycle**. Disponível em <http://water.usgs.gov/edu/watercycle.html> Acesso em 08 Ago 2014.

VARNIER, C. IG – Instituto Geológico /SMA – Secretaria do Meio Ambiente. **Importância das Águas Subterrâneas: Fontes de Contaminação, Qualidade e Saúde Humana**. Ciclo de Palestras do Museu Geológico Valdemar Lefèvre (MUGEO) Junho, 2008. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/institutogeologico/files/2012/03/plstr_aguasubterranea.pdf> Acesso em 02 Dez 2014.

VELOSO, H.P. **Sistema fitogeográfico**. In: IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. p.8-38. (Série Manuais Técnicos em Geociências, 1). 1992.

ZAINE, J. E. **Geologia da Formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP)**. 1994. 97p. Tese (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1994.

ZAINE, J. E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método de detalhamento progressivo: Ensaio de Aplicação na Área Urbana do Município de Rio Claro (SP)**. 2000. 189p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

ANEXO I

Tabela 6. Fontes Pontenciais Contaminantes na zona urbana de Rio Claro – SP.

Fontes Potenciais Contaminantes - Rio Claro					
Empreendimento	Endereço	Coordenada	Coordenada	Tipo de Atividade	Símbolo
Cemitério Municipal de RC	Av. 23 nº 721	-22.422974	-47.570192	Cemitério	Δ
Cemitério e Velório Parque das Palmeiras	Av 53 Particular , 378 - Jd Resid Copacabana	-22.432122	-47.554756	Cemitério	Δ
Cemitério Evangélico de Rio Claro	Rua 7 - São Benedito	-22.420979	-47.559108	Cemitério	Δ
Aterro Sanitário RC	Jardim Novo	-22.464992	-47.582005	Resíduo	◇
Auto Posto Rio Clarense	R. 22 Be, 748-828 - Estádio	-22.432531	-47.569553	Posto de Combustível	●
Infinito Auto Posto	Av. Marginal Presidente Kennedy, 947 - Estádio	-22.430548	-47.566656	Posto de Combustível	●
Auto Posto RS Rio Claro	R. 20 Be 900 - Ch Lusa	-22.428527	-47.569755	Posto de Combustível	●
Posto Cidade Jardim de Rio Claro	Avenida Vinte e Nove, 796 - Cidade Jardim	-22.427743	-47.572424	Posto de Combustível	●
Auto Posto Três Irmãos Rio Claro	R. 9 Cj, 260	-22.425749	-47.559624	Posto de Combustível	●
Auto Posto Xororó	R. 6, 3641	-22.42002	-47.559002	Posto de Combustível	●
Auto Posto Figuerona	Av. 13, 937 - São Benedito	-22.416807	-47.562049	Posto de Combustível	●
Auto Posto Barros e Pedroso de Rio Claro	Av. Condé Francisco Matarazzo Júnior, 205 - Vila Paulista	-22.412998	-47.554817	Posto de Combustível	●
Posto Petrobrás	Av. Pres. Tancredo de Almeida Neves, 717 - Cidade Claret	-22.418449	-47.575864	Posto de Combustível	●
Auto Posto Sereia	Av. 13, 480 - Saude	-22.415363	-47.559061	Posto de Combustível	●
Posto Petrobrás	Av. Condé Francisco Matarazzo Júnior - Vila Paulista	-22.411884	-47.555668	Posto de Combustível	●
Posto Rio Claro Center Shopping	Rua 1B, 32 - Cidade Nova	-22.411192	-47.555681	Posto de Combustível	●

Empreendimento	Endereço	Coordenada	Coordenada	Tipo de Atividade	Símbolo
Auto Posto Caturama Ltda	Av. Pres. Tancredo de Almeida Neves, 581 - Cidade Claret	-22.416458	-47.57347	Posto de Combustível	●
Arthur Mackey & Cia Ltda	Av. 32, 74	-22.398196	-47.576209	Posto de Combustível	●
Posto Ipiranga	Avenida 5, 167 - Centro	-22.411687	-47.559073	Posto de Combustível	●
Auto Posto San Marino	R. 8, 1225	-22.412726	-47.563756	Posto de Combustível	●
Auto Poços e Serviços Andorinha	R. 4, 767	-22.409889	-47.565617	Posto de Combustível	●
Auto Posto Milano	R. 14, 134	-22.40552	-47.572825	Posto de Combustível	●
Posto Bremen	Av. Ulisses Guimarães, 1174 - Vila Indaia	-22.403508	-47.552402	Posto de Combustível	●
Auto Posto Santana	Av. 40, 1077 - Santana	-22.393177	-47.566714	Posto de Combustível	●
Auto Posto Petecão	R. Quatorze, 3447 - Jardim Alto do Santana	-22.396648	-47.576799	Posto de Combustível	●
Auto Posto Laguna Rio Claro	Avenida Visconde Rio Claro, 2081	-22.423766	-47.577389	Posto de Combustível	●
Auto Posto Inocoop	R. 1 Ji, 458 - Jardim Inocoop	-22.425948	-47.579923	Posto de Combustível	●
Auto Posto Karango	R. Jacutinga, 1361	-22.385161	-47.584644	Posto de Combustível	●
Auto Posto Cherveson	R. Seis, 490 - Cherveson	-22.382919	-47.574044	Posto de Combustível	●
Auto Posto Papalegua Rio Claro	R. Jacutinga, 2132 - Araucaria	-22.378839	-47.58918	Posto de Combustível	●
Auto Posto Danove	R. Nove, 470 - São Benedito	-22.37744	-47.58049	Posto de Combustível	●
Auto Posto Horácio	Rodovia Anel Viário, 650	-22.37588	-47.550299	Posto de Combustível	●
Posto Abastece Rio Claro	Av. 78 A, 51	-22.37904	-47.542317	Posto de Combustível	●
Auto Posto Petro Sol Rio Claro	R. José Felício Castelano, 1601 - Jardim America	-22.378452	-47.54416	Posto de Combustível	●
Auto Posto Águas Claras Rio Claro	Av. dos Estudantes, 1851 - Parque Mae Preta	-22.375563	-47.540435	Posto de Combustível	●
Auto Posto Cacareco	Av. Brasil, 4400 - Distrito Industrial	-22.364462	-47.552845	Posto de Combustível	●

Fonte: Elaborado pelo autor.

ANEXO II

Tabela 7. Relação de empreendimentos causadores de contaminação do meio físico na zona urbana de Rio Claro suas respectivas características (2004).

2004		5 ao total na Zona Urbana								
Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Auto Posto Malibu de Rio Claro Ltda	Rua 6, 1875 - Centro	235.893,00	7.520.240,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Íneos Silica Brasil Ltda.	Rua P-5, 1223 - Vila Paulista	237.604,00	7.518.330,00	Indústria	Investigação Confirmatória, detalhada e avaliação de risco.	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Subsolo	Monitoramento do índice de explosividade	-
Nheel Química Ltda.	Washington Luiz, Km 176 - Jd Centenário	233.475,00	7.519.157,00	Indústria	Investigação confirmatória	Descarte disposição; produção	Metais, outros inorgânicos	Solo superficial; águas subterrâneas; águas superficiais; sedimentos	Monitoramento ambiental	-
Nheel Química Ltda.	Estrada Municipal RC - Araras, Km 7	241.276,00	7.523.116,00	Resíduo	Investigação confirmatória	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Águas subterrâneas	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo.	-
Owens Corning Fiberglas A. S. Ltda.	Av Brasil, 2567 - Distrito Industrial	237.661,37	7.524.481,50	Resíduo	Investigação confirmatória; concepção/projeto da remediação	Descarte disposição	Metais	Águas superficiais	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo; restrição uso água subterrânea; proibição de escavações.	Cobertura de resíduos/solo contaminado; atenuação natural monitorada

Fonte: CETESB (2005). Elaborado pelo autor.

Tabela 8. Relação de empreendimentos causadores de contaminação do meio físico na zona urbana de Rio Claro suas respectivas características (2005).

2005	6 ao total na Zona Urbana									
Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Auto Posto Malibu de Rio Claro Ltda	Rua 6, 1875 - Centro	235.893,00	7.520.240,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Íneos Sílica Brasil Ltda.	Rua P-5, 1223 - Vila Paulista	237.604,00	7.518.330,00	Indústria	Investigação Confirmatória, detalhada e avaliação de risco.	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Subsolo	Monitoramento do índice de explosividade	-
Nheel Química Ltda.	Washington Luiz, Km 176 – Jd Centenário	233.475,00	7.519.157,00	Indústria	Investigação confirmatória	Descarte disposição; produção	Metais, outros inorgânicos	Solo superficial; águas subterrâneas; águas superficiais; sedimentos	Monitoramento ambiental	-
Nheel Química Ltda.	Estrada Municipal RC - Araras, Km 7	241.276,00	7.523.116,00	Resíduo	Investigação confirmatória	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Águas subterrâneas	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo.	-
Owens Corning Fiberglas A. S. Ltda.	Av Brasil, 2567 - Distrito Industrial	237.661,37	7.524.481,50	Resíduo	Investigação confirmatória; concepção/projeto da remediação	Descarte disposição	Metais	Águas superficiais	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo; restrição uso água subterrânea; proibição de escavações.	Cobertura de resíduos/solo contaminado; atenuação natural monitorada
Prema Tecnologia e Comércio S. A.	Horto Florestal, s/n – Vila Paulista	23.797.3,00	7.519.484,00	Indústria	Investigação confirmatória	Armazenagem; produção; manutenção.	Metais	Solo superficial; águas subterrâneas	Monitoramento ambiental	-

Fonte: CETESB (2006). Elaborado pelo autor.

Tabela 9. Relação de empreendimentos causadores de contaminação do meio físico na zona urbana de Rio Claro suas respectivas características (2006).

2006	6 ao total na Zona Urbana									
Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Auto Posto Malibu de Rio Claro Ltda	Rua 6, 1875 - Centro	235.893,00	7.520.240,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Íneos Sílica Brasil Ltda.	Rua P-5, 1223 - Vila Paulista	237.604,00	7.518.330,00	Indústria	Investigação Confirmatória, detalhada e avaliação de risco.	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Subsolo	Monitoramento do índice de explosividade	-
Nheel Química Ltda.	Washington Luiz, Km 176 – Jd Centenário	233.475,00	7.519.157,00	Indústria	Investigação confirmatória	Descarte disposição; produção	Metais, outros inorgânicos	Solo superficial; águas subterrâneas; águas superficiais; sedimentos	Monitoramento ambiental	-
Nheel Química Ltda.	Estrada Municipal RC - Araras, Km 7	241.276,00	7.523.116,00	Resíduo	Investigação confirmatória	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Águas subterrâneas	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo.	-
Owens Corning Fiberglas A. S. Ltda.	Av Brasil, 2567 - Distrito Industrial	237.661,37	7.524.481,50	Resíduo	Investigação confirmatória; concepção/projeto da remediação	Descarte disposição	Metais	Águas superficiais	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo; restrição uso água subterrânea; proibição de escavações.	Cobertura de resíduos/solo contaminado; atenuação natural monitorada
Prema Tecnologia e Comércio S. A.	Horto Florestal, s/n – Vila Paulista	23.797.3,00	7.519.484,00	Indústria	Investigação confirmatória	Armazenagem; produção; manutenção.	Metais	Solo superficial; águas subterrâneas	Monitoramento ambiental	-

Fonte: CETESB (2007). Elaborado pelo autor.

Tabela 10. Relação de empreendimentos causadores de contaminação do meio físico na zona urbana de Rio Claro suas respectivas características (2007).

2007	10 ao total na Zona Urbana									
Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Auto Posto Cobrão Ltda.	Av 50A, 76 - Jardim América	23.236.756,00	7.522.188,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; avaliação de risco; remediação em andamento com monitoramento.	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs; existência de fase livre	Solo superficial; águas subterrâneas	-	Bombeamento e tratamento; recuperação de fase livre
Auto Posto Copacabana Ltda.	Av 29, 908 - Cidade Jardim	236.477,70	7.518.098,56	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada; avaliação de risco	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Malibu de Rio Claro Ltda	Rua 6, 1875 - Centro	235.893,00	7.520.240,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Íneos Silica Brasil Ltda.	Rua P-5, 1223 - Vila Paulista	237.604,00	7.518.330,00	Indústria	Investigação Confirmatória, detalhada e avaliação de risco.	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Subsolo	Monitoramento do índice de explosividade	-
Nheel Química Ltda.	Washington Luiz, Km 176 – Jd Centenário	233.475,00	7.519.157,00	Indústria	Investigação confirmatória	Descarte disposição; produção	Metais, outros inorgânicos	Solo superficial; águas subterrâneas; águas superficiais; sedimentos	Monitoramento ambiental	-
Nheel Química Ltda.	Estrada Municipal RC - Araras, Km 7	241.276,00	7.523.116,00	Resíduo	Investigação confirmatória	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Águas subterrâneas	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo.	-
Owens Corning Fiberglas A. S. Ltda.	Av Brasil, 2567 - Distrito Industrial	237.661,37	7.524.481,50	Resíduo	Investigação confirmatória; concepção/projeto da remediação	Descarte disposição	Metais	Águas superficiais	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo; restrição uso água subterrânea; proibição de escavações.	Cobertura de resíduos/solo contaminado; atenuação natural monitorada
Posto Claret Ltda. – Matriz	Av Pr Tancredo Neves, 400 - Cidade Claret	23.513.67,00	7.518.926,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
Posto de Serviços e Abastecimento JLF Ltda.	Av 29, 796 - Vila Sto Antônio	23.6601,00	7.518.158,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Prema Tecnologia e Comércio S. A.	Horto Florestal, s/n – Vila Paulista	23.797.3,00	7.519.484,00	Indústria	Investigação confirmatória	Armazenagem; produção; manutenção.	Metais	Solo superficial; águas subterrâneas	Monitoramento ambiental	-

Fonte: CETESB (2008). Elaborado pelo autor.

Tabela 11. Relação de empreendimentos causadores de contaminação do meio físico na zona urbana de Rio Claro suas respectivas características (2008).

2008	11 ao total na Zona Urbana									
Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Auto Posto Cobrão Ltda.	Av 50A, 76 - Jardim América	236.756,00	7.522.188,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; avaliação de risco; remediação em andamento com monitoramento.	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs; existência de fase livre	Solo superficial; águas subterrâneas	-	Bombeamento e tratamento; recuperação de fase livre
Auto Posto Copacabana Ltda.	Av 29, 908 - Cidade Jardim	236.477,70	7.518.098,56	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada; avaliação de risco	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Malibu de Rio Claro Ltda	Rua 6, 1875 - Centro	235.893,00	7.520.240,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Xurunga Ltda.	Av 14, 1346 - Centro	235.180,00	7.519.929,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo	-	-
Íneos Silica Brasil Ltda.	Rua P-5, 1223 - Vila Paulista	237.604,00	7.518.330,00	Indústria	Investigação Confirmatória, detalhada e avaliação de risco.	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Subsolo	Monitoramento do índice de explosividade	-
Nheel Química Ltda.	Washington Luiz, Km 176 – Jd Centenário	233.475,00	7.519.157,00	Indústria	Investigação confirmatória	Descarte disposição; produção	Metais, outros inorgânicos	Solo superficial; águas subterrâneas; águas superficiais; sedimentos	Monitoramento ambiental	-
Nheel Química Ltda.	Estrada Municipal RC - Araras, Km 7	241.276,00	7.523.116,00	Resíduo	Investigação confirmatória	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Águas subterrâneas	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo.	-
Owens Corning Fiberglas A. S. Ltda.	Av Brasil, 2567 - Distrito Industrial	237.661,37	7.524.481,50	Resíduo	Investigação confirmatória; concepção/projeto da remediação	Descarte disposição	Metais	Águas superficiais	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo; restrição uso água subterrânea; proibição de escavações.	Cobertura de resíduos/solo contaminado; atenuação natural monitorada
Posto Claret Ltda. – Matriz	Av Pr Tancredo Neves, 400 - Cidade Claret	23.513.67,00	7.518.926,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
Posto de Serviços e Abastecimento JLF Ltda.	Av 29, 796 - Vila Sto Antônio	23.6601,00	7.518.158,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Prema Tecnologia e Comércio S. A.	Horto Florestal, s/n – Vila Paulista	23.797.3,00	7.519.484,00	Indústria	Investigação confirmatória	Armazenagem; produção; manutenção.	Metais	Solo superficial; águas subterrâneas	Monitoramento ambiental	-

Fonte: CETESB (2009). Elaborado pelo autor.

Tabela 12. Relação de empreendimentos causadores de contaminação do meio físico na zona urbana de Rio Claro suas respectivas características (2009).

2009	20 áreas contaminadas									
Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Auto Posto Cobrão Ltda.	Av 50A, 76 - Jardim América	236.756,00	7.522.188,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; avaliação de risco; remediação em andamento com monitoramento.	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs; existência de fase livre	Solo superficial; águas subterrâneas	-	Bombeamento e tratamento; recuperação de fase livre
Auto Posto Copacabana Ltda.	Av 29, 908 - Cidade Jardim	236.477,70	7.518.098,56	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada; avaliação de risco	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Jordão Ltda.	Rua 14, 405 - Jardim Olímpico	234.665,77	7.521.089,29	Posto de Combustível	Investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Malibu de Rio Claro Ltda	Rua 6, 1875 - Centro	235.893,00	7.520.240,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Paraquedista Ltda	Rua 14, 603 - Jardim Etádio	235.669,37	7.518.543,92	Posto de Combustível	Investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Unicar V Ltda.	Rua 1, 877 - Centro	236.751,84	7.519.387,87	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Xurunga Ltda.	Av 14, 1346 - Centro	235.180,00	7.519.929,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo	-	-
Centro Automotivo Mc Laren	Av 10A, 394- Vila Indaiá	237.202,00	7.520.260,00	Posto de Combustível	Investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Comercial de Combustíveis Apollo Rio Claro Ltda.	Rua 9, 260 - Centro	236.239,94	7.518.565,09	Posto de Combustível	Investigação confirmatória; investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Felipe A F Bridigo	Rua 14, 2581 - Jardim São Paulo	234.823,67	7.520.677,75	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Íneos Sílica Brasil Ltda.	Rua P-5, 1223 - Vila Paulista	237.604,00	7.518.330,00	Indústria	Investigação Confirmatória, detalhada e avaliação de risco.	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Subsolo	Monitoramento do índice de explosividade	-
Nheel Química Ltda.	Washington Luiz, Km 176 – Jd Centenário	233.475,00	7.519.157,00	Indústria	Investigação confirmatória	Descarte disposição; produção	Metais, outros inorgânicos	Solo superficial; águas subterrâneas; águas superficiais; sedimentos	Monitoramento ambiental	-
Nheel Química Ltda.	Estrada Municipal RC - Araras, Km 7	241.276,00	7.523.116,00	Resíduo	Investigação confirmatória	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Águas subterrâneas	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo.	-

Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Owens Corning Fibreglas A. S. Ltda.	Av Brasil, 2567 - Distrito Industrial	237.661,37	7.524.481,50	Resíduo	Investigação confirmatória; concepção/projeto da remediação	Descarte disposição	Metais	Águas superficiais	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo; restrição uso água subterrânea; proibição de escavações.	Cobertura de resíduos/solo contaminado; atenuação natural monitorada
Posto Claret Ltda. – Matriz	Av Pr Tancredo Neves, 400 - Cidade Claret	23.513.67,00	7.518.926,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
Posto Claret Ltda.	Av Brasil, 2277 - Jardim Floridiana	236.872,37	7.523.472,21	Posto de Combustível	Investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo; Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Posto de Serviços e Abastecimento JLF Ltda.	Av 29, 796 - Vila Sto Antônio	23.6601,00	7.518.158,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Posto Rio Claro Ltda.	Av 4, 22 - Centro	236.576,41	7.519.815,80	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
Prema Tecnologia e Comércio S. A.	Horto Florestal, s/n – Vila Paulista	23.797.3,00	7.519.484,00	Indústria	Investigação confirmatória	Armazenagem; produção; manutenção.	Metais	Solo superficial; águas subterrâneas	Monitoramento ambiental	-
Zovico e Cia Ltda.	Rua 1, 2622 - Vila Aparecida	236.046,70	7.521.022,28	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada e plano de intervenção; medidas para eliminação de vazamento	Armazenagem; desconhecida	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre

Fonte: CETESB (2010). Elaborado pelo autor.

Tabela 13. Relação de empreendimentos causadores de contaminação do meio físico na zona urbana de Rio Claro suas respectivas características (2010).

2010	23 áreas contaminadas na Zona Urbana									
Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Auto Posto Cobrão Ltda.	Av 50A, 76 - Jardim América	236.756,00	7.522.188,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; avaliação de risco; remediação em andamento com monitoramento.	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs; existência de fase livre	Solo superficial; águas subterrâneas	-	Bombeamento e tratamento; recuperação de fase livre
Auto Posto Confiante 4 Ltda.	Ros Washington Luiz, Km 175, 336 - Jd Rio Claro	234.172,33	7.518.989,54	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; avaliação da ocorrência	Armazenagem	Combustível líquido	Solo superficial; subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Jordão Ltda.	Rua 14, 405 - Jardim Olímpico	234.665,77	7.521.089,29	Posto de Combustível	Investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Malibu de Rio Claro Ltda	Rua 6, 1875 - Centro	235.893,00	7.520.240,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Paraquedista Ltda	Rua 14, 603 - Jardim Etádio	235.669,37	7.518.543,92	Posto de Combustível	Investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Unicar V Ltda.	Rua 1, 877 - Centro	236.751,84	7.519.387,87	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Xurunga Ltda.	Av 14, 1346 - Centro	235.180,00	7.519.929,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo	-	-
Centro Automotivo Mc Laren	Av 10A, 394 - Vila Indaiá	237.202,00	7.520.260,00	Posto de Combustível	Investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Comercial de combustíveis Apollo Rio Claro Ltda.	Av. 29, 908 - Cidade Jardim	236.477,70	7.518.098,56	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Comercial de Combustíveis Apollo Rio Claro Ltda.	Rua 9, 260 - Centro	236.239,94	7.518.565,09	Posto de Combustível	Investigação confirmatória; investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
E. Garcia Comércio de Combustíveis Ltda.	Rua 22, 660 - Jardim Claret	234.896,00	7.518.616,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Felipe A F Bridigo	Rua 14, 2581 - Jardim São Paulo	234.823,67	7.520.677,75	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Loteamento Residencial Parque Flórida	Rodovia Vicinal SP 318 s/n - Pq Jequetiba	235.630,54	7.519.377,08	Resíduo	Avaliação preliminar; investigação confirmatória; investigação detalhada; avaliação/gerenciamento de risco	Descarte disposição	Metais; metanos/outros vapores/gases	Subsolo; águas subterrâneas	-	-

Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Nheel Química Ltda.	Washington Luiz, Km 176 – Jd Centenário	233.475,00	7.519.157,00	Indústria	Investigação confirmatória	Descarte disposição; produção	Metais, outros inorgânicos	Solo superficial; águas subterrâneas; águas superficiais; sedimentos	Monitoramento ambiental	-
Nheel Química Ltda.	Estrada Municipal RC - Araras, Km 7	241.276,00	7.523.116,00	Resíduo	Investigação confirmatória	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Águas subterrâneas	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo.	-
Owens Corning Fiberglas A. S. Ltda.	Av Brasil, 2567 - Distrito Industrial	237.661,37	7.524.481,50	Resíduo	Investigação confirmatória; concepção/projeto da remediação	Descarte disposição	Metais	Águas superficiais	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo; restrição uso água subterrânea; proibição de escavações.	Cobertura de resíduos/solo contaminado; atenuação natural monitorada
Posto Claret Ltda. – Matriz	Av Pr Tancredo Neves, 400 - Cidade Claret	23.513.67,00	7.518.926,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
Posto Claret Ltda.	Av Brasil, 2277 - Jardim Floridiana	236.872,37	7.523.472,21	Posto de Combustível	Investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo; Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Posto de Serviços e Abastecimento JLF Ltda.	Av 29, 796 - Vila Sto Antônio	23.6601,00	7.518.158,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Posto Rio Claro Ltda.	Av 4, 22 - Centro	236.576,41	7.519.815,80	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
PQ Sílicas Brazil Ltda.	Rua P-5, 1223 - Vila Paulista	237.604,00	7.518.330,00	Indústria	Investigação confirmatória; investigação detalhada; concepção da remediação; avaliação/gerenciamento de risco	Produção; descarte disposição	Metais; fenóis; outros inorgânicos	Subsolo; águas subterrâneas	Isolamento da área; proibição de escavações; proibição de consumo de alimentos	-
Prema Tecnologia e Comércio S. A.	Horto Florestal, s/n – Vila Paulista	23.797.3,00	7.519.484,00	Indústria	Investigação confirmatória	Armazenagem; produção; manutenção.	Metais	Solo superficial; águas subterrâneas	Monitoramento ambiental	-
Zovico e Cia Ltda.	Rua 1, 2622 - Vila Aparecida	236.046,70	7.521.022,28	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada e plano de intervenção; medidas para eliminação de vazamento	Armazenagem; desconhecida	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre

Fonte: CETESB (2011). Elaborado pelo autor.

Tabela 14. Relação de empreendimentos causadores de contaminação do meio físico na zona urbana de Rio Claro suas respectivas características (2011).

2011	22 áreas contaminadas na Zona Urbana									
Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Auto Posto Cobrão Ltda.	Av 50A, 76 - Jardim América	236.756,00	7.522.188,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; avaliação de risco; remediação em andamento com monitoramento.	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs; existência de fase livre	Solo superficial; águas subterrâneas	-	Bombeamento e tratamento; recuperação de fase livre
Auto Posto Confiante 4 Ltda.	Ros Washington Luiz, Km 175, 336 - Jd Rio Claro	234.172,33	7.518.989,54	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; avaliação da ocorrência	Armazenagem	Combustível líquido	Solo superficial; subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Jordão Ltda.	Rua 14, 405 - Jardim Olímpico	234.665,77	7.521.089,29	Posto de Combustível	Investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Malibu de Rio Claro Ltda	Rua 6, 1875 - Centro	235.893,00	7.520.240,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Paraquedas Ltda	Rua 14, 603 - Jardim Etádio	235.669,37	7.518.543,92	Posto de Combustível	Investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Unicar V Ltda.	Rua 1, 877 - Centro	236.751,84	7.519.387,87	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Xurunga Ltda.	Av 14, 1346 - Centro	235.180,00	7.519.929,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo	-	-
Centro Automotivo Mc Laren	Av 10A, 394 - Vila Indaiá	237.202,00	7.520.260,00	Posto de Combustível	Investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Comercial de combustíveis Apollo Rio Claro Ltda.	Av. 29, 908 - Cidade Jardim	236.477,70	7.518.098,56	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
E. Garcia Comércio de Combustíveis Ltda.	Rua 22, 660 - Jardim Claret	234.896,00	7.518.616,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Felipe A F Bridgo	Rua 14, 2581 - Jardim São Paulo	234.823,67	7.520.677,75	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Loteamento Residencial Parque Flórida	Rodovia Vicinal SP 318 s/n - Pq Jequetiba	235.630,54	7.519.377,08	Resíduo	Avaliação preliminar; investigação confirmatória; investigação detalhada; avaliação/gerenciamento de risco	Descarte disposição	Metais; metanos/outras vapores/gases	Subsolo; águas subterrâneas	-	-

Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Nheel Química Ltda.	Washington Luiz, Km 176 – Jd Centenário	233.475,00	7.519.157,00	Indústria	Investigação confirmatória	Descarte disposição; produção	Metais, outros inorgânicos	Solo superficial; águas subterrâneas; águas superficiais; sedimentos	Monitoramento ambiental	-
Nheel Química Ltda.	Estrada Municipal RC - Araras, Km 7	241.276,00	7.523.116,00	Resíduo	Investigação confirmatória	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Águas subterrâneas	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo.	-
Owens Corning Fiberglas A. S. Ltda.	Av Brasil, 2567 - Distrito Industrial	237.661,37	7.524.481,50	Resíduo	Investigação confirmatória; concepção/projeto da remediação	Descarte disposição	Metais	Águas superficiais	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo; restrição uso água subterrânea; proibição de escavações.	Cobertura de resíduos/solo contaminado; atenuação natural monitorada
Posto Claret Ltda. – Matriz	Av Pr Tancredo Neves, 400 - Cidade Claret	23.513.67,00	7.518.926,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
Posto Claret Ltda.	Av Brasil, 2277 - Jardim Floridiana	236.872,37	7.523.472,21	Posto de Combustível	Investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo; Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Posto de Serviços e Abastecimento JLF Ltda.	Av 29, 796 - Vila Sto Antônio	23.6601,00	7.518.158,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Posto Rio Claro Ltda.	Av 4, 22 - Centro	236.576,41	7.519.815,80	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
PQ Sílicas Brazil Ltda.	Rua P-5, 1223 - Vila Paulista	237.604,00	7.518.330,00	Indústria	Investigação confirmatória; investigação detalhada; concepção da remediação; avaliação/gerenciamento de risco	Produção; descarte disposição	Metais; fenóis; outros inorgânicos	Subsolo; águas subterrâneas	Isolamento da área; proibição de escavações; proibição de consumo de alimentos	-
Prema Tecnologia e Comércio S. A.	Horto Florestal, s/n – Vila Paulista	23.797.3,00	7.519.484,00	Indústria	Investigação confirmatória	Armazenagem; produção; manutenção.	Metais	Solo superficial; águas subterrâneas	Monitoramento ambiental	-
Zovico e Cia Ltda.	Rua 1, 2622 - Vila Aparecida	236.046,70	7.521.022,28	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada e plano de intervenção; medidas para eliminação de vazamento	Armazenagem; desconhecida	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre

Fonte: CETESB (2012). Elaborado pelo autor.

Tabela 15. Relação de empreendimentos causadores de contaminação do meio físico na zona urbana de Rio Claro suas respectivas características (2012).

2012	22 áreas contaminadas na Zona Urbana									
Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Auto Posto Cobrão Ltda.	Av 50A, 76 - Jardim América	236.756,00	7.522.188,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; avaliação de risco; remediação em andamento com monitoramento.	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs; existência de fase livre	Solo superficial; águas subterrâneas	-	Bombeamento e tratamento; recuperação de fase livre
Auto Posto Confiante 4 Ltda.	Ros Washington Luiz, Km 175, 336 - Jd Rio Claro	234.172,33	7.518.989,54	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; avaliação da ocorrência	Armazenagem	Combustível líquido	Solo superficial; subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Jordão Ltda.	Rua 14, 405 - Jardim Olímpico	234.665,77	7.521.089,29	Posto de Combustível	Investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Malibu de Rio Claro Ltda	Rua 6, 1875 - Centro	235.893,00	7.520.240,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Paraquedista Ltda	Rua 14, 603 - Jardim Etádio	235.669,37	7.518.543,92	Posto de Combustível	Investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Unicar V Ltda.	Rua 1, 877 - Centro	236.751,84	7.519.387,87	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Xurunga Ltda.	Av 14, 1346 - Centro	235.180,00	7.519.929,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo	-	-
Centro Automotivo Mc Laren	Av 10A, 394 - Vila Indaiá	237.202,00	7.520.260,00	Posto de Combustível	Investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Comercial de combustíveis Apollo Rio Claro Ltda.	Av. 29, 908 - Cidade Jardim	236.477,70	7.518.098,56	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
E. Garcia Comércio de Combustíveis Ltda.	Rua 22, 660 - Jardim Claret	234.896,00	7.518.616,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Felipe A F Bridigo	Rua 14, 2581 - Jardim São Paulo	234.823,67	7.520.677,75	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Loteamento Residencial Parque Flórida	Rodovia Vicinal SP 318 s/n - Pq Jequetiba	235.630,54	7.519.377,08	Resíduo	Avaliação preliminar; investigação confirmatória; investigação detalhada; avaliação/gerenciamento de risco	Descarte disposição	Metais; metanos/outras vapores/gases	Subsolo; águas subterrâneas	-	-

Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Nheel Química Ltda.	Washington Luiz, Km 176 – Jd Centenário	233.475,00	7.519.157,00	Indústria	Investigação confirmatória	Descarte disposição; produção	Metais, outros inorgânicos	Solo superficial; águas subterrâneas; águas superficiais; sedimentos	Monitoramento ambiental	-
Nheel Química Ltda.	Estrada Municipal RC - Araras, Km 7	241.276,00	7.523.116,00	Resíduo	Investigação confirmatória	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Águas subterrâneas	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo.	-
Owens Corning Fiberglas A. S. Ltda.	Av Brasil, 2567 - Distrito Industrial	237.661,37	7.524.481,50	Resíduo	Investigação confirmatória; concepção/projeto da remediação	Descarte disposição	Metais	Águas superficiais	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo; restrição uso água subterrânea; proibição de escavações.	Cobertura de resíduos/solo contaminado; atenuação natural monitorada
Posto Claret Ltda. – Matriz	Av Pr Tancredo Neves, 400 - Cidade Claret	23.513.67,00	7.518.926,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
Posto Claret Ltda.	Av Brasil, 2277 - Jardim Floridiana	236.872,37	7.523.472,21	Posto de Combustível	Investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo; Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Posto de Serviços e Abastecimento JLF Ltda.	Av 29, 796 - Vila Sto Antônio	23.6601,00	7.518.158,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Posto Rio Claro Ltda.	Av 4, 22 - Centro	236.576,41	7.519.815,80	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
PQ Sílicas Brazil Ltda.	Rua P-5, 1223 - Vila Paulista	237.604,00	7.518.330,00	Indústria	Investigação confirmatória; investigação detalhada; concepção da remediação; avaliação/gerenciamento de risco	Produção; descarte disposição	Metais; fenóis; outros inorgânicos	Subsolo; águas subterrâneas	Isolamento da área; proibição de escavações; proibição de consumo de alimentos	-
Prema Tecnologia e Comércio S. A.	Horto Florestal, s/n – Vila Paulista	23.797.3,00	7.519.484,00	Indústria	Investigação confirmatória	Armazenagem; produção; manutenção.	Metais	Solo superficial; águas subterrâneas	Monitoramento ambiental	-
Zovico e Cia Ltda.	Rua 1, 2622 - Vila Aparecida	236.046,70	7.521.022,28	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada e plano de intervenção; medidas para eliminação de vazamento	Armazenagem; desconhecida	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre

Fonte: CETESB (2013). Elaborado pelo autor.

Tabela 16. Relação de empreendimentos causadores de contaminação do meio físico na zona urbana de Rio Claro suas respectivas características (2013).

2013	22 áreas contaminadas na Zona Urbana									
Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Auto Posto Cobrão Ltda.	Av 50A, 76 - Jardim América	236.756,00	7.522.188,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; avaliação de risco; remediação em andamento com monitoramento.	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs; existência de fase livre	Solo superficial; águas subterrâneas	-	Bombeamento e tratamento; recuperação de fase livre
Auto Posto Confiante 4 Ltda.	Ros Washington Luiz, Km 175, 336 - Jd Rio Claro	234.172,33	7.518.989,54	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; avaliação da ocorrência	Armazenagem	Combustível líquido	Solo superficial; subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Jordão Ltda.	Rua 14, 405 - Jardim Olímpico	234.665,77	7.521.089,29	Posto de Combustível	Investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; PAHs	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Malibu de Rio Claro Ltda	Rua 6, 1875 - Centro	235.893,00	7.520.240,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Paraqueda Ltda	Rua 14, 603 - Jardim Etádio	235.669,37	7.518.543,92	Posto de Combustível	Investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Unicar V Ltda.	Rua 1, 877 - Centro	236.751,84	7.519.387,87	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Auto Posto Xurunga Ltda.	Av 14, 1346 - Centro	235.180,00	7.519.929,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo	-	-
Centro Automotivo Mc Laren	Av 10A, 394 - Vila Indaiá	237.202,00	7.520.260,00	Posto de Combustível	Investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Comercial de combustíveis Apollo Rio Claro Ltda.	Av. 29, 908 - Cidade Jardim	236.477,70	7.518.098,56	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
E. Garcia Comércio de Combustíveis Ltda.	Rua 22, 660 - Jardim Claret	234.896,00	7.518.616,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido	Águas subterrâneas	-	-
Felipe A F Bridigo	Rua 14, 2581 - Jardim São Paulo	234.823,67	7.520.677,75	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; águas subterrâneas	-	-
Loteamento Residencial Parque Flórida	Rodovia Vicinal SP 318 s/n - Pq Jequetiba	235.630,54	7.519.377,08	Resíduo	Avaliação preliminar; investigação confirmatória; investigação detalhada; avaliação/gerenciamento de risco	Descarte disposição	Metais; metanos/outros vapores/gases	Subsolo; águas subterrâneas	-	-

Empreendimento	Endereço	UTM E	UTM N	Atividade	Etapas do Gerenciamento	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meio Impactado	Ações emergenciais	Remediação
Nheel Química Ltda.	Washington Luiz, Km 176 – Jd Centenário	233.475,00	7.519.157,00	Indústria	Investigação confirmatória	Descarte disposição; produção	Metais, outros inorgânicos	Solo superficial; águas subterrâneas; águas superficiais; sedimentos	Monitoramento ambiental	-
Nheel Química Ltda.	Estrada Municipal RC - Araras, Km 7	241.276,00	7.523.116,00	Resíduo	Investigação confirmatória	Descarte disposição	Metais, outros inorgânicos	Águas subterrâneas	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo.	-
Owens Corning Fibreglas A. S. Ltda.	Av Brasil, 2567 - Distrito Industrial	237.661,37	7.524.481,50	Resíduo	Investigação confirmatória; concepção/projeto da remediação	Descarte disposição	Metais	Águas superficiais	Isolamento da área; monitoramento ambiental; restrição de uso do solo; restrição uso água subterrânea; proibição de escavações.	Cobertura de resíduos/solo contaminado; atenuação natural monitorada
Posto Claret Ltda. – Matriz	Av Pr Tancredo Neves, 400 - Cidade Claret	23.513.67,00	7.518.926,00	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
Posto Claret Ltda.	Av Brasil, 2277 - Jardim Floridiana	236.872,37	7.523.472,21	Posto de Combustível	Investigação detalhada e plano de intervenção	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo; Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Posto de Serviços e Abastecimento JLF Ltda.	Av 29, 796 - Vila Sto Antônio	23.6601,00	7.518.158,00	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada	Armazenagem	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre
Posto Rio Claro Ltda.	Av 4, 22 - Centro	236.576,41	7.519.815,80	Posto de Combustível	Investigação confirmatória	Armazenagem	Combustível líquido; Solventes aromáticos	Subsolo; Águas subterrâneas	-	-
PQ Silicas Brazil Ltda.	Rua P-5, 1223 - Vila Paulista	237.604,00	7.518.330,00	Indústria	Investigação confirmatória; investigação detalhada; concepção da remediação; avaliação/gerenciamento de risco	Produção; descarte disposição	Metais; fenóis; outros inorgânicos	Subsolo; águas subterrâneas	Isolamento da área; proibição de escavações; proibição de consumo de alimentos	-
Prema Tecnologia e Comércio S. A.	Horto Florestal, s/n – Vila Paulista	23.797.3,00	7.519.484,00	Indústria	Investigação confirmatória	Armazenagem; produção; manutenção.	Metais	Solo superficial; águas subterrâneas	Monitoramento ambiental	-
Zovico e Cia Ltda.	Rua 1, 2622 - Vila Aparecida	236.046,70	7.521.022,28	Posto de Combustível	Investigação Confirmatória; investigação detalhada e plano de intervenção; medidas para eliminação de vazamento	Armazenagem; desconhecida	Combustível líquido; existência de fase livre	Águas subterrâneas	-	Recuperação de fase livre

Fonte: CETESB (2014). Elaborado pelo autor.