

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

JÚLIA GRAZIELA PRASNIEVSKI

**RECONHECIMENTO DO NÍVEL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA
URBANA DO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO - PARANÁ.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

JÚLIA GRAZIELA PRASNIEVSKI

**RECONHECIMENTO DO NÍVEL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA URBANA DO
MUNICÍPIO DE PATO BRANCO - PARANÁ.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Ney Lyzandro Tabalipa

PATO BRANCO

2014



TERMO DE APROVAÇÃO

RECONHECIMENTO DO NÍVEL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO – PARANÁ

JULIA GRAZIELA PRASNIEVSKI

Aos 28 dias do mês de julho do ano de 2014, às 10h00min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº 22-TCC/2014.

Orientador: Prof. Dr. NEY LYZANDRO TABALIPA (DACOC / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Esp. SÉRGIO TARCISIO RAMBO (DACOC / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Dr. MARIA DA PURIFICAÇÃO TEIXEIRA (DACOC / UTFPR-PB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar e estar sempre presente em minha vida, me dando força e não me deixando perder a fé, em todos os momentos, inclusive durante o meu percurso na faculdade.

À minha família, especialmente à minha mãe Geni e o meu pai Carlos Alberto pelo apoio e por todo o amor e confiança depositados em mim.

Aos meus irmãos Luis Carlos, Silvana e Paulo Mateus pelo incentivo e carinho durante todos os anos de minha vida.

Aos professores do curso por todo o conhecimento e aprendizado, em especial ao professor Dr. Ney Lyzandro Tabalipa, pela dedicação e orientação neste trabalho de conclusão de curso.

A todos os meus amigos, os que me apoiaram e estiveram ao meu lado nessa jornada, principalmente ao Marciano Baumgartner, Ketlin Fiorese, Anir Angélica, Patrícia Asquidamini e Camila Veigas que tive o prazer de conhecer durante esses anos de faculdade. E a todos os meus colegas de curso, pelas horas de estudo e companheirismo, principalmente as minhas amigas Eloise Langaro e Aline Hermann.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

RESUMO

PRASNIEVSKI, Júlia G. **Reconhecimento do nível da água subterrânea na área urbana do município de Pato Branco - Paraná.** 2014. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

Este trabalho tem como objetivo o reconhecimento do nível da água subterrânea na área urbana do município de Pato Branco, por meio da caracterização e reconhecimento dos níveis de água presentes em sondagens geológicas à percussão, tipo S.P.T. (Standart Penetration Test), a fim de gerar dados e informações que sirvam de subsídio para o planejamento e a gestão das águas subterrâneas do município. A metodologia empregada neste trabalho abordou o levantamento de dados hidrogeológicos, estudo do solo e do nível da água subterrânea em relatórios de sondagem, com análise de mapas cartográficos e imagens de satélite possibilitando a confecção cartográfica do mapa utilizando a topografia como informação secundária. Para a confecção do mapeamento, empregou-se o estudo de 66 sondagens abrangendo diversas áreas da região urbana do município, esse mapeamento traz como resultado cotas topográficas entre 740 e 859 metros, com o nível d'água subterrâneo situado entre 0,45 e 12,77 metros de profundidade.

Palavras-chave: Gestão de águas subterrâneas. Mapa hidrogeológico. Sondagem S.P.T.

ABSTRACT

PRASNIEVSKI, Júlia G. **Recognition the groundwater level in the urban area in the county of Pato Branco - Paraná.** 2014. 56f. Monograph (Civil Engineering) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014. Mapping groundwater level in the urban area of

This piece of study aims to recognition the groundwater level in the urban area in the county of Pato Branco, by the characterization and reconnaissance of water levels present in geological sounding to percussion, like S.P.T. (Standart Penetration Test), in order to generate data and information which serve as subsidy for the planning and management of groundwater in the county. The methodology used in this study brought up the hydrogeological survey data, study of soil and groundwater level in sounding reports, by analyzing cartographic maps and satellite imagery enabling the cartography confection using the topography as secondary information. For the map confection, it was expended the study of 66 soundings embracing many areas of the urban area in the county, this mapping brings as a result topography quotas between 740 and 859 meters, with the groundwater level situated between 0,45 and 12,77 meters of depth.

Keywords: Management of groundwater. Hydrogeological map. Sounding S.P.T.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Ciclo da Água	14
Figura 2: Distribuição da água em subsuperfície	16
Figura 3: Aquífero livre e Aquífero confinado	17
Figura 4: Aquífero suspenso.....	18
Figura 5: Tempo de circulação da água subterrânea - recarga e descarga	19
Figura 6: Unidades Aquíferas do Paraná	26
Figura 7: Perfil individual de uma sondagem.....	30
Figura 8: Representação do perfil de uma sondagem	31
Figura 9: Localização das sondagens.....	35
Figura 10: Perfil do subsolo para as sondagens: 41, 09, 40, 04 e 16.....	44
Figura 11: Perfil do subsolo para as sondagens: 21, 31, 61, 10 e 11.....	44
Figura 12: Perfil do subsolo para as sondagens: 31, 16, 35, 14 e 47.....	45
Figura 13: Mapa das cotas do Nível de água subterrânea.....	47
Figura 14: Mapa do Fluxo da água subterrânea.	49
Figura 15: Mapa indicando regiões de recarga (a) e descarga (b) e características de um curso-d'água afluente e efluente.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Data e endereço das Sondagens.....	33
Tabela 2: Cota topográfica das Sondagens.....	37
Tabela 3: Cota do nível freático das sondagens	38
Tabela 3: Cota do nível freático das sondagens	39
Tabela 4: Sondagens por Limite de Sondagem (LM)	40
Tabela 5: Sondagens por Limite de solo Impenetrável a Percussão.....	41
Tabela 5: Sondagens por Limite de solo Impenetrável a Percussão.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SPT	Standart Penetration Test
LM	Limite de Sondagem
ZNS	Zonas não saturadas
ZN	Zonas saturadas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVO GERAL	12
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.3	JUSTIFICATIVA	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	CICLO DA ÁGUA	14
2.2	ÁGUA SUBTERRÂNEA	15
2.2.1	Recarga e Descarga de Aquíferos	18
2.3	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	19
2.4	PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	20
2.5	INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO	21
2.5.1	Sondagens de simples reconhecimento com SPT	22
2.5.2	Observação do nível do lençol freático	23
3	MÉTODO DE TRABALHO	25
3.1	CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA EM ESTUDO	25
3.2	REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA	27
3.3	LEVANTAMENTO DOS DADOS EXISTENTES	28
4	RESULTADOS E DISCUÇÕES	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Desde o início das civilizações, a água tem sido uma questão central para a humanidade, representando papel fundamental em diversas atividades humanas, além de manter o equilíbrio do meio ambiente.

Segundo Setti et al. (2001, p. 47), a distribuição do volume de água nos principais reservatórios da Terra verifica-se que 97,5% são de água salgada, formando os oceanos, e somente 2,5% são de água doce. Sendo que a maior parte dessa água doce (68,7%) está armazenada nas calotas polares e geleiras.

A forma de armazenamento em que os recursos hídricos estão mais acessíveis ao uso humano e de ecossistemas é a água doce contida em lagos, rios e lençol freático o que corresponde a apenas 0,27% do volume de água doce da Terra e cerca de 0,007% do volume total de água. A maior parte da massa de água existente no planeta encontra-se no subsolo, ou seja, águas subterrâneas, constituindo os principais reservatórios de água doce disponíveis para os seres humanos (SETTI et al., 2001, p. 49).

Para o gerenciamento desses recursos hídricos, que são as águas superficiais ou subterrâneas disponíveis para qualquer tipo de uso, é essencial o conhecimento e entendimento dos sistemas hidrogeológicos.

A principal unidade territorial para a gestão de recursos hídricos é a bacia hidrográfica, responsável pela captação e concentração das águas provenientes das precipitações. Bacias hidrográficas localizadas em áreas predominantemente urbanas sofrem graves pressões, quando ocorre uma necessidade crescente e constante de novos territórios para a expansão urbana, o crescimento dessa área torna-se descoordenado (BRAGA; CARVALHO, 2003).

A gestão de recursos hídricos tem como principais objetivos, um planejamento do abastecimento urbano, tratamento e coleta das águas, assim como, o controle de inundações. Visto que é essencialmente necessária para o controle das inundações, a reestruturação da forma de planejamento da área urbana sobre as bacias hidrográficas. (MENDES; MENDIONDO, 2005, p.18).

Sendo assim, o estudo das águas subterrâneas é de grande importância para que o histórico das inundações na área urbana possa ser revertido. Para isso, é necessário buscar melhores e mais precisos métodos de estudo e de obtenção de dados das bacias urbanas de drenagem.

Para a realização desse estudo, busca-se mapear o nível das águas subterrâneas na área urbana do município de Pato Branco, a fim de gerar uma síntese de informações hidrogeológicas com a finalidade de oferecer uma exposição da localização e distribuição dos aquíferos no território.

Esse mapeamento se destina a ser um referencial inicial para a realização de trabalhos de maior detalhe. Aonde os principais interessados são os órgãos públicos, profissionais da área, tais como engenheiros, geólogos, geógrafos, agrônomos, arquitetos, bem como docentes e alunos de instituições de pesquisa e ensino.

O presente trabalho de conclusão de curso está estruturado da seguinte maneira: Capítulo 1, que compreende a introdução, onde se faz a contextualização do trabalho e apresentam-se os objetivos gerais e específicos; Capítulo 2, no qual se faz a revisão bibliográfica do tema proposto; Capítulo 3, onde é apresentada a programação das pesquisas, juntamente com as coletas de dados; Capítulo 4, apresentação da pesquisa para a elaboração do mapa hidrogeológico, e por fim são elencadas as referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho é mapear o nível da água subterrânea da área urbana Pato Branco-PR, a fim de gerar dados e informações que sirvam de subsídios para os sistemas hidrogeológicos do município.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um reconhecimento hidrogeológico da área urbana do município de Pato Branco a partir dos relatórios de sondagem coletados;
- Disponibilizar informações necessárias através do reconhecimento hidrogeológico para a gestão do planejamento da cidade.

- Criar um banco de dados de sondagens realizadas no município de Pato Branco – PR.

1.3 JUSTIFICATIVA

Pato Branco é um município importante no sudoeste do Paraná, fundado em 1951 com uma população atual de 72.370 habitantes (IBGE, 2010). A maior parte do perímetro urbano está inserido dentro da bacia do Rio Ligeiro, tendo as elevações tanto para Oeste, como para Leste, relativamente acentuadas.

Os mananciais em razão da topografia específica do Paraná, também se dirigem para o norte, pertencendo à bacia do Iguçu e este a sub-bacia do Paraná. O município é banhado pela sub-bacia do Rio Pato Branco, e seus principais rios são: Pato Branco, Ligeiro, Vitorino, todos afluentes do Rio Chopim. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO, 2013).

O município de Pato Branco, assim como a maioria das cidades que não possuem um planejamento urbano que acompanhe o seu crescimento, mostra decorrentes problemas relacionados com seus recursos hidrogeológicos, condizentes com o aumento constante e ampliado das cheias, resultado da impermeabilização de grandes áreas. Isto pode estar ocorrendo devido à falta do planejamento da drenagem urbana, pelo crescimento sem controle do município, ou pela falta de projetos de engenharia que estejam em conformidade às novas realidades.

Considerando a existência de deficiências na área de suporte para esses problemas e buscando enfatizar a importância de um bom planejamento, este trabalho propõe um possível recurso de estudo com o emprego de um mapeamento das águas subterrâneas na área urbana do município de Pato Branco. Onde a elaboração de um mapa hidrogeológico busca, ao final, servir como subsídio para se conhecer o nível do lençol freático e suas variações em diferentes pontos da cidade.

A viabilidade do mapeamento das águas subterrâneas do município tem como base, dados coletados através do nível da água obtidos de sondagens realizadas em determinados pontos da cidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CICLO DA ÁGUA

A água é encontrada principalmente do estado líquido, mais se encontra sobre várias outras formas na natureza, correspondendo cerca de 70% da superfície do planeta. Constitui um recurso natural e renovável por meio do ciclo hidrológico.

No ciclo hidrológico a água presente acima da superfície do solo corre em rios, lagos e oceanos e abaixo da superfície, a água é armazenada nos poros e outras aberturas existentes nas rochas (BRAGA et al., 2005, p. 33).

O ciclo da água é o constante movimento dos diferentes reservatórios de água. Um dos processos é o escoamento superficial, aonde a água após a precipitação como chuva escoar na superfície do solo em direção às porções mais baixas, como rios e lagos, em fluxo contínuo até encontrar o oceano, assim como apresentado na Figura 1 (IRITANI; EZAQUI, 2009, p. 13).

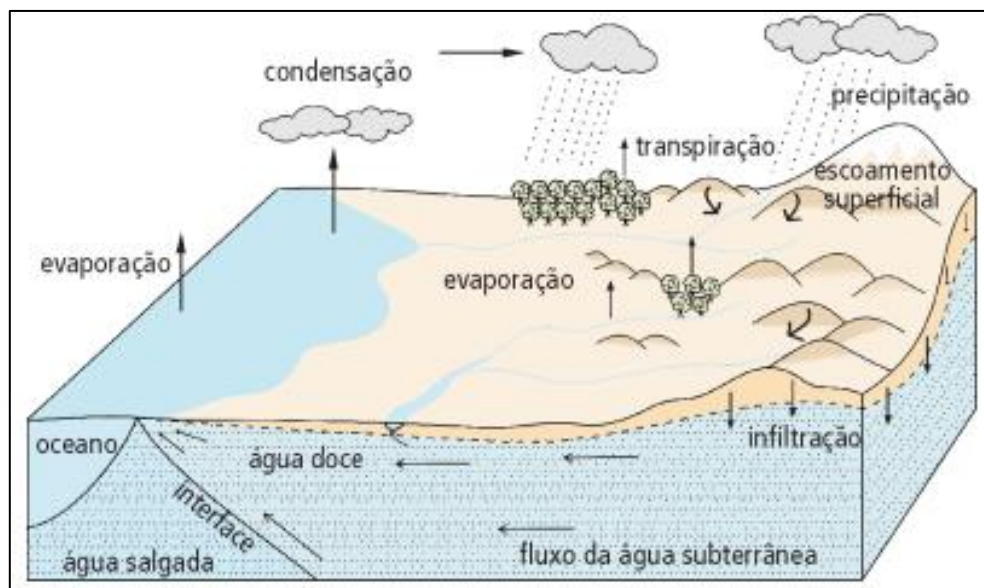


Figura 1: Ciclo da Água
Fonte: Iritani e Ezaqui (2009, p.13).

A água da chuva precipitada sobre o solo no decorrer da infiltração é transferida para a subsuperfície, atingindo os estratos mais profundos. Sendo assim, é nos poros

do solo e dos sedimentos e nas fraturas da rocha que se concentra a água dos aquíferos.

Essa água da subsuperfície, segundo Iritani e Ezaqui (2009, p. 13) fica em constante movimento até atingir as áreas de descarga, sendo elas nascentes, rios, lagos, áreas encharcadas e oceanos.

2.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA

Quando a quantidade de água armazenada numa rocha for significativa, permitindo sua extração econômica, dá-se o nome a esta reserva de aquífero. Um aquífero é uma formação geológica com disponibilidade porosa para armazenar e transmitir grandes quantidades de água (CLEARY, 2007, p. 1).

Essa água presente abaixo da superfície do terreno circula nessas áreas porosas que formam os solos e as rochas sedimentares. Em alguns tipos de rocha, a água circula através de fraturas, que são porções onde as rochas se romperam devido à movimentação da crosta terrestre (IRITANI; EZAQUI, 2009, p. 18).

De acordo com os mesmos autores, a água ao se infiltrar no solo, passa por uma porção do terreno chamada de zona não saturada (ZNS), onde os poros são preenchidos parcialmente por água e por ar, uma parte dessa água infiltrada no solo é absorvida pelas raízes das plantas e por outros seres vivos ou evapora e volta para a atmosfera e a outra parte, por ação da gravidade, continua em movimento descendente. Nesse percurso, nas áreas mais profundas a água acumulada forma uma zona saturada (ZS), que apresenta uma franja capilar conforme representada na Figura 2.

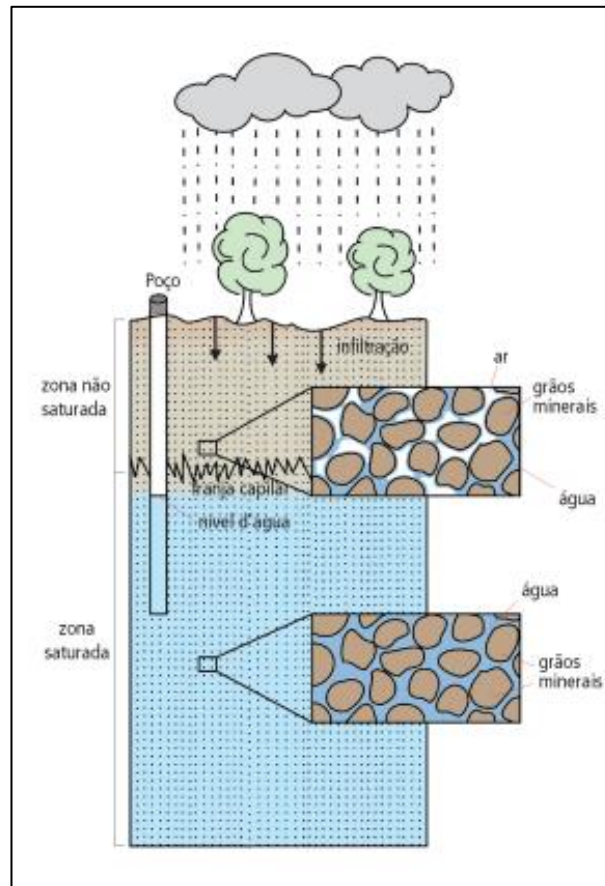


Figura 2: Distribuição da água em subsuperfície
Fonte: Iritani e Ezaqui (2009, p. 18).

De acordo com Iritani e Ezaqui (2009, p. 17) o limite entre as zonas não saturada e saturada é comumente chamado de lençol freático. Quando perfuramos um poço raso, o nível da água observado representa a profundidade do lençol freático naquele ponto, o qual é chamado de nível freático, nível d'água ou nível potenciométrico.

Quando um aquífero freático se iguala ao nível do lençol freático, forma-se essa superfície potenciométrica, não servindo só de base para o potencial total da água mas servindo como base para o contorno físico do lençol freático (CLEARY, 2007, p. 10).

A água subterrânea, que é a água presente na zona saturada, está em constante circulação, fluindo lentamente, através dos poros da rocha. Uma das características que influencia o fluxo da água subterrânea é a permeabilidade, que está relacionada com o tamanho e o volume de poros interconectados (IRITANI; EZAQUI, 2009, p. 19).

Os aquíferos também podem ser classificados quanto às suas características hidráulicas, em livres que se localizam próximo a superfície submetida à pressão atmosférica ou aquíferos confinados que é limitado no topo e na base por camadas de rocha de baixa permeabilidade, neste caso, o aquífero está submetido a uma pressão maior que a atmosférica, devido a uma camada confinante acima dele, que também está saturada de água. Assim, o nível da água tem pressão para atingir uma altura acima do topo do aquífero, mas é impedida pela camada confinante (IRITANI; EZAQUI, 2009, p. 20).

Iritani e Ezaque (2009, p. 21) afirmam que a água que recarrega o aquífero confinado precisa atravessar a camada menos permeável que está acima dele, em um processo bem lento, ou infiltrar na porção onde este aquífero se encontra livre conforme a Figura 3. Quando a água infiltrada encontra uma barreira, com dimensão restrita na zona não saturada, forma o que chamamos de aquífero suspenso.

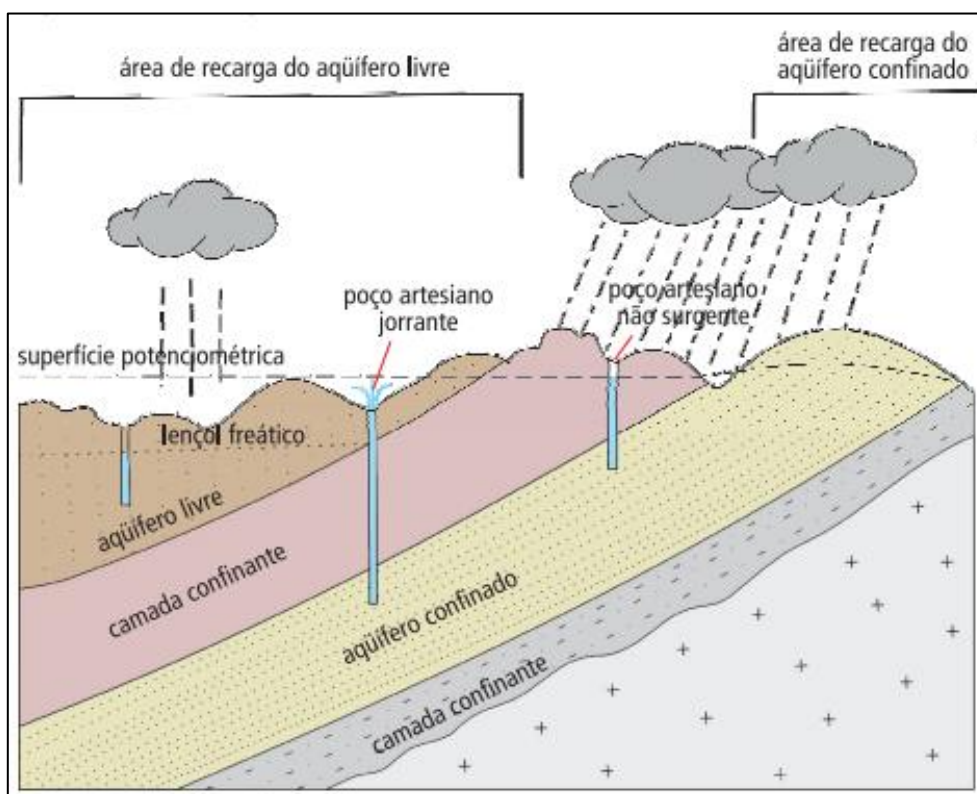


Figura 3: Aquífero livre e Aquífero confinado
 Fonte: Iritani e Ezaqui (2009, p. 22).

O aquífero confinado se apresenta sempre saturado com uma superfície determinada em função das dimensões no plano horizontal. A superfície potenciométrica é imaginária e pode estar localizada em uma região qualquer da camada confinante superior a esta (CLEARY, 2007, p. 31).

2.2.1 Recarga e Descarga de Aquíferos

Áreas de recarga conforme mostra a Figura 4, são regiões onde o aquífero é livre, a água circula lentamente pelos poros das rochas e sua velocidade depende das características geológicas de cada aquífero, podendo variar de um metro por dia a um metro por ano (IRITANI; EZAQUI, 2009, p. 22).

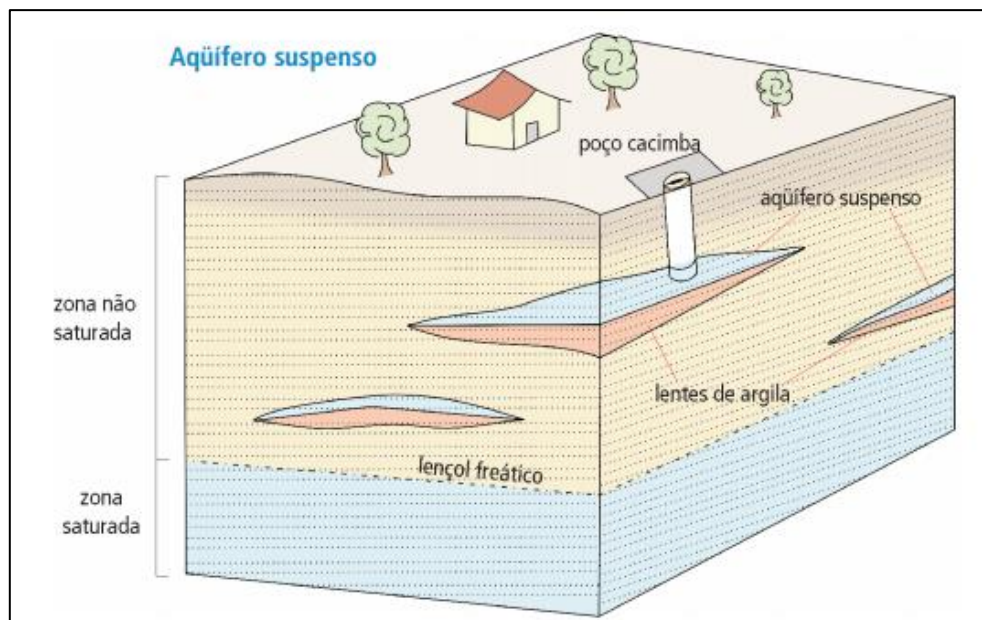


Figura 4: Aquífero suspenso
Fonte: Iritani e Ezaqui (2009, p. 23).

A água subterrânea de acordo com Iritani e Ezaqui (2009, p. 23), ao circular da área de recarga para a área de descarga poderá levar de anos até séculos. Apenas em aquíferos cársticos ou muito fraturados, onde as fendas e condutos têm elevada conectividade, a velocidade pode ser bem maior.

As áreas de descarga são locais onde a água sai do aquífero, podendo, normalmente, voltar à superfície do terreno, em forma de nascente ou como

escoamento básico, alimentando os córregos, rios e lagos. E a recarga pode ocorrer pelo aporte de água vindo de outra unidade hidrogeológica, seja granular ou fraturada, em contato com o aquífero em questão conforme a Figura 5.

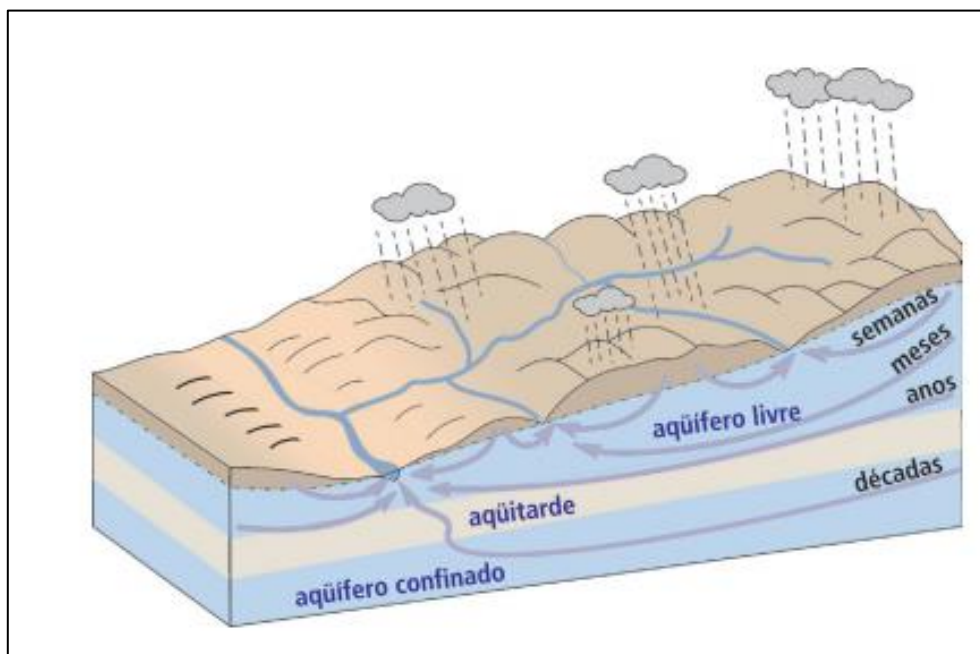


Figura 5: Tempo de circulação da água subterrânea - recarga e descarga
Fonte: Iritani e Ezaqui (2009, p. 24).

Pode ocorrer que o aquífero tenha recarga não natural, por exemplo, pela água que infiltra no solo devido ao vazamento das tubulações do sistema de abastecimento e saneamento, ou pelos excessos na irrigação de diferentes cultivos (IRITANI; EZAQUI, 2009, p. 23).

2.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A condição para a sustentação da integridade ambiental depende da preservação da qualidade do solo e de suas funções, das formas de uso e de ocupação que afetam diretamente a qualidade da água subterrânea.

Pois o uso do solo é de total importância na ocorrência natural da água. O ciclo hidrogeológico pode ser modificado com o desmatamento e a urbanização. Quando ocorre o desmatamento, aumenta a umidade do solo e diminui a sua capacidade de

infiltração, ocasionando no aumento do escoamento superficial com a presença da chuva, que amplia a frequência das enchentes (BRAGA et al., 2005, p. 37).

Segundo Braga et al. (2005, p. 44) a impermeabilização do solo na área urbana, se deve as construções e a pavimentação das ruas. Assim, quando a precipitação atinge o solo, ocorre escoamento superficial mais intenso em consequência de pouca ou nenhuma capacidade de infiltração disponível. Essa impermeabilização do solo pela urbanização é uma das principais causas de inundações nos meios urbanos.

Braga et al. (2005, p. 128) afirma que o solo possui um grande reservatório de água doce, que pode permanecer nele por longos períodos de estiagem. Por outro lado, a falta desse reservatório em regiões áridas de solos rasos agrava a escassez de água nas estiagens, sendo, ainda, uma das causas das grandes amplitudes do regime hídrico, grandes secas podem ser sucedidas por grandes enchentes e inundações.

A primeira caracterização do problema de drenagem é feita mediante observações do nível freático (ou lençol freático) efetuadas através de poços de abastecimento existentes na região, poços de observação especialmente perfurados para esse fim, instalação de piezômetros e observação de canais, cursos d'água, lagos, etc (BRAGA; CARVALHO, 2003).

2.4 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

O solo pode apresentar vários conceitos, suas propriedades são estudadas conforme o objetivo de sua utilização, para Braga et al. (2005, p. 125) na engenharia civil, o solo é importante para suportar cargas.

A composição do solo varia de um solo para outro, por exemplo, as proporções de água e ar variam em determinadas épocas do ano. Normalmente os elementos encontrados no solo, tem a seguinte proporção: 45% de elementos minerais, 25% de água, 25% de ar e 5% de matérias orgânicas (BRAGA et al., 2005, p. 126).

Os solos tem como propriedade constituinte um conjunto de partículas com água e ar nos espaços intermediários. As partículas se encontram livres para se deslocar entre si e em alguns casos, pode ocorrer entre elas uma pequena cimentação, mas num grau extremamente mais baixo do que nos cristais de um metal ou dos

agregados de um concreto por exemplo. Em geral o comportamento dos solos depende do movimento das partículas sólidas entre si (HACHICH et al., 1998, p. 51).

Hachich et al. (1998, p. 51) afirma que os solos são muito distintos entre si e a elaboração de projetos geotécnicos e de fundação em particular exige, obviamente, um conhecimento adequado dos solos. Por isso, em projetos de fundações toda experiência transmitida pelas gerações de construtores sempre se relaciona ao tipo de solo existente.

A Engenharia de Fundações vai se aperfeiçoando com a experiência, observando e interpretando o comportamento das fundações. Porém, todo desenvolvimento de técnicas de projeto e de execução das fundações depende muito do entendimento dos mecanismos de comportamento dos solos (HACHICH et al., 1998, p. 51).

Segundo Velloso e Lopes (2004, p. 1) os fatores que estão presentes no desenvolvimento de projetos de fundação estão diretamente correlacionados com o estudo dos solos e suas propriedades, o engenheiro de fundações deve possuir conhecimento da origem e formação dos solos, assim como suas características e classificação, fazendo investigações geotécnicas, percolação nos solos e controle da água subterrânea.

2.5 INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

Para a investigação do subsolo é necessário à identificação e a classificação das diversas camadas componentes do substrato a ser analisado, assim como a avaliação das suas propriedades de engenharia (HACHICH et al., 1998, p. 119).

Primeiramente para a investigação adequada do subsolo é realizada sondagens a percussão como uma investigação preliminar para se conhecer as principais características do subsolo, procurando na profundidade das sondagens a caracterização do embasamento rochoso.

Na investigação complementar são executadas mais algumas sondagens, o método mais comum para investigação geológica para fundações é o de sondagem à percussão com circulação de água, acompanhado pelo ensaio normalizado de

penetração (SPT) ou sondagem de simples reconhecimento do solo. Este método fornece um perfil com a descrição das camadas do solo e a resistência oferecida por elas à penetração de um amostrador normalizado. Pode fornecer, ainda, a profundidade do nível de água estático (VELLOSO; LOPES, 2004, p. 33).

2.5.1 Sondagens de simples reconhecimento com SPT

A sondagem de simples reconhecimento é um procedimento de campo, capaz de amostrar o subsolo, associada ao ensaio de penetração dinâmica (SPT), mede a resistência do solo ao longo da profundidade perfurada.

Na análise de uma sondagem, é possível conhecer o tipo de solo e seu índice de resistência através da perfuração e cravação dinâmica do amostrador padrão e retirada de uma amostra a cada metro, assim como a posição no nível ou dos níveis d'água, quando encontrados durante a perfuração (HACHICH et al., 1998, p. 119).

Segundo Hachich et al. (1998, p. 120) a sondagem “consiste basicamente na cravação de um amostrador padrão no solo, através da queda livre de um peso de 65 kg (martelo), caindo de uma altura determinada (75 cm)”.

De acordo com a NBR 6484 (ASSOCIAÇÃO..., 2001, p. 11),

A sondagem deve ser iniciada com emprego do trado-concha ou cavadeira manual até a profundidade de 1 m, seguindo-se a instalação até essa profundidade, do primeiro segmento do tubo de revestimento dotado de sapata cortante. Quando o avanço da perfuração com emprego do trado helicoidal for inferior a 50 mm após 10 min de operação ou no caso de solo não aderente ao trado, passa-se ao método de perfuração por circulação de água, também chamado de lavagem.

Durante a perfuração deve ser coletada, para exame posterior, uma parte representada do solo pelo trado-concha, até um metro de profundidade. A cada metro de perfuração, a partir desse um metro de profundidade, devem ser colhidas amostras dos solos por meio do amostrador padrão, com execução de SPT.

Este procedimento é realizado até a penetração de 45 cm do amostrador padrão no solo. Conta-se o número de quedas do “martelo” necessário para a cravação de cada segmento de 15 cm do total de 45 cm. “A soma do número de golpes necessários à penetração dos últimos 30 cm do amostrador é designada por N. O

procedimento com os padrões acima é chamado de “Standard Penetration Test”, SPT” (HACHICH et al., 1998, p. 120).

Prossegue-se a abertura de mais um metro de furo até alcançar-se a cota seguinte, neste caso, de 2 metros, medindo a resistência de cada metro e retirando com o amostrador amostras do tipo de solo atravessado. Hachich et al. (1998, p. 120) destacam que é comum ocorrer variações de resistência e tipo de solo em áreas não necessariamente grandes.

NBR 6484 (ASSOCIAÇÃO..., 2001, p. 14) afirma que a sondagem deve ser encerrada quando, no ensaio de avanço da perfuração por circulação de água, forem obtidos avanços inferiores a 50 mm em cada período de 10 min ou ainda, quando após quatro ensaios consecutivos, não for alcançada a profundidade de execução do SPT.

2.5.2 Observação do nível do lençol freático

O conhecimento do solo conforme Martins et al. (2012, p. 1) para qualquer obra na engenharia civil é essencial, para evitar problemas futuros á obra. Nesse contexto, um dos principais aspectos a ser considerado é a profundidade do lençol freático no local.

A determinação do nível de água tem uma grande importância na sondagem, quando é presenciada a ocorrência de água, seja por armazenamento de água de chuva ou presença do lençol freático, o trabalho é interrompido e é então anotada sua profundidade (HACHICH et al., 1998, p. 121).

Por isso, segundo a NBR 6484 (ASSOCIAÇÃO..., 2001, p. 14) durante a perfuração quando o solo apresentar um aumento aparente da umidade deve-se ficar atento, pois indica a aproximação de água, bem como um indício mais forte, tal como o solo se encontrar molhado em determinado trecho inferior do trado helicoidal, comprovando ter sido atravessado um nível d’água.

De acordo com a NBR 6484 (ASSOCIAÇÃO..., 2001, p. 14),

Nesta oportunidade, interrompe-se a operação de perfuração e passa-se a observar a elevação do nível d’água no furo, efetuando-se leituras a cada 5 min, durante 15 min no mínimo. Após o encerramento da sondagem e a retirada do tubo de revestimento, decorridas no mínimo 12 horas, e estando o furo não obstruído, deve ser medida a posição do nível d’água, bem como a profundidade até onde o furo permanece aberto.

Martins et al. (2012, p. 1) assegura que saber a profundidade do nível d'água em relação ao terreno onde será realizado uma obra é uma informação muito importante durante sua execução, já que inúmeras obras na Engenharia encontram problemas relacionados às águas subterrâneas.

A atividade e a influência dessas águas têm causado muitos imprevistos e até mesmo acidentes, como são verificados em cortes de estradas, escavações de valas e canais, pontes, etc. De acordo com cada tipo de obra, executa-se um tipo de drenagem ou até mesmo o rebaixamento do lençol freático.

Ao se fazer necessário o rebaixamento do lençol freático, antes é importante conhecer a permeabilidade do solo, profundidade da escavação e do lençol freático, duração do rebaixamento e ainda, as condições das obras no terreno vizinho e de suas fundações. Pois na Engenharia Civil, quando se depara com situações em que o lençol freático esta próximo à superfície, deve se estar ciente da ocorrência de problemas de infiltração de água nas construções, alagamentos e rebaixamento do solo (Martins et al. 2012, p. 1)

3 MÉTODO DE TRABALHO

O objetivo específico principal deste trabalho, visa o reconhecimento do nível das águas subterrâneas na área urbana do município de Pato Branco, para uma posterior elaboração de um mapa hidrogeológico. O reconhecimento será elaborado através de informações hidrológicas do município por meio do nível da água presentes em sondagens existentes na área urbana do município e através de documentos cartográficos, como mapas, fotografias aéreas e cartas cartográficas.

A pesquisa abordada em estudo é caracterizada com a integração entre os métodos quantitativos e qualitativos. Como a pesquisa busca dados através do levantamento quantitativo, procurando identificar seus elementos constituintes, necessita utilizar a pesquisa quantitativa, assim como a pesquisa qualitativa, que ajuda a identificar questões e entender porque elas são importantes.

Quanto aos seus objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória e descritiva, de acordo com Gil (2002, p. 41) a pesquisa descritiva visa descrever as características de determinados fenômenos, com a coleta de dados, assumindo em geral uma forma de levantamento e a pesquisa exploratória, proporciona ao problema um aprimoramento de ideias, dependendo da coleta de dados e levantamento bibliográfico para descrever e caracterizar o mapeamento das águas subterrâneas.

Nesse tipo de abordagem, para a classificação quanto aos procedimentos técnicos, usa-se o levantamento bibliográfico, com livros e artigos científicos e documental, com órgãos públicos, mapas, sondagens, fotografias e análise de informações (GIL, 2002, p. 44).

3.1 CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA EM ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Pato Branco – Paraná, cercado pelos municípios de Bom Sucesso do Sul, Clevelândia, Coronel Vivida, Honório Serpa, Itapejara D’Oeste, Mariópolis, Renascença e Vitorino. O manancial da cidade de Pato Branco tem suas nascentes localizadas no Gramado São Joaquim, no município de Mariópolis–PR. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO, 2013).

Pato Branco tem seu perímetro urbano situado ao longo da bacia do Rio Ligeiro, tendo as elevações tanto para Oeste, como para Leste, relativamente acentuadas. Os mananciais em razão da topografia específica do Paraná, também se dirigem para oeste, pertencendo à bacia do Iguaçu e este a sub-bacia do Paraná (PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO, 2013).

Os principais aquíferos do Estado do Paraná, são os aquíferos Pré-Cambriana, Karst, Paleozóica Inferior, Paleozóica Média-Superior, Paleozóica Superior, Aquífero Guarani, Serra Geral, Caiuá, Guabirotuba e Costeiro (PARANÁ, 2007)

A Figura 6 ilustra a distribuição dos aquíferos utilizados como mananciais subterrâneos em todo o Estado do Paraná.

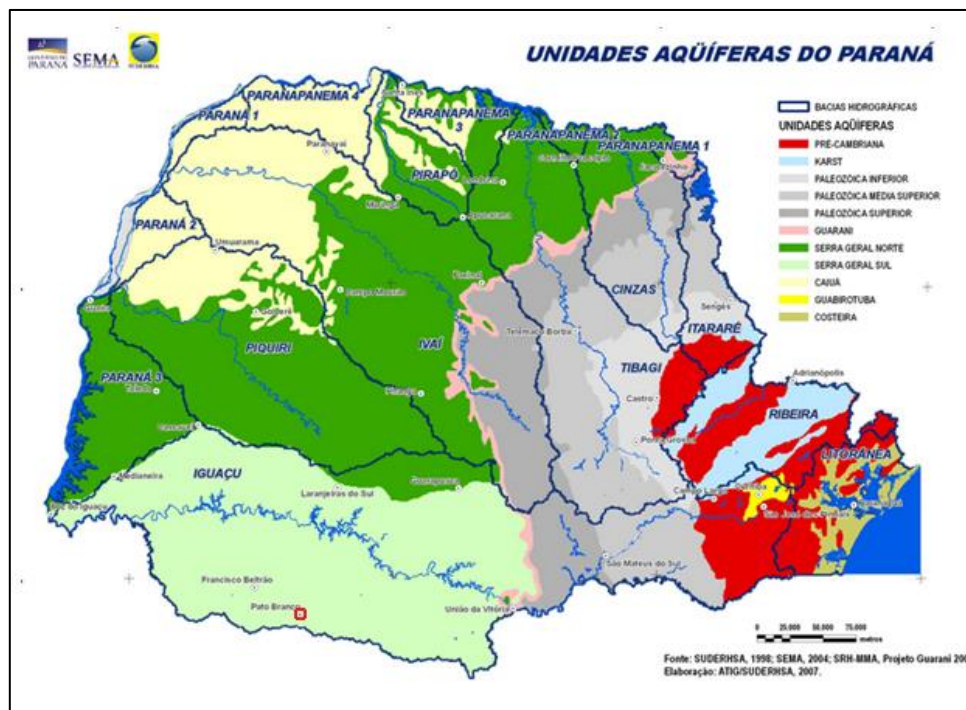


Figura 6: Unidades Aquíferas do Paraná
Fonte: Paraná (2007).

Segundo o mapa a cidade de Pato Branco esta situada no aquífero Serra Geral Sul.

O Aquífero Serra Geral compreende as rochas que compõem a sequência de derrames de lavas basálticas com intercalações de lentes e camadas arenosas que capeiam as formações paleozóicas da Bacia do Paraná. Essa formação é resultante do intenso magmatismo fissural, iniciado quando ainda perduravam

as condições desérticas de sedimentação da Formação Botucatu, atingindo uma espessura de aproximadamente 1500 m (PARANÁ, 2007).

O acúmulo de água subterrânea nesta unidade é originado das zonas de fraturamento e falhamentos, bem como pelas discontinuidades entre os derrames – zona vesículo-amigdaloidal. De acordo com o Banco de Dados Hidrogeológicos do Paraná, apresenta espessura média de solo muito pequena – 0 a 10 metros (PARANÁ, 2007).

3.2 REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

A representação cartográfica do mapa corresponde à expressão visual dos dados levantados sobre a hidrogeologia da cidade de Pato Branco, referentes ao nível das águas subterrâneas.

Para esse estudo a apresentação cartográfica visa satisfazer algumas finalidades de um mapa hidrogeológico, delimitando, classificando e caracterizando os níveis de água, fornecendo informações provisórias para um maior aprofundamento do estudo das águas subterrâneas da cidade de Pato Branco.

Além da sua possível utilização para a engenharia civil, o reconhecimento em estudo pode ser útil também a outros profissionais como, agrônomos, geólogos e administradores, em particular àqueles responsáveis por pesquisas de aproveitamento e conservação dos recursos hídricos e renováveis.

Uma das ferramentas utilizadas em estudos para melhor entender o comportamento das águas subterrâneas é o mapeamento hidrogeológico.

A finalidade de uma carta hidrogeológica é estabelecer distinções entre os diferentes terrenos e regiões segundo suas características hidrológicas, em associação com a geologia. Além disso, deve conter informações que permitem uma melhor compreensão sobre a ocorrência, o movimento, a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas (MICHAELSEN; SCHULTZE; CAMPOS, 2014).

A construção de um sistema de projeção, do nível da água subterrânea de Pato Branco é elaborado de maneira que a carta venha a possuir propriedades que satisfaçam as finalidades impostas para sua utilização. A solução, portanto, visa construir uma carta que mesmo sem possuir todas as condições ideais, possua aquelas

que satisfaçam a determinado objetivo, sendo caracterizado nesse estudo, apenas pela determinação do nível da água subterrânea.

De acordo com Rodrigues e Maia (2014, p. 2) “um Mapa Hidrogeológico pode responder a diversas questões”. No caso em estudo, a metodologia empregada refere-se à utilização dos dados do nível da água subterrânea utilizando a topografia como informação secundária, pois a posição do nível da água subterrânea depende, entre outros fatores, da topografia da superfície.

Como o mapeamento do nível de água utiliza-se da topografia como informação secundária, deve-se então, englobar um mapeamento planialtimétrico levando em conta os efeitos do relevo.

A Planialtimetria permite representar os acidentes geográficos do terreno em função das suas coordenadas planas, compondo-se de uma grade de cotas de cada ponto, permitindo a inclusão de altitude na sua representação (PINHEIRO, 2012, p. 7).

A variável constituída pelo nível da água subterrânea emprega uma variável regionalizada a partir da qual podem ser gerados, modelos de blocos ou malhas de pontos para a construção de mapas de nível.

3.3 LEVANTAMENTO DOS DADOS EXISTENTES

Dado o inicio nos estudos buscando as informações cabíveis e necessárias, que possibilitassem um levantamento do nível do lençol freático no município de Pato Branco, encontrou-se como alternativa, relatórios de sondagem disponibilizados por Empresas de Fundações de Construção Civil da região. Estes trazem maior viabilidade na obtenção das informações, utilizando dados já existentes em prol do objetivo proposto, de criar um mapeamento hidrogeológico que poderá contribuir para estudos futuros e para a própria cidade em questão.

Ao se realizar uma sondagem é elaborado um relatório que trás além das informações e dos resultados obtidos, uma descrição de todo o procedimento adotado para a perfuração e estudo do solo.

Os relatórios de sondagem utilizados especificam primeiramente as datas da sua execução, o endereço onde foram realizados e o nome do respectivo responsável.

Apresentam os resultados das sondagens geológicas a percussão, tipo S.P.T. (Standart Penetration Test), objetivando o estudo do solo e do subsolo, informando o numero de furos realizados e todo o processo das perfurações, especificando ainda, a retirada das amostras o tipo do amostrador, assim como todo o procedimento de avaliação para a obtenção da sua resistência, seguindo a norma NBR 6484 (ASSOCIAÇÃO..., 2001).

Em seguida é apresentada a tabela de resistência à penetração em perfis individuais para cada furo realizado conforme o exemplo na Figura 7, assim como a indicação dos números de golpes necessários a cravação do barrilete amostrador no subsolo e a ocorrência ou não do nível do lençol freático.

Nessa mesma tabela é apresentado também o final da sondagem, especificando a sua paralisação, podendo ser por Limite de Sondagem ou ainda Solo Impenetrável à Percussão que é especificado quando se constata ser impossível a penetração do barrilete amostrador devido à presença de solo impenetrável.

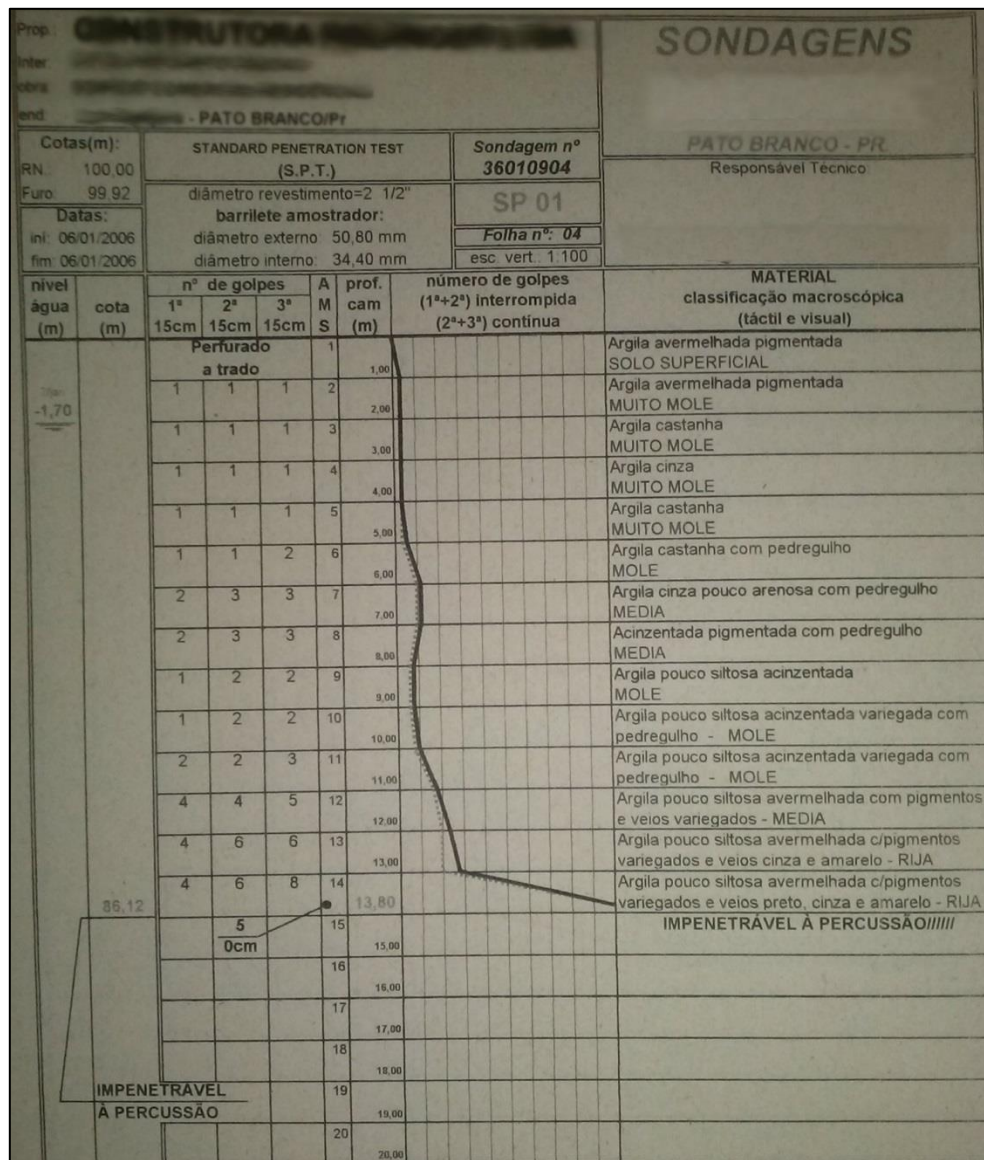


Figura 7: Perfil individual de uma sondagem
Fonte: Empresas de Fundações de Construção Civil da região.

Cada engenheiro de fundações possui uma maneira própria de dispor os dados na tabela do relatório de sondagem, de maneira geral estão dispostos como na figura acima, onde na parte superior da folha, são apresentados os dados da obra e do responsável pela execução da sondagem, também são apresentadas as suas datas de início e término.

No lado esquerdo da folha, verifica-se os níveis de água seguido dos índices de SPT e dos tipos de solo, na parte escrito "Impenetrável à percussão" anuncia o final da

sondagem. No centro da tabela encontra-se também o gráfico com os índices de penetração dos 30 cm iniciais e finais.

Com esses perfis individuais de cada sondagem é possível fazer uma representação do subsolo incluindo as cotas do terreno, nível de água e as cotas inferiores de cada perfuração.

De acordo com Hachich et al. (1998, p. 121), na posse dos perfis individuais preliminares de cada sondagem obtidos após sua classificação, com o nível d'água e de cada cota do terreno no início da perfuração, desenha-se, com as respectivas convenções, o perfil do subsolo de cada sondagem, ou seções do subsolo abrangendo diversas sondagens.

Para dar maior ênfase na representação do perfil de um subsolo, buscou-se utilizar como exemplo uma das sondagens disponibilizadas.

Com o auxílio de cartas topográficas da cidade de Pato Branco, localizou-se o endereço dessa sondagem, possibilitando a identificação da cota topográfica de 755,00 do terreno, da posse dessa cota, é traçado um perfil com as cotas de todas as perfurações, posteriormente com a profundidade que encontra-se o nível d'água em cada perfuração é possível traçar seu perfil colocando suas respectivas cotas.

Por fim, buscam-se as especificações do termino da sondagem, se por limite de sondagem ou quando encontra-se solo impenetrável a percussão e é então traçado esse perfil, como mostra a Figura 8.

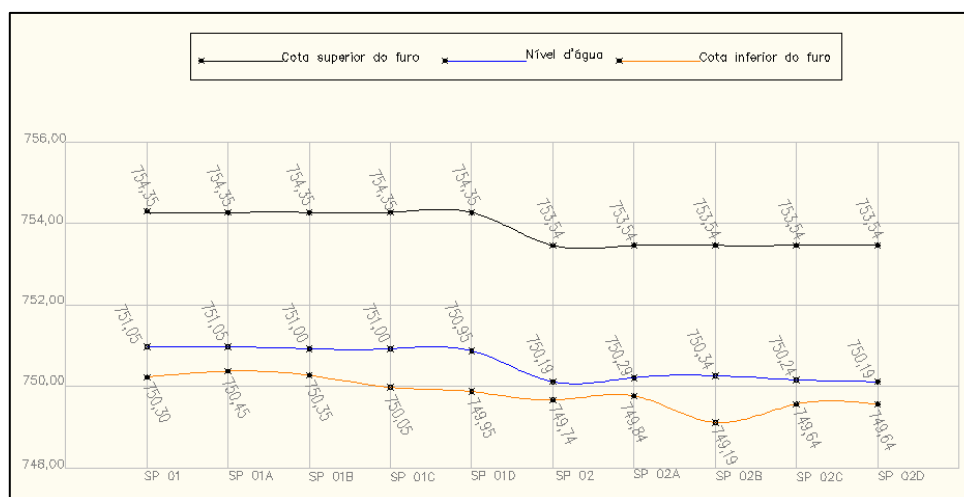


Figura 8: Representação do perfil de uma sondagem
Fonte: Modificado de Empresas de Fundações de Construção Civil da região.

É possível observar nesse perfil, a representação do subsolo dessas 10 perfurações de sondagem, com cota do terreno dos 754,35 aos 753,54, sendo assim, as cotas que foram possíveis identificar a presença de água, foram de 3,20 metros a 3,40 metros de profundidade e a profundidade do limite impenetrável do solo, nos seus 3,70 metros, chegando a 4,40 metros.

Pode-se observar que o terreno apresentou uma baixa espessura de solo penetrável, caracterizando esta, a extensão de camada mais resistente que deverá receber as cargas da construção, esse terreno possui apenas 4,40 metros possíveis de ser penetrados, no que na maioria das perfurações estudadas no solo de Pato Branco passavam dos 10 metros de profundidade, chegando até aos 19,40 metros.

Observa-se especificamente para estas sondagens, que todas as perfurações atravessaram uma camada de terreno na qual circulam águas subterrâneas, indicando a presença de um lençol freático.

Foram então, disponibilizados 66 relatórios de sondagem para o eventual estudo e elaboração do mapa hidrogeológico, de variadas regiões da cidade, os mesmos encontram-se caracterizados na Tabela 1 a seguir, com a numeração adotada para a representação da sondagem no mapa, seguida do seu número de registro no relatório de sondagem, com a data e o bairro em que a sondagem foi realizada.

Tabela 1: Data e endereço das Sondagens.**(continua)**

Nº	Sondagem	Data	Bairro
01	34121502	14/12/2004	Sambugaro
02	34071503	14/02/2004	Trevo da Guarani
03	190505	12/05/2005	Centro
04	29060206	28/05/1999	Centro
05	34030303	02/03/2004	Centro
06	35032103	19/03/2005	Brasília
07	34100603	05/10/2004	Centro
08	33042203	19/04/2003	Centro
09	29040808	05/04/1999	Centro
10	33082203	21/08/2003	Pinheiros
11	35042208	13/04/2005	Baixada
12	34012402	23/01/2004	Jardim Primavera
13	34091204	11/09/2004	Centro
14	38102804	24/10/2008	Centro
15	38101003	09/10/2008	Bortot
16	38100703	03/10/2008	Centro
17	38100902	08/10/2008	Novo Horizonte
18	38121204	10/12/2008	Pinheirinho
19	38121104	10/12/2008	São Cristóvão
20	38121004	09/12/2008	São Vicente
21	38122903	27/12/2009	Sambugaro
22	38120308	02/12/2008	Baixada
23	38121320	11/12/2008	Bortot
24	38072803	26/07/2008	Alvorada
25	39021803	16/02/2009	Amadori
26	38072604	26/07/2008	Parzianello
27	38070903	08/07/2008	La Salle
28	38070804	04/07/2008	Brasília
29	38022802	28/02/2008	Bortot
30	38021203	11/02/2008	La Salle
31	39031205	11/03/2009	Jardim das Américas
32	38010810	07/01/2008	Centro
33	38011004	08/01/2008	Centro
34	28092303	21/09/1998	São Vicente
35	28112804	26/11/1998	Centro
36	28112502	24/11/1998	Centro
37	39030415	03/03/2009	Fron
38	39021803	16/02/2009	Amadori
39	28040203	02/04/1998	Jardim Primavera

Fonte: Autoria Própria, 2014

Tabela 1: Data e endereço das Sondagens.**(conclusão)**

Nº	Sondagem	Data	Bairro
40	29040904	08/04/1999	Centro
42	38021801	15/02/2008	Parzianello
43	29042905	26/04/1999	Sudoeste
44	29050604	03/05/1999	Parzianello
45	29071015	08/07/1999	Trevo da Guarani
46	29080609	04/08/1999	Pinheiros
47	29080403	03/08/1999	La Salle
48	29080703	06/08/1999	Centro
49	29081106	09/08/1999	Centro
50	29082809	26/08/1999	Morumbi
51	29101103	06/10/1999	Cristo Rei
52	26053003	28/05/1996	Parzianello
53	28021015	30/07/1998	Bortot
54	36012302	22/01/2006	Sambugaro
55	36012202	21/01/2006	Centro
56	36011107	10/01/2006	Amadori
57	36010709	05/01/2006	Centro
58	36010904	06/01/2006	Centro
59	28110703	04/11/1998	Pinheirinho
60	28021103	09/02/1998	Fron
61	28020607	04/02/1998	Jardim das Américas
62	28011003	09/01/1998	Centro
63	29083003	28/08/1999	Pinheiros
64	28010903	09/01/1998	São Vicente
65	29070603	28/06/1999	Centro
66	29032503	23/03/1999	Bortot

Fonte: Autoria Própria, 2013.

Com posse dessas 66 sondagens, buscou-se a identificação dos seus respectivos endereços para a localização no mapa a ser elaborado, com o auxílio programa GoogleTM Earth e do Google Maps, foi possível analisar o endereço informado na sondagem e se este era compatível com as imagens encontradas, podendo assim obter a real localização das sondagens.

Procedeu-se identificando as 66 sondagens no mapa utilizando as cartas topográficas de Pato Branco, através do software AutoCAD 2010, conforme a Imagem 9.

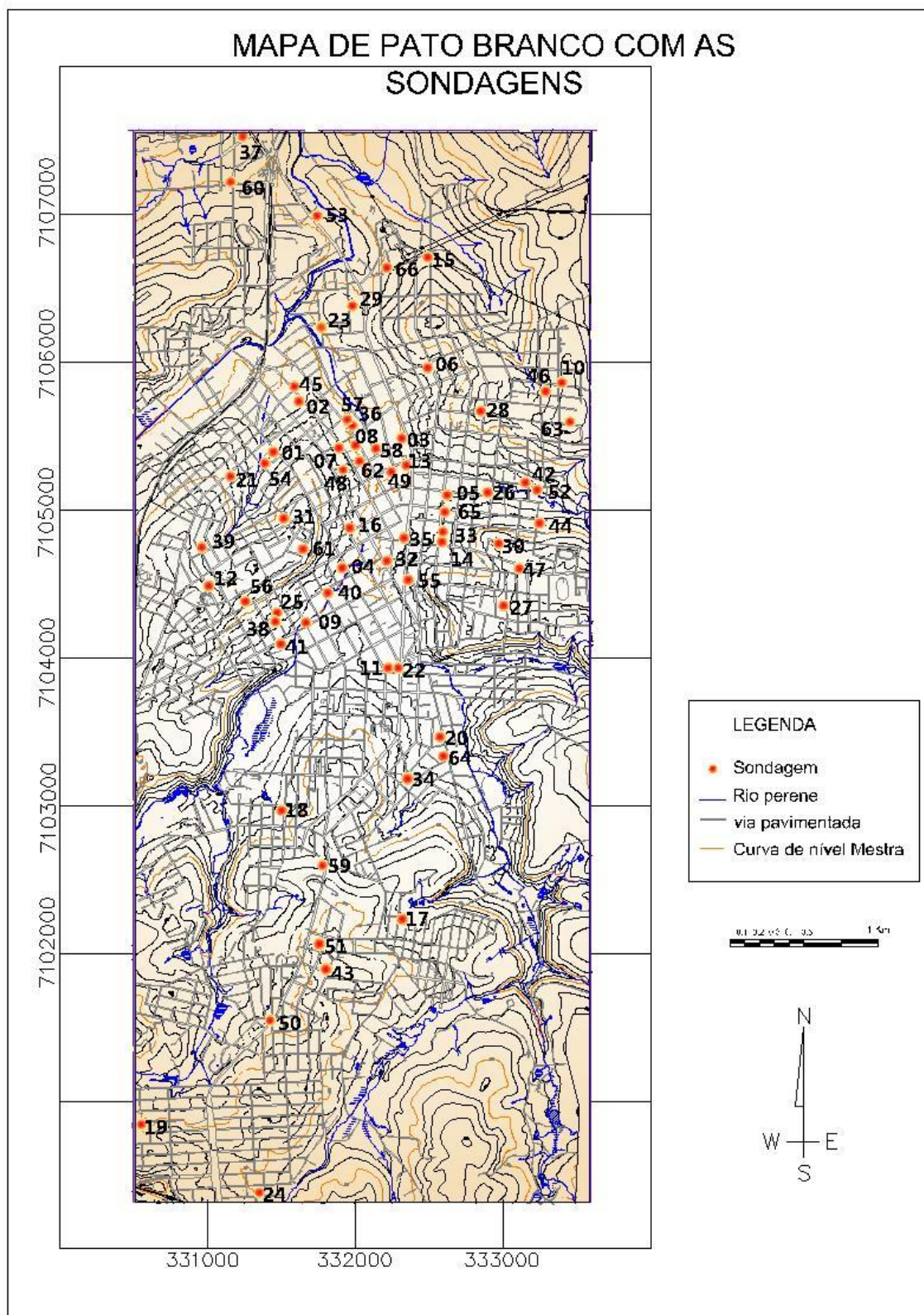


Figura 9: Localização das sondagens.
Fonte: Autoria Própria, 2013.

4 RESULTADOS E DISCUÇÕES

As sondagens foram localizadas na carta topográfica de Pato Branco concentrando-se em sua maior parte no centro da cidade, e outras espalhadas por alguns bairros. Após a identificação das sondagens, foi delimitada a área que as mesmas se encontravam, caracterizando o mapa de estudo com uma área de 22.38 Km².

Segue-se o estudo das sondagens identificando as topográficas do terreno em que se encontram, para posteriormente com a profundidade do nível da água atribuída de cada sondagem identificar a cota topográfica do nível freático.

A cota topográfica em mapas cartográficos representa a altura do terreno em referência ao nível do mar, as cotas inteiras com os mesmos valores são interpoladas linearmente pelos pontos levantados no terreno, representando as curvas de nível com equidistâncias de 10 em 10 metros para o mapa utilizado. Segundo Pinheiro (2012, p. 6) “as distâncias verticais são referidas a um plano de referência arbitrário (fictício), situado acima ou abaixo das superfícies dos mares (nível aparente)”.

Na Tabela 2 a seguir, é possível visualizar as cotas de cada sondagem. Nessa mesma tabela, encontram-se as coordenadas x e y obtidas da sua localização no mapa em estudo.

Tabela 2: Cota topográfica das Sondagens.

Nº Sondagem	Cota	Coordenadas		Nº Sondagem	Cota	Coordenadas	
		x	y			x	y
01	770,00	332175	7098531	34	769,00	333077	7096334
02	758,00	332344	7098882	35	759,00	333049	7097956
03	750,00	333032	7098618	36	750,00	332699	7098721
04	755,00	332619	7097756	37	740,00	331961	7100673
05	759,00	333343	7098244	38	773,00	332179	7097392
06	780,00	333206	7099115	39	820,00	331679	7097896
07	760,00	332604	7098568	40	750,00	332535	7097586
08	750,00	332728	7098582	41	760,00	332219	7097240
09	750,00	332381	7097381	42	767,00	333866	7098337
10	840,00	334118	7099004	43	870,00	332525	7095041
11	750,00	332942	7097081	44	786,00	333962	7098051
12	820,00	331734	7097627	45	754,00	332303	7098978
13	750,00	333063	7098450	46	825,00	334002	7098947
14	775,00	333315	7097921	47	830,00	333837	7097754
15	772,00	333214	7099858	48	770,00	332641	7098420
16	762,00	332690	7098025	49	750,00	332962	7098409
17	820,00	333038	7095378	50	840,00	332141	7094690
18	785,00	332231	7096114	51	862,00	332479	7095211
19	852,00	331285	7093990	52	770,00	333942	7098285
20	755,00	333299	7096608	53	740,00	332463	7100137
21	790,00	331873	7098374	54	770,00	332110	7098454
22	750,00	333014	7097075	55	770,00	333078	7097676
23	750,00	332486	7099376	56	813,00	331982	7097526
24	848,00	332071	7093529	57	750,00	332673	7098750
25	778,00	332196	7097451	58	750,00	332860	7098553
26	761,00	333612	7098266	59	830,00	332504	7095738
27	828,00	333725	7097512	60	750,00	331877	7100365
28	820,00	333569	7098820	61	820,00	332375	7097887
29	761,00	332705	7099525	62	750,00	332754	7098476
30	821,00	333696	7097921	63	840,00	334167	7098742
31	812,00	332231	7098094	64	755,00	333318	7096478
32	755,00	332930	7097803	65	766,00	333323	7098138
33	770,00	333315	7097993	66	755,00	332932	7099783

Fonte: Autoria Própria, 2013.

Identificadas às respectivas cotas topográficas do terreno, busca-se encontrar as cotas do nível freático para cada sondagem. Primeiramente é identificado em uma sondagem, as profundidades que foram encontradas nas cotas de água em cada furo,

para englobar um único valor de cota para cada terreno, visto que as cotas pouco variavam nos furos da sondagem, é feita uma média dos níveis encontrados e então esse valor é descontado da cota do terreno, representando então, a cota da água, conforme a Tabela 3 a seguir. Alguns terrenos não apresentaram água em nenhuma das perfurações, como foi o caso das sondagens; 10, 12, 15, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 37, 39, 44, 45, 51, 53, 55, 56, 61 e 63.

Tabela 3: Cota do nível freático das sondagens

(continua)

Nº	SP 01	SP 02	SP 03	SP 04	SP 05	SP 06	SP 07	SP 08	SP 09	SP 10	Nível d'água	Cota terreno	Cota d'água
01	11,00	11,35									11,18	770	758,83
02	6,35	6,75	6,25								6,45	758	751,55
03	0,62	1,25	0,90								0,92	750	749,08
04	4,50	5,90	5,40	5,40	5,40	5,40	5,30				5,33	755	749,67
05	2,20	2,20	2,20								2,20	759	756,80
06	1,55	2,50	3,30								2,45	780	777,55
07	4,35	4,20	3,60								4,05	760	755,95
08	1,65	1,45	1,30								1,47	750	748,53
09	2,35	2,10	2,20	2,40	3,35	3,46	3,40	3,18			2,81	750	747,20
11	4,50	6,50	6,50	5,50	5,70	4,50	6,40	6,40			5,75	750	744,25
13	3,50	3,50	3,50	3,15							3,41	750	746,59
14	0,70	0,46	1,36	0,85							0,84	775	774,16
16	7,65	8,60	8,40								8,22	762	753,78
17	1,20	1,65									1,43	820	818,58
18	6,20	5,60	6,42	6,60							6,21	785	778,80
19	9,60	8,60	9,30	8,30							8,95	852	843,05
20	1,20	1,25	1,15	1,30							1,23	755	753,78
21	12,60	12,80	12,90								12,77	790	777,23
22	0,40	0,35	0,50	0,40	0,60	0,60	0,65				0,50	750	749,50
24	6,40	6,60	6,70								6,57	848	841,43

Fonte: Autorial Própria, 2013.

Tabela 4: Cota do nível freático das sondagens

Nº											(conclusão)		
	SP 01	SP 02	SP 03	SP 04	SP 05	SP 06	SP 07	SP 08	SP 09	SP 10	Nível d'água	Cota terreno	Cota d'água
25	10,35	8,60	7,80								8,92	778	769,08
26	6,72	3,30	6,65	2,80							4,87	761	756,13
32	3,30	3,30	3,35	3,35	3,40	3,35	3,25	3,20	3,30	3,35	3,32	755	751,69
33	1,20	1,38	2,10	2,30							1,75	770	768,26
34	-	1,10	-								1,10	769	767,90
35	2,20	3,20	2,60	0,90							2,23	759	756,78
36	9,60	9,30									9,45	750	740,55
38	10,35	8,30	7,80								8,82	773	764,18
40	3,30	1,60	1,55	2,10							2,14	750	747,86
41	0,83	0,80	0,85	1,00	1,00	1,10					0,93	760	759,07
42	3,20										3,20	767	763,80
43	12,35	11,20	-	-	-						11,78	870	858,23
46	2,20	2,20	2,40	2,20	2,25	2,00	1,70	1,65	1,70		2,03	825	822,97
47	6,95	5,45	6,80								6,40	830	823,60
48	6,35	6,20	8,20								6,92	770	763,08
49	2,40	2,70	2,45	2,05	2,10	1,95					2,28	750	747,73
50	13,15	-	-	-							13,15	840	826,85
52	2,50	2,30	2,50								2,43	770	767,57
54	9,40	8,35									8,88	770	761,13
57	2,30	2,20	2,40	2,50	2,60	2,65	2,35	2,30	2,40		2,41	750	747,59
58	1,70	1,15	1,85	0,53							1,31	750	748,69
59	7,80	8,60	8,40								8,27	830	821,73
60	5,00	5,65	5,30								5,32	750	744,68
62	5,00	4,50	5,35								4,95	750	745,05
64	0,45	0,30	0,60								0,45	755	754,55
65	6,10	5,60	5,50								5,73	766	760,27
66	3,50	3,00	3,60								3,37	755	751,63

Fonte: Autoria Própria, 2013.

As perfurações que não apresentaram água estão sem o valor na tabela, porém a maioria das sondagens identificou a presença do nível d'água, sendo que em perfurações estes se encontravam bem próximos da cota do terreno, quase aflorando no solo, como o caso da sondagem número 64, que apresentou água a 30 centímetros do solo. Outras sondagens encontraram água em uma grande profundidade, como no caso da sondagem 21, apresentando 12,9 metros de profundidade.

Tendo em vista que o solo interfere de maneira considerável em uma perfuração, podendo apresentar diversos limites de sondagem nessas perfurações estudadas e também, que nos casos onde a sondagem foi paralisada por limite de sondagem, não podemos estabelecer de maneira precisa, se em profundidades maiores que esse limite não apresentaria água subterrânea, então é necessário também o estudo da cota do limite de sondagem para cada sondagem.

Estabelecendo os mesmos critérios que a tabela anterior, as tabelas a seguir, apresentam os valores das cotas inferiores da perfuração de sondagem, tanto por apresentar solo impenetrável à percussão como por limite de sondagem.

A Tabela 4 apresenta as sondagens, onde todas as perfurações foram paralisadas por chegar ao limite de sondagem previsto na norma NBR 6484, estas denominadas na tabela pela sua profundidade atingida seguido da letra (p) indicando ter sido paralisada.

Tabela 5: Sondagens por Limite de Sondagem (LP)

Número da Sondagem	SP 01	SP 02	SP 03	SP 04
15	16p	16p	16p	
16	16 p	16p	16p	
21	20p	17p	26p	
33	12p	12p	12p	12p
42	16p			
50	15p	12p	12p	12p
51	15p	12p	12p	
55	10p	12p		
59	15p	12p	13p	
63	12p	9p	9p	

Fonte: Autoria Própria, 2013.

Então, as demais sondagens são apresentadas na Tabela 5, estas com as respectivas cotas do solo inferior, atribuídas da média dos níveis do solo impenetrável à percussão em todas as perfurações descontadas da cota do terreno.

Tabela 6: Sondagens por Limite de solo Impenetrável a Percussão

(continua)

Nº	SP01	SP02	SP03	SP04	SP05	SP06	SP07	SP08	SP09	SP10	SP11	Nível Inferior (m)	Cota Inferior
01	15,00	15,00										15,00	755,00
02	11,90	13,40	12,35									12,55	745,45
03	14,00	11,00	8,00									11,00	739,00
04	11,65	9,20	7,95	7,85	8,20	8,55						8,90	746,10
05	7,10	8,70	7,30									7,70	751,30
06	14,40	15,00	18,50									15,97	764,03
07	9,40	12,35	11,40									11,05	748,95
08	11,80	12,45	8,65									10,97	739,03
09	2,45	6,65	6,45	7,30	5,45	5,45	5,30	5,60				5,58	744,42
10	14,40	14,30	11,60									13,43	826,57
11	11,55	11,30	13,40	12,45	10,40	10,35	9,60	9,80				11,11	738,89
12	11,35	12,40										11,88	808,13
13	8,45	6,35	6,65	7,75								7,30	742,70
14	19,40	17,10	18 p	18 p								18,25	756,75
17	9,85	9,45										9,65	810,35
18	9,35	9,45	8,80	8,55								9,04	775,96
19	10,40	12,75	14,35	11,35								12,21	839,79
20	11,30	11,35	11,40	10,60								11,16	743,84
22	4,70	4,30	3,85	3,90	4,50	4,50	4,60	4,40				4,34	745,66
23	1,00	1,35	1,40	1,00	1,00	1,00	1,30	1,30	0,90	0,80	1,50	1,14	748,86
	1,50	1,30	1,50	1,50	2,25	2,30	1,80	1,90	2,00				
24	15,60	15,80	14,30									15,23	832,77
25	16,10	13,70	15,00									14,93	763,07
26	12,30	8,70	11,60	9,35								10,49	750,51
27	6,40	6,50	6,55									6,48	821,52
28	12,40	12,30	10,40	14,40								12,38	807,63
29	9,80	9,30										9,55	751,45
30	8,35	8,60	8,40									8,45	812,55
31	10,65	2,90	1,80	2,30	9,60							5,45	806,55
32	4,05	3,90	4,00	4,30	4,40	3,80	3,70	4,35	3,90	3,90		4,03	750,97

Fonte: Autoria Própria, 2013.

Tabela 7: Sondagens por Limite de solo Impenetrável a Percussão

												(conclusão)	
Nº	SP01	SP02	SP03	SP04	SP05	SP06	SP07	SP08	SP09	SP10	SP11	Nível Inferior (m)	Cota Inferior
34	11,45	12,70	13,30									12,48	756,52
35	8,80	10,45	10,30	10,30								9,96	749,04
36	10,65	10,80										10,73	739,28
37	1,50	2,30	1,30	1,00	1,35	1,70	1,60	1,30	1,35	1,40	1,35	1,41	738,59
	1,00	1,30	1,35										
38	16,10	13,70	15,00									14,93	758,07
39	8,85	8,70	6,45									8,00	812,00
40	6,30	6,30	5,80	5,85								6,06	743,94
41	5,65	5,60	5,70	5,25	5,30	5,30						5,47	754,53
43	15p	12,50	7,80	4,00	9,70							8,50	861,50
44	13p	11,90	13p	13p								11,90	774,10
45	3,70	3,45	3,65	3,70	3,45	4,45	4,00	4,00	4,30	4,00	3,30	3,69	750,31
	3,00	3,50	3,00	3,45									0,00
46	3,90	3,85	4,00	2,95	3,00	3,00	3,60	3,65	3,75			3,52	821,48
47	8,45	8,30	8,30									8,35	821,65
48	12,30	13,30	14,80									13,47	756,53
49	3,80	4,95	3,95	3,90	3,80	3,70						4,02	745,98
52	14,30	12,45	12,45									13,07	756,93
53	8,30	5,45	4,45	5,00	5,45	5,15	6,00	6,70	8,80	2,00	4,00	5,20	734,80
	2,15	4,15											
54	11,80	11,50										11,65	758,35
56	2,65	2,40	4,80	2,70	2,70	4,85	5,60					3,67	809,33
57	5,40	5,80	5,30	4,90	5,35	5,35	4,60	4,80	4,70			5,13	744,87
58	13,80	14,90	13,30	10,80								13,20	736,80
60	10,80	10,30	9,65									10,25	739,75
61	4,95	4,75	4,65	4,75	4,65	4,65	5,45					4,84	815,16
62	10,80	8,15	10,15									9,70	740,30
64	9,80	10,30	9,75									9,95	745,05
65	12,30	12,30	11,95									12,18	753,82
66	12,15	11p	12,80									12,48	742,53

Fonte: Aatoria Própria, 2013.

É possível observar que algumas sondagens apresentam perfurações também por Limite de sondagem e não por solo impenetrável, como por exemplo, a sondagem 14, onde as perfurações SP 03 e SP 04 apresentaram 18 metros de profundidade e

foram paralisadas, sendo assim, para esses casos, a média foi calculada apenas sobre as sondagens cuja cota se deu por solo impenetrável a percussão.

Após a delimitação dos pontos de sondagem na carta topográfica de Pato Branco e a análise individual realizada em cada sondagem, com a obtenção das cotas do nível d'água e das cotas inferiores do terreno, segue-se analisando o mapa procurando identificar e estudar o perfil do subsolo englobando todas as sondagens.

Procedeu-se o estudo do nível do lençol freático com a confecção de perfis do terreno, de áreas do mapa que englobavam mais de uma sondagem.

Os perfis de uma seção são representações do relevo desse terreno, ao longo da seção longitudinal ou transversal, que é representada na planta por uma linha curva (PINHEIRO, 2012, p. 30).

Foi delimitadas malhas de possíveis perfis e então confeccionado os mesmos através do software AutoCAD 2010, podendo gerar um representação do subsolo incluindo as cotas do terreno, nível de água e as cotas inferiores com as seções do subsolo abrangendo diversas sondagens.

Identificando as cotas topográficas do terreno de uma seção de diversas sondagens, é traçado um perfil sobre o eixo horizontal, com as cotas correspondentes de uma seção, posteriormente com a profundidade que encontra-se o nível d'água em cada sondagem é possível traçar seu eixo vertical colocando suas respectivas cotas, unem-se então os pontos determinados pelas respectivas coordenadas e tem-se o perfil. Da mesma forma, também é traçado o perfil do termino da sondagem, se por limite de sondagem ou quando encontra-se solo impenetrável a percussão.

Como exemplo para esses perfis, a Figura 10 a seguir mostra resultado de uma seção contendo 5 sondagens localizado no centro de Pato Branco, com uma distância 919,5 metros.

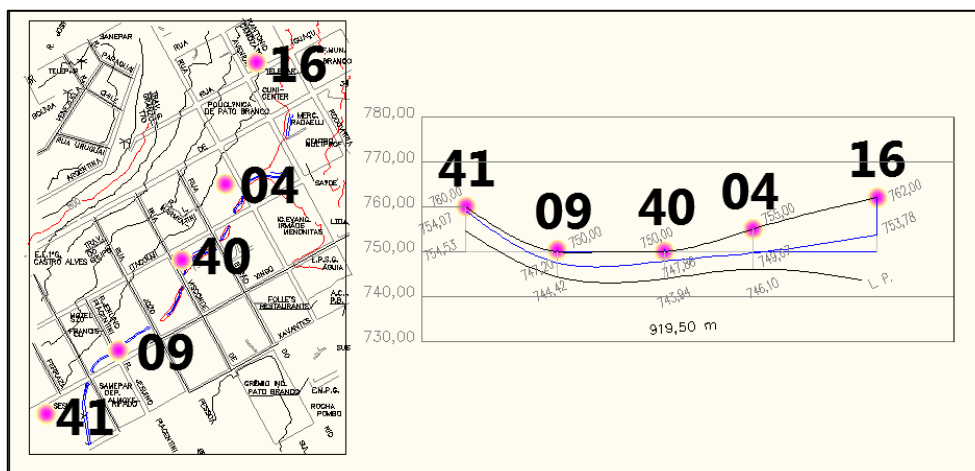


Figura 10: Perfil do subsolo para as sondagens: 41, 09, 40, 04 e 16.
Fonte: Autoria Própria, 2014.

Nesse perfil é possível observar que as cotas do nível da água subterrânea acompanham as cotas topográficas, como já esperadas. Conforme na disposição das sondagens no mapa, é possível observar que elas seguem o percurso do rio, apresentando água a 2 metros de profundidade no ponto mais baixo. Constata-se também, que a sondagem 16 não apresenta cota do terreno inferior, isso se deve por sua perfuração ter sido paralisada por Limite de Sondagem, representado por LP.

Na Figura 11 aparecem interferências no solo, impedindo a continuidade da presença de água nas perfurações, isso ocorreu nas sondagens 31 e 61 localizadas no bairro Jardim das Américas.

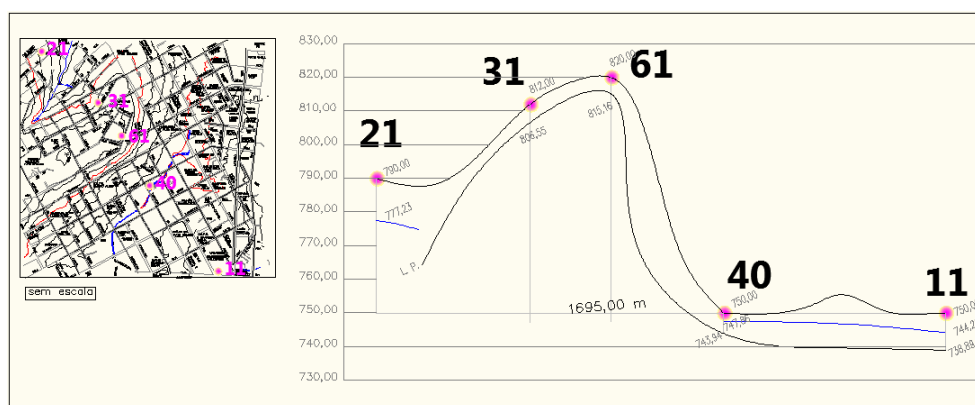


Figura 11: Perfil do subsolo para as sondagens: 21, 31, 61, 10 e 11.
Fonte: Autoria Própria, 2014.

Nas sondagens 31 e 61 a cota do impenetrável a percussão apareceu a 5 metros de profundidade e a água voltou a aparecer nas sondagens 40 e 11 como uma pequena diferença de profundidade com as cotas do terreno. Aqui, é possível observar também, que a sondagem 21 foi paralisada por Limite de Sondagem, representado por LP, que indica que o limite de sondagem foi paralisado, não contendo a cota do terreno inferior.

Na Figura 12, pode ser observado um perfil do nível de água subterrâneo quando passa por um curso de água perene, conforme aparece entre as sondagens 16 e 35 localizadas no centro de Pato Branco.

Esse perfil com 1656,60 metros apresenta uma queda considerável da cota topográfico indo em direção ao rio, na sondagem 47 a cota do nível de água já acompanha sua topografia do terreno ficando em uma profundidade de apenas 84 cm do terreno na sondagem 14.

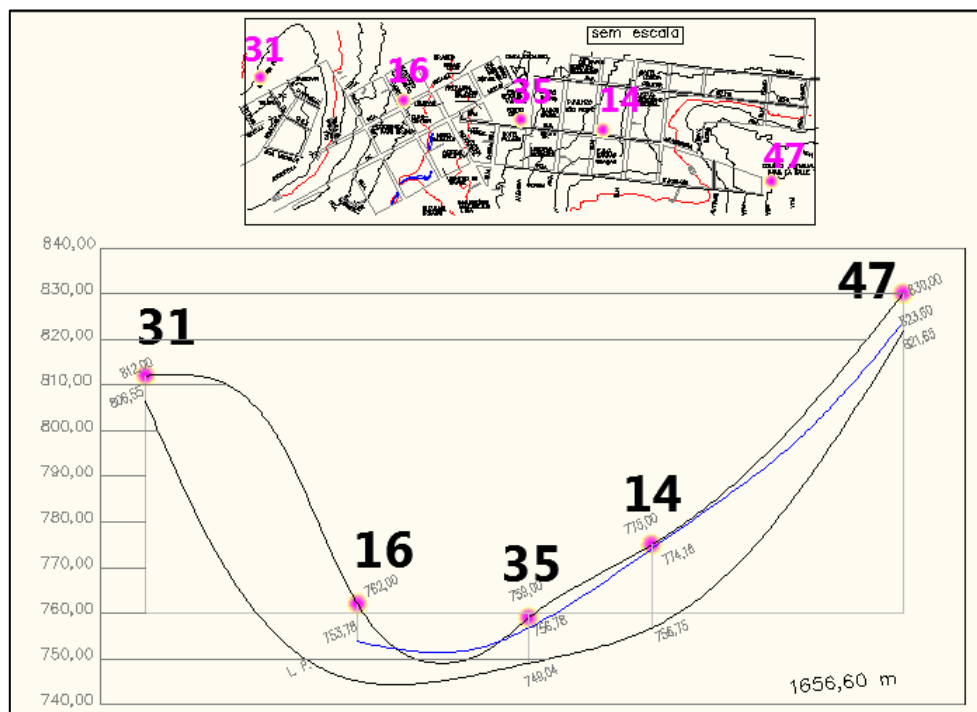


Figura 12: Perfil do subsolo para as sondagens: 31, 16, 35, 14 e 47.
Fonte: Autoria Própria, 2014.

Com todos os perfis prontos e a partir da análise das seções das sondagens gerou-se isolinhas com as cotas topográficas para o nível das águas subterrâneas do terreno em diversas áreas do mapa.

Analisa-se então, fazendo um exame visual minucioso das curvas de nível da água subterrânea, separando as curvas em grupos para apresentar uma ideia ou aproximação da estrutura do nível d'água no subsolo estudado, podem ser gerados, modelos de blocos ou malhas de pontos para a construção de mapas de nível.

Aqui também, como em topografia, se deve usar um critério cuidadoso ao identificar as linhas mediante a uma interpolação gráfica inevitável, levando em consideração os acidentes topográficos da superfície do solo como lagos, cursos de água e depressões ou falhas geológicas que alteram o traçado das linhas (CRUCIANI, 1987).

Da mesma forma que ao se determinar na carta topográfica, os pontos de passagem das curvas de nível d'água são consideradas com cotas inteiras, fazendo uma interpolação das sondagens com a mesma cota, podendo-se gerar blocos de perfis para apresentar o mapa do nível de água subterrânea de Pato Branco apresentando na Figura 13.

Com a imagem já em seu tamanho real, foi criada uma malha UTM, representando os paralelos e os meridianos, assim deixando visível a representação geográfica do mosaico.

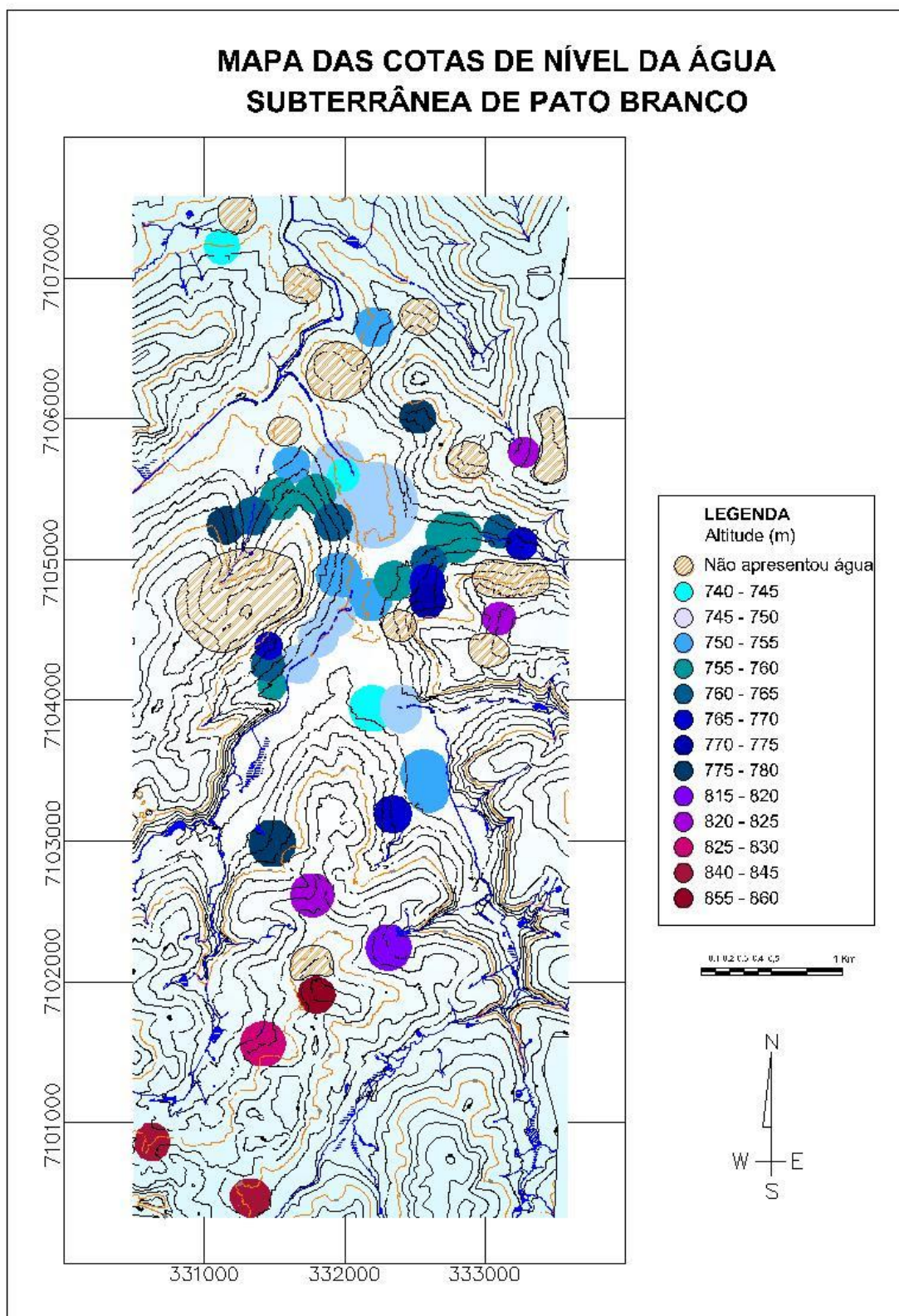


Figura 13: Mapa das cotas do Nível de água subterrânea.
Fonte: Autoria Própria, 2014.

A superfície do lençol freático está situada entre as cotas 740,55 e 858,23 m, com o fluxo das águas subterrâneas orientado das cotas altas para as cotas baixas, como esperado, acompanhando aproximadamente a topografia local.

Em termos de distribuição espacial, o nível d'água subterrâneo está situado entre 0,45 metros e 12,77 metros, entre esses valores existe ampla variação na profundidade, prevalecendo níveis entre 2 a 8 metros de profundidade.

Vale ressaltar que em sondagens cujo SPT foi encerrado por limite de sondagem, poderiam aparecer profundidades do nível d'água ainda maiores.

Além disso, também pode-se observar do mapa das cotas do nível da água subterrânea, que as cotas mais altas ocorreram somente na região sul do mapa, onde apareceu cotas de água acima dos 820 m, no centro de Pato Branco apareceram as cotas mais baixas de 740 a 780 m. Os locais que não ocorreu a presença de água nas perfurações de sondagem espalham-se pelo mapa, ocupando maior parte na região norte do mapa, onde também apresentaram cotas mais baixas.

Com mapa das cotas do lençol freático, é possível estabelecer algumas outras informações, a mais significativa que pode-se interpretar de um mapa do nível de água subterrânea é a identificação de regiões de recarga ou elevações do lençol, a direção do seu fluxo, e ainda, a caracterização de um curso d'água se é efluente ou afluente (CRUCIANI, 1987).

Seguindo a elaboração do mapa das cotas do lençol freático e dos perfis de malhas das sondagens, foi possível uma breve análise na direção do percurso das águas subterrâneas, conforme o mapa a seguir, Figura 14.

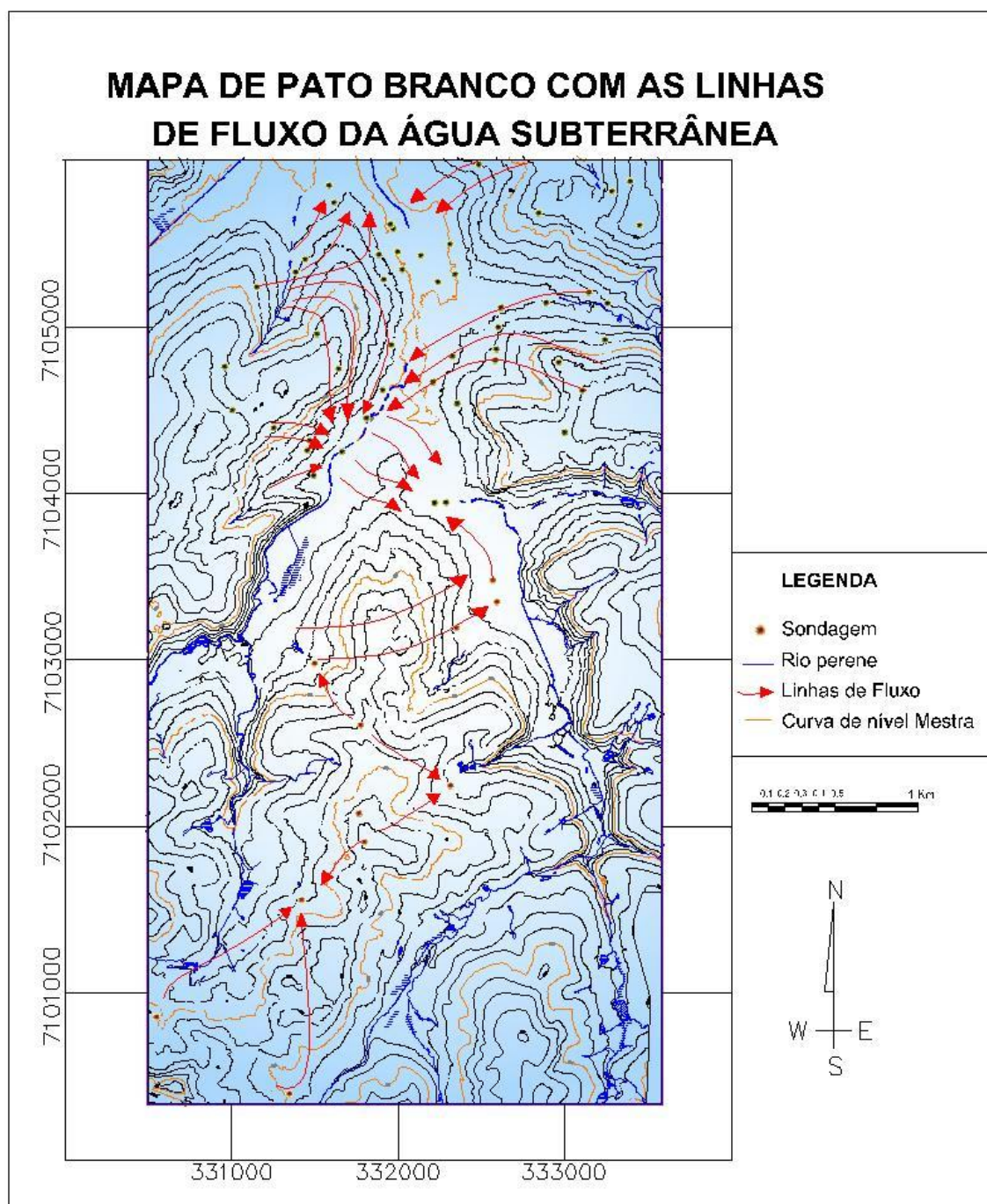


Figura 14: Mapa do Fluxo da água subterrânea.
Fonte: Autoria Própria, 2014.

As linhas de fluxo do mapa em questão foram traçadas conforme o sentido do nível de água estudado a partir dos perfis individuais das malhas englobando varias sondagens.

Segundo Cruciani (1987, p. 8) ao se verificar se um curso d'água pode-se então, realizar uma análise da recarga do lençol freático, se este é do tipo afluente, quando contribui para a recarga do lençol freático ou se é do tipo efluente, que é quando o curso d'água é alimentado pelo lençol freático, conforme representado na Figura 15.

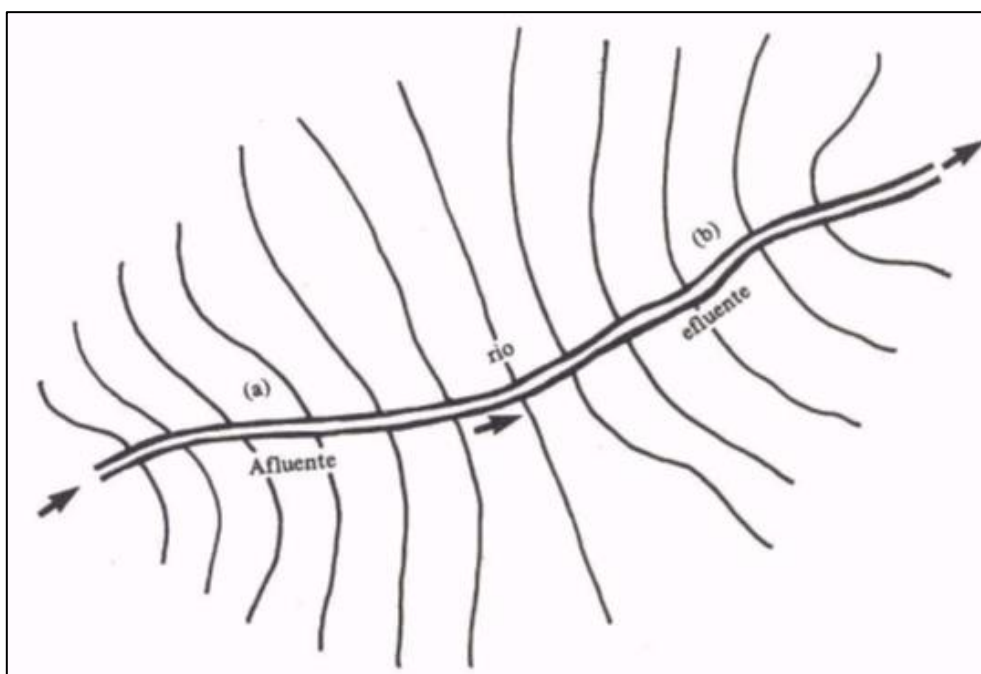


Figura15: Mapa indicando regiões de recarga (a) e descarga (b) e características de um curso-d'água afluente e efluente.

Fonte: Cruciani (1987)

Se as linhas de contorno do lençol, ao atingirem o curso d'água, se curvam em direção ao escoamento (para jusante) indicam que o rio é afluente ou perde água para o lençol. Se as linhas se curvam em direção contra a corrente (para montante), o rio é efluente ou é alimentado pela descarga subterrânea (CRUCIANI, 1987).

Segundo Marchand (2002), os rios afluentes e efluentes são diretamente afetados pela geologia, onde os trechos de efluentes ocorrem onde os contatos do aquífero afloram ao longo do vale do rio.

Por meio dessas informações pode-se fazer uma possível análise do rio afluente e efluente, verifica-se no mapa do fluxo da água subterrânea que a maior parte das análises do fluxo do lençol freático de Pato Branco, se direcionam para os rios, alimentando-se pela descarga subterrânea, podendo ser caracterizado como rio efluente.

Nessa análise apenas um local pode-se observar o curso d'água alimentando o lençol freático, no Bairro Baixada da cidade, onde o fluxo da água subterrânea escoava em sentido oposto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalidade de uma carta hidrogeológica visa estabelecer distinções entre as diferentes regiões do mapa, conforme suas características hidrológicas, tendo como resultado, diversas informações.

O mapa de Pato Branco com as linhas de fluxo da água subterrânea puderam identificar possíveis áreas em que o rio pode ser afluente e áreas que o rio pode ser efluente, podendo-se concluir que os rios em alguns trechos recebem o influxo de águas subterrâneas e cedem em outros.

Na área em que se identificou o rio como um possível rio afluente, sua classificação pode-se ter originado de diversos fatores, por exemplo, em estações de seca, que correm em meados de maio e novembro ou dezembro e abril, rios que eram efluentes podem se tornar afluentes. Ou ainda, em casos onde a ocorrem o bombeamento de água, ocasionando no rebaixamento do lençol freático, nessa área específica, pode ocorrer à identificação do rio sendo afluente, perdendo o seu fluxo de água para alimentar o lençol freático.

Rios efluentes podem também se tornarem rios afluentes em consequência de áreas inundadas, que ocorrem por enchentes por exemplo.

Após realizar o estudo do fluxo e dos níveis da água subterrânea do município, pode-se verificar a sua real importância para a gestão de recursos hidrogeológicos, é possível concluir que existem inúmeras maneiras para análises e obtenção das características do lençol freático, porém, é pouco levado em conta, visto que não é muito frequente o seu estudo para a gestão e planejamento de regiões urbanas.

Pois além da determinação do nível da água, existem outros fatores importantes ao se determinar o nível do lençol freático, como é o caso do estudo de regiões para a recuperação de áreas degradadas, que dependem diretamente da direção do fluxo de água subterrânea e do nível da água subterrânea. Além de diversos outros aprofundamentos nessa área, como é o caso da avaliação geoquímica da água com a verificação de contaminantes, além do estudo de recarga e descarga das águas subterrâneas.

Para a Engenharia Civil a obtenção dos níveis da água subterrânea é essencial, principalmente para as fundações de uma edificação, visto que é sempre importante antes de começar a obra analisar o terreno onde esta será construída, a fim identificar as possíveis variações do lençol freático, para não ocorrer posteriores rebaixamentos de solo sem serem devidamente prevenidos. Além do apoio para as obras da construção civil, o mapeamento tem como objetivo servir de subsidio para a gestão do município no estudo de contenção de enchentes e da drenagem urbana.

É possível considerar então que um mapeamento das águas subterrâneas para o município gera informações relativamente úteis, concluindo ser viável a realização do reconhecimento de dados feitos nesse trabalho, frisando que a continuação desse estudo deve ser levada em conta visto que os aquíferos e os recursos hidrogeológico carecem de estudos científicos mais aprofundados, levando em conta ainda os estudos de recarga e descarga, estudando o nível das águas subterrâneas da cidade em diversas épocas do ano, também os estudos hidroquímicos para aperfeiçoar a qualidade dos mananciais subterrâneos.

Por isso, ao fim deste trabalho recomenda-se além de outros estudos relacionados às águas subterrâneas, a continuação também, do mapeamento do lençol freático abrangendo maiores áreas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6484**: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, Fev. 2001. 17 p.

AUTODESK AUTOCAD complete board-level design system for Windows Vista/Seven/Eight. Versão F.51.0.0. U.S.A. Autodesk, Inc, 2010. 1 CD-ROM.

BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu. F. **Planejamento urbano e recursos hídricos**. Rio Claro: Laboratório de planejamento Municipal – IGCE – UNESP. 2003.

BRAGA, Benedito.; HESPANHOL, Ivanildo.; CONEJO, João.G.L.; MIERZWA, José.C.; BARROS, Marta. T. L.; SPENCER, Milton.; PORTO, Mônica.; NUCCI, Nelson.; JULIANO, Neusa.; EIGER, Sérgio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo, PEARSON PRENTICE HALL, 2ª. Ed., 2005. 336 p.

CLEARY, Roberto. W. **Águas Subterrâneas**. São Paulo, p. 1-31, 2007. Disponível em: < http://www.clean.com.br/Menu_Artigos/cleary.pdf>. Acesso em: 22 Abr. 2013.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4ª Edição. São Paulo: Nobel, 1987 Atualização e notas: LEAL, Rosângela; SANTOS, Sandra M. Investigações da Água Subterrânea. Feira de Santana-BA.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. p. 41 – 44.

GOOGLE EARTH. **Imagens de Pato Branco**, Paraná, PR, 2005. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 21 Mai. 2013.

HACHICH, Waldemar; FALCONI, Frederico F.; SAES, José L.; FROTA, Régis G. Q.; CARVALHO, Celso S.; NIYAMA, Sussumu. **Fundações: Teoria e Prática**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1998.

IRITANI, Mara. A.; EZAKI, Sibebe. **As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**. Cadernos de Educação Ambiental, São Paulo-SP, 2009.

MARCHAND, G. **Interação de águas subterrâneas e de superfície e origem dos nitratos, San Jose Água, Costa Rica.** 2002. Disponível em: <<http://es.relevanx.com/web/guest/technology-articles/article/-/article/N2ze/21607/-1/1699/interacci%C3%B3n-agua-subterr%C3%A1nea-y-de-superficie-y-origen-de-nitratos,-san-jose,-costa-rica->>. Acesso em: jul. 2014.

MARTINS, Márcio F.; CARDOSO, Lulli P.; SUZUKI, Luis E. A. S.; MILANI, Idel C. B.; COLLARES, Gilberto L.; DAI PRÁ, Mauricio. **Varição da Profundidade do Lençol Freático em uma Área de Construção Civil em Pelotas-Rs.** UFPel, p. 1, 2012. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/rhima/files/2010/09/EN_00725-M%C3%A1rcio.pdf>. Acesso em: 25 Abr. 2014.

MENDES, Heloisa. C; MENDIONDO, Eduardo M. **Urbanizações e impactos ambientais: histórico de inundações e alagamentos na bacia do Gregório, São Carlos-SP.** Dissertação de Mestrado. EESC–USP. São Carlos-SP, 2005.

MICHAELSEN, Bibiane L.; SCHULTZE, José P. S.; CAMPOS, Heraldo C. N. S. **Cartografia Hidrogeológica: Uma Ferramenta auxiliar na Caracterização de Áreas Degradadas (Rs).** Porto Alegre-RS. Disponível em: <<file:///C:/Users/tos/Desktop/TCC1/meu%20ref%20bibliografico/22247-80276-1-PB.pdf>>. Acesso em: 15 Mai. 2014.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Instituto das Águas do Paraná.** Curitiba-PR. 2007. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/>>. Acesso em: Fev. 2013.

PINHEIRO, Sebastião J. **Topografia e Geodésia II.** 50 p. 2012. Disponível em: <[http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15014/material/Apostila%20Top%20II%20Rev.2012-1%20\(Reparado\).pdf](http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15014/material/Apostila%20Top%20II%20Rev.2012-1%20(Reparado).pdf)>. Acesso em: 08 jul. 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO. **Informações Gerais: Clima. Pato Branco.** 2011. Disponível em: <<http://www.patobranco.pr.gov.br/municipio4.aspx>>. Acesso em: 25 Fev. 2013.

RODRIGUES, Zoltan R. C.; MAIA, Paulo H. P. **Mapa Hidrogeológico, Ferramenta de Gestão E Planejamento.** Salvador-BA. 9 p. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/23532/15613>>. Acesso em: 15 Mai. 2014.

SETTI, Arnaldo A.; LIMA, Jorge E. F. W.; CHAVES, Adriana G. M.; PEREIRA, Isabella C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília, p. 47-49, 2001. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/introducao_gerenciamento.pdf>. Acesso em: 26 Abr. 2014.

VELLOSO, Dirceu A.; LOPES, Francisco R. **Fundações**, volume 1, Nova Edição, São Paulo, 2004.