

SUSELI DE MARCHI SANTOS

**PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE CARTA DE
SENSIBILIDADE AMBIENTAL APLICADA A POSTOS
DE COMBUSTÍVEIS EM RIO CLARO-SP**

Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no ano letivo de 2008.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro (SP)

2008

SUSELI DE MARCHI SANTOS

PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE CARTA DE SENSIBILIDADE
AMBIENTAL APLICADA A POSTOS DE COMBUSTÍVEIS
EM RIO CLARO-SP

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

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

Rio Claro
2008

628.092 Santos, Suseli de Marchi
S237p Proposta de elaboração de carta de sensibilidade
 ambiental aplicada a postos de combustíveis em Rio Claro -
 SP / Suseli de Marchi Santos. - Rio Claro: [s.n.], 2008
 66 f. : il., tabs., gráfs., mapas

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

Orientador: José Eduardo Zaine

1. Engenharia ambiental. 2. Hidrocarbonetos I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Eduardo Zaine, pela confiança depositada, prontidão em atender, disposição em ajudar e por sua amizade, constante estímulo e valiosa contribuição como orientador.

À Agência Nacional do Petróleo - ANP, a Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, ao Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT – PRH-05, da Universidade Estadual Paulista - UNESP- Rio Claro/SP, pelo auxílio à pesquisa e suporte financeiro para este trabalho.

Ao coordenador do PRH-05 Prof. Dr. Dimas Dias Brito, pelo incentivo e apoio no desenvolvimento acadêmico e profissional. Ao funcionário José Maria Cazonatto, secretário do PRH-05, pelo prestimoso auxílio e solicitude.

À todos os professores que ao longo da graduação compartilharam comigo seu conhecimento ao lecionar nas disciplinas cursadas.

À Diretora de Sistematização e Análise da Informação Municipal da Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento e Meio Ambiente (SEPLADEMA) da Prefeitura Municipal de Rio Claro, Andréia Medinilha Panher, pela prestimosa ajuda no fornecimento de informações e pelas sugestões.

Aos amigos que me acompanharam nesses cinco anos de graduação e que contribuíram muito para minha formação enquanto profissional e ser humano, principalmente àqueles residentes na Moradia Estudantil.

Ao Maurício, companheiro de todas as horas, pelo grande amor, paciência, incentivo e prestimosa ajuda nos trabalhos de campo.

Aos meus pais Antonio e Inês, e minha irmã Andréia pela confiança, amor, carinho e apoio durante todos os anos de minha vida e, principalmente, durante os anos de graduação.

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE.....	5
RELAÇÃO DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	6
3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO	6
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6. RECOMENDAÇÕES.....	41
7. CONCLUSÕES	45
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	

ÍNDICE

	Página
RELAÇÃO DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	6
2.1. Objetivo Geral	6
2.2. Objetivos Específicos	6
3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO	6
3.1. Levantamento bibliográfico e obtenção de dados	8
3.2. Trabalho de Campo	8
3.3. Qualificação e ponderação dos fatores de sensibilidade	8
3.4. Confecção de material cartográfico preliminar	10
3.5. Integração dos fatores de sensibilidade ambiental	11
3.6. Elaboração da Carta de Sensibilidade Ambiental.....	13
3.7. Diagnóstico, Recomendações e Conclusões.....	13
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
4.1. Localização.....	14
4.2. Caracterização do Meio Físico	15
4.2.1. Aspectos Climáticos	15
4.2.2. Aspectos hidrográficos	15
4.2.3. Aspectos hidrogeológicos.....	17
4.2.4. Contexto Geológico-Geotécnico	18
4.3. Caracterização do Meio Biológico	20
4.4. Caracterização do Meio Socioeconômico	21
4.4.1. Armazenagem subterrânea de combustíveis em Rio Claro-SP	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1. Diagnóstico da Ocupação por Postos de Combustíveis	22
5.2. Fatores de Sensibilidade Ambiental	25
5.2.1. Unidades geológico-geotécnicas	26
5.2.2. Profundidade do NA.....	27
5.2.3 Sentido escoamento subterrâneo	27
5.2.4. Distância de corpos d'água receptores	27
5.2.5. Pontos de captação superficial e subterrâneo de água.....	27

5.2.6. Pontos de concentração de pessoas	28
5.2.7. Áreas verdes e APP's	28
5.3. Ponderação dos Fatores de Sensibilidade Ambiental	28
5.4. Material Cartográfico Preliminar.....	30
5.5. Carta de Sensibilidade Ambiental (1: 50.000)	41
6. RECOMENDAÇÕES.....	41
7. CONCLUSÕES	45
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

Relação de Siglas e Abreviaturas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANP - Agência Nacional de Petróleo

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COV's - Compostos Orgânicos Voláteis

CSA - Carta de Sensibilidade Ambiental

CTC - Capacidade de Troca Catiônica

DAEE – Departamento de águas e energia elétrica

IBGE – Instituto Brasileiro de Geociências

ISA – Índice de Sensibilidade Ambiental

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NA - Nível d'água subterrâneo

SASC's - Sistemas de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis

SMA - Secretaria do Estado do Meio Ambiente

TAS - Tanque de Armazenagem Subterrânea

RESUMO

Vazamentos de hidrocarbonetos em postos de combustíveis constituem objeto de preocupação para gestão ambiental urbana, pois provocam danos ao meio físico, biológico e socioeconômico. Embora existam legislações que regulam essa atividade essencial, visando evitar contaminação, observamos que essa ainda ocorre. Constata-se que a seleção de locais para instalação de postos de combustíveis não tem considerado as características do meio, implicando em conseqüências mais críticas associadas aos vazamentos. O objetivo desse trabalho é elaborar uma Carta de Sensibilidade Ambiental aplicada a postos de combustíveis em Rio Claro/SP. A determinação do Índice de Sensibilidade Ambiental para elaboração de tal carta foi realizada partindo-se da seleção de fatores de sensibilidade ambiental dos meios físico, biológico e socioeconômico. A ponderação desses fatores deu-se por meio de consulta Ad Hoc. O cruzamento das informações foi realizado utilizando-se do método de sobreposição de *overlays* em ambiente SIG, com auxílio do *software* ARCGIS. O resultado é uma carta que espacializa áreas com classes de sensibilidade ambiental alta, média e baixa. Acredita-se que esse tipo de material possa ser utilizado como critério na seleção de áreas adequadas para instalações e para gerenciamento dos postos já instalados. Foram elaborados também o diagnóstico da atual situação dos postos de combustíveis na área e recomendações técnicas e operacionais.

Palavras Chave: Postos de combustíveis, Rio Claro, Carta de Sensibilidade Ambiental, Hidrocarbonetos

ABSTRACT

Leaking of hydrocarbon in fuel underground storage tanks constitute object of concern for urban environmental management, because therefore they provoke damages to the physical, biological and socioeconomic environment. Though laws that regulate this essential activity exist, aiming at to prevent contamination with hydrocarbon, we observe that this still happens. This fact evidences that the selection of places for installation of gas stations has not considered the characteristics of the natural environment, implying in more critical consequences associated to the leaking. The objective of this work is to elaborate a chart applied to the gas stations in Rio Claro/SP. The determination of the Index of Environmental Sensitivity for elaboration of such chart was carried through breaking the selection of factors of Environmental Sensitivity of physical, biological and socioeconomic environment. The balance of these factors was given by means of Ad hoc consultation. The crossing of the information was carried through using the method of overlapping of overlays. The result is a chart that shows us areas with classes of high, middle and low Environmental Sensitivity. One gives credit that this type of material can be used as criterion in the selection of adjusted areas for installations of new gas stations and management of the already installed gas stations. The diagnosis of the current situation of the gas stations in the area and recommendations had also been elaborated.

Key words: Gas Stations, Rio Claro, Environmental Sensitivity Charts, Hydrocarbon

1. INTRODUÇÃO

No Brasil grande parte do transporte de carga e de passageiros se dá por meio de rodovias, em veículos automotores que consomem combustíveis vendidos em postos de abastecimento, o que torna inegável a importância da existência desses postos no desenvolvimento e crescimento urbano. A comercialização de combustíveis é uma atividade de utilidade pública, regulamentada pela Lei n. 9.478/97, exercida por postos revendedores que tenham registro de revendedor varejista expedido pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), conforme os termos da Portaria ANP nº. 116/2000 (ANP, 2000), que regulamenta o exercício da comercialização de combustível automotivo. No seu artigo 10, inciso XVIII tal portaria traz, entre as obrigações do revendedor, que esse deve zelar pela segurança das pessoas e das instalações, pela saúde de seus empregados, bem como pela proteção ao meio ambiente, conforme legislação em vigor, já que se trata de uma atividade potencialmente poluidora.

O armazenamento subterrâneo de líquidos combustíveis em tanques metálicos é um procedimento amplamente utilizado para a estocagem e revenda desses produtos, tanto em território nacional como mundial. Entretanto, a instalação não orientada desse tipo de atividade, como geralmente acontece nas cidades, pode levar a danos ambientais e constituir sérios problemas para a gestão ambiental do ambiente urbano. O que se nota, muitas vezes, é a falta de informação adequada para subsidiar a correta tomada de decisão, no que diz respeito à adequação da área. É necessário que as políticas urbanas, e suas obras conseqüentes, não exponham o danoso viés de impor à natureza projetos-padrão, em lugar de adequar os projetos à natureza do terreno (OLIVEIRA, 1998).

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (2008), a atividade de comercialização de combustíveis automotivos, quando realizada sem os mínimos requisitos técnicos para a instalação de Sistemas de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC's), conforme preconizado pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que tratam do assunto, bem como sem a observação das boas práticas de trabalho, oferece um risco potencial à segurança da população circunvizinha, aos bens patrimoniais públicos e privados e ao meio ambiente.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou em 1997 normas de projeto para SASC's, elaboradas pela Comissão de Estudos para Líquidos Inflamáveis e Combustíveis. Essas normas tratam da construção, instalação, sistemas de proteção de tanques atmosféricos e subterrâneos, da detecção de vazamentos, do controle de estoque e da remoção

e da destinação final de tanques subterrâneos usados, entre outros temas. No entanto, para tanques instalados anteriormente a este período, não havia um roteiro normativo que padronizasse estes procedimentos específicos, nem mesmo, principalmente, que contemplassem a observância das características do meio físico, características estas que potencialmente podem vir a ser deletérias às condições de estanqueidade destas estruturas.

As orientações técnicas que essas normas preconizam não foram adotadas pela maioria das distribuidoras e proprietários de postos de revenda. Até a publicação da Resolução nº273/2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2000) e da Resolução nº5/2001 da Secretaria do Estado do Meio Ambiente (SMA, 2001), não havia obrigatoriedade de licenciamento ambiental, o que demonstrava a ausência de uma estrutura reguladora para limitar os passivos ambientais que procediam de vazamentos de tanques subterrâneos.

Tais vazamentos têm sido objeto de crescente preocupação, em função dos riscos associados a esses eventos, tanto para a segurança e saúde da população, como para o meio ambiente. Oliveira (1992) aponta três impactos principais decorrentes de vazamentos de combustíveis derivados de petróleo: 1) Contaminação do solo e água subterrânea por compostos tóxicos; 2) risco de incêndios e explosões devido à presença de combustíveis nos estados líquido e gasoso, em garagens subterrâneas e outras obras civis; e 3) riscos à saúde humana pela possível ingestão de água contaminada e inalação de compostos orgânicos voláteis (COV's) presentes nos combustíveis.

Do ponto de vista da saúde pública, de acordo com Oliveira (1992), combustíveis líquidos derivados de petróleo são constituídos por mais de 200 compostos, como na gasolina, ou mais de 400 no caso do óleo diesel, sendo, alguns destes, comprovadamente cancerígenos, como por exemplo, o benzeno.

Dentro do contexto nacional e internacional que envolve a problemática de estocagem de líquidos combustíveis em tanques de armazenagem subterrânea (TAS), a Câmara Municipal de Rio Claro promulgou a Lei Municipal nº 2.942/1998 (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO, 1998), que trata da instalação de novos estabelecimentos de revenda de combustíveis, bem como normas de conduta para os que se encontram em funcionamento. O Plano Diretor de Rio Claro, Lei n.º 3806, de 28 de dezembro de 2007, em seu Artigo 89 traz que a Política de Meio Ambiente no município será orientada por princípios e diretrizes gerais como a proteção dos ecossistemas e da biodiversidade e o controle ambiental dos empreendimentos e/ou atividades potenciais ou efetivamente poluidores.

Embora, atualmente, já existam legislações que regulam a instalação de postos de combustíveis, na escala municipal, estadual e nacional, de modo a evitar a contaminação por

esse tipo de atividade, observamos que essa ainda ocorre e constitui um problema ambiental que merece atenção, o que justifica a elaboração de nosso trabalho. Levantamentos realizados por agências ambientais indicam que as áreas onde estão localizados estes postos de serviços são frequentemente atingidas por vazamentos oriundos de tanques de armazenamento subterrâneo (TROVÃO, 2006). Com base nos dados fornecidos pela CETESB, em 2006 os postos de combustíveis respondiam por 73% do total de áreas contaminadas no Estado de São Paulo, o que equivale a 1.221 áreas contaminadas.

Dos processos de licenciamento ambiental em curso na CETESB conclui-se que a maioria das áreas com passivos ambientais relativos à contaminação por combustíveis - identificadas por meio de laudo técnico de passivos ambientais que atesta os níveis de concentração dos compostos no subsolo da área do empreendimento - tem revelado que não há sinais de contaminação de grandes proporções, o que pode estar associado a vazamentos em tubulações, nas bombas ou à operação indevida de abastecimento dos tanques.

Grande parte do óleo perdido em vazamentos subterrâneos e superficiais chega aos oceanos por meio das drenagens que conduzem as águas de escoamento superficial e subterrâneas dos continentes. Segundo os estudos de Borden et al (2002), que pesquisou a concentração de hidrocarbonetos aromáticos em amostras de água de escoamento na Carolina do Norte, todos os locais com concentração de contaminantes significativamente alta estavam associados com a direção de escoamento de postos de combustíveis ou com áreas de descarga de água subterrânea de aquífero contaminado por vazamentos de tanques subterrâneos.

Os acidentes em postos e sistemas retalhistas de combustíveis, com destaque para o comércio varejista de combustíveis automotivos, caracterizam-se como uma fonte importante de contaminação do solo e das águas subterrâneas, especialmente nas regiões metropolitanas (GOUVEIA, 2004, apud CETESB, 2008). O cadastro de áreas contaminadas da CETESB aponta uma área, dentro da zona urbana de Rio Claro, com subsolo e água subterrânea contaminados por combustíveis líquidos provenientes de vazamento em sistema de armazenagem subterrânea de combustíveis. Não existem registros de atendimento a emergência em postos de combustíveis pela CETESB no Município de Rio Claro (SP).

No Relatório de Emergências Químicas Atendidas pela CETESB, em 2006 os vazamentos em postos e sistemas retalhistas de combustíveis foram responsáveis por 5,5% de todas as emergências atendidas no Estado de São Paulo. No ano de 2006 a CETESB atuou em 22 emergências químicas geradas em postos e sistemas retalhistas de combustíveis em todo o Estado de São Paulo. Postos e sistemas retalhistas de combustíveis representaram a segunda maior atividade responsável pelas emergências com produtos químicos (9,3%) atendidas pela

CETESB no período de 1978 a 2004 (CETESB, 2005). Mais uma vez ressalta-se que o problema persiste apesar da existência de legislação.

Os vazamentos em postos de combustíveis, além dos problemas e riscos associados, como discutido anteriormente, são classificados como graves e complexos, de difícil e dispendiosa recuperação das áreas afetadas (GIBOTTI JUNIOR, 1999). Quando ocorrem vazamentos, freqüentemente são difíceis as condições para prevenir os prejuízos ambientais. A técnica de remediação da área também deve ser adequada às características do terreno, desde que essas sejam conhecidas. Mesmo após o emprego de técnicas de descontaminação, pelo menos 50% das substâncias vazadas, freqüentemente, permanecem no solo (ENVIROMENTAL CANADA, 1988 apud GIBOTTI JUNIOR, 1999).

Grande parte das ocorrências desses vazamentos está associada à deterioração de estruturas (tanques e tubulações), geralmente de constituição metálica, que são suscetíveis a processos corrosivos (GIBOTTI JUNIOR, 1999). Mas estes eventos se manifestam, também, como contaminações superficiais provocadas por constantes e sucessivos derrames junto às bombas e bocais de enchimentos dos reservatórios de armazenamento, e ainda pelo escoamento de águas de lavagem e pluviais que carregam os hidrocarbonetos vazados na superfície.

Muitos dos acidentes que resultam em vazamentos podem ser atribuídos à falta de instrumentos técnicos que estabeleçam critérios de escolha de áreas para ocupação com atividades potencialmente poluidoras, como os postos de combustíveis, bem como a inexistência da determinação de áreas com prioridade de proteção por apresentarem características ambientais que as tornem mais sensíveis aos vazamentos.

Segundo Castro et al. (2003), deve existir uma preocupação muito grande em organizar o espaço, de modo que as instalações agridam o mínimo possível o meio ambiente. Todos os problemas e riscos associados aos vazamentos em SASC's justificam a elaboração de instrumentos que auxiliem na prevenção e contenção de vazamentos em tanques subterrâneos de armazenamento de combustíveis. Sem uma base cartográfica adequada, pouco se pode fazer para uma interferência satisfatória aos interesses da comunidade e que seja compatível com as possibilidades do ecossistema local.

Observa-se a existência de grande número de informações e dados recolhidos ao longo dos anos sobre o Município de Rio Claro, sem que, contudo, exista a possibilidade de aplicação desse conhecimento como subsídio na tomada de decisões.

O presente estudo elabora de uma Carta de Sensibilidade Ambiental (CSA) aplicada a postos de combustíveis em Rio Claro-SP. A Carta de Sensibilidade Ambiental vem preencher uma lacuna importante na captura e sistematização de informações. A caracterização do meio

físico, conforme estabelecido pela Resolução do CONAMA n. 273/2000 (CONAMA, 2000), além de demais parâmetros que exerçam influência na instalação e manutenção de postos de combustíveis e na determinação da sensibilidade da área, serão contemplados nesse estudo, para elaboração da carta. Além do meio físico, nesse trabalho, também serão considerados os fatores bióticos e alguns aspectos socioeconômicos.

A Carta de Sensibilidade Ambiental (CSA) poderá ser utilizada como critério na escolha de áreas menos sensíveis ambientalmente para novas instalações de postos de combustíveis, e em áreas em que esses já estejam instalados como estratégia de gestão urbana. Permite medidas tanto preventivas quanto de gerenciamento, diminuindo, assim, a possibilidade de vazamentos.

Existem já especificações e normas técnicas desenvolvidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2002) para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo (cartas SAO) em regiões costeiras e marítimas. Essas constituem um componente essencial e fonte de informação primária para o planejamento de contingência e avaliação de danos em casos de derramamento de óleo e representam um instrumento fundamental para o balizamento das ações de respostas a vazamentos de óleo, na medida em que, ao identificar aqueles ambientes com prioridade de proteção (ambientes mais sensíveis), permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza. Em regiões interiores, tais cartas ainda não são desenvolvidas, não existindo uma metodologia definida.

Oliveira (2006) propôs a definição de condicionantes do meio físico para utilização na elaboração de cartas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo em áreas de dutos em regiões interiores e obteve, ao final de seu trabalho, um mapa de sensibilidade do meio físico, em que classificou áreas em grau de sensibilidade ambiental baixo, médio e alto.

Como não é comum a elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental (CSA) aplicadas a postos de combustíveis em ambientes urbanos, o trabalho contribuirá no sentido de propor uma metodologia que poderá auxiliar na disseminação da elaboração dessas cartas e no seu uso como instrumento de gestão urbana dos municípios.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Pretende-se com este trabalho elaborar e apresentar uma Carta de Sensibilidade Ambiental (CSA) aplicada a postos de combustíveis em Rio Claro-SP, partindo das características das diferentes unidades geológico-geotécnicas e de sua interação com este tipo de obra e integrando com os demais fatores do meio físico e com fatores dos meios biótico e socioeconômico.

2.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos podem ser citados:

1. Definir critérios para a elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental aplicadas a postos de combustíveis em áreas urbanas;
2. Comprovar a necessidade de procedimentos distintos para a avaliação de cada área;
3. Realizar diagnóstico da situação de ocupação da área de estudo por postos de combustíveis;
4. Apresentar diretrizes para a gestão preventiva;
5. Avaliar a efetividade da elaboração de carta de sensibilidade considerando as características das unidades geológico-geotécnicas, dos demais fatores do meio físico e dos fatores bióticos e socioeconômicos selecionados.

3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

Com base no método de trabalho adotado foi elaborado um fluxograma da seqüência de etapas da pesquisa (Figura 1). Tais etapas são descritas nos itens seguintes.

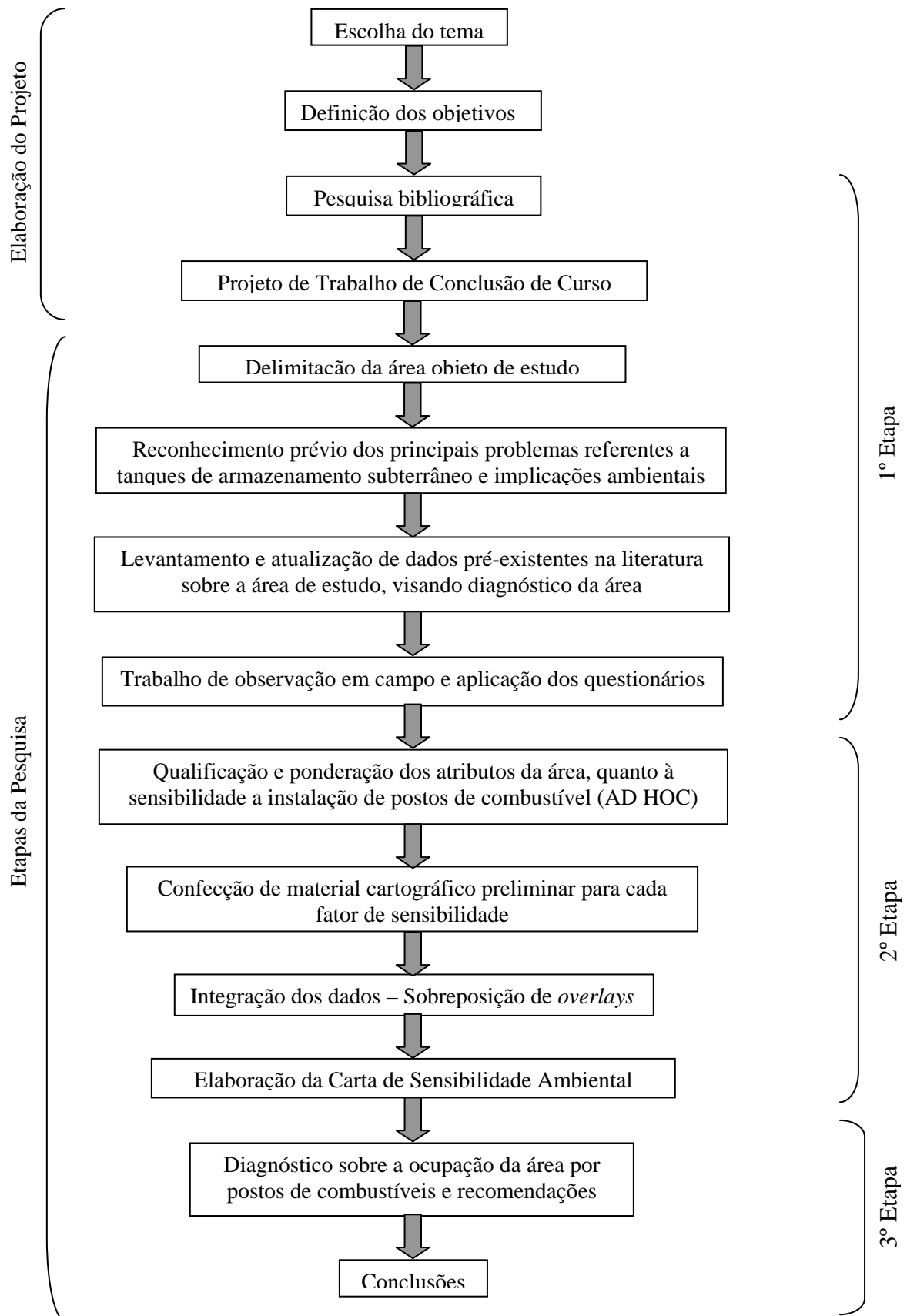


Figura 01: Fluxograma apresentando a síntese do método de trabalho mostrando a seqüência de etapas da pesquisa.

3.1. Levantamento bibliográfico e obtenção de dados

O desenvolvimento do trabalho exigiu o reconhecimento prévio dos principais problemas referentes a sistemas de armazenamento subterrâneo de combustíveis e suas implicações ambientais, por meio de consulta à bibliografia e aos *sites* de órgãos que tratam do assunto, como a CETESB e a ANP.

As informações sobre o meio físico, meio biótico e socioeconômico foram obtidos através de pesquisa ao material disponível na Biblioteca da Unesp – Rio Claro, e por consulta às publicações disponíveis em bases de dados em meio digital e *sites* diversos. Além disso, houve consulta e recolhimento de dados junto à Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento e Meio Ambiente (SEPLADEMA) do Município de Rio Claro-SP.

Os dados e informações georreferenciados recolhidos foram organizados em um banco de dados geográficos, para operar em um sistema de informação geográfica.

3.2. Trabalho de Campo

Por meio da aplicação de questionários (Anexo 1), o trabalho de campo buscou obter informações dos 43 postos de combustíveis cadastrados junto à prefeitura municipal na área de estudo. Essa etapa da pesquisa foi acompanhada do uso de fichas de campo (Anexo 1), as quais foram destinadas para anotação dos aspectos observáveis no entorno dos postos de combustíveis e em outras áreas previamente selecionadas. Assim, esse procedimento demonstrou-se muito importante, viabilizando o reconhecimento da área de estudo e indicando a situação atual dos postos de combustíveis no Município de Rio Claro (SP).

Durante o trabalho de campo também foi obtido material fotográfico, retratando alguns aspectos relevantes das condições dos postos de combustíveis e das áreas selecionadas para visita. As fotos podem ser observadas no Anexo 2 – Documentação Fotográfica.

3.3. Qualificação e ponderação dos fatores de sensibilidade

A definição dos fatores de sensibilidade ambiental à instalação de postos de combustíveis na área de estudo foi realizada depois de estabelecida a base teórica, que permitiu elencar dentre os parâmetros do meio físico, biológico e socioeconômico estudados, aqueles que influenciariam na sensibilidade ambiental da área. Entende-se nesse trabalho áreas sensíveis como aquelas que possam ser impactadas adversamente de forma significativa,

quando atingidas por hidrocarbonetos provenientes de postos de combustíveis, devido às características físicas, bióticas e socioeconômicas que apresentam.

Como não foram encontradas publicações que já tenham trabalhado com ponderação de fatores de sensibilidade ambiental para instalação de postos de combustíveis, e não existe uma metodologia descrita para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para esse tipo de atividade, optou-se por ponderar os fatores de sensibilidade ambiental selecionados a partir da pesquisa bibliográfica realizada sobre o problema, por meio da metodologia Ad Hoc, que consiste na formação de grupos de trabalho multidisciplinares com especialistas. De preferência, os especialistas selecionados deverão ter alguma experiência ou afinidade com o tipo de projeto a ser analisado. Este método geralmente é utilizado quando as informações disponíveis são poucas ou quando a experiência existente sobre o projeto é insuficiente para a utilização de métodos mais sofisticados, que é o caso desse trabalho. Há que se saber que esse método apresenta como vantagem a rapidez na obtenção dos resultados e a possibilidade de consulta a profissionais com diferentes formações acadêmicas, evitando-se o subjetivismo da classificação individual. Não existe a garantia de que o método garanta o resultado mais adequado, mas por ser de uso comum em trabalhos acadêmicos, optou-se por esse método científico no trabalho.

Para a ponderação dos fatores selecionados foram enviados e-mails com questionário para profissionais de diferentes áreas do conhecimento, entre elas: Engenharia, Geologia, Hidrogeologia, Ecologia e Biologia. Esses profissionais atribuíram o peso a cada um dos fatores, sendo atribuídos maiores valores aos fatores considerados mais relevantes e menores àqueles considerados menos relevantes, de forma que a soma de todos os pesos fosse igual a 1. O peso final atribuído a cada fator de sensibilidade foi calculado a partir da média dos pesos atribuídos por cada profissional.

Fazendo a devida associação das características da área com o uso pretendido - instalação de postos de combustíveis - qualificou-se os fatores em uma matriz de integração (Tabela 2, p 32), onde para cada um dos fatores de sensibilidade ambiental considerado foram definidas categorias de consequência. Essas categorias receberam pesos diferentes, sendo atribuídos maiores pesos às categorias de consequência mais críticas. Os pesos variam de 0,1 a 1. Os limites entre essas categorias foram adotados baseando-se em legislações e informações obtidas durante a revisão bibliográfica.

3.4. Confeção de material cartográfico preliminar

Para cada fator de sensibilidade definido na fase anterior foi elaborado um material cartográfico correspondente, que divide a área de estudo de acordo com os limites das categorias de conseqüências adotados (Tabela 2, p 32). A definição das categorias adotadas foi baseada na metodologia de Análise Preliminar de Perigos (APP) para identificação de perigo indicada pela CETESB (2003), que estabelece Categorias de Severidade para eventos indesejáveis.

A cada polígono definido pelos limites das categorias de conseqüências foi atribuído um valor de Índice de Sensibilidade Ambiental parcial ($ISA_{n,m}$) que conjuga o peso (P_n) atribuído ao fator de que trata o material cartográfico preliminar, e a categoria de conseqüência em que se encaixa ($C_{n,m}$). Esse valor é dado pela fórmula:

$$ISA_{n,m} = P_n * C_{n,m}$$

Onde:

n corresponde ao número do fator de sensibilidade considerado, e varia de 1 a 7;

m corresponde à categoria de conseqüência em que se encaixa a área, e varia de 1 a 3.

Por exemplo, para o fator Profundidade do NA. Os limites das categorias de conseqüência adotados foram: Categoria de conseqüência *mínima* = NA > 15 metros; Categoria de conseqüência *marginal* = NA entre 5 e 15 metros; e Categoria de conseqüência *crítica* = NA < 5 metros (Tabela 2, p 32). Assim a divisão da área de estudo em polígonos fica como ilustrado na Figura 02.

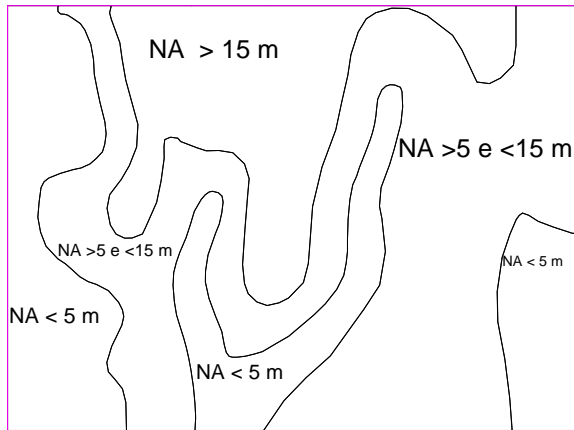
Considerando que o Peso do fator Profundidade do NA (P_2) é 0,21 e que os pesos das categorias de conseqüências mínima (C_{21}), moderada (C_{22}) e crítica (C_{23}) são respectivamente 0,1; 0,5 e 1, o cálculo do ISA parcial para esse fator é:



$$ISA_{21} = P_2 * C_{21} = 0,21 * 0,1, \text{ portanto } ISA_{21} = 0,021$$

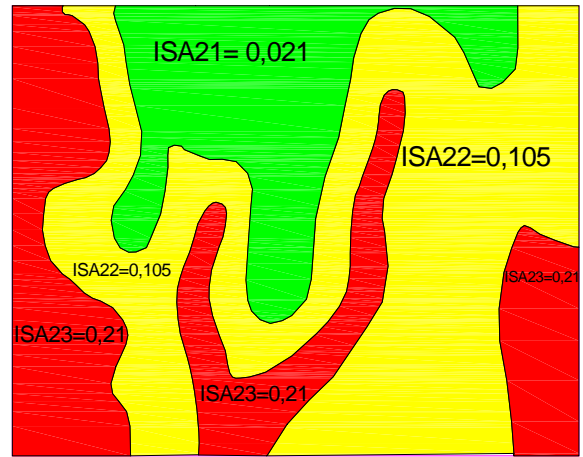
$$ISA_{22} = P_2 * C_{22} = 0,21 * 0,5, \text{ portanto } ISA_{22} = 0,105$$

$$ISA_{23} = P_2 * C_{23} = 0,21 * 1, \text{ portanto } ISA_{23} = 0,21$$

A Figura 03 traz a área recortada dentro da área de estudo para exemplo dividida em polígonos, que correspondem às diferentes categorias de conseqüência e aos ISA calculados para cada polígono.



 Limite entre as categorias de consequência
 Recorte da área de estudo



 Mínima
 Marginal
 Crítica
 Categoria de Conseqüência

Figura 02: Divisão em polígonos

Figura 03: Polígonos com respectivos ISA

A divisão da área de estudo em polígonos segundo as categorias de consequência adotadas, bem como o cálculo do $ISA_{n,m}$ foi realizada para todos os fatores de sensibilidade ambiental selecionados.

Os materiais cartográficos correspondentes a cada fator podem ser observados no item 5.3 (Figuras 9 a 15). Cada polígono definido pelos limites das categorias de consequência conta com um número de $ISA_{n,m}$ correspondente, conforme Tabela 3 (p 33).

3.5. Integração dos fatores de sensibilidade ambiental

A integração dos fatores de sensibilidade ambiental foi realizada por meio do método de sobreposição de cartas (sobreposição de *overlays*). Esse método de simples cruzamento é capaz de gerar dados com representação temática a partir de uma matriz de correlação onde são atribuídos valores relativos considerando a importância de cada atributo para a finalidade proposta, orientando o mapeador na elaboração dos novos limites.

A cada cruzamento de mapas foram definidos novos limites e traçados novos polígonos. O ISA associado ao novo polígono correspondia à soma dos Índices de Sensibilidade Ambiental parciais ($ISA_{n,m}$) de cada um dos mapas cruzados, dentro dos limites do polígono.

Por exemplo, no cruzamento dos fatores Unidades Geológico-geotécnicas e Profundidade do NA, o novo polígono destacado na Figura 04 tem um novo ISA, que

corresponde à soma dos ISA parciais dos fatores cruzados. Como o novo polígono está sobre a Unidade aluvião e solos hidromórficos ($ISA_{13} = 0,24$) e sobre área com Profundidade do NA entre 5 e 15 metros ($ISA_{22} = 0,105$). O valor de ISA associado ao novo polígono traçado no exemplo é:

$$ISA = ISA_{13} + ISA_{22} = 0,24 + 0,105 = 0,345$$

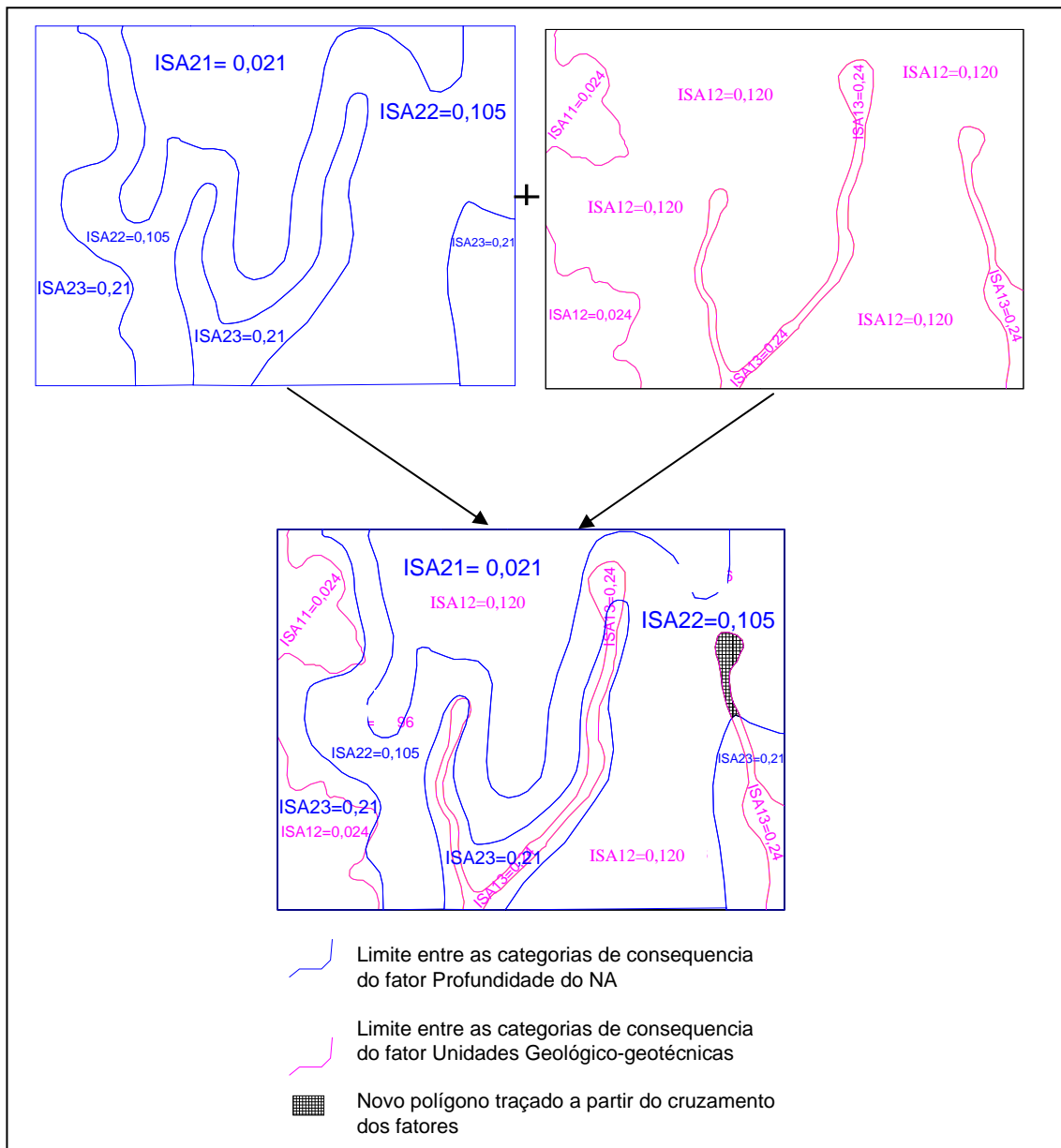


Figura 04: Definição de novo polígono a partir do cruzamento de dois fatores de sensibilidade ambiental

Assim foram calculados novos valores de ISA para todos os novos polígonos formados nos cruzamentos dos fatores de sensibilidade ambiental. As informações foram cruzadas em um ambiente de SIG, *software* ARCGIS.

O resultado final obtido é expresso espacialmente por meio de polígonos, que representam áreas com diferentes valores de ISA. O Índice de Sensibilidade Ambiental final

de cada polígono (ISA) é o resultado da somatória de todos os Índices de Sensibilidade Ambiental parciais ($ISA_{n,m}$) dentro de seus limites, e pode variar de 0 a 1.

3.6. Elaboração da Carta de Sensibilidade Ambiental

O material cartográfico resultante do cruzamento realizado na fase anterior corresponde a uma carta dividida em polígonos com diferentes valores de ISA. Esses polígonos foram divididos em áreas com diferentes classes de sensibilidade ambiental. As classes de sensibilidade ambiental adotadas foram: Alta; Média e Baixa, de acordo com o Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA) alcançado pela área, conjugados as conseqüências do fator e o peso atribuído a esse fator. O ISA pode variar de 0 a 1, e quanto maior o ISA, maior a sensibilidade ambiental da área à instalação de postos de combustíveis.

Foram classificadas como Áreas de Sensibilidade Ambiental Baixa as que obtiveram ISA entre 0 e 0,3; Sensibilidade Ambiental Média aquelas com ISA entre 0,3 e 0,6 e Sensibilidade Ambiental Alta aquelas que obtiveram ISA entre 0,6 e 1.

Tendo isso, foi preparado o material cartográfico final (Carta de Sensibilidade Ambiental - CSA) que se refere à classificação da sensibilidade dos terrenos à instalação de postos de combustíveis.

3.7. Diagnóstico, Recomendações e Conclusões

Com nova pesquisa bibliográfica foram elaboradas sugestões de características construtivas e operacionais para a instalação de novos postos, manutenção e operação dos já existentes, além de diagnóstico da ocupação da área urbana de Rio Claro/SP por postos de combustíveis. Por fim, serão apresentadas as conclusões do trabalho.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende parte da área urbana e periurbana do Município de Rio Claro - SP. A escolha dessa área como objeto de estudo está relacionada às características do meio físico, biótico e socioeconômico, e aos aspectos logísticos. Além desses aspectos foi considerada a disponibilidade de estudos anteriores realizados na área.

4.1. Localização

O Município de Rio Claro está localizado entre as latitudes 22°10'00" e 22°35'00" e longitudes 47°50'00" e longitudes 47°50'00" e 47°25'00", na região centro-leste do Estado de São Paulo e possui 498 km² de área (Figura 05). Rio Claro está a 173 km a noroeste da capital, com ligação através do sistema Anhanguera-Bandeirantes e Rodovia Washington Luiz.

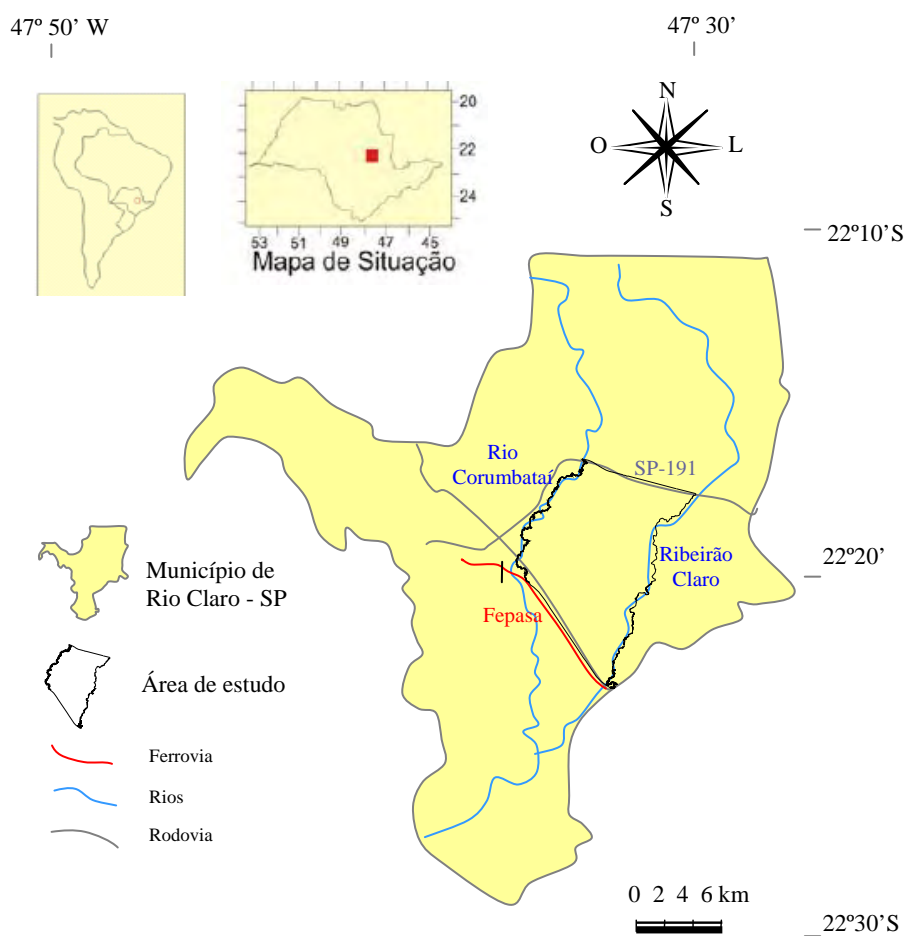


Figura 05. Área de estudo no Município de Rio Claro – SP.

Fonte: Elaborada a partir de Zaine (2000).

A área de estudo dentro do município foi delimitada a Norte pela Rodovia SP 191, que liga Rio Claro a Araras, a Leste pelo Ribeirão Claro, ao Sul/Sudoeste pela Ferrovia Fepasa e a Oeste/Noroeste pelo Rio Corumbataí, compreendendo grande parte da área urbana e periurbana do município, num total de 54,13 Km².

4.2. Caracterização do Meio Físico

4.2.1. Aspectos Climáticos

Segundo a classificação de Koppen, Rio Claro possui o clima do tipo Cwa (mesotérmico de inverno seco com estação chuvosa no verão) com temperaturas médias variando de 18 a 22°C para o mês mais frio e mais quente, respectivamente.

De acordo com Christofolletti (2005) os meses com maior incidência de chuvas são dezembro e janeiro, com médias mensais de até 250 mm, em contraponto os meses com ausência de chuvas são julho e agosto. A média pluviométrica no Município de Rio Claro, registrada no período de 1955 a 1996, foi de 1.551,5 mm/ano, onde o valor mais baixo foi registrado no ano de 1963 com 960,6 mm e o valor mais alto em 1983 com 2.496,6mm.

A gasolina é vendida por litro, mas, em sua utilização como combustível o que importa é a massa. Um aumento da temperatura ambiente leva a um aumento do volume da gasolina. Um dos motivos para a utilização de tanques subterrâneos é a diminuição dos efeitos práticos dessa variação. Além disso, a temperatura é importante, pois evaporação dos hidrocarbonetos que gera os compostos orgânicos voláteis (COV's) está diretamente relacionada a temperatura ambiente.

A estação Meteorológica do CEAPLA UNESP (Rio Claro – SP), localizada em latitude 22°23' S, longitude 47°32' W e altitude 626,5 m, obteve os dados com relação aos ventos nos anos de 2005 e 2006, e segundo esses, os ventos dominantes são oriundos dos quadrantes Sul e Sudeste.

4.2.2. Aspectos hidrográficos

O Município de Rio Claro está inserido na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, que drena uma área de 171.050 ha. Os cursos d'água existentes na área de estudo são apresentados na Figura 06.

A jusante da cidade de Rio Claro, o rio Corumbataí recebe grande carga de poluentes vinda do afluente córrego da Servidão, que nasce no Parque do Lago Azul e atravessa a cidade canalizado, sob a Avenida Visconde do Rio Claro.

Outro afluente do Rio Corumbataí é o Ribeirão Claro que tem seu curso de norte para sul, atravessando a leste a área urbana de Rio Claro no sentido NNE-SSW, e deságua no Rio Corumbataí, alguns quilômetros a sul da cidade (ZAINÉ, 2000). Um de seus afluentes é o Córrego Lavapés, que se encontra canalizado sob a Avenida Ulisses Guimarães. Outro é o Córrego Cachoeirinha, cujas áreas são de várzea e considerados de Preservação Permanente,

sendo proibido o uso residencial, industrial ou agroindustrial. Mesmo assim, nas áreas de várzeas encontramos bairros.

Em consequência do aumento da impermeabilização do solo aliado ao número insuficiente de galerias de águas pluviais e à baixa declividade, verificada em grande proporção da cidade de Rio Claro (SP), ocorrem inundações e alagamentos periódicos em determinados locais e em baixadas.

Os topos planos e arenosos dos divisores d'água do município apresentam uma série de depressões e algumas lagoas secas (ZAINE, 1994).

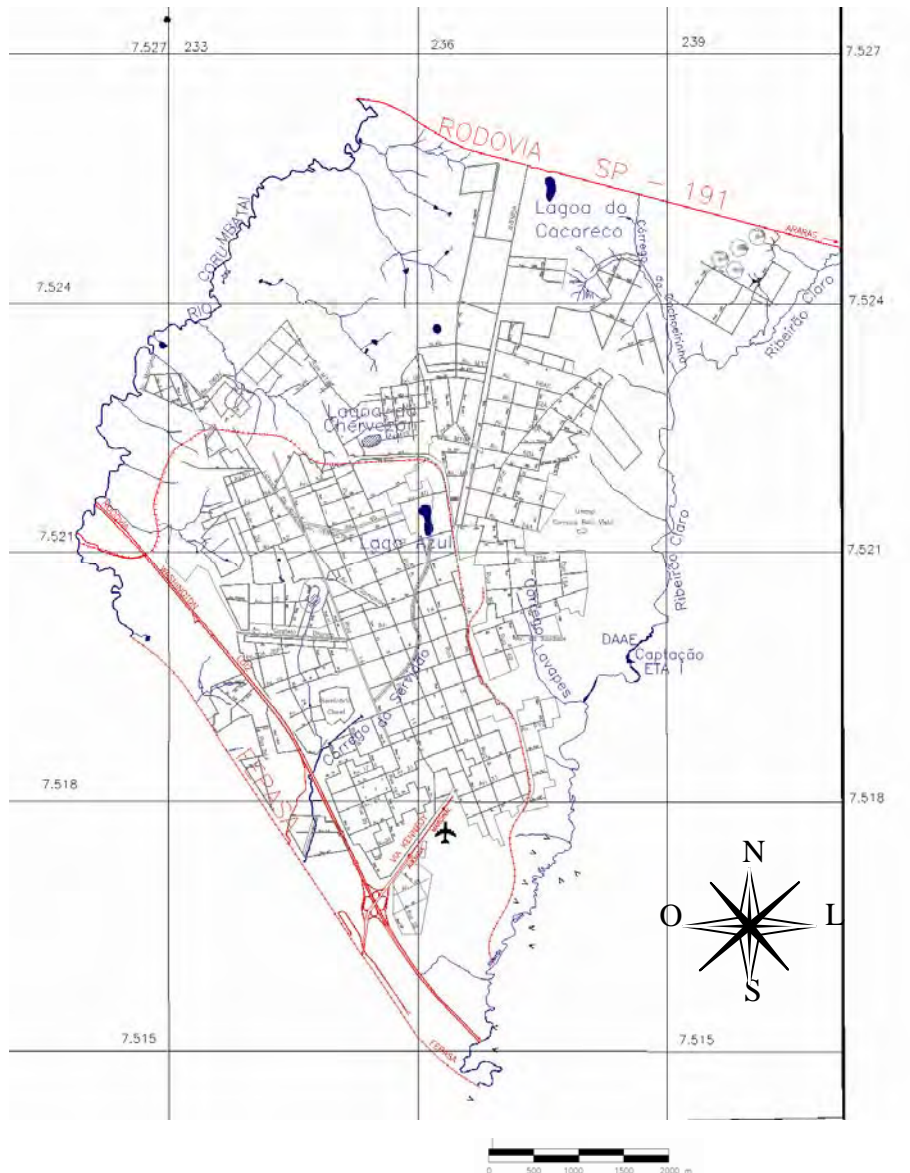


Figura 06: Mapa hidrográfico da área de estudo. (Modificado de Zaine, 2000)

4.2.3. Aspectos hidrogeológicos

O contexto hidrogeológico do Município de Rio Claro é representado por dois sistemas principais de águas subterrâneas. O primeiro consiste em materiais pouco consolidados da Formação Rio Claro e o segundo aos sedimentos do Grupo Tubarão (DAEE, 1981). Os materiais pouco consolidados da Formação Rio Claro constituem um aquífero livre, pouco profundo, com vazão entre 5 m³/h e 25 m³/h. A espessura deste aquífero é de aproximadamente 30 m, a transmissividade varia de 2 a 50 m²/dia, a permeabilidade aparente é menor que 2 m/dia e a capacidade específica altera entre 0,1 a 5 m³/h/m. Oliva (2006) encontrou valores de condutividade hidráulica entre 1,23 x 10⁻⁵ cm/s e 1,17 x 10⁻² cm/s, prevalecendo valores entre 1,96 x 10⁻³ cm/s e 3,9 x 10⁻³. As características hidráulicas (variáveis físicas, distribuição espacial, hidrogeoquímica, etc) estão íntima e diretamente subordinadas às condições pluviométricas (águas pluviais) na zona de recarga (OLIVA, 2006).

As direções preferenciais do fluxo d'água subterrâneo são indicadas por setas no mapa potenciométrico elaborado por Oliva (2006). Em termos de distribuição espacial, o nível d'água subterrâneo está situado entre 2,01 m (porção Sudoeste da área) e 25,33 m (porção Norte da área) de profundidade, sendo que entre esses valores existe ampla variação, prevalecendo os níveis com profundidades inferiores a 18 m.

O fluxo das águas subterrâneas está orientado a partir das cotas altas (Norte do mapa), para as cotas baixas (Sul e Sudoeste do mapa), acompanhando aproximadamente a topografia local (Figura 07). Os altos potenciométricos possuem fluxo centrífugo e estão basicamente distribuídos na porção Norte da área, coincidente com a Lagoa do Cacareco. Os baixos potenciométricos estão distribuídos na porção Sul da área, onde a Formação Rio Claro apresenta pequenas espessuras e encontra-se próxima ao contato com unidades subjacentes. Toda área central da Formação Rio Claro pode ser considerada globalmente como uma área de recarga, onde as águas pluviais infiltram no solo e se deslocam em subsuperfície, declive abaixo, seguindo, grosso modo, a topografia.

O segundo sistema é composto por sedimentos do Grupo Tubarão, mais especificamente da Formação Tatuí e do Subgrupo Itararé. Os sedimentos do Subgrupo Itararé constituem um aquífero confinado, com profundidades que variam em torno de 200 m, com vazão entre 20 m³/h e 37 m³/h, transmissividade entre 0,3 e 40 m²/dia, permeabilidade aparente variando entre 0,002 e 0,7 m/dia e capacidade específica entre 0,03 e 6 m³/h/m.

Além desses sistemas aquíferos, ocorre também uma ampla distribuição, na região, de rochas intrusivas básicas de diversas formas (mais comumente diques e *sills*), que compõem o

Aqüífero Serra Geral. Corpos profundos de diabásio contêm água em suas fraturas, com vazão entre 5 m³/h e 30 m³/h.

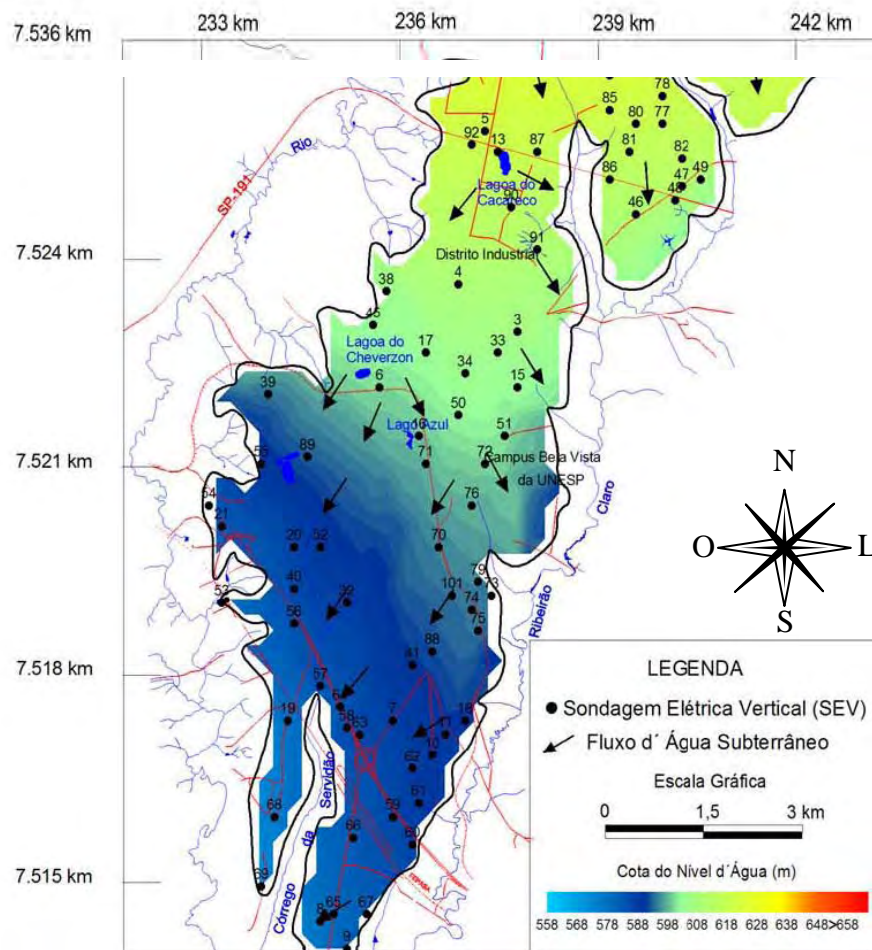


Figura 07: Mapa potenciométrico do Aqüífero Rio Claro.

Fonte: Elaborado a partir de Oliva (2006)

4.2.4. Contexto Geológico-Geotécnico

Zaine (2000) definiu seis Unidades Geológico-Geotécnicas para a área de Rio Claro. O autor individualiza as unidades através da caracterização do meio físico com a identificação de suas limitações e potencialidades ante as necessidades impostas pelo uso urbano do solo, onde como resultado obteve-se mapa geológico-geotécnico representativo destas unidades. São elas Morrotes/Espigões da Formação Corumbataí; Relevos Residuais/ Diabásio; Vertentes de meia encosta da Formação Rio Claro; Colinas Tabuliformes da Formação Rio Claro; Terraços de baixa vertente; e Aluviões.

Yamada (2004) desenvolveu estudo das características da diferentes unidades geológico-geotécnicas para o Município de Rio Claro para analisar o comportamento de cada unidade quando submetidas a solicitações para a instalação de postos de combustíveis.

A autora estabeleceu quatro unidades de análise que correspondem às unidades geológicas presentes na área urbana de Rio Claro, sendo elas: Unidade de análise I - Formação Corumbataí, Unidade de análise II - Diabásio, Unidade de análise III - Formação Rio Claro e Unidade de análise IV – Aluviões e Solos hidromórficos (Figura 08). Para cada unidade foram observados comportamentos distintos quanto à implantação de tanques de armazenamento subterrâneo, indicando os principais problemas relacionados aos processos e propriedades do meio físico encontrados para cada unidade.

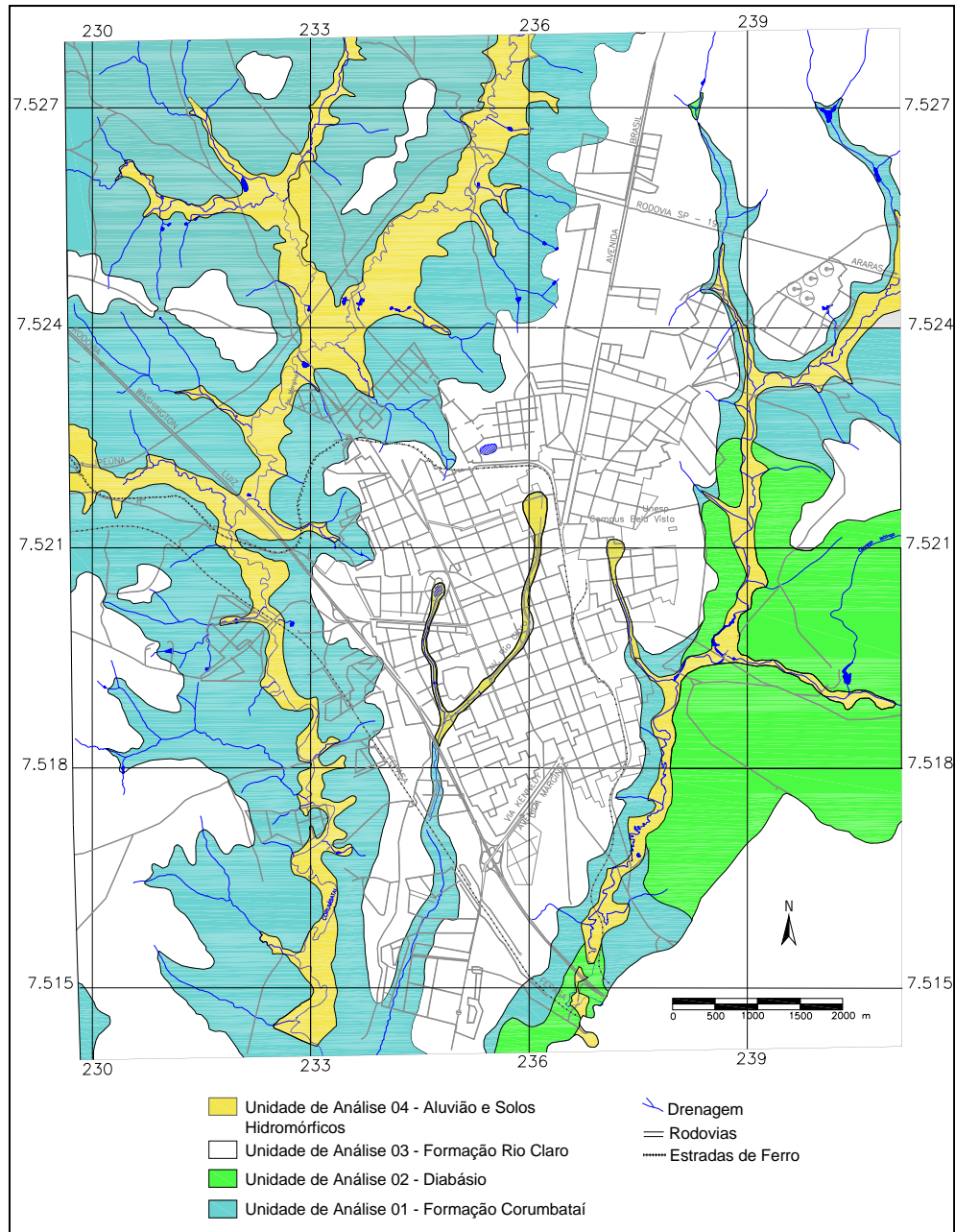


Figura 08: Mapa das unidades de análise definidas por Yamada (2004)

De acordo com Yamada (2004) a Unidade de Análise I - Formação Corumbataí é composta por rochas silto-argilosas alteradas e um perfil de solo argiloso pouco espesso. A

variação do N.A. é um fator que pode causar a expansão do material, ocasionando danos nas instalações de tubulações e conexões do sistema de abastecimento de combustíveis.

Quanto a possíveis vazamentos de hidrocarbonetos, esta unidade apresenta algumas características favoráveis à contenção do contaminante, ou seja, baixa condutividade hidráulica e presença de argilo-minerais como illita e montmorilonita. Apesar de apresentar um intenso fraturamento, a maioria das descontinuidades está preenchida.

A Unidade de Análise II – Diabásio pode apresentar dificuldade de escavação na instalação do TAS, uma vez que, geralmente, são encontrados blocos e lajes de diabásio. A unidade é classificada como favorável ao desenvolvimento de processos corrosivos. O tipo de material argiloso com condutividade baixa e capacidade de troca catiônica (CTC) mais elevada torna essa unidade favorável à retenção de contaminantes. O topo da rocha são fraturada próximo à superfície ou a poucos metros da base do tanque de armazenamento subterrâneo, representa um fator agravante, pois no caso de vazamentos de hidrocarbonetos, as fraturas servem como caminho mais rápido para o transporte do contaminante.

Segundo Yamada (2004), a Unidade de Análise III - Formação Rio Claro não apresenta dificuldades na instalação do tanque de armazenamento subterrâneo. Entretanto, o potencial de colapso do solo e a agressividade, como observado também por Gibotti Júnior (1999), são problemas associados a essa unidade. Por ser um material areno-argiloso a unidade é não favorável à retenção de contaminantes. Mas, deve-se ressaltar que a grande espessura de material inconsolidado e o nível d'água profundo são características da unidade que retardam a contaminação das águas subterrâneas.

Por apresentar elementos favoráveis ao desenvolvimento de processos corrosivos, como presença de lentes de turfa compressíveis e, principalmente, nível d'água subterrâneo próximo à superfície (dificuldade de escavação e facilidade de contaminação das água), a Unidade de Análise IV – Aluvião e Solos hidromórficos - apresenta algumas restrições para a instalação de postos de serviço. Deve-se ressaltar que a turfa serve como uma camada protetora contra possíveis vazamentos, já que a matéria orgânica tem a capacidade de adsorver íons de hidrocarbonetos. Além disso apresenta N.A. raso (< 3 m) e esta em áreas sujeitas a inundações, além da proximidade com os cursos d'água superficiais.

4.3. Caracterização do Meio Biótico

Oliveira e Prado (1984) inferiram a distribuição da vegetação natural da região baseados no tipo de solo, espessura e composição granulométrica. Solos profundos e

permeáveis, de baixo teor de nutrientes favoreceriam o crescimento de campos cerrados, cerrados e cerradões. Os cerrados e campos sujos, praticamente extintos, ocupavam todo o interflúvio onde atualmente se localiza a área urbana e o Distrito Industrial de Rio Claro (MAURO, 1993). Nos solos profundos, de textura argilosa, a vegetação primitiva, provavelmente, constituir-se-ia de mata tropical subcaducifolia, da qual atualmente restam apenas poucos testemunhos regionais. Matas decíduas menos exuberantes poderiam ocorrer em áreas de solos litólicos substrato basalto, que capeiam relevos mais declivosos, enquanto as matas ciliares estariam associados aos canais de drenagem (OLIVEIRA e PRADO, 1984), que hoje se encontram quase totalmente desprovidos de vegetação e canalizados em grande parte da área urbana (MAURO, op cit). As poucas áreas verdes existentes atualmente apresentam-se florestadas com espécies não nativas ou invasoras.

Durante muito tempo, as áreas verdes foram vistas como sendo desnecessárias por serem potenciais criadouros de animais vetores de doenças, transformando-se em locais impróprios para circulação da população. Entretanto existe uma importância reconhecida dessas áreas na integração do ciclo hidrológico, regulando o escoamento e a infiltração de água no solo, seqüestro natural de gás carbônico, diminuição da poluição do ar por partículas, atenuação sonora, redução da velocidade dos ventos e amenizadoras da temperatura.

As áreas verdes também podem funcionar como ilhas de verde na cidade grande, servindo de abrigo para aves que têm o hábito de se deslocar para as cidades sazonalmente. Em Rio Claro, nas áreas de reflorestamento com espécies nativas foram registradas 76 espécies de aves, havendo uma grande representação de Tyrannidae, como o bem-te-vi e Fringillidae, como pintassilgo (MARUI, 2005).

4.4. Caracterização do Meio Socioeconômico

A população contada em 2000 no Município de Rio Claro foi de 185.421 habitantes (IBGE, 2000), deste total, 97% residiam na área urbana e apenas 3% na área rural (NICOLETTI et al., 2002). A densidade demográfica de Rio Claro é de 336,84 hab/Km².

Desde a origem do Município de Rio Claro, suas ruas foram ordenadas num ângulo reto (90°), sendo quase paralelas aos pontos cardeais (RODRIGUES, 1991). Como nas demais cidades a formação de bairros e demais núcleos urbanos, que surgiram progressivamente, não se moldou baseada nas limitações e potencialidades naturais, mas sim segundo fatores socioeconômicos. O Plano Diretor de Rio Claro traz o zoneamento da área urbana do município e institui as regras gerais de uso e ocupação do solo para cada uma das zonas.

Situada na região de Campinas, a cidade de Rio Claro faz parte de uma micro-região bastante desenvolvida. O setor industrial e de serviços foram responsáveis por 83,9 % do Produto Interno Bruto (PIB) gerado pelo município em 2005 (IBGE, 2005). O setor de serviços é o responsável pela maior parte desse PIB, correspondendo a 43,6 %.

Em 2005 Rio Claro contava com uma frota de 92.533 veículos entre automóveis, caminhões, caminhonetes, ônibus e motocicletas, o que dá uma média de aproximadamente 0,50 veículo por habitante. A maioria é representada por automóveis (IBGE, 2005).

4.4.1. Armazenagem subterrânea de combustíveis em Rio Claro-SP

Postos de combustíveis são considerados empreendimentos de impacto segundo o Plano Diretor da cidade de Rio Claro. A regulamentação da atividade é estipulada pela legislação municipal, representada pela Lei Municipal nº 2.942, de 13/01/1998 (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO, 1998).

Atualmente a cidade de Rio Claro possui 43 estabelecimentos de revenda de combustíveis líquidos cadastrados junto a Prefeitura Municipal na área de estudo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Diagnóstico da Ocupação por Postos de Combustíveis

Para o diagnóstico da ocupação da área de estudo por postos de combustíveis foram observados alguns aspectos durante o trabalho de campo e aplicação dos questionários, sendo esses: a localização dos postos de combustíveis, a data da construção, a in/existência de treinamento técnico dos funcionários, a existência de dispositivos para evitar vazamentos, o volume de combustível armazenado, a forma de verificação dos volumes nos tanques, a existência de serviços como troca de óleo, lavagem e lojas de conveniência, a destinação da água pluvial e produzida no posto e a existência de planos de manutenção, operação e de resposta a acidentes, características construtivas e operacionais, além de aspectos do entorno.

Além dos postos, também foram visitados alguns pontos em campo. Os locais selecionados dentro da área de estudo para visita foram: PV1 - Formação vegetal remanescente (cerrado), próximo ao distrito industrial; PV2 – Lagoa do Cacareco; PV3 – Avenida Presidente Kennedy; PV4 – Av da Saudade; PV5 – Lago Azul; PV6 – Vale encaixado e APP do Córrego Olinda. Os postos de combustíveis e os pontos visitados tiveram sua localização coletada por meio de aparelho GPS e podem ser observados na Figura 16.

Durante os trabalhos de campo foram realizadas visitas em todos os postos cadastrados. Não foi possível a aplicação de questionários em 10 desses postos, pois: em 7 as pessoas entrevistadas se negaram a prestar as informações solicitadas, nesses foi realizada apenas a observação do entorno dos postos; um se encontrava desativado; um estava fechado para reforma e um terceiro não foi localizado no endereço constante no cadastro. Assim foram entrevistados 33 postos e foi observado o entorno de 40.

Por meio dos questionários aplicados aos postos e da observação do entorno dos mesmos foi possível chegar a alguns resultados para o diagnóstico de ocupação por postos de combustíveis na área de estudo. Notamos, pela distribuição dos postos apresentada na Figura 16, e pela observação no trabalho de campo que a localização dos postos de combustíveis segue a lógica econômica, havendo concentração dessa atividade em vias de maior circulação na cidade de Rio Claro/SP.

Apenas um dos postos pesquisados informou a área do terreno e área construída. Assim não é possível diagnosticar se os postos de combustíveis instalados na área de estudo respeitam a metragem mínima exigida pela Lei Municipal de Rio Claro, que é de 800 m².

Dos postos entrevistados 9 funcionam a menos de 10 anos, 9 entre 10 e 20 anos e 14 a mais de 20 anos. Um não soube informar. Muitos dos postos entrevistados já foram convocados pela CETESB e passaram por reforma para atender as exigências, entretanto alguns dos convocados ainda operam sem ter realizado as reformas necessárias. Alguns dos postos passavam por reformas durante o período das entrevistas. Foi possível notar que não havia, em nenhum deles, a preocupação com isolamento adequado da área para evitar que a água ou combustível que escorresse da área de abastecimento atingisse o solo exposto.

A grande maioria dos postos apresenta deficiência quanto ao treinamento de funcionários. Apenas doze dos postos apresentam programa para treinamento dos funcionários. Entre esses apenas nove contam com programa de treinamento para resposta a acidentes, enquanto os outros três contam apenas com treinamento operacional. Nos demais foi afirmado que é realizado apenas treinamento informal, com funcionários mais antigos, e apenas para as operações rotineiras. Todos os postos apresentam algum tipo de dispositivo para evitar vazamentos durante o momento de descarregamento de combustíveis.

Em 24 dos postos é exercida atividade de troca de óleo, sendo que com exceção de um, que armazena o óleo usado em tambores, todos contam com tanques para armazenagem do óleo usado e todos afirmaram ter esse resíduo recolhido por empresa especializada.

Vinte postos contam com área de lavagem. Cinco postos de combustíveis contam com estrutura para serviço de lavagem, entretanto foram desativadas devido à impossibilidade de se adequar às exigências da CETESB e competir com serviços de lavagem oferecidos na

cidade, que não estão sujeitos às mesmas normas, e por isso não realizam o tratamento do efluente, oferecendo um preço mais acessível aos clientes.

Segundo os entrevistados as águas provenientes das lavagens dos postos e da área de abastecimento passam por caixas separadoras de água/óleo, com exceção de três postos, onde foi observado o descarte da água proveniente da área de abastecimento e de lavagem em vias públicas e em bocas de lobo, como pode ser observado na Foto 4 da Documentação Fotográfica (Anexo 2). Nas proximidades de quatro postos de combustíveis foi observada a presença de iridescência na água acumulada nas vias públicas próximas, indicando a presença de óleo (Fotos 6 e 7 do Anexo 2 – Documentação Fotográfica).

Três postos de combustíveis observados não apresentavam canaletas circundando a área de abastecimento. Além disso, em algumas situações foi possível observar que as canaletas que circundam a área de abastecimento do posto não suportam toda a água gerada. Assim extravasam e ao invés de serem direcionadas as caixas separadoras seguem direto para as vias públicas. Em cinco postos os entrevistados afirmaram não ter conhecimento da realização de manutenção das caixas separadoras, o que pode representar um problema já que essas podem saturar e não funcionar efetivamente na contenção do óleo. Nos demais foi declarado que o resíduo oleoso acumulado na caixa é recolhido por empresas especializadas. Após passar pela separação, a água é destinada à rede coletora de esgoto. Se essa água contiver óleo residual pode vir a gerar atmosferas explosivas no interior das tubulações.

Apenas um dos postos entrevistados recolhe a água pluvial. Nos outros 32 entrevistados a mesma escoar para a via pública. Durante as observações realizadas nos postos foi verificada grande quantidade de óleo no piso em áreas descobertas, que deve ser carregado junto com a água pluvial para o sistema de drenagem urbana e para os corpos d'água receptores.

Trinta e cinco dos postos observados contam com área de conveniências, que em alguns casos concentram quantidade considerável de pessoas nos finais de semana. Essas áreas de conveniência não se encontram isoladas das áreas de serviços dos postos e em alguns casos estão localizadas a distâncias muito pequenas.

Vinte e três dos postos entrevistados executam manutenção periódica preventiva, enquanto dez apenas fazem consertos quando ocorrem problemas com os equipamentos. Foi possível notar que redes de postos de combustíveis com maior tempo de atuação no mercado apresentam-se mais adequadas às exigências ambientais.

Na área de estudo, nos postos entrevistados, existem 115 tanques subterrâneos em uso, que juntos tem capacidade para armazenagem de 2.515.000 litros de combustíveis, sendo 1.770.000 litros de combustíveis fósseis derivados de petróleo. Muitos dos postos

entrevistados não sabiam informar a idade dos tanques nem o material de que eram constituídos, mas dois postos afirmaram usar tanques de composição metálica há mais de 15 anos. Os postos que sofreram reformas recentes fazem uso de tanques de parede dupla com monitoramento intersticial, comumente chamados de tanques ecológicos, e bipartidos. A tendência de utilização de tanques bipartidos, segundo informações dos entrevistados, é devido ao benefício econômico. Existem cinco tanques desativados na área de estudo, sendo que apenas um se encontra preenchido com areia e os demais estão vazios.

A verificação do volume nos tanques acontece em todos os postos, sendo apenas manual em 16, e eletrônica em 14. Três postos realizam verificação manual e eletrônica.

Em alguns dos postos foi verificada a presença de equipamentos, principalmente filtros de óleo, em áreas não cobertas. A exposição desses equipamentos a água pluvial pode provocar corrosão caso não exista proteção especial, já que a mesma é ácida.

Dos quarenta postos observados quatorze apresentavam trincas e afundamentos no piso, sendo que em três casos essas eram muito evidentes (Foto 2 do Anexo 2 - Documentação Fotográfica). Um apresentava piso composto por lajotas, sendo considerado inadequado por permitir a infiltração no solo de combustíveis vazados na superfície. Em dez dos postos observados não foi verificada a indicação de “não fume”. Em alguns postos quando essa existia era muito discreta. Durante as entrevistas foram notadas algumas pessoas, inclusive funcionários, fumando nas áreas de abastecimento, o que demonstra falta de cautela por parte dos mesmos, talvez por falta de informação adequada.

Foi possível notar que não existem procedimentos ou equipamentos distintos nos postos instalados em áreas de sensibilidade ambiental alta de modo a prevenir vazamentos, tornando essas vulneráveis à ocorrência desses. A questão ambiental nos postos de combustíveis ainda é tratada como entrave burocrático e desperdício de dinheiro, e os clientes não parecem se importar em saber das adequações ambientais dos postos de combustíveis em que abastece. Não sendo uma questão que traz um diferencial no mercado os proprietários de postos de combustíveis continuam a tratá-la como secundária, colocando em risco áreas classificadas como de sensibilidade ambiental alta.

5.2. Fatores de Sensibilidade Ambiental

Após a pesquisa bibliográfica, que visava o diagnóstico ambiental da área de estudo, e o levantamento dos condicionantes e dos problemas ambientais associados a acidentes e vazamentos de hidrocarbonetos em postos de combustíveis, foram elencados sete fatores de sensibilidade ambiental dentre as características do meio físico, biológico e socioeconômico.

Os fatores de sensibilidade ambiental do meio físico selecionados nesse trabalho foram: Unidades geológico-geotécnicas; Profundidade do NA; Sentido do escoamento subterrâneo e Distância de corpos d'água receptores. Como fatores do meio socioeconômico foram selecionados os fatores: Pontos de captação superficial e subterrâneo de água; e Pontos de concentração de pessoas, e, finalmente, como fator de sensibilidade do meio biológico foram selecionadas as áreas verdes.

Entendemos que existem outros fatores que podem contribuir para a classificação de uma área quanto à sensibilidade ambiental, além daqueles considerados para a elaboração da carta de sensibilidade ambiental proposta nesse trabalho, como por exemplo, a direção dos ventos, que pode influenciar na dispersão de vapores dos compostos orgânicos presentes nos combustíveis, que também constituem risco para a saúde, ou as diferenciações de temperaturas dentro da área urbana, que influenciam na evaporação de combustíveis vazados e na formação de atmosferas explosivas. Entretanto, considerando a dificuldade de se trabalhar com volume de informações demasiadamente grande e a quantidade de dados disponíveis, foram considerados como fatores de sensibilidade para elaboração da CSA apenas aqueles supracitados.

Ressalta-se a importância da atualização dos dados e informações obtidas, para atualização da carta, já que alguns fatores de sensibilidade se referem ao meio socioeconômico e são bastante variáveis no tempo, e, ainda, novos estudos podem vir a contribuir com dados e informações que enriqueceriam os fatores relacionados aos meios físico e biológico. Para isso utilizou-se da construção de um banco de dados digital, que opere num Sistema de Informação Geográfica, que possibilitará a consideração de maior número de variáveis, e a atualização dos dados posteriormente.

5.2.1. Unidades geológico-geotécnicas

Esse fator foi selecionado por considerar-se a importância atribuída ao mesmo para a estanqueidade do sistema e processos migratórios do contaminante vazado. As características geológico-geotécnicas definidas para a área de estudo foram analisadas segundo unidades de análises propostas por Yamada (2004). Em seu trabalho a autora considerou diversas propriedades do meio que têm relação tanto com a estanqueidade do sistema quanto com o processo migratório do contaminante, como, por exemplo, porosidade, colapsividade, capacidade de troca catiônica, corrosão, capacidade de carga e a espessura do material inconsolidado.

5.2.2. Profundidade do NA

A profundidade do NA deve ser um fator considerado na definição da sensibilidade ambiental da área à contaminação por hidrocarbonetos, pois quando em contato com a água subterrânea, seja em fase dissolvida ou livre, o contaminante (hidrocarboneto) tem sua mobilidade muito aumentada. 1 a 5% do volume vazado, quando dissolvidos em água podem representar 79% do volume de material contaminado (OLIVEIRA, 1992). Os dados de profundidade do NA utilizados no trabalho foram aqueles apresentados por Cottas (1983) e por Oliva (2006).

5.2.3 Sentido escoamento subterrâneo

O transporte horizontal do combustível vazado é realizado pelo movimento da água subterrânea. Os dados utilizados nesse trabalho sobre esse fator foram os apresentados por Oliva (2006) e Cottas (1983).

5.2.4. Distância de corpos d'água receptores

Com base nos trabalhos de Oliva (2006) e Stradioto (2004 apud OLIVA, 2006), conclui-se que os corpos de água (nascentes e lagoas) e o Aquífero Rio Claro (água subterrânea), são abastecidos por águas pluviais. Segundo Borden et al (2002), locais com concentração de contaminantes significativamente alta em seu estudo estavam associados com a direção de escoamento de postos de combustíveis. Sendo assim, a proximidade de corpos d'água é um fator a ser considerado na definição de áreas sensíveis a instalação de postos de combustíveis já que esses são os receptores do contaminante vazado, e também porque essas áreas podem contar com vegetação e fauna ao seu redor. Os corpos d'água considerados nesse trabalho foram os apresentados por Zaine (2000) em sua Carta Geológico-Geotécnica para a área de estudo.

5.2.5. Pontos de captação superficial e subterrâneo de água

Segundo Oliveira (1992), existem riscos à saúde humana pela possível ingestão de água contaminada por combustíveis. Assim a existência de captação subterrânea ou superficial de água foi considerada um fator de sensibilidade para a instalação de postos de combustíveis. Os dados sobre captações de água superficial e subterrânea foram obtidos do site do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Foi adotado esse critério para

todas as captações registradas na área de estudo junto ao DAEE, independentemente do uso pretendido, por considerarmos que essa água pode eventualmente ser ingerida, mesmo tendo sido requerida para outros usos.

5.2.6. Pontos de concentração de pessoas

Foi considerado um fator de sensibilidade o entorno de pontos de concentração de pessoas, tais como escolas, estabelecimentos de saúde, asilos, centros comerciais, clubes, estação de ônibus e rodoviária, já que a ocorrência de acidentes nessas áreas atingiriam maior número de pessoas, tendo assim maiores conseqüências associadas. Os pontos onde se localizam tais estabelecimentos foram obtidos junto ao cadastro da Prefeitura Municipal de Rio Claro.

5.2.7. Áreas verdes e APP's

Pela importância atribuída a essas áreas, como discutido anteriormente, e pela possibilidade de essas áreas abrigarem espécies vegetais e animais, além de outras funções atribuídas às APP's, e de algumas delas serem pontos de concentração de pessoas, as áreas verdes e APP's foram consideradas como fator de sensibilidade ambiental. Os dados sobre as áreas verdes na área de estudo foram obtidos junto à Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento e Meio Ambiente (SEPLADEMA) da Prefeitura Municipal de Rio Claro. Foram consideradas as áreas verdes urbanas com área superior a 1.500 m² para eliminar da análise áreas como as de rotatórias e canteiros de avenidas que não representam áreas de interesse para a pesquisa.

5.3. Ponderação dos Fatores de Sensibilidade Ambiental

A ponderação para atribuição de relevância aos fatores de sensibilidade ambiental selecionados foi realizada por meio de consulta a profissionais de diversas áreas do conhecimento utilizando-se do método Ad Hoc. Cinco profissionais atribuíram pesos aos fatores.

Os resultados da consulta Ad Hoc são apresentados na Tabela 1, onde pode ser observada a importância relativa dos fatores na atribuição dos profissionais consultados. O peso final para o fator consistiu no cálculo da média. Nos gráficos 1 a 7 pode ser observada a distribuição dos pesos pelos profissionais.

Tabela 1: Pesos atribuídos aos fatores de sensibilidade ambiental por cada profissional consultado por meio da metodologia Ad Hoc.

		Pesos atribuídos por cada Profissional Consultado					Ponderação final
Fatores do Meio Físico	<i>Unidades geológico-geotécnicas</i>	0,4	0,2	0,2	0,1	0,3	0,24
	<i>Sentido do escoamento subterrâneo</i>	0,2	0,3	0,1	0,2	0,25	0,10
	<i>Profundidade do NA</i>	0	0,1	0,05	0,2	0,15	0,21
	<i>Distância de corpos d'água receptores</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	0,05	0,11
Fatores do Meio	<i>Pontos de captação superficial e subterrâneo de água</i>	0,2	0,2	0,3	0,2	0,15	0,21
	<i>Pontos de concentração de pessoas</i>	0,05	0,05	0,05	0,1	0,05	0,06
Fatores M Biológico	<i>Áreas verdes e APP's</i>	0,05	0,05	0,1	0,1	0,05	0,07
<i>Total</i>		1	1	1	1	1	1

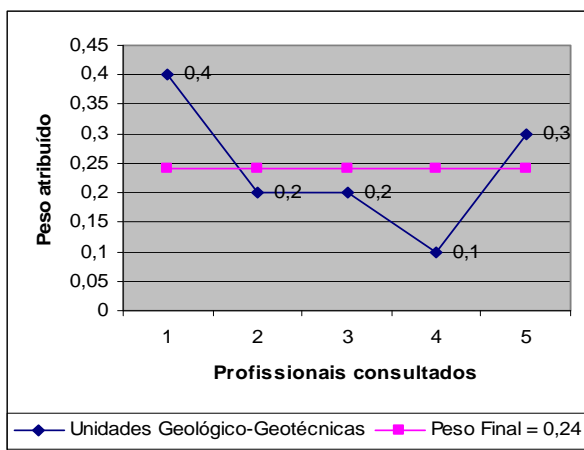


Gráfico 1: Cálculo do peso final para o fator Unidades Geológico-Geotécnicas

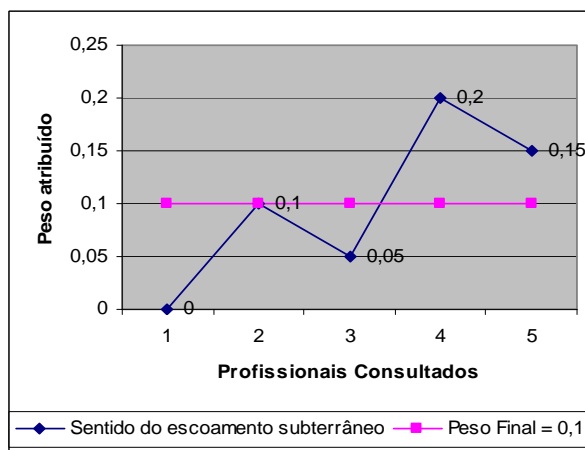


Gráfico 3: Cálculo do peso final para o fator Sentido do escoamento subterrâneo

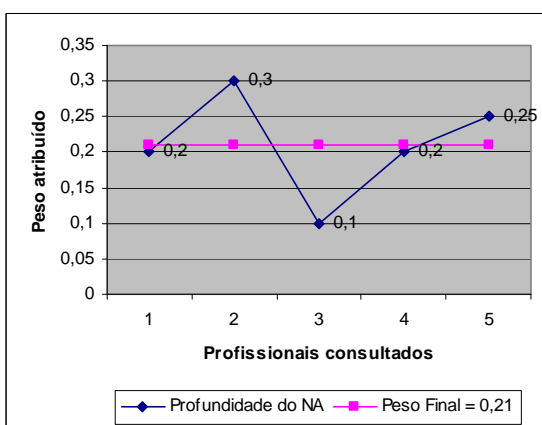


Gráfico 2: Cálculo do peso final para o fator Profundidade do NA

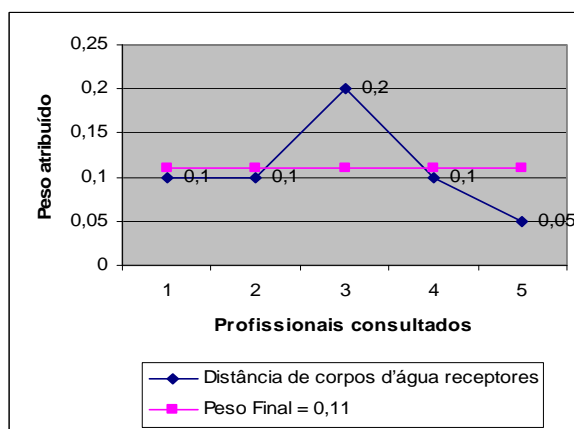


Gráfico 4: Cálculo do peso final para o fator Distância dos corpos d'água receptores

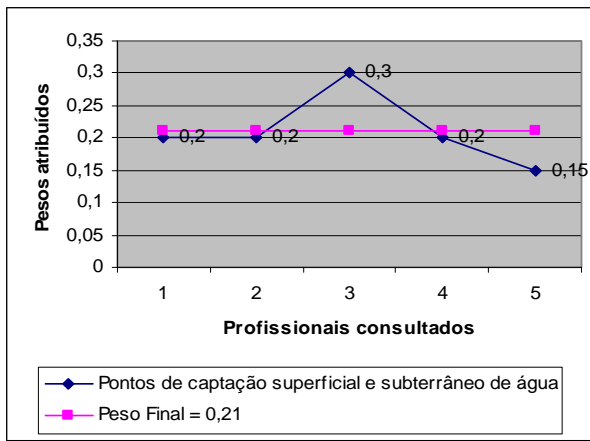


Gráfico 5: Cálculo do peso final para o fator Pontos de captação de água

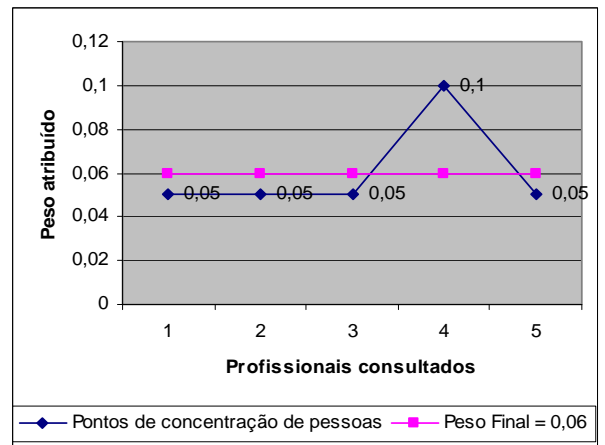


Gráfico 6: Cálculo do peso final para o fator Pontos de concentração de pessoas

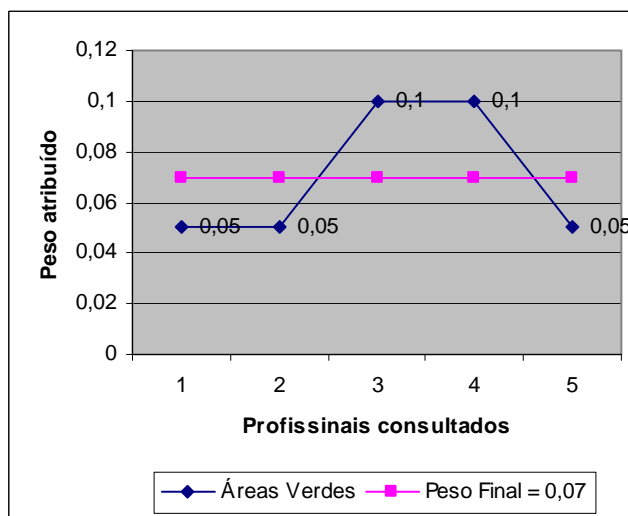


Gráfico 7: Cálculo do peso final para o fator Áreas Verdes e APP's.

5.4. Material Cartográfico Preliminar

Cada fator de sensibilidade foi dividido em categorias de conseqüências (mínima, marginal e crítica), de acordo com as características da área de estudo, e para cada uma dessas categorias foi atribuído um peso relativo de 0,1; 0,5 e 1, respectivamente (Tabela 2).

Os limites entre as categorias de conseqüências definidos para cada fator foram estabelecidos segundo legislações e estudos anteriores. A delimitação dos atributos geológicos-geotécnicos foi realizada de acordo com as unidades de análise definidas por Yamada (2004).

O limite de 15 metros para o NA foi adotado pois a CETESB nos Procedimento para Identificação de Passivos Ambientais indica que deve ser realizada uma primeira sondagem até essa profundidade e caso o NA se encontre em profundidade maior deve-se adotar um número de amostras menor já que a possibilidade de contaminação do lençol freático é diminuída. O limite de 5 metros é a profundidade da sondagem sugerida pela CETESB na proximidade dos tanques. Lembrando que os tanques são instalados em profundidades entre 3,5 e 4 metros.

O limite de um raio de 100 metros para os demais fatores é definido pela ABNT - NBR 13786 para o levantamento do uso e ocupação do solo no entorno de postos de combustíveis e é utilizado para balizar as Ações Corretivas Baseadas em Risco (ACBR) aplicadas a áreas contaminadas com hidrocarbonetos derivados de petróleo. A Resolução CONAMA 273/2000 também sugere a caracterização do uso e ocupação do solo nesse raio. O limite de um raio de 500 metros foi adotado porque nos relatórios de passivos ambientais elaborados para licenciamento de postos de combustíveis junto a CETESB esse é o raio no entorno dos postos de combustíveis que deve ter o uso e ocupação caracterizados.

Sugere-se que esses limites sejam revistos com o surgimento de novas legislações e normas que tratem do assunto, e com o desenvolvimento de pesquisas que venham a estabelecer limites de influência das substâncias vazadas em postos de combustíveis.

Tabela 2: Matriz de interação entre fatores de sensibilidade ambiental aplicados a postos de combustíveis em Rio Claro/SP, com respectivas ponderações.

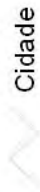
		Ponderação (Pn)	Categorias de Conseqüência (Cn,m)		
			Mínima (m=1) C _{n1} =0,1	Marginal (m=2) C _{n2} =0,5	Crítica (m=3) C _{n3} =1
Fatores do Meio Físico	Unidades geológico-geotécnicas n=1	P ₁ =0,24	Unidade I (Formação Corumbataí)	Unidade II (Diabásio)/ Unidade III (Formação Rio Claro)	Unidade IV (Aluvião e Solos Hidromórficos)
	Profundidade do NA n=2	P ₂ =0,21	> 15 metros	Entre 5 e 15 metros	< 5 metros
	Sentido do escoamento subterrâneo n=3	P ₃ =0,10	Área de divergência de fluxo	-	Área convergência de fluxo
	Distância de corpos d'água receptores n=4	P ₄ =0,11	Distância do corpo d'água > 500 metros.	Distância do corpo d'água entre 100 e 500 metros.	Distância do corpo d'água < 100 metros.
Fatores do Meio socioeconômico	Pontos de captação superficial e subterrâneo de água n=5	P ₅ =0,21	Distância do ponto de captação > 500 metros.	Distância do ponto de captação entre 100 e 500 m.	Distância do ponto de captação < 100 metros
	Pontos de concentração de pessoas n=6	P ₆ =0,06	Distância do ponto de concentração > 500 metros.	Distância do ponto entre 100 e 500 m.	Distância do ponto de concentração < 100 metros.
Fatores M. Bio.	Áreas verdes e APP's n=7	P ₇ =0,07	Distância área verde > 500 metros.	Distância área verde entre 100 e 500 metros.	Distância área verde < 100 metros.
Total		1			

Tabela 3: Índices de Sensibilidade Ambiental parciais ($ISA_{n,m}$) calculado para cada Categoria de Consequência definida para os fatores de sensibilidade ambiental.

		Índices de Sensibilidade Ambiental parciais ($ISA_{n,m} = P_n * C_{n,m}$)		
		Categorias de Consequência		
		Mínima	Marginal	Crítica
<i>Fatores do Meio Físico</i>	Unidades geológico-geotécnicas (n=1)	$ISA_{11}=0,024$	$ISA_{12}=0,120$	$ISA_{13}=0,240$
	Profundidade do NA (n=2)	$ISA_{21}=0,021$	$ISA_{22}=0,105$	$ISA_{23}=0,210$
	Sentido do escoamento subterrâneo (n=3)	$ISA_{31}=0,010$	-	$ISA_{33}= 0,100$
	Distância de corpos d'água receptores (n=4)	$ISA_{41}=0,011$	$ISA_{42}=0,055$	$ISA_{43}=0,110$
<i>Fatores do Meio socioeconômico</i>	Pontos de captação superficial e subterrâneo de água (n=5)	$ISA_{51}= 0,021$	$ISA_{52}=0,105$	$ISA_{53}=0,210$
	Pontos de concentração de pessoas (n=6)	$ISA_{61}=0,006$	$ISA_{62}=0,030$	$ISA_{63}=0,060$
<i>Fator do Meio Biológico</i>	Áreas verdes e APP's (n=7)	$ISA_{71}=0,007$	$ISA_{72}=0,035$	$ISA_{73}=0,070$

Foi elaborado um mapa para cada fator de sensibilidade ambiental adotado. Nesses mapas a área de estudo foi dividida de acordo com as categorias de consequência. Assim, cada polígono definido dentro da área de estudo tem um Índice de Sensibilidade Ambiental parcial ($ISA_{n,m}$) associado (Tabela 3). O material cartográfico pode ser observado nas Figuras 09 a 15.

Legenda

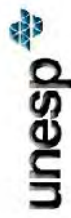
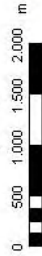


Categorias de Consequência

Mínima (Fm Corumbataí - ISA=0,024)

Marginal (Fm Rio Claro e Diabásio - ISA=0,120)

Crítica (Aluvião e Solos Hidromórficos - ISA=0,240)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

JÚLIO DE MESQUITA FILHO

Campus de Rio Claro

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

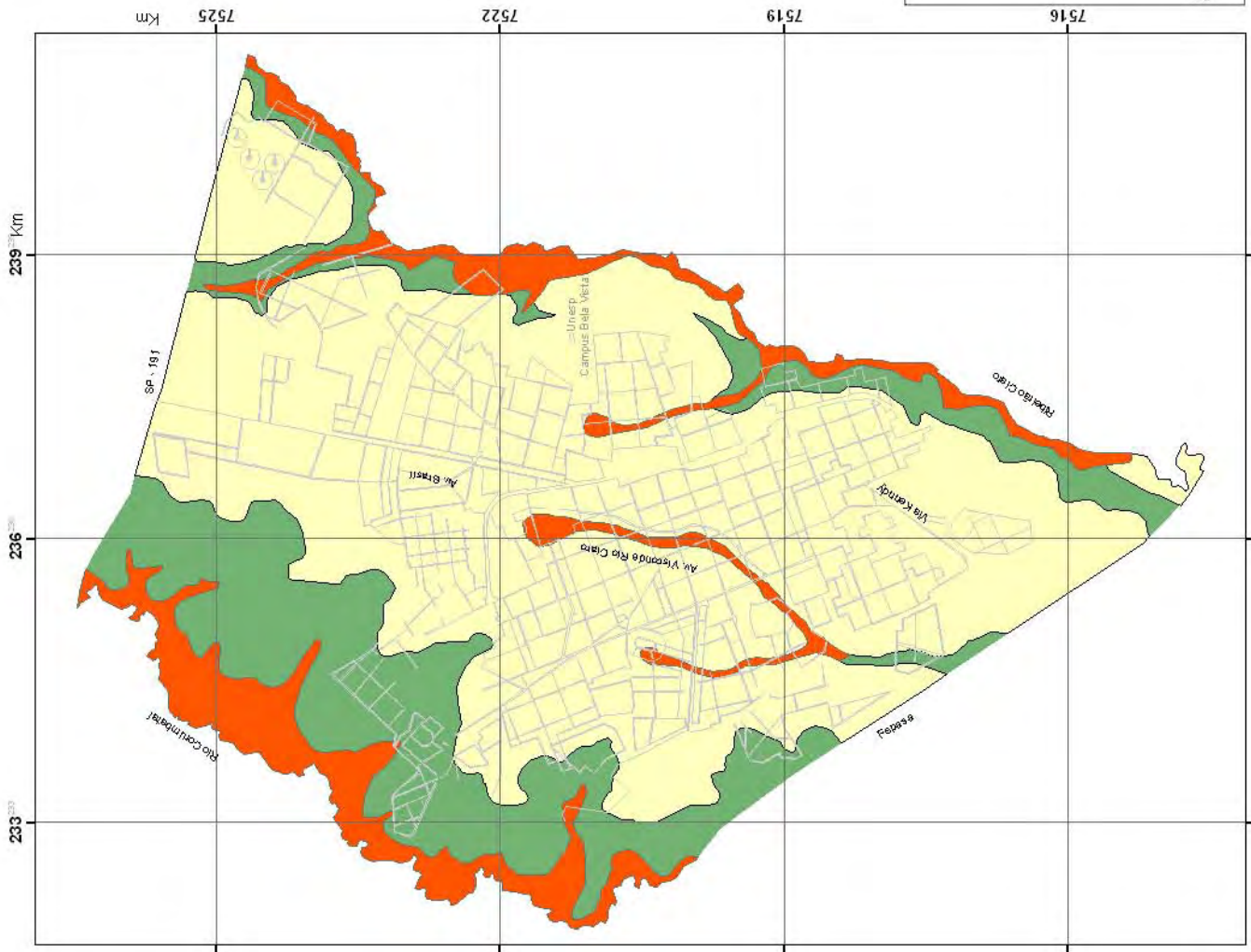
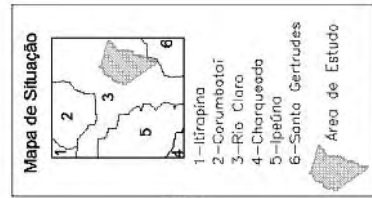
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Trabalho de Conclusão de Curso

Graduanda: Suseli de Marchi Santos

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

2008



Carta com Índices de Sensibilidade Ambiental parciais correspondentes ao fator Unidades Geológico-geotécnicas

Figura 09

Legenda

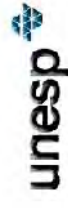
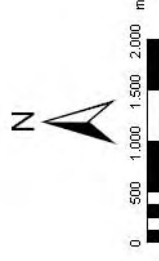


Categorias de Consequência

Minima (NA >15m - ISA=0,021)

Marginal (NA>5m e <15m - ISA=0,105)

Critica (NA<5m - ISA=0,21)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

JÚLIO DE MESQUITA FILHO

Campus de Rio Claro

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

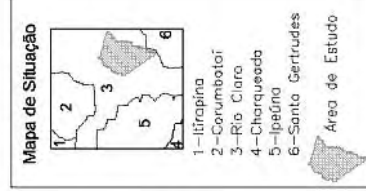
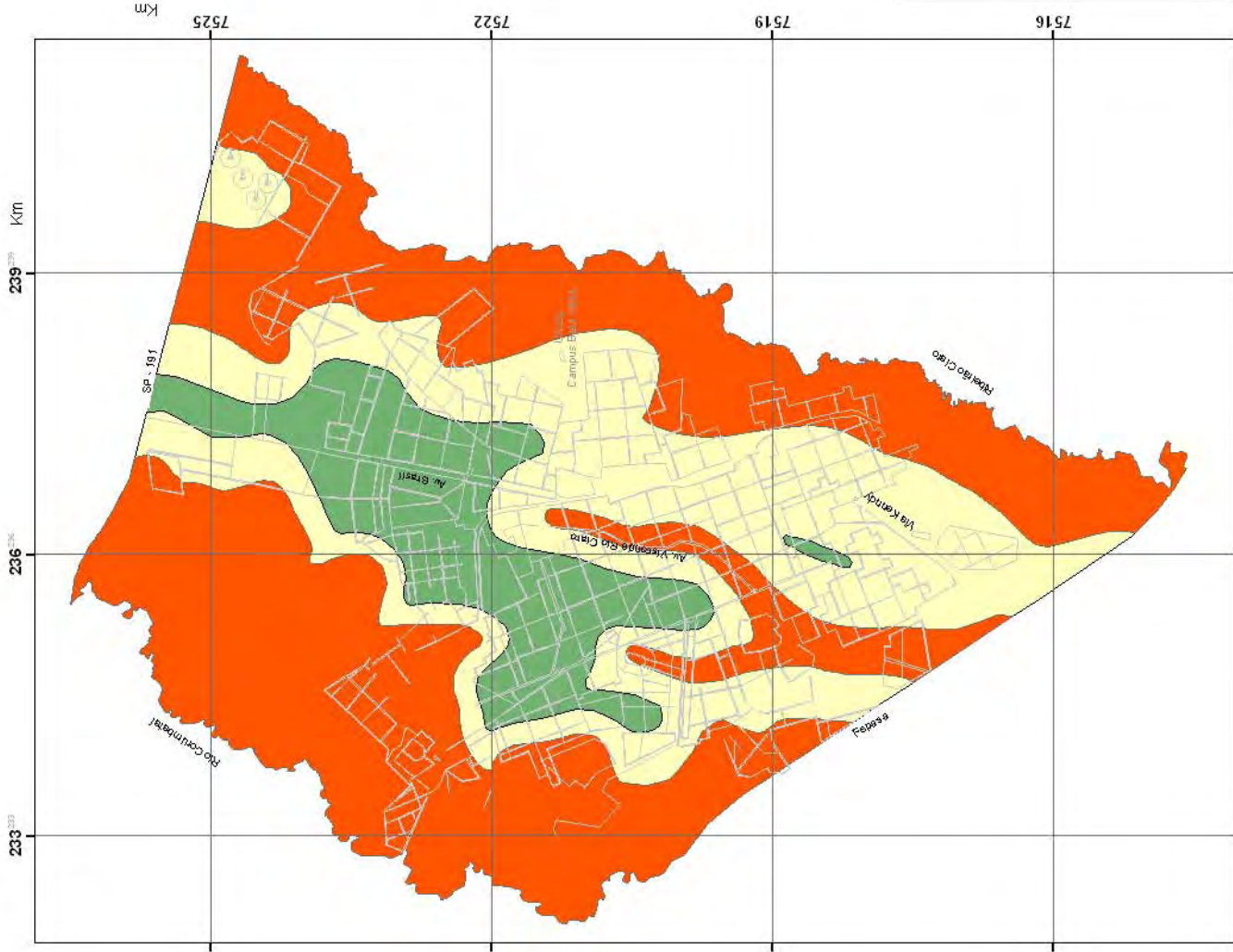
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Trabalho de Conclusão de Curso

Graduanda: Suseli de Marchi Santos

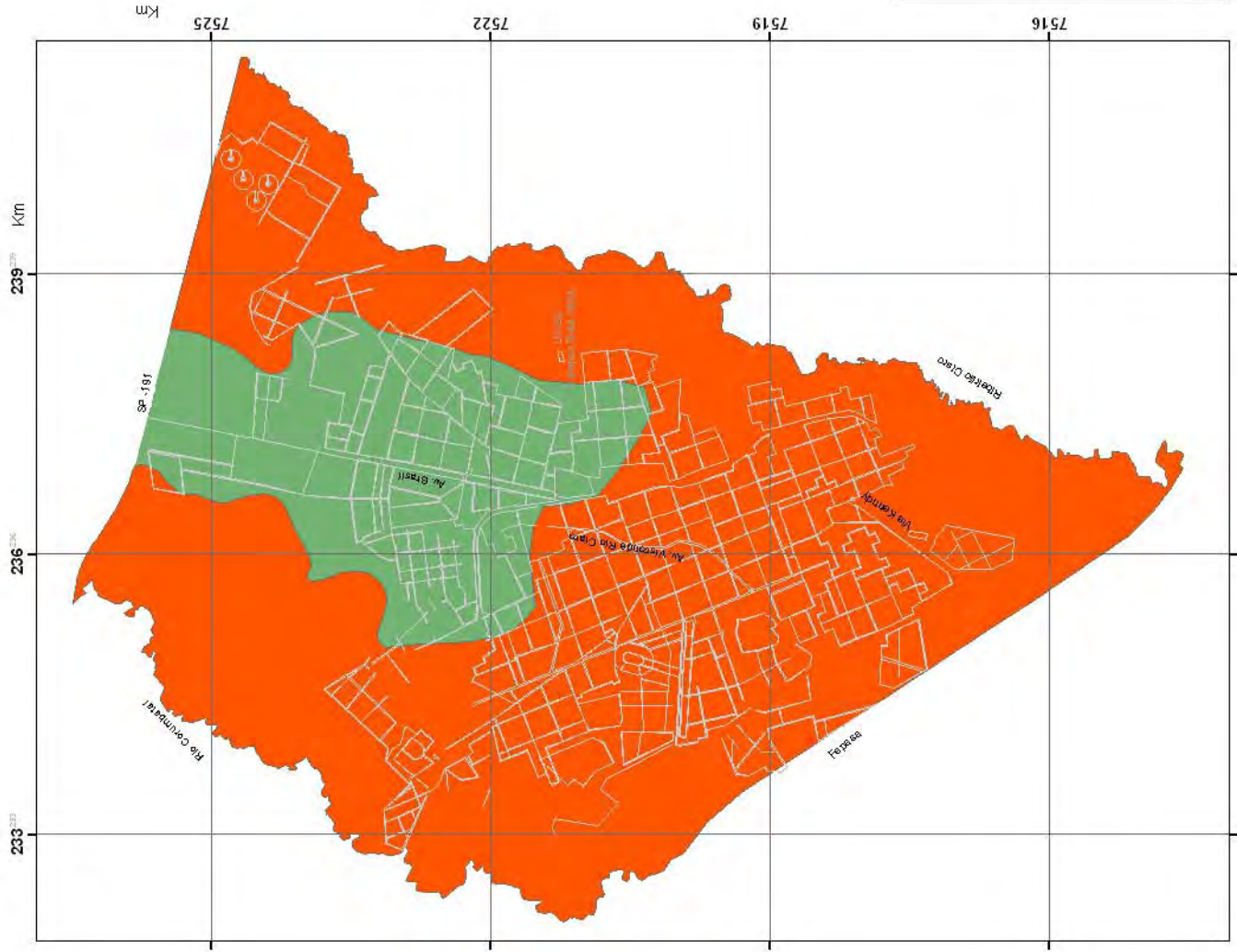
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

2008



Carta com Índices de Sensibilidade Ambiental parciais correspondentes ao fator Profundidade do NA

Figura 10

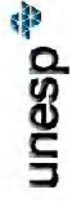
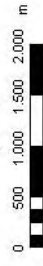


Legenda



Categorias de Consequência

- Mínima (Divergência de fluxo subterrâneo - ISA=0,01)
- Crítica (Convergência de fluxo subterrâneo - ISA=0,10)

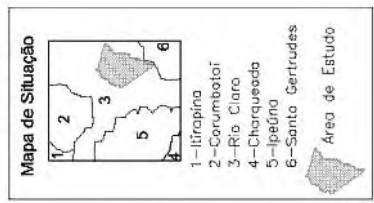


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
JÚLIO DE MESQUITA FILHO
 Campus de Rio Claro

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
 Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

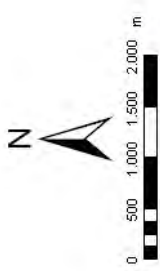
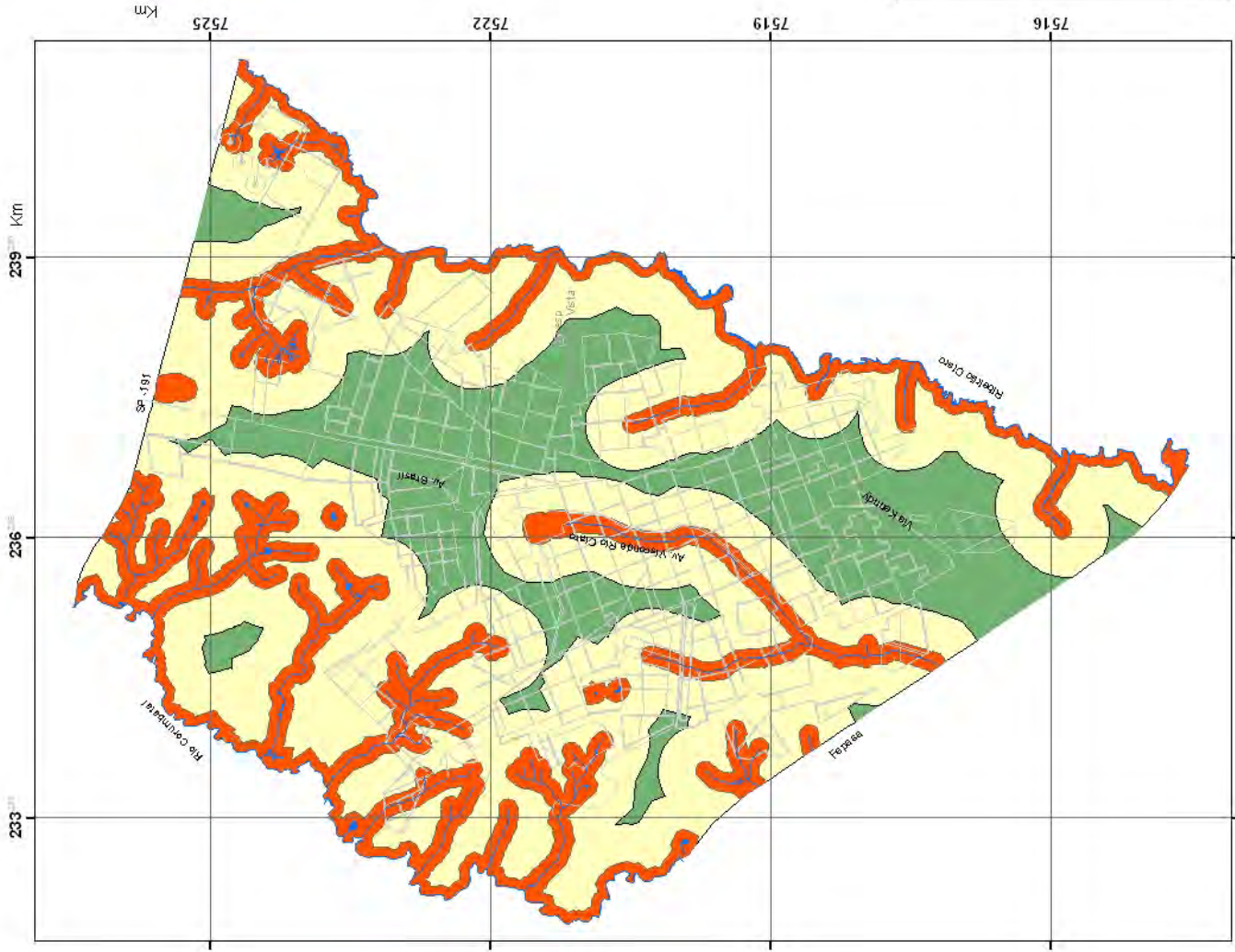
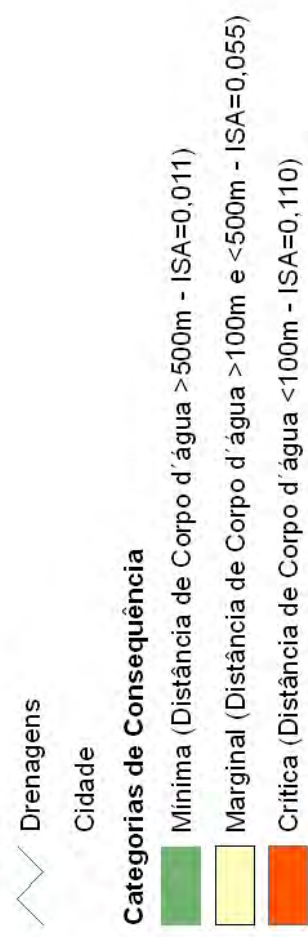
Trabalho de Conclusão de Curso
 Graduanda: Suseli de Marchi Santos
 Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

2008



Carta com Índices de Sensibilidade Ambiental parciais correspondentes ao fator Sentido do Escoamento Subterrâneo

Figura 11

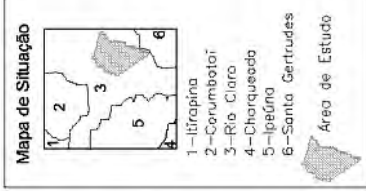


unesp
 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
 JÚLIO DE MESQUITA FILHO
 Campus de Rio Claro

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
 Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Trabalho de Conclusão de Curso
 Graduanda: Suseli de Marchi Santos
 Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

2008






Carta com Índices de Sensibilidade Ambiental parciais correspondentes ao fator Distância de Corpos d'água receptores

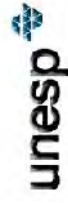
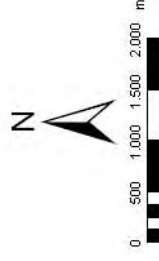
Figura 12

LEGENDA



Categorias de Consequência

-  Mínima (Distância de Ponto de Captação >500m - ISA=0,021)
-  Marginal (Distância de Ponto de Captação >100m e <500m - ISA=0,105)
-  Crítica (Distância de Ponto de Captação <100m - ISA=0,21)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

JÚLIO DE MESQUITA FILHO

Campus de Rio Claro

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

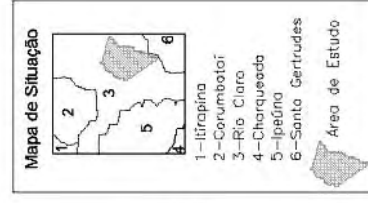
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Trabalho de Conclusão de Curso

Graduanda: Suseli de Marchi Santos

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

2008



Carta com Índices de Sensibilidade Ambiental parciais correspondentes ao fator Ponto de Captação superficial e subterrâneo de água

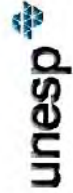
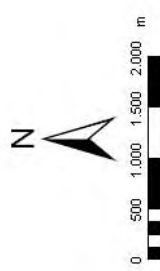
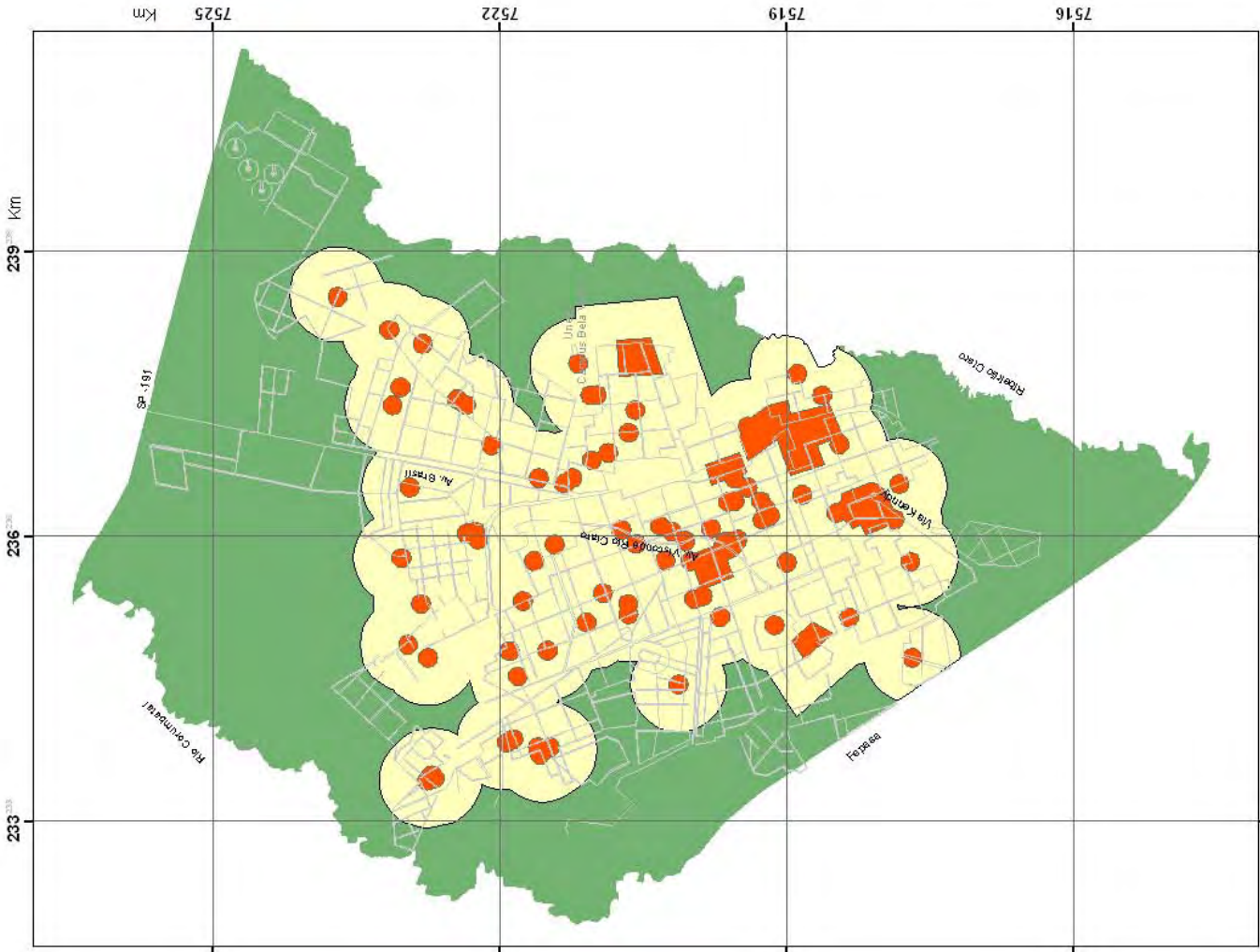
Figura 13

Legenda

Cidade

Categorias de Consequência

- Mínima (Distância de Ponto de concentração >500m - ISA=0,006)
- Marginal (Distância de Ponto de concentração >100m e <500m-ISA=0,03)
- Crítica (Distância de Ponto de concentração <100m - ISA=0,060)

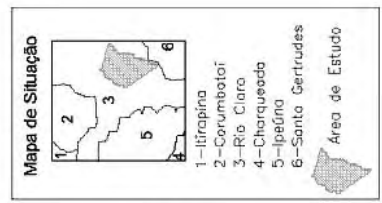


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
JÚLIO DE MESQUITA FILHO
 Campus de Rio Claro

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
 Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Trabalho de Conclusão de Curso
 Graduanda: Suseli de Marchi Santos
 Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine



2008






Carta com Índices de Sensibilidade Ambiental parciais correspondentes ao fator Pontos de Concentração de pessoas

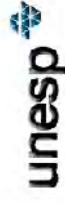
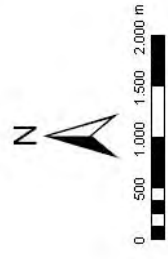
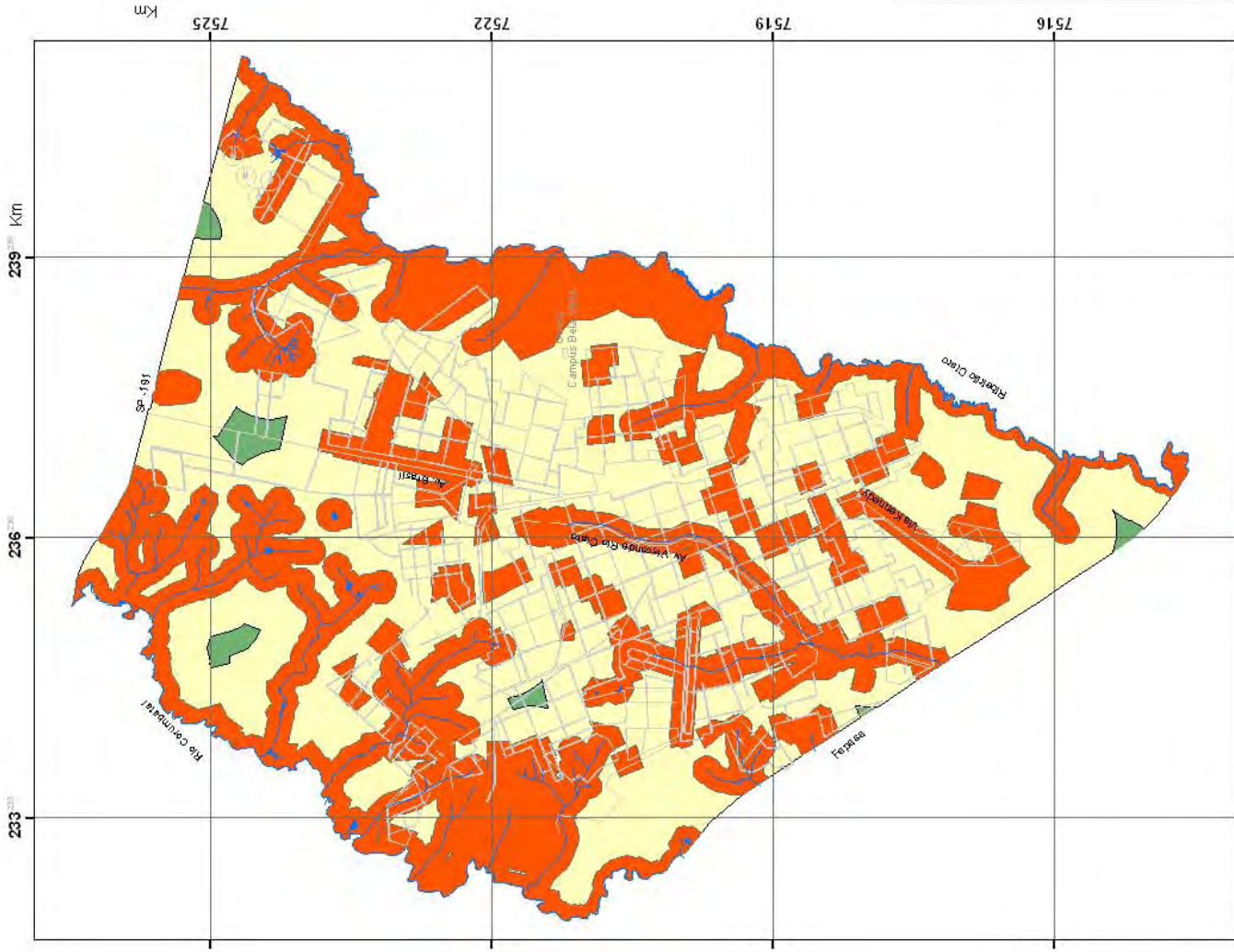
Figura 14

Legenda

-  Drenagens
-  Cidade

Categorias de Consequência

-  Mínima (Distância de áreas verdes >500m - ISA=0,007)
-  Marginal (Distância de áreas verdes >100m e <500m - ISA=0,035)
-  Crítica (Distância de áreas verdes <100m - ISA=0,070)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
JÚLIO DE MESQUITA FILHO
 Campus de Rio Claro

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
 Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Trabalho de Conclusão de Curso
 Graduanda: Suseli de Marchi Santos
 Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

2008

Carta com Índices de Sensibilidade Ambiental parciais correspondentes ao fator Áreas Verdes e APP's

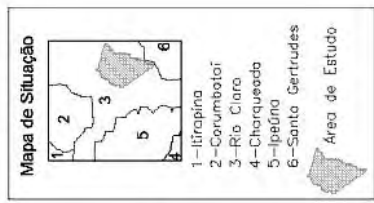


Figura 15

5.5. Carta de Sensibilidade Ambiental (1: 50.000)

As classes de sensibilidade ambiental foram divididas em: Alta; Média e Baixa, de acordo com o Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA). Foram classificadas como Áreas de Sensibilidade Ambiental Baixa as que obtiveram ISA entre 0 e 0,3; Sensibilidade Ambiental Média aquelas com ISA entre 0,3 e 0,6 e Sensibilidade Ambiental Alta aquelas que obtiveram ISA entre 0,6 e 1.

Como resultado obteve-se a Carta de Sensibilidade Ambiental aplicada a postos de combustíveis proposta para Rio Claro/SP, na escala 1:50.000 apresentada na Figura 16.

6. RECOMENDAÇÕES





A seguir são feitas algumas considerações baseadas nas características das unidades geológico-geotécnicas definidas por Yamada (2004). As normas da ABNT e as leis que tratam do assunto compreendem grande parte dessas sugestões, já que são bastante restritivas, entretanto consideramos relevante ressaltar alguns aspectos.

Na Unidade I – Formação Corumbataí os tanques devem ser instalados sobre o substrato rochoso, os materiais construtivos selecionados devem ser moderadamente flexíveis, para absorver deformações causadas pelos movimentos de expansão, e resistentes à corrosão. Pode ser necessário o bombeamento de água na cava do tanque. Não é necessário um sistema de impermeabilização na área, uma vez que o contaminante vazado migrará muito lentamente e a presença de argilo-minerais como ilita e montmorilonita conterà o combustível vazado.




Na Unidade II – Diabásio, deve-se considerar a possível dificuldade de escavação durante a instalação. Considerando o potencial de desenvolvimento de processo corrosivo, sugere-se o uso de materiais construtivos resistentes à corrosão e, considerando a existência de fraturas nessa unidade, é recomendada a instalação de algum dispositivo de prevenção de vazamentos, como o colchão drenante, que tem função impermeabilizante e permite o direcionamento do fluxo do combustível vazado para um poço de coleta, impedindo que esse chegue às fraturas.

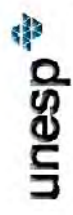
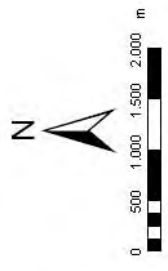
Na Unidade III, também devem ser empregados materiais resistentes à corrosão e capazes de absorver as deformações impostas por movimentos verticais, devidos ao comportamento colapsível do solo. Por apresentar nível freático profundo, nessa unidade podem ser instaladas estruturas complementares de prevenção a vazamentos, como colchões drenantes, compartimentos subterrâneos em alvenaria e tubos de observação em “L”, o que se justifica pela permeabilidade elevada.

Legenda

-  Drenagens
-  Cidade
-  Postos de Combustíveis
-  PV-n Pontos de Visitação em Campo

Classes de Sensibilidade Ambiental

-  Baixa (ISA > 0 e < 0,3)
-  Média (ISA > 0,3 e < 0,6)
-  Alta (ISA > 0,6 e < 1)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

JÚLIO DE MESQUITA FILHO

Campus de Rio Claro

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Trabalho de Conclusão de Curso

Graduanda: Suseli de Marchi Santos

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

2008

Carta de Sensibilidade Ambiental aplicada a postos de combustíveis em Rio Claro – SP com localização dos postos de combustíveis

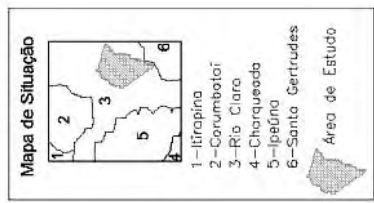
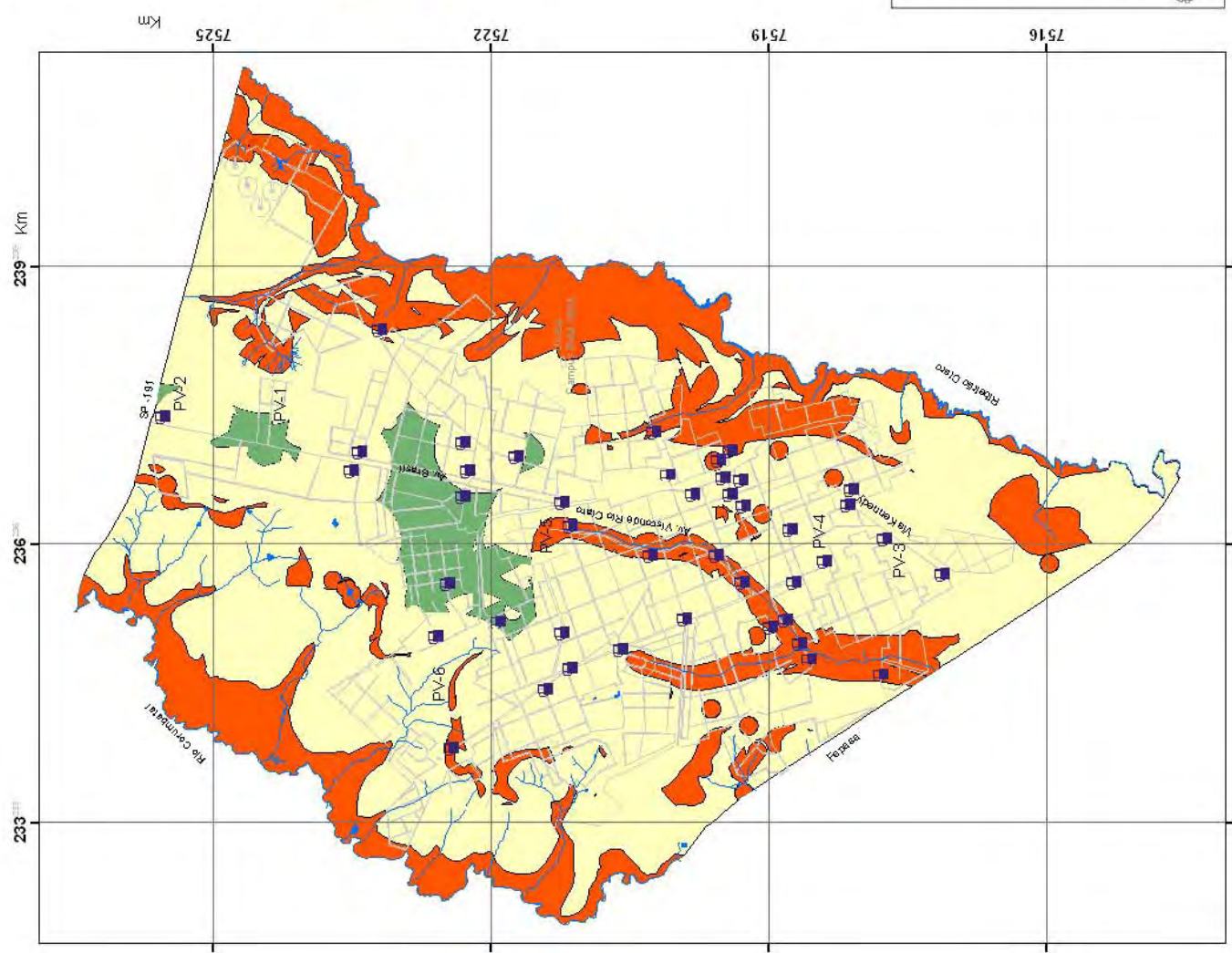


Figura 16

A instalação na Unidade IV deve ser muito bem orientada a fim de evitar vazamentos. Deve-se fazer uso de materiais muito resistentes à corrosão, já que essa unidade se apresenta como a mais agressiva. O monitoramento e manutenção das condições de estanqueidade devem ser realizados constantemente, pois não existe possibilidade de instalação de estruturas complementares de prevenção de vazamentos. A instabilidade do material pode fornecer dificuldades na instalação dos tanques, sendo necessárias obras de estabilização da cava. Também pode ser necessário o rebaixamento do NA, ancoragem de tanques e bombeamento de água na cava. As turfás compressíveis são um fator negativo do ponto de vista da engenharia, já que podem levar ao recalque, entretanto apresentam capacidade de retenção do contaminante vazado.

Nas áreas apontadas como de sensibilidade ambiental alta na Carta de Sensibilidade Ambiental devem ser previstos mecanismos de proteção do SASC, e de prevenção, contenção e remediação de vazamentos de hidrocarbonetos, já que as conseqüências desses eventos deverão ser maiores nessas áreas.

A Lei Municipal nº. 2942/1998 que regula construção de postos de combustíveis em Rio Claro/SP, determina a apresentação anual de laudos técnicos relativos à estanqueidade do sistema. Sugere-se que esses laudos tivessem sua periodicidade decidida de acordo com a sensibilidade da área onde estão instalados. Assim, para postos instalados em áreas sensíveis a elaboração desses laudos seria mais freqüente.

A referida lei também sugere que o trabalho de abastecimento seja executado por profissionais treinados, o que muitas vezes não acontece. Assim sugere-se que a contratação de funcionários esteja vinculada à suas capacidades técnicas e que treinamentos sejam oferecidos, como determina também a Resolução CONAMA 273 /2000. Devem ser supridas, principalmente, as deficiências detectadas com relação ao treinamento para situações de emergência e resposta a acidentes. Os funcionários também devem ser treinados para verificações de vazamentos.

Quanto aos procedimentos operacionais também podem ser feitas algumas recomendações a fim de prevenir e conter vazamentos de combustíveis, baseando-se naquilo que foi estudado sobre o problema durante a revisão da literatura e a consulta aos postos.

O piso deve ser constituído de material impermeável para evitar a contaminação do subsolo pela infiltração de hidrocarbonetos vazados na superfície. Nas áreas consideradas de sensibilidade ambiental alta, que se localizarem próximas a corpos d'água e com NA raso deve haver uma preocupação especial quanto a esse aspecto por parte da fiscalização, já que a infiltração implicaria na contaminação imediata do lençol freático.

Deveria ser realizada a coleta e o aproveitamento das águas pluviais pelos postos de combustíveis. O que contribuiria para a diminuição do consumo de água da rede de abastecimento e ajudaria na prevenção de inundações, comuns em algumas áreas da cidade. Além disso, diminuiria a chance de as águas pluviais carregarem para os corpos d'água os hidrocarbonetos vazados nas áreas não cobertas do posto. Postos que se localizem em áreas de sensibilidade ambiental alta, próximos a cursos d'água, e que sofrem com inundações deveriam se atentar a essa possibilidade. Caso não seja possível o aproveitamento da água pluvial, sugere-se a instalação de sistema de drenagem que seja capaz de evitar que a água pluvial passe pela área de abastecimento ou demais áreas que eventualmente contenham óleo na superfície antes de ser direcionada às vias públicas.

O uso de dispositivos para evitar vazamentos durante as descargas é imprescindível. Os vapores provenientes dos respiros devem ser liberados em altura que condicione sua dispersão, evitando a formação de atmosferas explosivas próximo à superfície.

Quanto à existência de tanques subterrâneos desativados recomenda-se que esses tanques sejam removidos, evitando-se a formação de atmosferas confinadas contendo vapores inflamáveis, ou que sejam preenchidos com material inerte, por exemplo, areia. A água nunca deve ser utilizada para essa operação, pois o residual do combustível existente no tanque irá contaminá-la e, no caso de existirem furos, ocorrerá a contaminação do solo.

Em algumas áreas, consideradas de sensibilidade alta, ainda se recomenda que sejam instalados dispositivos de prevenção de vazamento como: Compartimentos subterrâneos em alvenaria para instalação de tanques,; Tubo de observação em L, e Colchão drenante, como os sugeridos por Gibotti Júnior (1999), quando houver viabilidade técnica.

O controle de estoque é imprescindível. Deve ser feito o controle de movimentação diária, semanal ou mensal, para detectar variações anormais dos estoques de combustíveis. Vale lembrar que quando os vazamentos de combustíveis são detectados na sua fase inicial, podem ser evitadas grandes contaminações e situações de riscos. Recomendam-se os sistemas eletrônicos de controle de estoque, mais precisos e confiáveis. Uma boa opção seria a realização da verificação por ambos os métodos a fim de evitar que vazamentos deixem de ser verificados por problemas no sistema eletrônico.

O plano de manutenção dos equipamentos e o teste de estanqueidade devem ser entendidos não apenas como uma exigência legal, mas como um instrumento muito eficaz na prevenção de vazamentos. A operação de abastecimento deve ser realizada de forma a evitar vazamentos por falhas operacionais, para isso é necessário o treinamento dos funcionários. O treinamento dos funcionários deve conter um módulo sobre educação ambiental, que mais do que ensinar a identificar, evitar e conter vazamentos, os torne capaz de compreender a

importância de sua atuação na proteção do meio ambiente para que possam realmente cooperar.

7. CONCLUSÕES

Como pode ser observado na Figura 16, três postos encontram-se sobre áreas de sensibilidade ambiental baixa, 26 sobre áreas de sensibilidade ambiental média e 14 sobre áreas de sensibilidade ambiental alta.

Assim como em muitas outras cidades, em Rio Claro/SP as instalações de postos de combustíveis são realizadas considerando-se os critérios econômicos.

A escolha do material e dos procedimentos na instalação deve ser orientada também pelas características do meio físico geológico e pelo nível de sensibilidade ambiental exibido pela área a ser ocupada.

A legislação existente atualmente para a regulação da atividade se mostra bastante adequada e restritiva, compreendendo grande parte das sugestões apresentadas no trabalho. Entretanto existem ainda alguns aspectos, citados no capítulo de recomendações, em que poderia avançar.

Apesar da existência de legislação que regulamenta o funcionamento da atividade de revenda de combustíveis no varejo foi verificado, por meio do diagnóstico apresentado, que, na prática, ainda existem muitas situações em que as exigências legais não são atendidas. Portanto, sem uma fiscalização rigorosa por parte dos órgãos responsáveis, o exercício dessa atividade continua a oferecer riscos nas áreas onde estão instaladas.

Esse trabalho contribui no sentido de propor a integração de fatores dos meios físico, biológico e socioeconômico na avaliação da sensibilidade ambiental dentro do ambiente urbano, já que, normalmente, os estudos optam por avaliar apenas um dos meios ou, ainda, apenas um dos aspectos do meio, o que resulta na obtenção de dados e informações, que desconexos, podem não ter aplicação na solução de problemas encontrados na gestão urbana.

A principal aplicação do resultado desse trabalho pode ser como instrumento de gestão ambiental do sistema de distribuição de combustíveis. Evitar que uma atividade essencial para a economia e de utilidade pública, como é a distribuição de combustíveis, seja causadora de degradação ambiental contribui para que essa continue sendo realizada em condições de segurança ambiental, garantindo a comercialização dos derivados de petróleo sem prejuízos ao meio ambiente e sem grande ônus econômico decorrente da contenção de vazamentos e da remediação de áreas contaminadas.

A Carta de Sensibilidade Ambiental (CSA) poderá ser utilizada como critério na escolha de áreas menos sensíveis ambientalmente para novas instalações de postos de combustíveis, e em áreas em que esses já estejam instalados, para selecionar áreas onde o monitoramento e as ações desenvolvidas para evitar vazamentos sejam mais frequentes e restritivos.

Analisando-se as informações apresentadas e as conclusões descritas neste capítulo pode-se constatar que os objetivos da pesquisa foram atingidos, bem como o método adotado para a elaboração da carta de sensibilidade ambiental apresentou-se adequado para a elaboração da CSA a instalação de postos de combustíveis em áreas urbanas. Entretanto, devemos lembrar que devem ser consideradas as especificidades de cada localidade para a confecção desse tipo de material cartográfico e que alguns fatores de sensibilidade, bem como limites de categorias de conseqüências e ponderações, podem vir a ser incorporados e alterados após estudos que atestem sua relevância para determinação da sensibilidade do meio, quanto à instalação de postos de combustíveis.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP. **Cartilha do posto revendedor de combustíveis: inclui procedimentos para testes de qualidade de combustíveis e normas para comercialização da mistura diesel-biodiesel (B2).** Rio de Janeiro: ANP, 2007. 28 p. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petro/Guia_do_Posto_3.asp>. Acesso em: 10 jun. 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP. **Portaria nº 116/2000.** Regulamenta o exercício da atividade de revenda varejista de combustível automotivo. Brasília: ANP, 2000. Disponível em: <www.anp.gov.br/doc/biodiesel/07%20-%20Rev_Port_ANP_116_00%2020_09_2004.pdf> Acesso em: 10 jun. 2007.

ALMEIDA, R. D. (Coord.). **Atlas Municipal Escolar: Geografia, Histórico e Ambiental – Rio Claro.** Rio Claro: Fapesp / Prefeitura Municipal de Rio Claro / Unesp – Rio Claro, 2001. 112 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 13786.** Seleção de equipamentos para instalações subterrâneas em postos de serviços. Rio de Janeiro, 1997. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR-13781.** Instalação de tanque atmosférico subterrâneo em postos de serviço. Rio de Janeiro, 1997. 11p.

AUTODESK, AUTOCAD MAP 2000i. USA: AUTODESK, 2000, 2CD.

BORDEN, R. C.; BLACK, D. C.; MCBLIEF, K. V. MTBE and aromatic hydrocarbons in North Carolina stormwater runoff. **Environmental Pollution**, Raleigh, n. 118, p.141-152, 2002. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VB5-44XCWSFuser=972052&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_version=1&_urlVersIon=0&_userid=972052&md5=e57ca6de4703a245ed9988dd95f657b7>. Acesso em: 02 mar. 2008.

BRASIL. **Lei Federal 9.478**, de 06 de agosto de 1997.

BRITO, L. G. **Diagnóstico do meio físico de uma microbacia urbano-rural em Rio Claro (SP).** 1997. Trabalho de Formatura (Bacharel em Ecologia) - Departamento de Ecologia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

CASTRO, A. F.; AMARO, V. E.; VITAL, H. . Desenvolvimento de um banco de dados geográficos em um ambiente de SIG e sua aplicação na elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo em áreas costeiras do estado do Rio Grande do Norte. In: SBSR- SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003. **Anais...** p. 1533 - 1540.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. et al (org). **Atlas Climático de Rio Claro – SP: 2005.** Rio Claro: Unesp, 2005. 80 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos.** São Paulo: CETESB, 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Relatório de atendimento a acidentes ambientais em postos e sistemas retalhistas de combustíveis 1984 a 2004.** São Paulo : CETESB, 2005. Disponível em :<http://cetesb.sp.gov.br/acidentes/postos_combustiveis/acidentes.asp>. Acesso em: 15jan.2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Relatório de emergências químicas atendidas pela Cetesb em 2006.** São Paulo : CETESB, 2007. Disponível em :<http://cetesb.sp.gov.br/acidentes/postos_combustiveis/acidentes.asp>. Acesso em: 9jan.2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Postos de Combustíveis.** Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/apresentacao.asp>>. Acesso em: 3 mar. 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Dispõe sobre a prevenção e controle de poluição em postos de combustíveis e serviços. **Resolução n. 273**, de 29 de novembro de 2000. Diário Oficial da União. República Federativa do Brasil: Poder Legislativo, DF, 08 jan. 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 14abr. 2004.

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

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Estudo de Águas Subterrâneas, Região Administrativa 5 (Campinas), SP.** São Paulo, 1981. 2 v.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Pesquisa de dados dos recursos hídricos do Estado de São Paulo.** Disponível em: <<http://www.aplicacoes.dae.sp.gov.br/usuarios/Daeewebexcel.html>>. Acesso em: 22 jul. 2007.

GIBOTTI JÚNIOR, M. **Subsídios geológico-geotécnicos para a implantação de tanques de armazenagem subterrânea de combustíveis: estudo de caso em um solo da Formação Rio Claro. Rio Claro, SP.** 1999. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

GUALDANI, C.; BRAGA, R.; BERNADETE, C. O. Transformações do uso do solo em área de transição rural urbana no município de Rio Claro-SP. In: **Anais... III Simpósio Nacional de Geografia Agrária – II Simpósio Internacional de Geografia Agrária.** Presidente Prudente: 2005.

HAYES, M. O.; MICHEL, J.; MONTELLO, T. M.. The Reach Sensitivity Index (Rsi) For Mapping Rivers And Streams. In: INTERNATIONAL OIL SPILL CONFERENCE, 1997, Columbia. **Proceedings...** . Washington, Dc: American Petroleum Institute, 1997. p. 343 - 350. Disponível em: <<http://www.researchplanning.com/services/envir/rsi.html>>. Acesso em: 24 ago. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico, 2000**. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em : <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 27mar.2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malha municipal digital do Brasil: situação em 2005**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/territ_doc1a.shtm>. Acesso em: 27mar.2008.

LIMA, M. A. **Avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no Município de Rio Claro, SP**. 1994. 264 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1994.

MARCELINO, V. R. **Proposta para Arborização do Setor Sul do Distrito Industrial de Rio Claro - SP**. 1997. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Curso de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

MARUI, G. **Composição florística e percepção ambiental de algumas praças de Rio Claro-SP**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Curso de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

MAURO, C. A. (Org.). **Caderno ambiental de Rio Claro**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal/ Departamento de Planejamento Regional, 1993. 37 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA.. **Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para o Derramamento de Óleo**. Brasília: MMA, 2002.

NICOLETTI, F. et al. **Atlas municipal escolar : geográfico, histórico, ambiental : Rio Claro / Fabiana Nicoletti ... [et al.] ; coordenação: Rosângela Doin de Almeida**. Rio Claro: Fapesp: Prefeitura Municipal de Rio Claro: Unesp - Campus de Rio Claro, 2002.113 p.

OLIVA, A. **Estudo Hidrofaciológico do Aquífero Rio Claro no Município de Rio Claro – SP**. 2006. 196 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S.I N. A. (Ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. 587 p.

OLIVEIRA, E. de. **Contaminação de aquíferos por hidrocarbonetos provenientes de vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneo**. 1992. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

OLIVEIRA, E. M. **Definição dos condicionantes do meio físico para subsidiar cartas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo – Município de Cubatão (SP)**. 2006. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

OLIVEIRA, J.B. PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo – Quadricula de São Carlos.** Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas: IAC, 1984. 188p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO. **Lei Municipal nº 2.942/98** (regula a construção de Postos de Abastecimento e de Serviços de Veículos). Rio Claro, 1998. 9 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO. **Lei Municipal nº 3806/2007** (institui o Plano Diretor de Rio Claro). Rio Claro, 2007.

RODRIGUES, R. **Levantamento das Classes de Uso do Solo Urbano de Rio Claro com Utilização de Imagens SPOT.** 1991. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Curso de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. - SMA. **Resolução nº5/2001.** São Paulo, 2001.

TROVÃO, R. S. **Análise ambiental de solos e águas subterrâneas contaminadas com gasolina: estudo de caso no Município de Guarulhos-SP.** 2006. 157 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

YAMADA, D. T. **Caracterização geológico-geotécnica aplicada à instalação de postos de combustíveis em Rio Claro-SP.** 2004. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

ZAINE, J. E. **Geologia da Formação Rio Claro na folha Rio Claro (SP).** 1994. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1994.

ZAINE, J. E. **Mapeamento Geológico-Geotécnico por meio do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP).** 2000. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

ANEXOS

Anexo 1 - Fichas de Campo

FICHA 1 - Fichas de Consulta aos Postos

Data: ____/____/____

Informações Gerais	Nome do Posto:	
	Endereço:	
	Localização: UTM SAD-69	X= Y=
	Área do Terreno:	
	Área construída:	
	Data de construção:	
	Treinamento técnico	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Para quais finalidades?
Características Operacionais	Respiros	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Dispositivos para evitar vazamentos:
	Número de tanques:	____ em uso <input type="checkbox"/> desativados <input type="checkbox"/> aéreos Desativados: preenchidos com material? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Qual? _____
	Como é feita a verificação do volume nos tanques	<input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Eletrônico
	Tipo de tubulação	Material:
	Troca de Óleo	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Tanques de óleo usados	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quantos? _____ Volume: _____
	Área de lavagem	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Separador Água/Óleo (Manutenção)	
	Sistema de drenagem pluvial	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Destinação: _____
	Sistema de drenagem da água de lavagem	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Destinação: _____
	Plano de Manutenção e Operação/ Plano de resposta a acidentes	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Extintores	Quantidade: _____ Localização: _____

Tanque	Idade	Capacidade	Tipo*	Material construtivo**	Produto	Profundidade

FICHA 2 - Ficha de observação de campo – Entorno dos Postos ___/___/___

Nome do Posto:	
Demais atividades na área do posto (Área de conveniência)	
Aspectos do pavimento	Existem trincas ou afundamentos Material construtivo (permite infiltração) ___ Sim ___ Não
Existem vazamentos/derramamento visíveis nas tubulações superficiais - bombas	___ Sim ___ Não
Existem câmaras de contenção abaixo das bombas	___ Sim ___ Não
Indicação de não fume	___ Sim ___ Não
Observar o ponto de descarte final da água que escoar	

FICHA 3 - Ficha de Campo – Áreas selecionadas para visitação

Local: _____ Data: ___/___/___

Localização: UTM SAD-69		X=	
		Y=	
Características observadas dos meios	Socioeconômico	Tipos de ocupação da área (ind/com)	
		Estabelecimentos de saúde	
		Escolas	
		áreas de lazer/Pontos �nibus	
		Poços DAEE/ Captação de �gua	
	Físico	Corpos d'�gua	
Biológico	Tipo de vegetação		
Observa�es:			

Anexo 2 – Documentação Fotográfica



Foto 1: Área de abastecimento não circundada por canaletas coletoras de água proveniente dessas áreas. Notar trincas e reparos no piso.



Foto 2: Canaleta não suporta o fluxo de água da área de abastecimento. Notar trincas que permitem infiltração de combustíveis vazados na superfície.



Foto 3: Combustível vazado em área não coberta do posto.



Foto 4: Água da área de lavagem sendo direcionada diretamente à boca de lobo.



Foto 5: Posto desativado sem remoção de tanques e isolamento adequado.



Foto 7: Posto que direciona água da área de abastecimento para as vias públicas à montante, e acumulação de óleo à jusante.

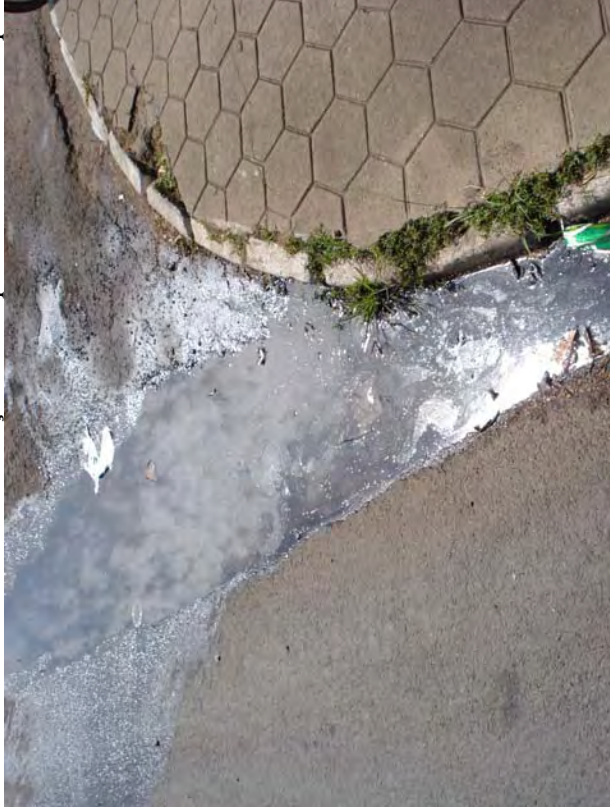


Foto 6: Presença de combustíveis em vias públicas à jusante de posto de combustível (notar iridescência).



Foto 8: PV1 - Formação vegetal remanescente (cerrado), próximo ao distrito industrial.



Foto 10: PV2 – Lagoa do Cacareco. Notar grande quantidade de macrofitas aquáticas.



Foto 9: PV2 – Lagoa do Cacareco. Notar vegetação as margens da lagoa e grande quantidade de macrofitas aquáticas.



Foto 11: PV3 – Avenida Presidente Kennedy. Notar vegetação nos canteiros centrais e nos lotes laterais.



Foto 12: Local de prática de esporte próximo a Av. Pres. Kennedy, reúne pessoas à tarde.



Foto 13: PV4 – Av da Saudade. Notar vegetação exuberante.

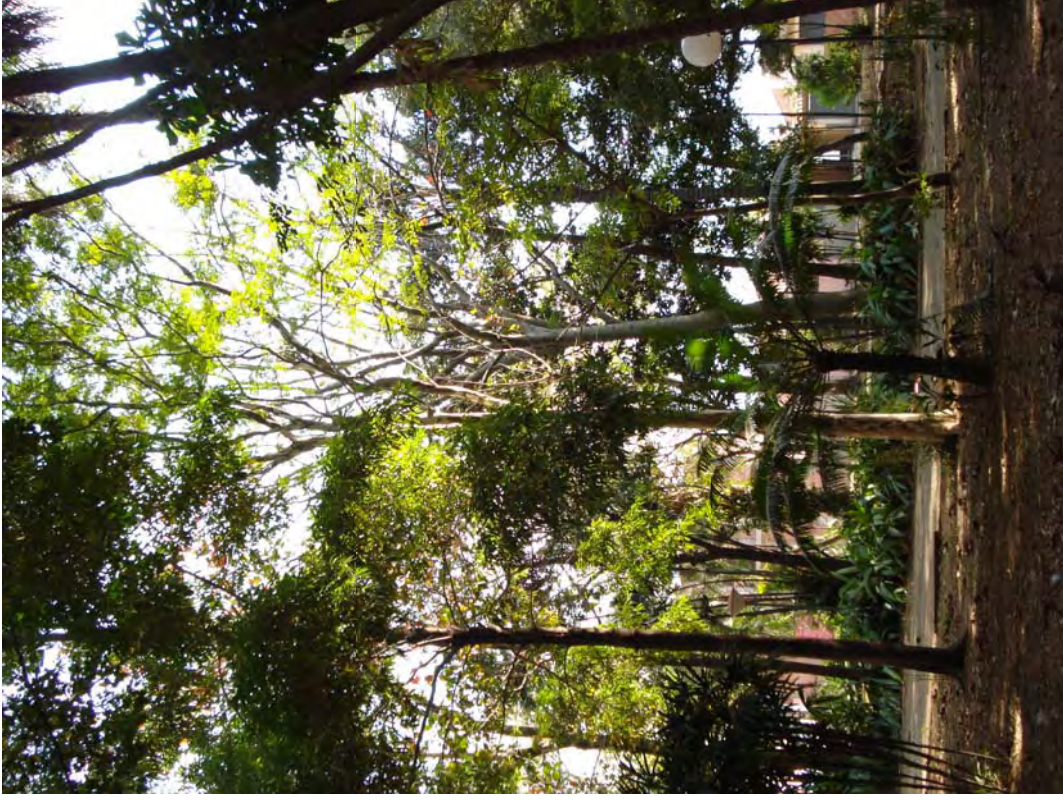


Foto 14: PV4 – Praça localizada ao lado da Av. da Saudade. Conta com árvores exuberantes, frutíferas e presença de pássaros.



Foto 15: PV5 – Lago Azul. Presença de árvores nativas e espécies de aves, inclusive aquáticas.



Foto 16: Ponto de descarga de galeria pluvial no Lago Azul. Notar turbidez da água.



Foto 17: PV6 – Vale encaixado e APP do córrego Olinda



Foto 18: Córrego Olinda. Notar degradação da vegetação ciliar.