UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Mapeamento Geotécnico do Setor Norte do Município de Goiânia-GO, em Escala 1:25.000.

Antônio Henrique Capuzzo Martins

ENGENHARIA CIVIL

UBERLÂNDIA, SETEMBRO DE 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Nº 014

Antônio Henrique Capuzzo Martins

Mapeamento Geotécnico do Setor Norte do Município de Goiânia-GO, em Escala 1/25.000.

Dissertação de Mestrado apresentado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil.**

Área de Concentração: Engenharia Urbana.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Nishiyama
Co-orientadora: Profª Dra. Maria Elisa Borges Rezende.

UBERLÂNDIA, SETEMBRO DE 2005.

“Nunca andes pelo caminho traçado, pois ele conduz somente até onde outros já foram.”

Alexander Grahan Bell

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, em especial minha mãe e minha avó, pelo carinho, exemplo de vida e educação.

A Luciney Carvalho de Sousa pelo companheirismo do dia a dia, pela motivação e carinho demonstrado.

Aos meus colegas do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

A empresa Basitec Projetos e Construções Ltda, pessoa do Sr. Antônio e Rafael Basílio, que tanto contribuíram fornecendo material para realização deste trabalho.

A empresa Strauss Engenharia Ltda, pessoa do Sr. Emerson, que tanto contribuíram fornecendo material para realização deste trabalho.

A Prefeitura Municipal de Goiânia, que tanto contribuiu fornecendo material para realização deste trabalho.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, CEFET-GO, pelo apoio durante todo o trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de mestrado concedida.

Ao meu orientador, Luiz Nishiyama e a minha co-orientadora Maria Elisa Borges Resende, pelas idéias, empenho e todo apoio no desenvolvimento da dissertação.

À Universidade Federal de Uberlândia e à Faculdade de Engenharia Civil, que forneceram o apoio necessário à realização da pesquisa.

RESUMO

Martins, Antônio H. C. *Mapeamento Geotécnico do Setor Norte do Município de Goiânia em Escala 1:25.000.* Dissertação de Mestrado, Faculdade Engenharia Civil de Universidade Federal de Uberlândia – MG, 2005.

A pesquisa desenvolveu sobre Mapeamento Geotécnico, realizado no Setor Norte do Município de Goiânia-GO, o qual compreende uma região que está em estudo para novo perímetro de expansão urbana da cidade, dentro do novo Plano Diretor de Goiânia. O trabalho foi realizado a escala de 1:25.000, com base na proposta metodológica de mapeamento geotécnico elaborada por Zuquette (1987). Foram realizados levantamentos de dados em relação às características do meio físico, a partir da Carta de Ricos de Goiânia de 1981, Mapa geológico (DNPM/CPRM), Mapa Pedológico (Projeto Radam Brasil) e Mapa geofísico (Casseti) juntamente com trabalhos de foto-interpretação, relatórios de ensaios pré-existentes de caracterização dos solos, ensaios de laboratórios em Mecânica dos Solos e trabalhos em campo. Deste modo foram elaborados 5 documentos cartográficos básicos: Mapa de Documentação, Mapa de Substrato Rochoso, Mapa Pedológico, Mapa de Profundidade do Nível D'água Freática e Carta de. Também foram analisados relatórios dos ensaios de caracterização obtidos e realizados em tempo e posteriormente foi elaborado uma Carta de unidades geotécnicas, que demonstra as características geotécnicas da região estudada.

Palavras-chave: Mapeamento geotécnico; profundidade do NA; carta de declividades; unidades geotécnicas, Goiânia.

ABSTRACT

Martins, Antônio H. C. *Engineering Geological Mapping of the North Section of the Goiânia in scale 1:25.000.* Essay of Master Degree, Department of Engineering, Federal University of Uberlândia - MG, 2005.

This research presents a engineering geological mapping of the north portion of the city of Goiânia in the area that was proposed as a new perimeter of the urban expansion of the city, in the new main plan of Goiânia. The work was developed in the scale 1:25.000 and the methology of engineering geological mapping elaborated by Zuquette(1987). The physical environment chacaracteristics were obtained as a final product and they were based in the Goiânia 1981 risk chart, laboratory tests and fild works. Some of them were analyzed together with the photo-interpretation works, characterization test reports of the area. Thus, six cartographic documents were elaborated: Documentation map, geological bedrock map, unconsolidated material map, freatic water level map, declivities map and geotecnical units were elaborated.

Word-key: engineering geological mapping; geotecnical units; freatic water level; physical environment; Goiânia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Comunicações radiais, traçado do núcleo inicial de Goiânia, elaborado por Attílio Corrêa Lima no período de 1933 a 1935 2

Figura 1.2 Casas de funcionários na Rua 20 próximo ao córrego botafogo. 3

Figura 1.3 Localização e Estrutura Urbana de Goiânia com sistema viário e com a área da região em estudo em destaque 4

Figura 1.4 - Mapa do aglomerado urbano da cidade do ano de 1997 7

Figura 3.1–Mapa Geotécnico do litoral Centro-Norte de Santa Catarina – 2002. 20

Figura 3.2 -Carta de Risco de Ribeirão Preto 1991 35

Figura 3.3–Mapa de Deposição de Rejeitos Sépticos – Araras - SP 37

Figura 4.1 Imagem do satélite quickboard do município de Goiânia do ano de 2002, com a localização da área em estudo 61

Figura 4.2 - Foto do Jardim Curitiba III – 2001 65

Figura 4.3 - Foto do Ribeirão Caveirinhas – 2001 66

Figura 4.4 - Foto do Córrego do Fundo / Vila Finsocial – 2001 67

Figura 4.5 - Foto da Região da Fazenda São Domingos – 1995 68

Figura 5.1 Mapa de Situação da Área em Estudo com os Pontos de Coletas das Amostras – sem escala. 76

Figura 5.2 - Carta de Classificação do Método das Pastilhas 84

Figura 5.3 – Boletim de Sondagem / Região da Unidade I – Julho2004 87

Figura 5.4– Boletim de Sondagem Furo 01/ Região da Unidade II– Setembro2004 89

Figura 5.5 – Boletim de Sondagem Furo 01/ Região da Unidade III– Agosto 2004 91

Figura 5.6-Gráfico resumo de estudo do colapso - Unidade I 94

Figura 5.7 - Gráfico resumo de estudo do colapso - Unidade II 95

Figura 5.8 - Gráfico resumo de estudo do colapso - Região III 96

Figura 5.9 - Síntese Geológica de Goiás - 1979 98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – População das regiões de Goiânia – Taxa de crescimento de 1991 a 2000. 5

Tabela 3.1 - Atributos x Formas de ocupação.....25

Tabela 3. 1– Trabalhos realizados utilizando metodologia de Zuquette(1987).....32

Tabela 5.1– Quadro com os documentos adquiridos junto aos orgãos e empresas 73

Tabela 5.2 – Listagem com os dados das Sondagens a trado realizadas 77

Tabela 5.3 – Resultado do Teste de Dilatância em Solos. 79

Tabela 5.4 – Resultado das análise preliminares em campo das amostras 80

Tabela 5.5 – Quadro com a definição das unidades 81

Tabela 5.6 – Quadro de Resumo de Ensaios pelo Método das Pastilhas/MCT..... 85

SIGLAS E SÍMBOLOS

CEOTMA - Centro de Estudos de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente

CPRM – Companhia de Recursos Minerais

COMDATA - Companhia Municipal de Processamento de Dados de Goiânia

IAEG - International Association for Engineering Geology and the Environment

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IESA - Instituto de Estudos Sócio-Ambientais de Goiás

IPLAN - Instituto de Planejamento Municipal de Goiânia

SEPLAM - Secretaria Municipal de Planejamento do Município de Goiânia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO _____ 1

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS _____ 1

CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS_____ 8

2.1 OBJETIVOS GERAIS _____ 8

2.1.1 Objetivos Específicos _____ 8

2.2 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO _____ 9

CAPÍTULO 3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA _____ 10

3.1 ASPECTOS GERAIS _____ 10

3.2 METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DESENVOLVIDAS EM OUTROS PAÍSES _____ 11

3.3 ESTUDOS SOBRE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA REALIZADOS NO BRASIL _____ 15

3.3.1 Caracterização Geotécnica dos Principais Grupos de Solos do Mapa Pedológico do Distrito Federal (Esc. 1:100.000): Estudos na Área de Dinamização Urbana entre Samambaia e Gama. Paranhos, Haroldo da Silva. Dissertação de Mestrado - Departamento de Geotecnia – Universidade de Brasília, 1998. _____ 15

3.3.2 Carta geotécnica e de suscetibilidade a processos geológicos do Município de Ipojuca/Pernambuco. Pfaltzgraff, Pedro Augusto dos Santos. Recife: CPRM/FIDEM, 1998. _____ 16

3.3.3 Mapeamento Geotécnico dos Materiais Naturais de Construção do Distrito Federal: Uma base de dados para o planejamento e gestão. CARNEIRO, Paulo Jorge Rosa. Tese de Doutorado - Departamento de Geotecnia – Universidade de Brasília.1999. _____ 17

3.3.4 Metodologia de Mapeamento Geotécnico Aplicada ao Litoral Centro-Norte De Santa Catarina. Sabrina Robeck, Luís Fernando P. Sales, Patrícia O. Faria, Alexandre Guedes Junior.Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI-SC.2002. 18
3.3.5 Informações morfométricas na compartimentação do terreno - Goiânia (GO). Romão, P. A; Souza, N.M. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004. 21
3.3.6 Mapeamento geotécnico como subsídio ao monitoramento e previsão de riscos geotécnicos e ambientais em obra de tubulação de gás natural. Bastos, C. A. B.; Valente, A. L. S; Stridler, A.; Buffon, S.A.; Stumpf, L.; Quadros, T.F.P; Bica, A.V.B; Bressani, L. A. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004. 21
3.3.7 Carta geológico-geotécnica para empreendimentos rodoviários a partir de métodos de investigação de superfície, na escala 1:25.000. Barbosa, T. T. A.; Cerri, L. E. S. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004. 22
3.3.8 Mapeamento geotécnico da região do complexo estuarino-lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guaraíras na zona costeira oriental do Estado do Rio Grande do Norte. Pereira, I. C. B. B. A.; Santos Jr., O. F.; Scudelari, A. C. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004.. 22
3.3.9 O uso de técnicas de sensoreamento remoto na análise da vegetação urbana na Cidade de Analândia (SP). Moura, S.; Freitas, M. I. C. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004. 23
3.4 METODOLOGIA ZUQUETTE (1987) 23
3.4.1 Atributos seletivos limitantes 24
3.4.2 Alguns estudos realizados no Brasil utilizando a metodologia Zuquette 31
3.4.3 Carta de Risco da Região de Ribeirão Preto (SP) . Escala 1:50.000. Lázaro V. Zuquetle;Osni J. Pejon;Osmar Sinelli;Nilson Gandolfi.SBG 1991. 33
3.4.4 Aplicação da Cartografia Geotécnica na Deposição de Rejeitos Sépticos – Região Araras - SP. Maria José Brollo;José Eduardo Rodrigues.ABMS/ABGE.Rio de Janeiro, 1991. 36
3.4.5 Mapeamento Geotécnico Regional da quadrícula de Amparo – SP, Escala1:50.000: com base na análise dos “Landforms” e de perfis típicos de alteração. Barison, Marcelo Ribeiro. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1995. 38

3.4.6 Evolução de critérios de Caracterização dos Materiais Inconsolidados no Mapeamento Geotécnico da Região Centro-Leste do Estado de São Paulo.Rodrigues, José E. Texto para concurso de Livre-Docência. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1996. 42
3.4.7 Dissertação de Mestrado - Mapeamento Geotécnico das Áreas Urbanas e de Expansão da Região Sudoeste do Município de Campinas – SP, Escala 1:25.000. Bachion, Maria Letícia.São Carlos, (1997).– Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 46
3.4.8 Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos. Nishiyama, L. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 1998. 52
3.4.9 Procedimentos de mapeamento geotécnico para indicação de áreas adequadas para aterro sanitário: aplicação no município de Uberlândia-MG. Luiz Nishiyama; Lázaro Valentin Zuquette. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004.. 53
3.5 SÍNTESE ANALÍTICA DAS BASES FÍSICAS DO ESTADO DE GOIÁS. CASSETI, W. FUNDAÇÃO INDUR, GOIÂNIA,1979. 54
3.6 DISCUSSÃO SOBRE ATUAL CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO E SUAS POSSÍVEIS APLICAÇÕES. ALEX UBIRATAN GOOSSENS PELOGGIA. REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS,1996. 55
3.7 PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO MECÂNICO DE SOLOS DO PLANALTO CENTRAL BRASILEIRO. CARDOSO,F.B.F.TESE DE DOUTORADO.UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.FACULDADE DE TECNOLOGIA.DEPARTAMENTO DE GEOTECNICA,2002. 58

CAPÍTULO 4 – CARACTERÍSTICA FÍSICAS DA ÁREA EM ESTUDO 60

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 60
4.2 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS 62
4.3 ASPECTOS AMBIENTAIS 64
4.4 GEOLOGIA 69
4.5 GEOMORFOLOGIA 70
4.6 SOLOS 71

CAPÍTULO 5 – PROCEDIMENTOS METOLÓGICOS E RESULTADOS _____ 73

5.1 OBTENÇÃO DE DADOS _____ 73

5.1.1 Carta de Risco do Município de Goiânia. _____ 74

5.1.2 Mapa Digital de Goiânia 2004- Versão 16 _____ 74

5.1.3 Imagens Aerofotogramétricas _____ 74

5.1.4 Mapas Auxiliares _____ 75

5.1.5 Ensaios de Caracterização _____ 75

5.2 ANÁLISE PRELIMINAR EM CAMPO E COLETA DE AMOSTRAS _____ 77

5.3 ANÁLISE PELO MÉTODO DAS PASTILHAS – METODOLOGIA MCT PARA SOLOS TROPICAIS _____ 82

5.3.1 Execução de ensaios das pastilhas de Fortes (2002). _____ 82

5.3.2 Interpretação dos resultados. _____ 83

5.4 SONDAGENS PROFUNDAS E DE SIMPLES RECONHECIMENTO _____ 85

5.4.1 Sondagem (SPT45) – Região da Unidade I _____ 86

5.4.2 Sondagem (SPT46) – Região da Unidade II _____ 88

5.4.3 Sondagem (SPT47) – Região da Unidade III _____ 90

5.5 ESTUDO DA COLAPSIBILIDADE DOS SOLOS (PINTO 2002) _____ 92

Os resultados dos ensaios foram realizados de acordo com a NBR, no laboratório do Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – CEFET-GO, e também localizados no mapa de documentação (Anexo5.6.1) são os seguintes: _____ 94

5.5.1 Unidade I _____ 94

5.5.2 Unidade II _____ 95

5.5.3 Unidade III _____ 96

5.6 ELABORAÇÃO DOS MAPAS BÁSICOS. _____ 97

5.6.1 Mapa de Documentação (COMDATA-2004) _____ 97

5.6.2 Mapa de Substrato Rochoso (DNPM/CPRM – 1976) _____ 98

5.6.3 Mapa de Materiais Inconsolidados (IPLAN-1981) _____ 100

5.6.4 Mapa de Profundidade do Nível D'água Freático _____ 102

5.6.5 Carta de Declividades _____ 103

5.7 CARTA DE UNIDADES GEOTÉCNICAS _____ 104

5.7.1 Unidade I - Solo Led - Latossolo Vermelho-Escuro _____ 104

5.7.2 Unidade II - Solo Gd - Gleissolo Distrófico _____ 105
5.7.3 Unidade III - Solo LRd - Latossolo Roxo Distrófico _____ 105

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES _____ 107

6.1 INTRODUÇÃO _____ 107
6.2 ANÁLISE DOS DOCUMENTOS BÁSICOS _____ 108
6.3 COLAPSIBILIDADE DOS SOLOS _____ 109
6.4 CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS _____ 109

CAPÍTULO 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____ 111

7.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____ 111

ANEXO 5.1.5 _____ 115

ANEXO 5.6.1- MAPA DE DOCUMENTAÇÃO _____ 119

ANEXO 5.6.2- MAPA DE SUBSTRATO ROCHOSO _____ 121

ANEXO 5.6.3 – MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS ____ 123

ANEXO 5.6.4 –MAPA DE PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA FREÁTICA _____ 125

ANEXO 5.6.5 - CARTA DE DECLIVIDADES _____ 127

ANEXO 5.7 - CARTA DE UNIDADES GEOTÉCNICAS _____ 129

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Quando Pedro Ludovico decidiu levar a cabo a construção da nova capital de Goiás, já existia um Plano Diretor da cidade, criado em 1933 pelo arquiteto Attílio Corrêa Lima, seguindo uma tendência urbanística já consagrada em diversas cidades importantes, como Karlsruhe e Washington. Nesse relatório, Attílio revelava ainda sua filiação aos princípios clássicos de conceber uma cidade. O traçado proposto (Figura 1.1) obedeceu à configuração do terreno, à necessidade do tráfego, ao zoneamento e ao loteamento. Estes fatores foram cuidadosamente justificados, tornando-se o fio condutor da proposta de Attílio para o núcleo central de Goiânia. Coube a outro arquiteto, Armando de Godoy, dar forma final ao projeto radial que caracteriza o núcleo de Goiânia.

Em outubro de 1933, o semanário "O Social" havia instituído um curioso concurso a respeito da escolha do nome para a nova capital. Leitores de todo o estado contribuíram, sendo interessante relembrar os nomes mais votados: Petrônia, Americana, Petrolândia, Goianópolis, Goiânia, Bartolomeu Bueno, Campanha, Eldorado, Anhanguera, Liberdade, Goianésia, Pátria Nova, entre outros. Em 2 de agosto de 1935, Pedro Ludovico usou, pela primeira vez, o nome "Goiânia", ao assinar o decreto nº 237, criando o município de Goiânia. O ganhador do concurso foi o Professor Alfredo de Castro, com o pseudônimo "Caramuru".

Inicialmente a capital abrigou um grupo de casas de funcionários do governo à rua 20(Figura 1.2), próximo ao Córrego Botafogo, e não tardou a sair do papel através de um traçado urbanístico do tipo radial concêntrico - ruas em forma de raio, tendo como centro a

Praça Cívica, onde estão as sedes dos governos estadual e municipal - Palácio das Esmeraldas e Palácio das Campinas. O plano é de autoria do urbanista Atílio Correia Lima, cabendo a sua execução aos engenheiros Jerônimo e Abelardo Coimbra Bueno.

Figura 1.1 Comunicações radiais, traçado do núcleo inicial de Goiânia, elaborado por Attílio Corrêa Lima no período de 1933 a 1935
Fonte: Revista Viver Cidades, ano I nº 5, 2002.

Sem estradas praticáveis para caminhões, os materiais de construção chegavam ao canteiro puxado por juntas de bois.

Figura 1.2 Casas de funcionários na Rua 20 próximo ao córrego botafogo.

Fonte: Jornal O Popular, edição 24/10/2003.

A cidade de Goiânia (Figura 1.3), foi planejada originalmente para abrigar uma população de 50 mil habitantes, numa decisão considerada arrojada para o incipiente Estado, considerando-se as condições de desenvolvimento da região e do país àquela época.(IBGE, s/d)

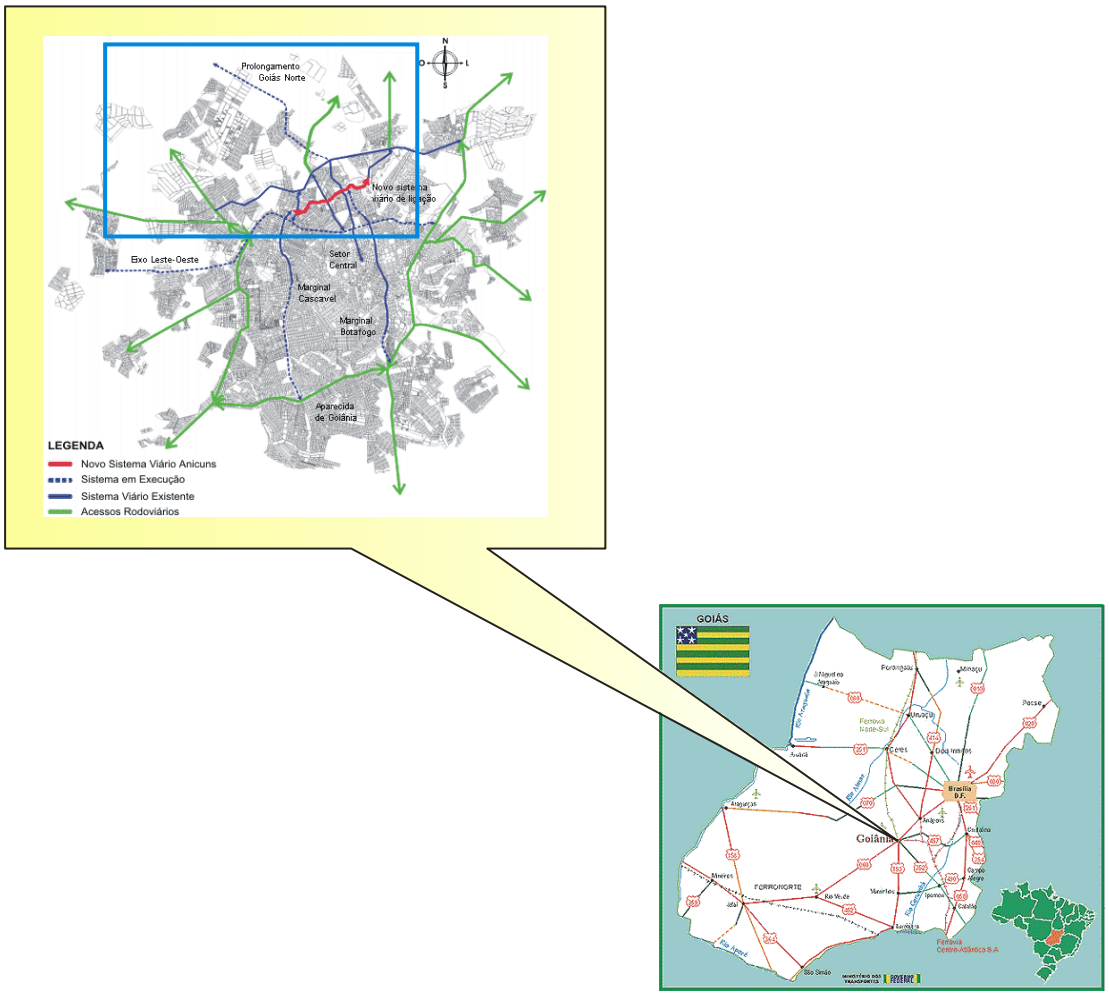


Figura 1.3 Localização e Estrutura Urbana de Goiânia com sistema viário e com a área da região em estudo em destaque

Fonte: Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de Goiânia, 2003.

A área em estudo compreende a aglutinação das regiões Norte, Noroeste e Vale do Meia Ponte do município de Goiânia. Atualmente conta com aproximadamente 1,1 milhão de habitantes sendo que a região norte do município de Goiânia apresenta o maior índice de crescimento demográfico (conforme Tabela 1.1.1), entre os Censos de 1991 e 2000. Com isso, apresenta também maior crescimento desordenado no aglomerado urbano da cidade.

Tabela 1.1.1– População das regiões de Goiânia – Taxa de crescimento de 1991 a 2000.

Região	População		Participação percentual		Tx de Crescimento
	1991	2000	1991	2000	
Central	152.449	145.960	17	13	-0,48
Sul	158.082	165.287	17	15	0,50
Sudoeste	117.255	150.637	13	14	2,82
Oeste	44.937	65.355	5	6	4,25
Mendanha	47.077	56.393	5	5	2,03
Noroeste	51.214	111.389	6	10	9,02
Vale do Meia Ponte	43.071	52.640	5	5	2,25
Norte	44.652	63.840	5	6	4,05
Leste	95.950	106.966	11	10	1,21
Campinas	123.244	123.530	14	11	0,03
Sudeste	34.780	43.807	4	4	2,60
População Urbana	**912.711**	**1.085.806**	**100**	**100**	**1,95**

Fonte:IBGE, Censos demográfica 1991 e 2000, SEPLAM/DPSE/DVPE.

No final dos anos 60, Goiânia ainda era uma cidade muito jovem. Tinha menos de 40 anos e já se apresentava no cenário nacional como um pólo de desenvolvimento regional. Sua população, nas décadas de 60 e 70, registrou uma das maiores taxas de crescimento do país, 9,43% ao ano, sendo que a população urbana crescera mais ainda, 10,49% ao ano.

Segundo Moysés (1989), esse dinamismo populacional dos anos 60 reflete uma tendência de crescimento que se iniciara nos anos 50 e que colocava Goiânia como uma cidade de fronteira, portanto, constituindo um “novo Eldorado”. Nesse período, “Goiânia se consolidava como centro populacional, administrativo, comercial, financeiro e de serviços, perdendo o estilo predominante de cidade meramente administrativa”.

Também contribuiu para esse dinamismo a perda do controle de terras para efeito de parcelamento, pelo Estado, para os grandes proprietários de terras do entorno de Goiânia. Com isso, a cidade passou a expandir-se de forma desordenada, na medida em que novos loteamentos eram lançados numa velocidade muito grande. As unidades eram comercializadas, porém grande parte dos lotes não eram edificados de imediato.

O crescimento desordenado de áreas urbanas gera impactos negativos de diversas naturezas que, por sua vez, implicam em situações de risco para os seres humanos, perda

de equipamentos urbanos, e elevado ônus social e financeiro para toda a comunidade atingida. Isso faz parte da realidade dos diversos municípios brasileiros. O município de Goiânia reúne características físicas e de ocupação que possibilitam inserí-lo dentro desse contexto.

Com isso, o crescimento de Goiânia (Figura 1.4), desde então, dá-se de forma desordenada, caótica, fugindo das orientações formuladas pelo Plano Diretor em vigor. O poder público perde a gestão sobre a cidade. Como conseqüência, os espaços verdes exigidos pelo Plano Diretor conseguem resistir até meados dos anos 70. Mas, a partir daí, os vazios urbanos substituiriam os espaços verdes, colocando a periferia, do ponto de vista geográfico, mais distante do centro urbanizado, conforme pode ser visto na Figura 1.4.

Os sistemas de informações geográficas de um modo geral permitem uma correlação de dados alfanuméricos com imagens referenciadas cartograficamente, de maneira integrada, possibilitando análises espaciais de áreas, modelagem numérica de terrenos e a criação, manipulação e combinação de dados temáticos com informações tabulares, facilitando o estudo desses problemas, objeto de estudo desse trabalho.

Assim o estudo da Caracterização Geotécnica do Setor Norte do Município de Goiânia, vem contribuir como um importante instrumento aplicado ao planejamento urbano, no caso em estudo, oferecendo dados importantes que podem ser considerados no novo Plano Diretor de Goiânia que está em andamento. Vale considerar ainda a importância dos processos geodinâmicos naturais ou induzidos e o comportamento geomecânicos dos materiais inconsolidados e rochosos diante das solicitações requeridas pelas atividades antrópicas.

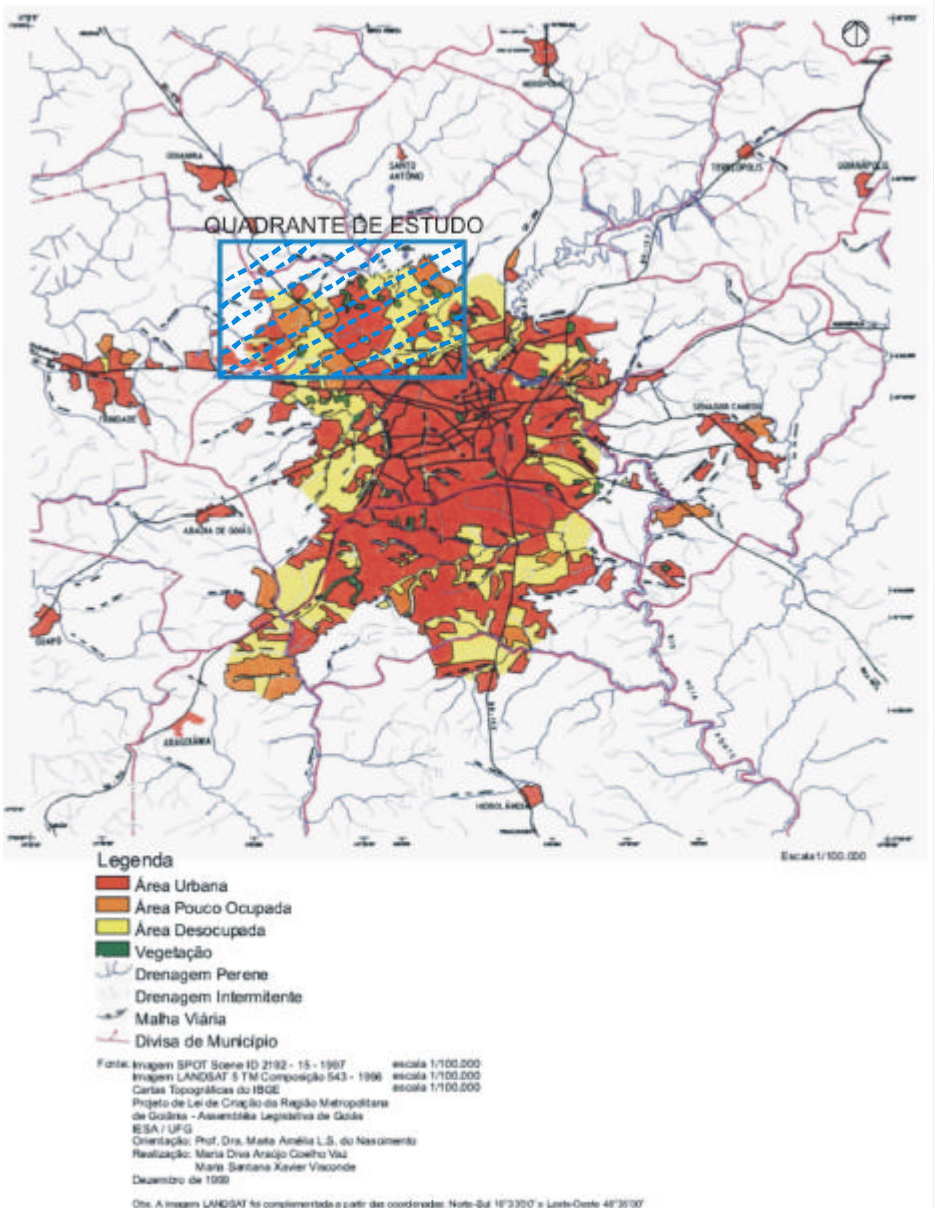


Figura 1.4 - Mapa do aglomerado urbano da cidade do ano de 1997

Fonte: Imagem SPOT Scene ID 2192 – 15 – 1997 escala 1/100.000, Imagem LANDSAT STM Composição 543 – 1996 escala 1/100000, Cartas Topográficas do IBGE escala 1/100000 e Projeto de lei Criação da Região Metropolitana de Goiânia – Assembléia Legislativa de Goiás IESA / UFG.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Caracterizar e mapear as condições geotécnicas do setor norte da cidade de Goiânia mediante trabalhos de levantamento e produção sistemáticos de informações relativas ao meio físico.

2.1.1 Objetivos Específicos

- Definir os atributos e parâmetros do meio físico, fundamental para um melhor ordenamento da ocupação urbana.

- Elaborar documentos cartográficos básicos representativos das condições do meio físico (atributos).

- Avaliar as características geotécnicas dos solos do setor norte de Goiânia com vistas a sua utilização em fundações "rasas"(diretas), que representam a maioria dos casos no setor Norte de Goiânia e que podem representar problemas técnicos.

- Elaborar uma carta síntese de zoneamento geotécnico do setor norte do município de Goiânia.

2.2 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

A dissertação apresentada é constituída de 8 capítulos e 7 anexos, organizados da seguinte maneira:

Capítulo 1: faz-se uma breve introdução sobre a região em estudo e a importância da caracterização geotécnica como instrumento de planejamento urbano.

Capítulo 2: os objetivos gerais e específicos e a apresentação do conteúdo deste trabalho.

Capítulo 3: apresenta uma revisão bibliográfica sobre um breve histórico das metodologias de trabalho mais utilizadas, destacando-se a proposta metodológica de Zuquette(1987) e os trabalhos realizados a partir da mesma para diversas formas de utilizações do meio físico.

Capítulo 4: apresenta as características físicas da área em estudo .

Capítulo 5: cita os procedimentos metodológicos utilizados para o levantamento de informações através de análises qualitativas e quantitativas, distribuídas em documentos cartográficos, como também levantamentos de campo, análise de fotografias aéreas, ensaios de laboratórios e resultados obtidos.

Capítulo 6: apresenta conclusão da dissertação, e sugestão para trabalhos futuros

Capítulo 7: busca referenciar conforme as normas da ABNT todas citações utilizadas como referências bibliográficas.

Anexos: apresentam todo conteúdo citado em texto, como dados dos relatórios de ensaios, como também documentos cartográficos realizados.

CAPÍTULO 3

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ASPECTOS GERAIS

A finalidade da Geologia de engenharia é prover informações básicas para o uso do solo do meio físico, o planejamento, o projeto e a construção de obras civis (IAEG,1976 *apud* Zuquette 1987).

A Geotecnia deve fornecer dados sobre as propriedades das rochas e solos, assim como os processos e fenômenos que ocorrem neste meio, podendo ser naturais e/ou artificiais (Zuquette,1987). Ainda segundo este autor, Geotecnia Regional trata dos estudos de caracterização geotécnica de uma área; como também desenvolve princípios de zoneamento geotécnico e métodos de compilação destas informações. A Geologia de Engenharia subsidia o bom planejamento e a concepção de projetos, para que a ocupação e o uso do meio físico ocorram de forma adequada e não predatória, buscando a caracterização geotécnica através do levantamento dos atributos, de estudos regionais ou de detalhe, objetivos e otimizados. Essas informações geológico-geotécnicas são registradas em documentos, que irão se construir no mapeamento geotécnico.

O mapa Geotécnico é um tipo de mapa geológico, o qual oferece uma representação generalizada de todos os componentes do ambiente geológico de significado no planejamento e uso da terra, em projetos, construção e manutenção aplicada a obras civis e engenharia de minas (IAEG,1976 *apud* Zuquette 1987).

O mapeamento refere-se ao ato delinear áreas que são homogêneas ou aceitavelmente heterogêneas para as finalidades às quais o mapa está sendo realizado, e a apresentação

normalmente é feita em bidimensão, associada a palavras, letras, números e outros caracteres que representam os atributos essenciais.

Segundo Zuquette (1987), o produto do mapeamento geotécnico tem que possuir uma linguagem que atinja os usuários não especializados.

O desenvolvimento progressivo na utilização de metodologias de caracterização geotécnica utilizada em outros países, com características próprias para aplicações nas áreas onde foram produzidas, fez com que alguns pesquisadores começassem a se preocupar com adaptações às condições econômicas, sociais e do meio físico dos locais onde seriam aplicadas.

3.2 METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DESENVOLVIDAS EM OUTROS PAÍSES

As primeiras cartas geotécnicas foram lançadas em Leipziq, em 1913, por Langen, tratando de fundações em cidades alemãs. No início do século o assunto foi tratado também para áreas urbanas (Nova York, São Paulo) através de uma abordagem de geologia (*in* Zuquette,1987). Após a Segunda Guerra, houve um avanço na produção de cartas geotécnicas em diversos países do leste europeu, devido a necessidade de se planejar a reconstrução das cidades. Segundo Zuquette (1987), a fase criativa do mapeamento geotécnico se deu nas décadas de sessenta e setenta. Foi neste período que a técnica atingiu os demais países do ocidente.

Rockaway *apud* Nishiyama(1998) avaliou que para um mapeamento geotécnico, a abordagem deve ser ampla em relação ao direcionamento, escopo e conteúdo de trabalho, firmando-se sobre uma proposta de investigação.

Gonzalez De Vallejo ; King apud Nishiyama(1998) propuseram que numa investigação geotécnica local, deve-se identificar os tipos de materiais do terreno, determinar as suas distribuições areais e propriedades geotécnicas, que serão utilizadas num futuro planejamento ambiental, prevendo-se mudanças, interferências e alterações necessárias.

Matula *apud* Zuquette (1987), considera que os mecanismos mais importantes do mapeamento geotécnico são as estimativas do potencial de uso das diversas unidades, a avaliação das áreas para uso específico e decisão da melhor forma de construir.

Merla, Merlo e Olivieri; De Moor e De Bruck apud Nishiyama (1998) propuseram um mapa de zoneamento geotécnico, que contém todos os tipos de informações geológicas necessária num único documento, a ser usado pelos planejadores.

Dos países que têm a área de conhecimento de mapeamento geotécnico bem desenvolvida, destaca-se a Checoslováquia como mais representativa, principalmente através dos trabalhos de Pasek, Rybar, Zebera, Matula, Zaruba e outros (Zuquette, 1987). O sistema Checoslovaco considera a morfologia, a estabi1idade dos terrenos, a hidrologia e as propriedades físico-mecânicas dos solos e rochas. Compõem os trabalhos os mapas geológicos (substrato e materiais inconsolidados), hidrogeológico, de documentação, de divisão geotécnica, fichas e tabelas.

Zebera *apud* Zuquette (1987), seguindo ap1icações de Pasek, Rybar e Simel, criou um sistema de faixas que inspirou outras variações de representação em terceira dimensão. Normalmente os trabalhos apresentam três categorias de terrenos (zonas favoráveis, aceitáveis e desfavoráveis).

A compilação de um mapa geotécnico com fina1idade geral, na escala 1:25.000, através de Matula e Pasek *apud* Zuquette (1987) foi aprovada pela Comissão de Geotecnia da COMECON, como modelo para instruções internacionais (COMECON, 1966 apud Zuquette,1987).

A França é o país mais desenvolvido em técnicas e trabalhos. Em 1972, Sanejouand *apud* Nishiyama (1998) publicou a "Cartografia Geotécnica na França", onde se pode observar a forte 1igação entre a Esco1a Francesa e a Checoslovaca. As cartas de fatores são de documentação, do substrato rochoso, dos materiais de cobertura, hidrogeológica, geomorfológica e outras. As cartas de aptidão são: fundações, viabilidades de vias de transporte, escavabilidade, materiais de construção e outros. O objetivo dessa metodologia é ser utilizado tanto para fins regionais como para específicos. O sistema de representação se dá em três dimensões, como o Checoslovaco.

Mathewson e Font *apud* Nishiyama (1998) nos EUA em 1974, apresentam uma sistemática através de quatro fases hierárquicas para o conjunto de mapas necessários para o zoneamento de uma região.

Dearman e Fookes *apud* Nishiyama (1998) desenvolveram na Inglaterra trabalhos de mapeamento geológico-geotécnico aplicados a problemas de engenharia civil.

Na Austrália, a partir do trabalho de Grant *apud* Nishiyama (1998), iniciou-se em 1965 o uso de informações geotécnicas, onde se desenvolveu o sistema PUCE (Padrão, Unidade, Componente, Avaliação) (Grant,1975a;1975b e Grant e Finlayson,1978 *apud* Nishiyama 1998). Este sistema se baseia em princípios geomórficos homogêneos para cada unidade de terreno. Todos os dados levantados devem ser tratados de maneira a se tornar compatíveis com um sistema computacional. As principais classes de terreno são: Província, Padrão, Unidade e Componente. Os atributos são apresentados em 3 classes que definem seu interesse para: estudo de viabilidade, estudo de planejamento e finalidades construtivas.

A IAEG (International Association of Engineering Geology) elaborou uma metodologia, através de comissão formada em 1966 , para a preparação de mapas geotécnicos, publicado em 1976, através da UNESCO. Essa metodologia classifica os mapas em função do conteúdo, da escala e da finalidade. Os fatores a serem considerados são: caráter das rochas e solos, as condições hidrogeo1ógicas, as condições geomorfo1ógicas e outros. De acordo com a finalidade, especiais ou de multifinalidade. Segundo o conteúdo, são: analíticos, abrangentes, auxiliares e complementares. E segundo a escala, grande (> 1:10.000), média(entre 1:10.000 e 1:100.000) e pequena(<1:100.000).

O trabalho de Farias *apud* Nishiyama(1998) desenvolvido pela CEOTMA, na Espanha considera estudos do meio físico, em caráter regional, tendo como fundamento critérios geomorfológicos. Gomes Coelho *apud* Nishiyama (1998) em 1980 coloca a experiência do LNEC em Portugal na elaboração de cartas geotécnicas, levando em conta critérios geotécnicos para as classificações.

A realização de estudos geotécnicos regionais não é comum no Brasil, contrariamente ao que acontece em outros países mais desenvolvidos, como os da Europa, EUA, Canadá e Austrália.

Gartner *apud* Nishiyama(1998) também separou a avaliação de um terreno em dois grupos de acordo com propostas gerais ou especificas.

Mitchell *apud* Nishiyama(1998) definiu a avaliação de um terreno como a interpretação de dados da superfície do solo para propostas práticas de uso. Objetiva prever exatamente as condições do terreno em toda a sua extensão, até mesmo onde o acesso é dificultado, através de coleta e manuseio de dados para alcançar uma precisa avaliação local. Distinguiu duas abordagens para a avaliação de um terreno, conhecido como avaliação fisiográfica e paramétrica. A primeira classifica o terreno em unidades naturais, de uso generalizado, e a segunda seleciona os atributos requeridos e os mapas específicos. Podem-se aplicar as informações obtidas de um terreno a outros de características similares.

A fotointerpretação foi incluída na metodologia de investigação geotécnica por Bell e Pettinga *apud* Nishiyama (1998) em 1985. O levantamento geológico, as feições geomorfológicas mais relevantes, ensaios geotécnicos de campos e laboratoriais em solos e rochas. Com isto, pode-se avaliar a evolução dos processos geológicos e geomorfológicos da área em questão e realizar uma interpretação geotécnica local, que servirá de base para uma avaliação de um plano de uso do solo. Recomendaram ainda a padronização nas formas de coletas e tratamento de dados em trabalhos de planejamentos urbano.

Marker e McCall *apud* Nishiyama (1998) em 1990 abordaram, como pontos relevantes do mapeamento geotécnico, a identificação e a investigação dos problemas encontrados, a análise dos dados existentes e de seus resultados, utilizando-se de baixo custo de investimentos. Os mapas então começaram a conter informações básicas, tais como: o potencial dos recursos minerais e de águas, o potencial de utilidade de uso do solo, os recursos naturais encontrados, a adequabilidade do terreno para os vários tipos de desenvolvimento, os custos, a vulnerabilidade do terreno a efeitos de risco e uma formulação de propostas de desenvolvimento da área.

Segundo Bachion (1997) o autor destaca que os estudos de caráter regional que se fundamentam em critérios geomorfo1ógicos, destacam-se: Thomas (1974), Verstappen e Zuidan(1975), Young (1976), Leighton (1976), Palaner (1976), Hansen (1976), Koons (1976), Coates (1976), Legget (1976), Foose e Hess (1976), Orsborn (1976), Speight (1977), Hawkins e Privett (1979), Zuidan (1979), Kertesz (1979), Kreig e Reger(1980),

Soeters e Rengers (1981), Rengers (1981), Verstappen (1983), Mc Caig (1985), Burt e Trudgill (1985), Bole e Campbell (1985), King(1986), Zuidam (1985), Nagarajan e Shah(1987), Meijerink (1988), Cook e Doornkamp (1990).

3.3 ESTUDOS SOBRE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA REALIZADOS NO BRASIL

No Brasil, segundo Nishiyama(1998), os mapeamentos geotécnicos elaborados até hoje, ainda são em número reduzidos, normalmente realizados por instituições públicas. Da análise destes trabalhos, conclui-se que há uma deficiência de estudos relativos aos fundamentos, aos procedimentos de elaboração e a apresentação dos resultados, principalmente no que se refere à seleção dos atributos, as suas formas de obtenção e as relações entre atributos e as atividades antrópicas.

O Departamento de Geotécnica da Escola de Engenharia da USP de São Carlos – SP, tem grande importância na difusão de trabalhos na área, porém no país ainda ocorre estudos realizados por outras instituições em outros estados como Universidade Brasília, a Universidade do Vale do Itajaí entre outras.

A seguir alguns estudos realizados sobre cartografia geotécnica:

3.3.1 Caracterização Geotécnica dos Principais Grupos de Solos do Mapa Pedológico do Distrito Federal (Esc. 1:100.000): Estudos na Área de Dinamização Urbana entre Samambaia e Gama. Paranhos, Haroldo da Silva. Dissertação de Mestrado - Departamento de Geotecnia – Universidade de Brasília, 1998.

O trabalho abrange os aspectos físicos e químicos da pedologia que servem de atributos para estudos de caracterização geotécnica de áreas afins. É utilizada para as correlações diretas, uma metodologia proposta inicialmente por pesquisadores estrangeiros e aqui adequada às realidades dos solos tropicais. Uma área chave entre as cidades satélites de Samambaia e do Gama é determinada a partir do mapa pedológico na escala 1:100.000. A avaliação da área, focaliza a adequabilidade de tal metodologia no intuito de direcionar os

trabalhos de campo e ensaios de laboratório. Estes últimos fundamentados em diversas metodologias para a caracterização e classificação dos solos e posterior comparação entre elas. Um mapa de unidades geotécnicas, com a descrição detalhada de cada unidade e a relação morfológica entre eles, são apresentados como produto final desse trabalho. Por fim são apresentadas conclusões a respeito do método adotado, ensaios de laboratório e algumas considerações a respeito da adequação do método utilizado.

3.3.2 Carta geotécnica e de suscetibilidade a processos geológicos do Município de Ipojuca/Pernambuco. Pfaltzgraff, Pedro Augusto dos Santos. Recife: CPRM/FIDEM, 1998.

A carta geotécnica e de suscetibilidade a processos geológicos de Ipojuca foi elaborada tendo em vista subsidiar os projetos de ocupação do espaço físico do município. Nesta carta constam as características geotécnicas das várias áreas do município de Ipojuca e também, os tipos de processos geológicos a que estas áreas porventura estejam sujeitas.

Considerando que a presente carta tem por objetivo atender às necessidades de planejadores e administradores dos setores público e privado, a linguagem utilizada procura expor, de maneira clara e objetiva, as informações levantadas e as conclusões obtidas ao final do trabalho.

A carta foi confeccionada a partir da compilação e integração de dados bibliográficos, referentes a geologia, geotecnia, geomorfologia, declividade, hidrologia, análises de fotos aéreas, imagens de satélite e radar, consubstanciados com o reconhecimento de campo para confirmação dos dados obtidos de forma indireta e análise laboratorial de amostras de solos e rochas.

Partindo-se da integração dos dados coletados sobre o meio físico, foram definidas unidades homogêneas, que possuem comportamentos semelhantes do ponto de vista geotécnico e de suscetibilidade a processos geológicos. Dessa forma, os resultados obtidos levaram à confecção de uma carta integrada dos aspectos geotécnicos e de processos geológicos, apresentado na escala 1:100.000.

Os conceitos de Carta Geotécnica (convencional) e de Carta de Suscetibilidade aqui adotados, são aqueles formulados por Bittar, 1992 (in Cerri *et. al*., 1996). Para efeito de estudo o município foi dividido em duas unidades físicas: Bacia do Cabo e Terrenos Cristalinos.

3.3.3 Mapeamento Geotécnico dos Materiais Naturais de Construção do Distrito Federal: Uma base de dados para o planejamento e gestão. CARNEIRO, Paulo Jorge Rosa. Tese de Doutorado - Departamento de Geotecnia – Universidade de Brasília.1999.

O presente estudo trata da Cartografia Geotécnica como ferramenta de análise e de apoio a decisões, vista sob a ótica das Políticas Públicas de Planejamento e Gestão, de forma a viabilizar os espaços e os recursos disponíveis no território do Distrito Federal. A discussão se dá em função da proposição de um Modelo de Distribuição dos Materiais Naturais de Construção do Distrito Federal, tendo em conta os Princípios Fundamentais da IAEG para a Cartografia Geotécnica. Para sua consecução estudos temáticos foram conduzidos sobre dados e informações de domínio público com a utilização de Sistemas de Informação Geográficas. O material natural de construção é considerado, tanto como insumo do processo de desenvolvimento e expansão, como indicador da degradação das paisagens do DF, e sua gestão vem sendo conduzida pelo Instituto de Ecologia e Meio Ambiente – IEMA, da Secretaria de Meio Ambiente e Tecnologia – SEMATEC, do Distrito Federal, donde é proveniente a maioria das informações contidas no Cadastro dos Materiais Naturais de Construção – MNCs-DF, constituído em função desta pesquisa. Considerações são feitas, relativamente às características geotécnicas dos materiais existentes no Distrito Federal e à legislação que regulamenta a matéria e define os procedimentos relativos às atividades minerárias. Foram consideradas, também, a qualidade e a confiabilidade das bases temáticas, em formato digital, utilizadas como elemento de análise, particularmente, em relação aos seus conteúdos e atributos geométricos e geográficos. Fez-se uma revisão, no que concerne aos compartimentos geomorfológicos do Distrito Federal, em função da concepção proposta para o Modelo de Distribuição dos Materiais Naturais de Construção do DF, que resultou numa proposta de alteração na denominação e posicionamento das unidades que representam as Superfícies de Depressão. Além disso, o presente trabalho fez uso simultâneo de dois Sistemas de

Informações Geográficas, os mais conhecidos na atualidade (ArcView e Microstation/MEG-PC, ambos visualizados em ambiente Geomedia-Pro V. 2.0), possibilitando explorar as ferramentas de edição que disponibilizam.

3.3.4 Metodologia de Mapeamento Geotécnico Aplicada ao Litoral Centro-Norte De Santa Catarina. Sabrina Robeck, Luís Fernando P. Sales, Patrícia O. Faria, Alexandre Guedes Junior.Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI-SC.2002.

Esta pesquisa tem como objetivo principal à integração de informações geológicas, geomorfológicas e geotécnicas do litoral Centro-Norte do Estado de Santa Catarina, de forma a identificar e delimitar as diversas unidades geotécnicas encontradas na área de estudo. Questões como instabilidade de encostas, erosão e fundações são algumas das observações feitas a partir da análise e identificação correta do tipo de solo e sua ocupação atual e prevista. Como resultado final, foi produzido um mapa geotécnico da área de estudo, contendo informações quanto às formações geotécnicas encontradas e suas respectivas delimitações.

A metodologia consiste na definição dos universos geotécnicos, a partir de mapas bases na escala 1:1.000.000, obtidos do Atlas de SC. Apesar da escala reduzida, pode-se obter uma série de informações como dados geológicos, geomorfológicos e pedológicos da região e fazer o cruzamento entre elas. Inicialmente, cada mapa foi analisado separadamente, de forma a permitir a identificação das diversas unidades e suas respectivas delimitações. Posteriormente, foram feitos os providenciais cruzamentos. Finalizando o estudo, foram obtidas informações adicionais por meio de visitas técnicas de campo, através da descrição visual dos diferentes tipos de solos e rochas e analises das sondagens feitas na região.

Adotando a metodologia apresentada por Santos(1997), sobre “Integração de informações pedológicas, geológicas aplicadas ao uso do solo urbano em obras de engenharia”, a classificação de uma unidade geotécnica é estimada usando a seguinte simbologia: “XYZxyz” onde as letras maiúsculas “XYZ” correspondem à classificação pedológica dos horizontes superficiais e as minúsculas “xyz” identificadoras da geologia, caracterizando os horizontes mais profundos. Estas podem ser constituídas de três ou menos letras. Na

classificação geológica, é considerada a rocha dominante. No caso de haver mais de uma litologia dominante no material do substrato, adotam-se as siglas destas litologias em letras minúsculas separadas por vírgula. Na descrição de cada unidade geotécnica é ainda informado o relevo predominante, bem como outras informações que sejam consideradas úteis à prática de engenharia.

Como principais conclusões obtidas deste trabalho, tem-se como (Figura 3.1):

- ✓ PZsq:solos podzol. Hidromórfico + areias quartzosas, substratos sedimentos quaternários, relevo plano;
- ✓ Gsq: solos glei. pouco húmico substratos sedimentos quaternários, relevo plano;
- ✓ SM: solos indiscriminados de mangue substratos sedimentos quaternários, relevo plano;
- ✓ Aqsq: areias quartzosas, substrato quaternários, relevo suave ondulado;

As unidades identificadas como PZsq,Gsq, SM e Aqsq são típicas de regiões planas e substrato sedimentos quaternários. As áreas de Glei e Solos de Mangue são as que oferecem piores condições geotécnicas à prática de engenharia. Apresentam solos de baixa capacidade de suporte e elevada compressibilidade próximos da superfície do terreno.

As áreas de Podzóis e Areias Quartzosas apresentam materiais arenosos na superfície e são áreas mais sujeitas à ação de processos erosivos. Isto implica em um cuidado especial quanto à conservação da cobertura vegetal nestas áreas.

As unidades geotécnicas identificadas como Podzólicos Vermelho-Amarelos e Cambissolos compõem as áreas de relevo ondulado, mais precisamente os materiais encontrados nos taludes de morros.

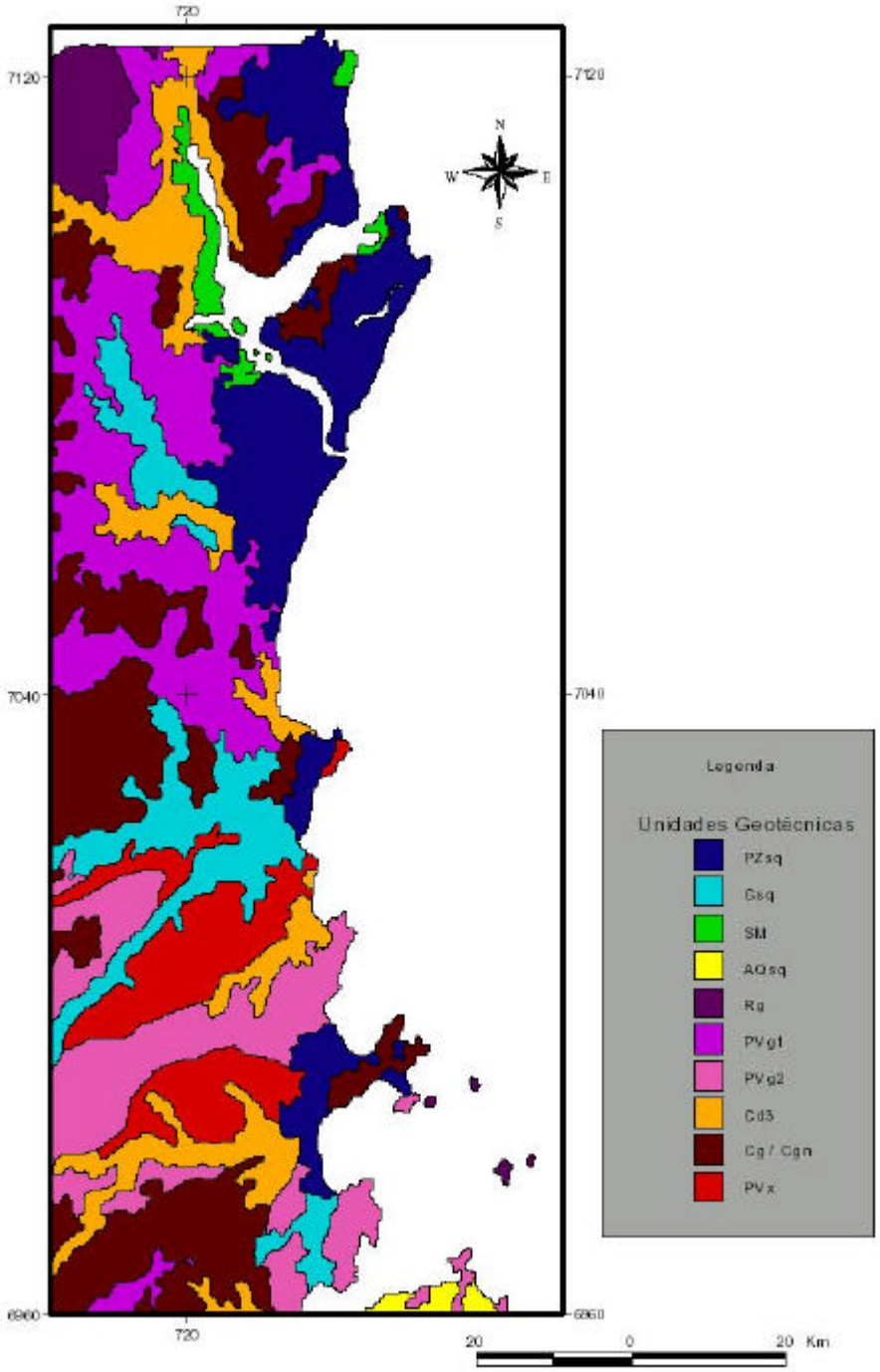


Figura 3.1–Mapa Geotécnico do litoral Centro-Norte de Santa Catarina – 2002.

Fonte: Robeck, 2002.

3.3.5 Informações morfométricas na compartimentação do terreno - Goiânia (GO). Romão, P. A; Souza, N.M. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004.

Trata-se da análise de informações morfométricas referentes à área urbana e de expansão do município de Goiânia (GO), com a finalidade de se compartimentar o terreno. Foram utilizados conceitos relativos a geomorfometria na análise dos índices morfométricos elementares, declividade, orientação e os componentes da curvatura, curvaturas plana e do perfil. Os componentes da curvatura foram sobrepostos em uma única carta, gerando uma base para a compartimentação do terreno. Foi analisada também a geração dos modelos digitais de elevação (MDE) a partir das altitudes presentes na área, representadas em curvas de nível. Os resultados foram compatíveis com as cartas existentes relativas aos componentes do meio físico, e possibilitarão a geração de documentos cartográficos em escalas maiores que aquelas existentes.

3.3.6 Mapeamento geotécnico como subsídio ao monitoramento e previsão de riscos geotécnicos e ambientais em obra de tubulação de gás natural. Bastos, C. A. B.; Valente, A. L. S; Stridler, A.; Buffon, S.A.; Stumpf, L.; Quadros, T.F.P; Bica, A.V.B; Bressani, L. A. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004.

O artigo trata do mapeamento de unidades geotécnicas realizado para a área de abrangência do traçado da Rede de Gás Natural (Gasoduto Bolívia-Brasil) na região dos Aparados da Serra Geral, na divisa dos estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina. O mapeamento foi realizado com base nos estudos geológicos, pedológicos e geotécnicos conduzidos. As seis unidades geotécnicas definidas são constituídas por solos de variada pedogênese sobre litologias que variam de rochas vulcânicas, a arenitos e depósitos coluvionares e aluvionares. Os principais condicionantes geotécnicos em cada uma das unidades foram discutidos. O mapeamento permitirá a definição de universos geotécnicos a serem empregados nos estudos de análise de risco e para subsidiar os trabalhos futuros de investigação geotécnica, instrumentação das encostas e estudo de alternativas de projeto para segurança do gasoduto.

3.3.7 Carta geológico-geotécnica para empreendimentos rodoviários a partir de métodos de investigação de superfície, na escala 1:25.000. Barbosa, T. T. A.; Cerri, L. E. S. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004.

No presente estudo foi escolhida uma área na qual, a partir dos métodos de investigação de superfície, foram identificadas as condições geológico-geotécnicas dos terrenos, caracterizadas as diferentes unidades presentes, bem como definidos seus comportamentos, quando submetidas às diferentes solicitações impostas pela obra rodoviária. Também foi realizada uma análise da inter-relação das características do meio físico com problemas geotécnicos registrados na área de estudo, sendo representados em uma carta geológico-geotécnica na escala 1:25.000.

3.3.8 Mapeamento geotécnico da região do complexo estuarino-lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guaraíras na zona costeira oriental do Estado do Rio Grande do Norte. Pereira, I. C. B. B. A.; Santos Jr., O. F.; Scudelari, A. C. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004..

Este trabalho apresenta um estudo regional que pretende contribuir para o conhecimento do meio físico da área no entorno do Complexo Estuarino-Lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guaraíras, localizado na zona costeira oriental do Rio Grande do Norte. O objetivo principal desta pesquisa foi fazer uma análise da influência do uso e ocupação do solo na região deste complexo. Para tanto, foi realizada uma ampla pesquisa sobre a região, principalmente sobre os atributos de geologia e geomorfologia, além de coletas de sedimentos para realização de ensaios de caracterização dos solos. Assim, foram identificadas sete Unidades Geotécnicas, e foi elaborado um mapeamento geotécnico no qual estão representadas todas essas unidades. Espera-se que a definição das unidades geotécnicas e a caracterização geotécnica permitam fornecer subsídios para orientar a ocupação e o uso do solo na região, além de cooperar com o planejamento urbano dos seis municípios onde está inserido o complexo estuarino-lagunar estudado.

3.3.9 O uso de técnicas de sensoreamento remoto na análise da vegetação urbana na Cidade de Analândia (SP). Moura, S.; Freitas, M. I. C. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004.

A atual expansão urbana é fato crescente em muitas cidades brasileiras, ocorrendo geralmente sem planejamento e causando diversos danos ao meio ambiente. Uma das possibilidades de planejamento urbano é o uso de Sensores Remotos como por exemplo, a videografia, uma técnica de registro de imagens com baixo custo e amplo campo de aplicações. Sendo assim foi escolhido Analândia, uma cidade de pequeno porte do interior de São Paulo, onde algumas alterações na paisagem urbana ocorreram nas últimas décadas. O objetivo do trabalho é mostrar a expansão da área urbana entre os períodos de 1970 e 2004, aproximadamente, fazendo uso de fotos aéreas, imagens de videografia e trabalho de campo. A vegetação urbana foi mapeada adotando-se diversas categorias de uso, resultando em mapas temáticos do uso do solo destacando a situação da vegetação urbana e as áreas adequadas e inadequadas para ocupação urbana.

3.4 METODOLOGIA ZUQUETTE (1987)

Na tese "Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as Condições Brasileiras" de Zuquette (1987), verificou-se a preocupação do mesmo em delinear uma proposta que viesse a contribuir com a área de mapeamento geotécnico, considerando na sua elaboração a relação custo/benefício sem prejuízo do nível técnico.

Concebida principalmente para o uso entre as escalas 1:50.000 e 1:10.000, ela proporciona aos profissionais da área uma alternativa às propostas de autores de outros países, muitas vezes impróprias para a realidade das condições de análise dos terrenos do País. Constituiu-se assim, na primeira tentativa de orientação destes profissionais na produção de documentos para auxiliar os planejadores nas tomadas de decisões quando da gestão do meio físico, seja ele urbano ou rural.

3.4.1 Atributos seletivos limitantes

De posse das informações do meio físico, é possível avaliar se existem atributos ou mesmo um componente que inviabilize um ou mais tipos de ocupação, embora a grande maioria dos outros sejam favoráveis.

De acordo com a forma de ocupação se faz necessário uma análise específica de determinados atributos (Tabela 3. 2).

3.4.1.1 Classificação dos Documentos

Na classificação dos documentos que fazem parte do mapeamento geotécnico, os preceitos relacionados à escala, à finalidade e à forma de apresentação são fundamentais para se alcançar os objetivos pretendidos.

Zuquette (1987) os classifica, em função da escala, em: Escalas Gerais - menores que 1:100.000; Escalas Regionais - de 1:100.000 a 1:25.000; e Escalas Semi-detalhadas - de 1:25.000 a 1:10.000. Não aconselha o uso de escalas maiores que 1:10.000, por considerar que o volume de informações suplantaria aquele necessário para a investigação local, descaracterizando portanto, o propósito do mapeamento.

A finalidade do mapeamento em escala geral, é orientar o desenvolvimento de grandes extensões territoriais, possibilitando que mapeamentos em escalas maiores possam ser realizados em áreas de interesse restrito. As informações devem ser qualitativas, não definindo zoneamentos para a forma ou modo de ocupação. Os atributos a serem considerados são: condições geomorfológicas, ocorrência de materiais rochosos e/ou inconsolidados, condições hidrogeológicas, potencial mineral, ocupação atual e dados climáticos. Para a Escala Regional e Semi-detalhada a finalidade consiste no auxílio à ocupação e na melhor maneira de executá-la. A diferença entre as escalas regional e semi-detalhada reside no maior detalhamento desta, com manutenção dos mesmos atributos.

Tabela 3. 2 – Atributos x Formas de ocupação

Atributos / Formas de ocupação	Tipo de material	Variação no perfil	Profundidade do nível d'água	Profundidade do substrato rochoso	Declividade	C.T.C	Drenagem	Altitude	Salinidade / Corrosividade	Disposição espacial das umidades	expansibilidade	Colapsibilidade / Compressibilidade	Extensão dos landforms	Capacidade de carga	Distância dos centros urbanos
Áreas residenciais	S	S	F	F	F		F	S			S	S	F		
Vias de acesso	F	S	F	F	F		F				F	F			
Barragens e aterros	F		F				F				F	F			
Áquiferos potenciais	F		F						F	F					
Fundações	F	F	F	F	S				S	F	F	F		F	
Áreas industriais	S	S	F	F	F		F				F	F	F		
Materiais de construção	F		S	F						F					F
Enchentes			F	S	F		F	F							
Áreas de recreação			F		F		F								
Áreas de risco	F		F		F		F				F	F			
Disposição de rejeitos	F	F	F	F	F	F	F			F	F	F	F		
Loteamentos	S	S	F	F	F		F	S			F	F	F		
Reservatórios								F							

F=Fundamental e S=Secundário

Fonte Zuquette (1987)

Estes são: materiais inconsolidados e/ou rochosos, geomorfologia, condições hidrogeológicas e hidrológicas, forma de ocupação, dados climáticos e ação antrópica.

Com base em outras sistemáticas, Zuquette (1987) propôs a apresentação das informações em: Mapas das Condições Geotécnicas, sem a separação em unidades homogêneas, mais indicados para os mapas de escalas gerais; Mapas de Zoneamento Geotécnico Geral, que representam as condições do meio físico através de unidades homogêneas, não considerando uma finalidade específica; e Mapas de Zoneamento Geotécnico Específico, onde as unidades homogêneas são caracterizadas em função de uma finalidade específica. São indicados para escalas maiores que 1:50.000.

3.4.1.2 Mapas Básicos Fundamentais

Em função do tipo de documento cartográfico necessário para a realização do mapeamento geotécnico, onde estarão representadas as informações existentes e/ou produzidas, Zuquette (1987) classifica-os em:

a) Mapa Topográfico

É o documento que controla a escala do mapeamento, sendo utilizado como base para registro de informações e confecção da carta de declividade. Na falta de mapa na escala desejada, este poderá ser elaborado a partir de fotografias aéreas.

b) Mapa Geológico

A forma de apresentação deste mapa está relacionada com o substrato rochoso (Mapa do Substrato Geológico ou Rochoso) e com os materiais inconsolidados (Mapa de Materiais Inconsolidados). O primeiro é o mais comum, encontrado em escalas normalmente maiores que 1:250.000, com exceção de áreas onde trabalhos específicos foram realizados. Para uso em cartografia geotécnica, nas condições atuais do mapeamento geológico no Brasil, o mapa Geológico deve ser completado ou produzido, uma vez que alguns mapas mais antigos, normalmente os tipos litológicos e suas distribuições não correspondem à realidade. O Mapa de Materiais Inconsolidados deve representar os materiais sobrejacentes ao substrato rochoso, diferenciando-os quanto à textura, origem, rocha-mãe, espessura e outras características. Podem ser elaborados a partir da foto-interpretação, associada a trabalhos qualitativos de campo e ensaios laboratoriais.

c) Mapa das Águas

Devem fornecer informações da hidrologia e hidrogeologia da região. As características hidrológicas a serem conhecidas são o tipo e sistema da rede de drenagem, bacias e sub-bacias, tempo de concentração de cada bacia, possibilidade de escoamento superficial, áreas inundáveis, etc. No estudo da hidrogeologia devem ser considerados os aqüíferos, livres ou confinados, suas espessuras e profundidades, as áreas de recargas e as condições de perfuração dos materiais.

3.4.1.3 Mapas Básicos Opcionais

Um mapa opcional poderá ser classificado como fundamental, dependendo da região estudada e da finalidade a que se destina o mapeamento.

a) Mapa Pedológico

Normalmente as informações são fornecidas para os primeiros três metros de material inconsolidado, sendo de interesse para o mapeamento geotécnico: origem e rocha-mãe do solo, composição mineralógica, porosidade, estruturas, textura, massa específica aparente e real, estimativas de permeabilidade, capacidade de troca catiônica, etc. São encontrados normalmente em escalas de 1:500.000 e 1:100.000, embora trabalhos realizados em áreas específicas, por empresas agropecuárias e órgãos governamentais, possam ser apresentados em escalas maiores.

b) Mapa Geofísico

Geralmente usado com finalidade de pesquisa mineral, é de interesse para o mapeamento geotécnico na delimitação de jazidas de materiais para construção civil e fornecimento de informações sobre a espessura dos materiais inconsolidados e hidrogeologia.

c) Mapa Geomorfológico

A forma de apresentação deste mapa se baseia comumente na morfologia, morfogênese e morfocronologia, registrando o relevo, a litologia e os processos geodinâmicos passados e atuais. O mapa morfológico-morfométrico representa o relevo através de perfis, inclinações, quebras, bem como dados de suas dimensões. Destes, a carta de declividade tem sido a mais usada em mapeamentos geotécnicos. As classes de declividades propostas por Zuquette (1987) são (em função da topografia e dos equipamentos utilizados), para escala de semi-detalhe: 0-2%, 2-5%, 5-10%, 10-15% e >15%; para escala regional: 0-2%, 2-10%, 10-15%, 15-20% e >20%. A análise desta carta permite a avaliação preliminar de cortes, aterros e de movimentos de materiais exigidos em obras civis. O mapa morfogenético representa as origens e o desenvolvimento dos relevos e o Mapa Morfocronológico registra e classifica as formas em função da idade. Genericamente, o mapa geomorfológico pode ser utilizado no estudo do uso e ocupação dos terrenos, na agricultura, engenharia, etc.

d) Mapa Climático

Importantes na gestão da ocupação urbana e rural, apresenta informações com relação a pluviosidade, evapotranspiração, escoamento, temperatura, insolação, direção e intensidade dos ventos, etc.

e) Mapa de Ocupação Atual ou Prevista

Este mapa delimita zonas que retratam a situação atual e o potencial de ocupação, sendo importante na análise, previsão e determinação do comportamento da região face às novas solicitações.

3.4.1.4 Mapas Auxiliares

Como exemplo de mapa auxiliar, o mapa de documentação ou de dados é de grande utilidade no mapeamento, sendo nele registrados todos os tipos, locais e formas de obtenção das informações (qualitativas e/ou quantitativas), podendo estar associado a bancos de dados.

3.4.1.5 Cartas Derivadas ou Interpretativas

São produtos da análise e cruzamento dos atributos obtidos durante o mapeamento geotécnico, elaboradas para uma ou mais finalidades, e destinadas à utilização direta pelos usuários. Podem ser transformadas em cartas fundamentais quando forem usadas como fonte de informação para a elaboração de outras cartas.

Zuquette (1987) propõe a elaboração de onze cartas derivadas, a seguir resumidamente descritas:

a) Carta para Erodibilidade

Realizada com o objetivo de apresentar o potencial dos solos da região à erosão, em função de suas características físicas e de uso, classificando os materiais como sujeitos a alta, média ou baixa erodibilidade. Os atributos a serem considerados na elaboração são: tipo, natureza e estabilidade dos materiais, cobertura vegetal e relevo; como atributos secundários estão relacionados a hidrogeologia e as condições climáticas.

b) Carta para Fundações

Orienta o usuário quanto à capacidade de carga dos solos nas fundações superficiais e profundas, com o objetivo de diminuir o custo, tempo e número de situações a estudar. O usuário não deve ter acesso às informações (qualitativas e/ou quantitativas), tendo por finalidade a orientação de investigações apropriadas a serem realizadas em locais específicos. Diferentes níveis de profundidade poderão ser analisados na elaboração da carta. Os atributos a considerar são: tipo, natureza e espessura dos materiais e hidrogeologia.

c) Carta para Escavabilidade

Deve apresentar as condições dos terrenos frente à escavações, quer para obras enterradas, quer para outras finalidades (construção de canais, rodovias, terraplenagens urbanas e industriais, etc.). Os materiais deverão ser considerados em classes, em função da finalidade, condições e equipamentos para a escavação. Os atributos essenciais envolvidos são: tipo e espessura dos materiais, hidrogeologia e relevo; os atributos secundários são: natureza e estabilidade dos materiais.

d) Carta para Deposição de Rejeitos Sépticos

Orienta quanto às características do meio físico e sua interferência, de forma direta ou indireta, na deposição dos rejeitos. A contaminação das águas ocorre basicamente pelos líquidos procedentes dos depósitos de rejeitos e a possibilidade de contaminação decresce com a distância da fonte poluidora até o ponto onde a água será analisada, em função da diluição, absorção, tempo de percolação, velocidade do fluxo e gradiente do nível d'água, sendo que este último comanda a largura e multiplicidade da pluma de poluição. Esta carta deve ser considerada para disposição em aterros sanitários, lagos ou tanques sépticos, fossas e irrigação de terrenos com vinhoto, sendo limitada para rejeitos perigosos e radioativos, para os quais deverão ser feitos estudos específicos. Os atributos essenciais considerados na sua elaboração são: natureza, espessura e estabilidade dos materiais, hidrologia, hidrogeologia e relevo; as condições climáticas são também consideradas, porém como atributo secundário.

e) Carta para Materiais de Construção

A finalidade desta carta é de informar sobre a ocorrências de jazidas existentes e de delimitar os materiais rochosos e inconsolidados que possam ser explorados. Devem ser dadas informações quanto às condições de uso para transformação, sendo que a análise e a classificação dependem principalmente do tipo e natureza dos materiais, com as condições hidrogeológicas sendo consideradas como um atributo secundário.

f) Carta para Estabilidade de Taludes

Fornece informações sobre potencial de estabilidade na área, principalmente com relação às condições de estabilidade dos taludes naturais. Devem ser previstos problemas de movimentação dos materiais rochosos e/ou inconsolidados. Os atributos a serem considerados são: tipo, espessura e estabilidade dos materiais, cobertura vegetação antrópica, hidrogeologia, relevo, etc.

g) Carta para Obras Enterradas

Tem por finalidade informar a ocorrência de fatores que condicionam o custo da obra e a qualidade dos materiais usados. Devem ser considerados os seguintes atributos: tipo e espessura dos materiais e hidrogeologia (variação do nível d'água e sua composição química).

h) Carta para Irrigação

Delimita áreas adequadas à irrigação, em função das condições morfométricas do terreno, dos tipos de materiais, do volume e qualidade da água disponível, indicando ao usuário as áreas potencialmente irrigáveis. Devem ser considerados os atributos limitantes da forma de irrigação, dos materiais inconsolidados e dos relacionados às águas, como: declividade, evapotranspiração, qualidade e quantidade das águas, características dos materiais inconsolidados (suscetibilidade à erosão, textura, profundidade, etc), risco de inundações.

i) Carta para Obras Viárias

Tem a finalidade de registrar e apresentar informações que possam afetar técnica e economicamente a execução das obras, como áreas de empréstimos, ocorrência de materiais rochosos e/ou inconsolidados, fundações de aterros e de acesso a pontes e

viadutos, estabilidade de taludes, condições do subleito, vegetação, relevo, ação antrópica, etc.

j) Carta de Restrições Ambientais

Deve auxiliar o planejador na determinação do uso e ocupação do meio físico, fornecendo dois grupos de informações:

- ✓ áreas de exploração natural através da agropecuária e bens minerais; áreas com utilização prevista por órgãos públicos;
- ✓ de exploração ou potencial turístico; de recarga de aqüíferos e cabeceiras de rios; que são periodicamente alagadas; e de ocupação especial.

l) Carta de Orientação (Zoneamento)

Elaborada a partir dos documentos básicos e derivados, associados às diretrizes sócio-administrativas da região, orienta o planejador na gestão da ocupação do meio ambiente com base nas características geotécnicas. As unidades devem ser definidas por pesos, que serão estabelecidos para cada atributo, obedecendo as seguintes diretrizes: Geral - retrata as unidades que melhor se enquadrem nas necessidades de cada forma de ocupação; Parcial - elaborada quando existir interesse no comportamento de uma região para duas ou mais formas de ocupação, implementadas conjuntamente e interligadas; e Individual - quando existir uma única forma de ocupação.

3.4.2 Alguns estudos realizados no Brasil utilizando a metodologia Zuquette

Desde a criação da metodologia de Zuquette(1987), houve um acréscimo na quantidade de estudos realizados no Brasil, principalmente pelo Departamento de Geotecnia da Escola Engenharia de São Carlos – USP/SC, utilizando várias escalas.(Tabela 3. 3).

Tabela 3. 3– Trabalhos realizados utilizando metodologia de Zuquette(1987).

Itens	Autor	Trabalho	Objetivos	Ano
1.	Aguiar, Rene Levy	Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos-SP	Contribuição / planejamento.	1989
2.	Godoy, Manoel Carlos Toledo Franco de	Mapeamento geotécnico preliminar da região urbana de Presidente Prudente - SP. Escala 1/25.000	ocupação do meio físico.	1989
3.	Ferrante, Jose Ernesto Tellez	Mapeamento geotécnico regional da bacia do alto Jacaré-Guaçu - SP com base nas aplicações de técnicas de sensoriamento remoto e sistema geográfico de informação. Escala 1:50.000.	planejamento e meio ambiente.	1990
4.	Lollo, Jose Augusto de	Mapeamento geotécnico da folha de Leme-SP	Zoneamento.	1991
5.	Nishiyama, Luiz	Mapeamento geotécnico preliminar da quadricula de São Carlos –SP. Escala 1:100.00.	planejamento e fiscalização da ocupação do meio físico.	1991
6.	Albrecht, Kurt João	Mapeamento geotécnico preliminar da região de Águas de Lindóia - Escala 1:50.000	implantar as diversas formas de ocupação.	1992
7.	Mio, Giuliano de	Mapeamento geotécnico da quadricula de Mogi-Guaçu - SP	propriedades geotécnicas de interesse para a engenharia.	1992
8.	Pejon, Osni Jose	Mapeamento geotécnico da folha de Piracicaba-SP. Escala 1:100.000.	disposição de rejeitos sépticos.	1992
9.	Souza, Noris Costa Diniz Coelho de	Mapeamento geotécnico regional da folha de aguai: com base na compartimentação por formas de relevo e perfis típicos de alteração Escala 1:25.000	viabilidade de uso e ocupação e aptidão a recursos.	1992
10.	Cardoso, Ana Brígida Figueiredo	Mapeamento geotécnico do município de Limeira - SP	conservação ambiental e planejamento dos espaços.	1993
11.	Elis, Vagner Roberto	A aplicação da geofísica para análise do meio físico	análise do meio físico.	1993
12.	Gruber, Gustavo Aristides Gomes	Mapeamento geotécnico da folha de Cosmópolis –SP. Escala 1:50.000	uso e ocupação do solo.	1993
13.	Vecchiato, Antonio Brandt	Mapeamento geotécnico da área urbana de Cuiabá-MT. Escala 1:25.000.	limitações e potencialidades do meio físico para o assentamento urbano.	1993
14.	Collares, Eduardo Goulart	Mapeamento geotécnico da quadricula de Bragança Paulista (escala 1:25.000)	zoneamento geotécnico.	1994
15.	Liporaci, Silvana Ribeiro	Procedimentos e metodologias de mapeamento geotécnico: aplicadas na cidade parte do município de Poços de Caldas (MG). Escala 1:25.000-	planejamento do uso e ocupação do meio físico.	1994
16.	Aguiar, Adelia Didia Caloba	Mapeamento geotécnico da folha de Conchal-SP. Escala 1:50.000.	compartimentação da região.	1995
17.	Saraiva, Rodrigo Martins	Mapeamento geotécnico da folha de socorro com base na analise das formas de relevo (landforms). Escala 1:50.000.	compartimentação dos terrenos.	1995
18.	Zuquette, L V	Mapeamento geotécnico da cidade de franca / sp - Escala. 1:25000 - carta de risco a erosão.	carta de risco a erosão.	1995
19.	Colares, Jaime Quintas dos Santos	Mapeamento geotécnico preliminar da região metropolitana de fortaleza (ce) escala 1:100.000	ocupação do meio físico.	1996

Itens	Autor	Trabalho	Objetivos	Ano
20.	Costa, Tony Carlos Dias da	Mapeamento geotécnico da porção NE de Campinas-sp, escala. Escala 1:25.000.	adequabilidade geotécnica.	1996
21.	Macari, Renato	Mapeamento geotécnico da área urbana e de expansão urbana de Campinas-sp: porção noroeste - Escala 1:25.000	carta de zoneamento geotécnico.	1996
22.	Souza, Marta Luzia de	Mapeamento geotécnico da cidade de Ouro Preto / MG (escala 1:10.000) - susceptibilidade aos movimentos de massa e processos correlatos.	movimentos de massa.	1996
23.	Gomes, Ronaldo Lima	Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana da região sudeste do município de Campinas-SP. Escala 1:25.000	planejamento do uso e ocupação do meio físico.	1997
24.	Kopezinski, Isaac	Avaliação da degradação ambiental produzida por mineração no Município de Poços de Caldas (MG) considerando procedimentos de mapeamento geotécnico.	avaliação da degradação ambiental.	1998
25.	Fontes, Silvana Brandão	Mapeamento geotécnico com ênfase em erosões no município de Ouro Preto-MG, escala 1:5.000	caracterização geotécnica das feições erosivas	1999

Fonte: DEDALUS (2004) adaptado por Andrade R. F.

Além dos estudos citados anteriormente(Tabela 3. 3) conforme Podemos citar alguns trabalhos, dentre eles:

3.4.3 Carta de Risco da Região de Ribeirão Preto (SP) . Escala 1:50.000. Lázaro V. Zuquetle;Osni J. Pejon;Osmar Sinelli;Nilson Gandolfi.SBG 1991.

As diversas regiões geográficas estão sujeitas a diferentes grupos de processos geológicos e climáticos, que podem alterar significativamente as suas características básicas em curtos espaços de tempo. Os processos podem ser acelerados, potencializados ou até provocados por ações antropogênicas; principalmente quando envolvem movimentos de materiais, cortes e implementação de obras relacionadas ao desenvolvimento dos centros urbanos ou com grande extensão. Estes, podem ocorrer com intensidades diversas, de tal maneira que podem causar danos econômicos, sociais e riscos de vida. Assim, certas áreas estão sujeitas as ações decorrentes destes processos.

Segundo Cerri em 1990 *apud* Zuquette (1987) e Garry e Decaillot em 1987 *apud* Zuquette (1987), as condições de riscos podem ser pontuais ou não; decorrentes dos processes geológicos ou climáticos; naturais e/ou provocados; podendo ocasionar perdas sócias econômicas e/ou de vidas.

Para que não ocorram as referidas perdas é necessário avaliar as características dos processos. as probabilidades existentes para que ocorram as situações de risco e as áreas que serão atingidas.

Foi utilizada a proposta metodológica de Zuquette (1987), segundo o qual os riscos são classificados em 4 grupos:

1. relacionados a fenômenos naturais. independentes da forma de ocupação;

2. relacionados a fenômenos naturais induzidos pela ocupação em áreas potencialmente problemáticas;

3. decorrentes da ocupação implementada de forma inadequada em terrenos potencialmente sem problemas;

4. decorrentes de limitações contornáveis do meio físico, porém não detectados antes da ocupação.

As possibilidades de ocorrerem processos caracterizados como de riscos podem ser avaliados em diferentes níveis de probabilidades de ocorrência, desde que sejam considerados todos os aspectos do meio físico, antrópicos e climáticos.

A análise dos processes envolvidos em cada grupo exige procedimentos diferentes e a previsão de suas ocorrências está condicionada ao nível de conhecimento das características do meio físico, que aumenta em direção aos processos do grupo 4. Assim, delimitar as áreas sujeitas aos riscos exigem estudos que podem variar desde escalas semi regionais (1:50.000) até de detalhes (1:5.000).

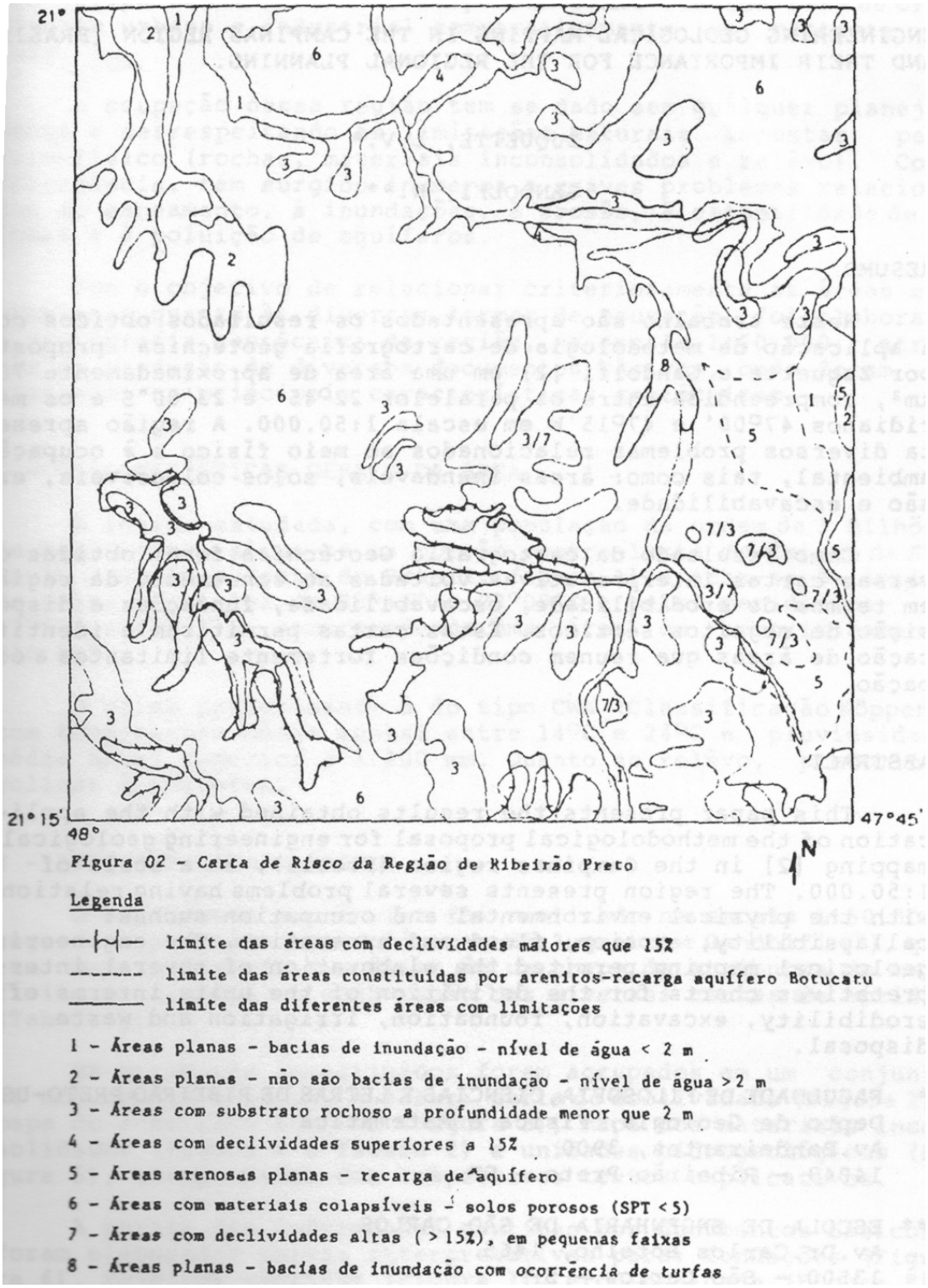


Figura 3.2 -Carta de Risco de Ribeirão Preto 1991

Fonte: Universidade de São Paulo – Escola Engenharia de São Carlos – Departamento de Geotecnia – Publicação 084/94.

3.4.4 Aplicação da Cartografia Geotécnica na Deposição de Rejeitos Sépticos – Região Araras - SP. Maria José Brollo;José Eduardo Rodrigues.ABMS/ABGE.Rio de Janeiro, 1991.

Este trabalho apresenta metodologia de cartografia geotécnica aplicada ao planejamento regional, onde são obtidas e submetidas a análise por cruzamento as seguintes informações: material inconsolidado da cobertura cenozóica\texturas\ espessuras\capacidade de troca catiônica, profundidade do nível d'água e declividade do terreno.

Como produto final, apresenta-se um mapa na escala 1:50.000, onde são definidas três classes de adequabi1idade à deposição de rejeitos sépticos: adequada, razoável e inadequada.

Nesse estudo levou-se em consideração apenas atributos referentes á instalação de Aterros Sanitários, Tanques Sépticos e Fossas Sépticos, não se fazendo qualquer recomendação quanto à deposição de rejeitos perigosos e radioativos, para os quais devem ser executados estudos especiais.

Foi seguida a proposta de Brollo (1991), que analisa os seguintes atributos para confecção do mapa para deposição de rejeitos sépticos:

a) *Material Inconsolidado* – leva em consideração três de suas características: Tipo Textural; Espessura; Capacidade de Troca Catiônica (CTC, obtida a partir de Oliveira et al, 1982);

b) *Profundidade* - do Nível D'Água entre a base da fonte poluidora e o nível máximo de água;

c) *Declividade*.

A cartografia geotécnica constitui importante instrumento de auxílio à ocupação do meio físico. Analisando-se o Mapa para Deposição de rejeitos Sépticos da quadrícula de Araras-

SP (Figura 3.3), observa-se que poucas são as áreas propícias a sua instalação. No entanto, muitas áreas consideradas inadequadas ou razoáveis frente à deposição de rejeitos podem se tornar adequadas com a utilização de técnicas corretivas específicas.

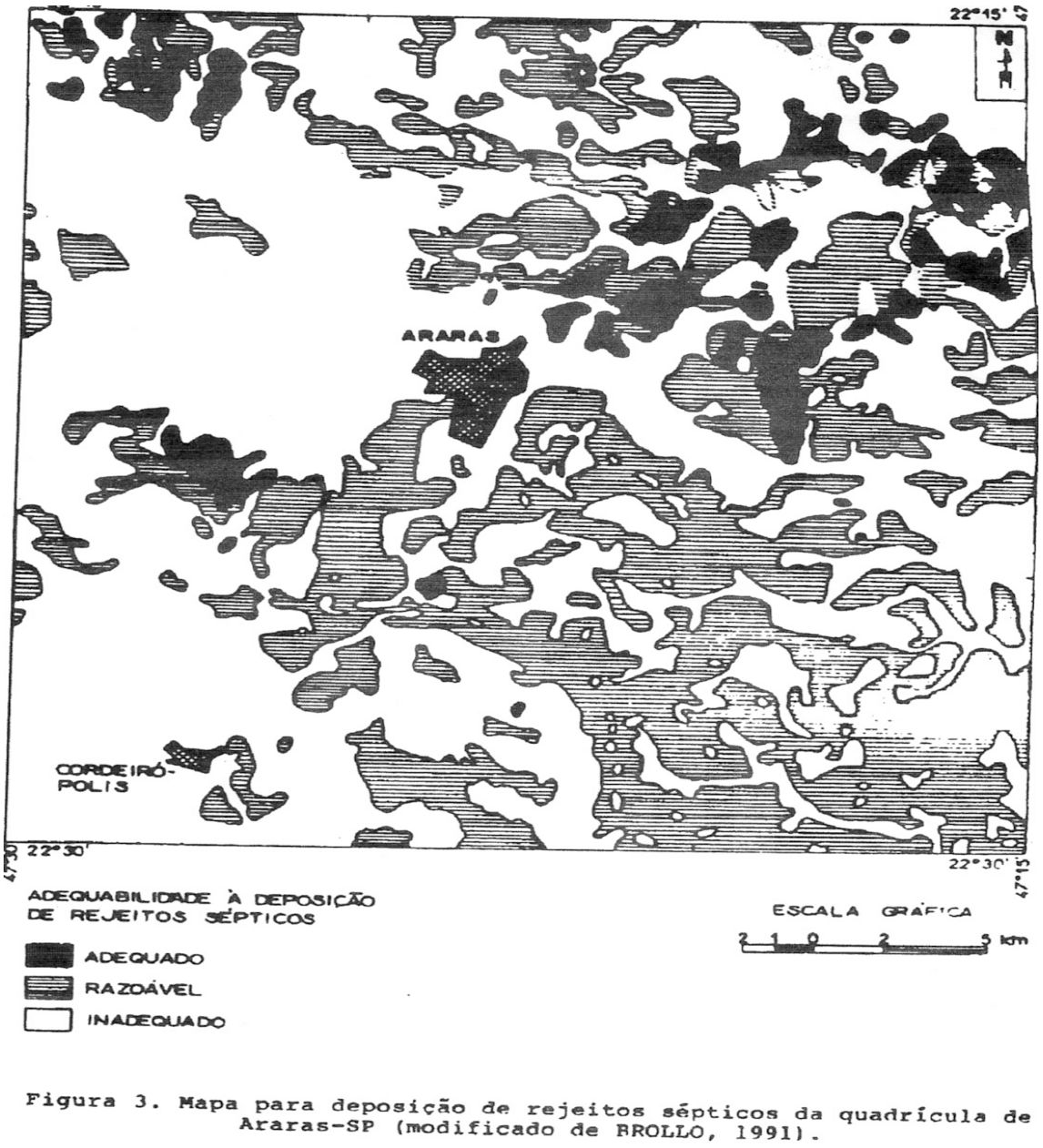


Figura 3. Mapa para deposição de rejeitos sépticos da quadrícula de Araras-SP (modificado de BROLLO, 1991).

Figura 3.3–Mapa de Deposição de Rejeitos Sépticos – Araras - SP

Fonte: Brollo *et al* 1991.

3.4.5 Mapeamento Geotécnico Regional da quadrícula de Amparo – SP, Escala1:50.000: com base na análise dos "Landforms" e de perfis típicos de alteração. Barison, Marcelo Ribeiro. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1995.

Este trabalho apresenta o Mapeamento Geotécnico da Quadricula de Amparo - SP, na escala 1:50.000, com a utilização da metodologia de Zuquette (1987), abrangendo área de aproximadamente 715 Km^2. Para a análise do meio físico, procurou-se identificar os "landforms" como sugerido por Zuquette, *et al* (1991), o que permitiu e distinção de camadas de materiais inconsolidados e a sua distribuição. Os perfis típicos de alteração representam cada unidade de materiais inconsolidados e serviram como atributos muito importante para a avaliação geotécnica da região. Para a complementação qualitativa de dados, foi realizados ensaios laboratoriais classificatórios com amostras deformadas e indeformadas de materiais inconsolidados (solos e saprolitos), atentando para as técnicas que melhor retratem o comportamento geotécnico solo tropicais.

Situa-se entre os meridianos 46º 45' e 47 00' W e os paralelos 22º 30' e 22º 45' S. Os objetivos do presente trabalho foram basicamente:

- ✓ o reconhecimento da área, com o levantamento de todos os atributo pertinentes ao meio físico;
- ✓ a coleta de informações e a analise dos "landforms";
- ✓ a definição de unidades do terreno homogêneas;
- ✓ a representação de cada unidade por um perfil típico de alteração;
- ✓ a avaliações do meio físico em função das adequabilidades de uso do solo, através da representação cartográfica;
- ✓ a elaboração da Carta de Unidades Geotécnicas como produto final.

Objetivou-se prioritariamente a avaliação do meio físico quanto á sua ocupação , Isto permitiu distinguir inicialmente, seqüências de matérias inconsolidados e a sua distribuição representadas por um perfil típico de alteração.

Foram elaborados três documentos considerados básicos e fundamentais para a realização do mapeamento geotécnico e para a concretização da Carta de Unidades Geotécnica, considerada o objetivo final do trabalho.

Primeiramente , foi elaborado o Mapa de Documentação , que traz informações gerais da área em estudo, como as vias de acesso principais e secundarias, ferrovias e a localização dos núcleos urbanos. Traz também a localização dos afloramentos descritos no campo, os locais onde foram realizadas amostragens para ensaios laboratoriais, a presença de pedreiras, de olarias e também com erosão acentuada (boçorocas).

A análise do meio físico através dos “landforms” possibilitou o agrupamento de áreas homogêneas e, conseqüentemente, a amostragem qualitativa dos diferentes tipos de matérias inconsolidados. Para a elaboração do mapa, utilizou-se inicialmente da análise do “landforms” que possibilitou a identificação e a delimitação de unidades de materiais inconsolidados distintas, representadas cada qual por um perfil típico de alteração.

A Carta de Declividade foi elaborada como ferramenta auxiliar na compreensão da grande variação geomorfológica da área e foram definidas seis classes de declividades em função da grande variação nos tipos de relevos e inclinação de vertentes , desde colinas e suaves até serras muito íngremes.

Segundo o autor o mapa do substrato rochoso foi elaborado a partir do mapa geológico realizado por CAMPOS NETO *et al* (1986), com modificações de posicionamento nos contatos litológicos. Também foram agrupadas rochas com comportamento geotécnico semelhantes para que fosse possível obter informações geológicas relevantes para o mapeamento geotécnico elaboração da Carta de Unidades Geotécnicas.

A porção noroeste da área possui um padrão geomorfológico muito uniforme e repetitivo, constituído regionalmente por colinas amplas e suaves , que permitiu a identificação dos “landforms” com maior facilidade do que no restante da área .

Nas porções que ocorrem rochas cristalinas, a composição mineralógica é muito variável e também se reflete em padrões de relevos. Os perfis de alteração levantados em campo propiciam, por sua vez, a definição precisa de áreas homogêneas e, conseqüentemente, a delimitação das unidades de materiais inconsolidados.

A caracterização dos materiais inconsolidados com base na análise dos perfis de alteração teve grande importância no mapeamento geotécnico. Foi possível caracterizá-los não somente com a sua variação lateral, mas também estabeleceu-se uma variação vertical dos materiais que possuem propriedades geotécnicas distintas .

Inicialmente, a presença de linhas de seixos foi muito importante na distinção de camadas de materiais retrabalhados (mais superficiais) e também como indicativo do seu comportamento laterítico.

A representação dos perfis foi limitada, em alguns casos, em profundidade pois o mapeamento ocorreu em função da disponibilidade de afloramento de campo com revelação total e parcial das camadas.

O uso de uma Ficha de Campo foi importante na fase inicial do trabalho de campo, pois permitiu coletar todas as informações geotécnicas tanto de solos quanto de rochas, sem o risco de omissão nos dados obtidos e possibilitou também uma maior organização e manejo destas informações .

Os ensaios laboratoriais foram escolhidos de forma a caracterizar da melhor forma possível, os materiais inconsolidados desenvolvidos em clima tropical e assim serem mais representativos com relação a qualidade de dados obtidos. Foram realizados vários ensaios geotécnicos com amostras deformadas e indeformadas, com o objetivo de classificar e caracterizar os diferentes materiais encontrados e as unidades identificadas.

Foi utilizado o Ensaio de Adsorção de Azul de Metileno complementa a classificação dos materiais inconsolidados e permite conferir e assegurar o tipo de comportamento dos solos quanto ao grau de laterização. Este ensaio se presta também para estimar a reatividade dos argilo minerais presentes, podendo-se comparar os resultados obtidos com a Classificação MCT para Solos Tropicais, proposta em 1990 por NOGAMI e VILLIBOR *apud* Barison (1995). Verificou-se que a adsorção aumenta em função da maior porcentagem de argila

nos solos e também em função do tipo de argilo mineral presente, podendo-se distinguir a presença de argilas pouco a muito reativas, em função da aplicação do ensaio de azul de metileno.

O índice Acb também caracteriza a fração argilosa pela quantidade de azul de metileno gastos por 100 gramas de argila. Assim, esta análise obteve uma boa correlação com os dados do ensaio MCT para solos tropicais. O valor de Acb=4,00 g/100g argila distingue solos de comportamento lateritico de solos de comportamento não lateritico. A correspondência obtida foi de 94 % dos solos com comportamento lateritico e que possuem Acb<4,00 g/100g argila e 72 % dos solos com comportamento não laterítico possuem valores de Acb>4,00 g/100g argila. Contudo, o índice Acb permite uma maior correlação com os resultados dos ensaios de MCT do que o índice VB, em função do cálculo deste ser efetuado essencialmente com a fração argilosa (C2) contida nos solos.

A porosidade elevada (n>45 %) favorece a ocorrência de colapso dos solos. Observou-se que 96,77 % dos solos analisados que apresentam porosidade superiores a 45 % são potencialmente colapsíveis, A fração argilosa (C2) não interfere diretamente no comportamento colapsível dos materiais da área em estudo, cuja correlação para solos potencialmente colapsíveis (C2>45%) foi pequena.

O potencial de colapsibilidade é um atributo muito importante a ser considerado numa avaliação geotécnica, pois permite prever preliminarmente problemas relacionados a execução de fundações em obras civis, com a necessidade ou não em promover a drenabilidade destas.

Foi utilizado o método de superposição de atributos e a maior preocupação durante a elaboração da Carta de Unidades Geotécnicas foi o da apresentação de informações precisas sobre a adequabilidade de cada porção analisada em função de uma avaliação regional das unidades

O volume de dados obtidos foi muito grande, em decorrência das etapas de mapeamento e dos vários ensaios laboratoriais realizados, que possibilitaram, de forma abrangente, a avaliação geotécnica dos diferentes materiais inconsolidados e rochas.

O produto final do mapeamento geotécnico foi a elaboração da Carta de Unidades Geotécnicas, que apresenta uma avaliação regional em função da escala de trabalho, Apresenta alto detalhamento das unidades e permite identificar classes de adequabilidade de uso de cada porção destas.

3.4.6 Evolução de critérios de Caracterização dos Materiais Inconsolidados no Mapeamento Geotécnico da Região Centro-Leste do Estado de São Paulo.Rodrigues, José E. Texto para concurso de Livre-Docência. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1996.

Os mapeamentos geotécnicos desenvolvidos na Quadrícula de Campinas (1:250.000), desde o ano de 1981 até o ano de 1996, geraram um elevado volume de informações do meio físico dessa região. Estas informações, de diversas naturezas e finalidades foram produzidas em épocas diferentes e estão contidas em quinze dissertações de mestrado e três teses de doutorado, duas destas realizadas na Escola de Engenharia de São Carlos, Área de pós-graduação em Geotécnica e uma no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

Os trabalhos não se restringiram exclusivamente ao reconhecimento geológico-geotécnico da área e nem tampouco visaram a aplicação direta de metodologias consagradas em outros paises. Um dos trabalhos produzidos (Zuquette,1987) se refere ao desenvolvimento de metodologia condizente com as condições técnico-sócio-econômicas do País, e muitos outros que a ele se sucederam objetivaram tanto testar a sua validade como sugerir alterações quando pertinentes e /ou necessárias. A aplicação de tal metodologia foi feita tanto em áreas com predominância de rochas sedimentares (Bacia Sedimentar do Paraná) como do Embasamento Cristalino.

Este trabalho teve por escopo a realização de uma análise sobre evolução de critérios de caracterização dos materiais inconsolidados da Quadricula de Campinas (1:250.000) servindo-se, para isso, do rico e denso material de estudo constituído pelas teses e dissertações desenvolvidas nesta região, refletindo portanto o “Estado da Arte” com respeito à caracterização dos materiais inconsolidados.

Procura destacar os avanços ocorridos ao longo dos anos, tanto de caráter metodológico como os referentes a ensaios de caracterização e à representação cartográfica dos materiais inconsolidados.

A definição de materiais inconsolidados, denominação atual e mais aceita no meio geotécnico, também foi alvo de mudanças no decorrer do tempo. Esses materiais tem sido chamados de formações superficiais, de materiais de cobertura, de coberturas inconsolidadas, porém, quando se fixou a definição de que materiais inconsolidados são considerados todos os que se sobrepõem ao substrato rochoso, constatou-se que denominações até então utilizadas não eram condizentes com os objetivos do mapeamento geotécnico. Para esse fim, tais materiais devem ser diferenciados quanto a origem, a textura e a outras características, inclusive a avaliação em profundidade.

A adoção da definição de materiais inconsolidados, acima referida, auxiliou na deflagração de um processo de coleta de informações de superfície que propiciou significativo avanço na caracterização desses materiais. Para atender as necessidades decorrentes dessa circunstância, notou-se uma melhor utilização dos dados de sub superfície (perfis de sondagens diversas e índices de penetração), conjugada a observações de campo mais detalhadas e a ensaios de laboratório menos direcionados que forneceram informações em nível e tipo crescentes das propriedades dos materiais inconsolidados de interesse para o mapeamento geotécnico. Esse processo teve seu coroamento quando foram estabelecidos perfis de alteração típicos associados a cada unidade de material inconsolidado.

Os primeiros trabalhos de mapeamento geotécnico executados na Quadricula de Campinas (1:250.000), no inicio da década de 80 utilizaram metodologias desenvolvidas em outros países, com diferenças acentuadas e de natureza variada em relação ao Brasil, sobretudo climáticas. Obviamente, os ensaios de caracterização de solos usados por estas metodologias eram compatíveis e adequados, posto que foram também desenvolvidos nesses mesmos países, ou em outros com condição climática semelhante. A característica principal desses trabalhos iniciais com relação a ensaios de laboratórios foi a utilização intensiva é única, de ensaios clássicos da Mecânica dos Solos. Além de serem executados com o objetivo de classificar os solos seguindo as Classificações SUCS e HRB, também foram usados para indicar comportamento a solicitações diversas em engenharia.

Esse tipo de abordagem indubitavelmente repercutiu nos mapas de materiais inconsolidados que evidenciavam uma estreita relação de dependência dos materiais retrabalhados com as rochas do substrato rochoso. Ou seja, os critérios de diferenciação, embasados nesses ensaios, eram limitados ou insuficientes para estabelecer maiores distinções entre os materiais inconsolidados.

Os modelos e a classificação dos materiais inconsolidados, nesses primeiros trabalhos, foram genéricos e simplificados. Nota-se larga predominância da utilização de critérios qualitativos /descritivos, tanto para a caracterização de propriedades, como na definição das unidades de materiais inconsolidados.

A partir da segunda metade da década de 80, verifica-se uma significativa alteração de qualidade nos trabalhos executados na Quadricula de Campinas (1:250.000) que passaram a utilizar metodologia de mapeamento geotécnico mais adequada às condições do País. Esta metodologia representou um marco em termos de mapeamento geotécnico por diversas razões. Dentre os mais importantes, com relação aos materiais inconsolidados, destacam-se: a apresentação das propriedades importantes e os ensaios para determiná-las, os critérios de diferenciação entre materiais, as propriedades estimadas e a seqüência de procedimentos tanto para obtenção de outras informações relevantes como para a elaboração dos mapas representativos desses materiais. Nela também está incorporada a idéia de que os mapas de materiais inconsolidados devem conter exclusivamente as propriedades desses materiais, ficando as interpretações por conta dos usuários.

Como decorrência desta proposta metodológica, os trabalhos que a ela se sucederam mostraram maior coerência na seleção de atributos mais representativos (declividade, prof. nível d'água, prof. do substrato rochoso,etc) dos materiais inconsolidados e que resultaram, por sua vez, em mapas mais consistentes desses materiais.

Os trabalhos desenvolvidos no inicio da década de 90 têm, com relação aos ensaios de laboratório, a peculiaridade de não só obterem a caracterização dos materiais, mas também a de buscar a estimativa de suas propriedades. A extração de amostras indeformadas (ou pouco deformadas) com a utilização de anéis foi um passo importante nesse sentido pois, além de fornecer, de forma simples e com baixo custo os índices de campo, permitiu ainda estabelecer a propriedade estimada sobre a colapsibilidade dos materiais. A grande maioria

desses trabalhos passou a usar sistematicamente a Classificação MCT e alguns deles detalharam os resultados da análise granulométrica definindo intervalos, limites e faixas representativas das porcentagens de freqüência de classes granulométricas, que se constituíram em critérios de diferenciação para o estabelecimento das unidades de materiais inconsolidados.

No tocante a ensaios alternativos, o maior avanço registrado foi a introdução do ensaio de adsorção de azul de metileno, que considera as propriedades físico-químicos dos materiais e apresenta uma série de vantagens relacionadas à rapidez e simplicidade de execução e à utilização de equipamentos simples e de baixo custo. Este ensaio possibilita a determinação da superfície especifica e a estimativa da composição mineralógica e da atividade da fração argila. Outro procedimento induzido nessa época e que também apresentou resultados satisfatórios foi a metodológa para a caracterização da erodibilidade dos materiais. Entretanto, esta só foi utilizada em um trabalho e a sua aplicação generalizada carece de estudos mas aprofundados.

As Classificações clássicas da Mecânica dos Solos (SUCS e HRB) e a pedológica foram mantidas em grande parte dos trabalhos, porém a sua importância como critério diferenciador de unidades foi progressivamente diminuída, cedendo espaço para outras como a MCT e aquela que classifica os materiais inconsolidados em bases naturais.

A maior contribuição decorrente desta abordagem foi a introdução da análise dos “landforms”, que se fundamenta nas relações do relevo com a gênese dos solos objetivando a compartimentação do terreno. Assim, a fotointerpretação passou a ser feita com outro enfoque, visando principalmente o reconhecimento dos atributos do meio físico (substrato rochoso, materiais inconsolidados e feições do relevo) considerados relevantes para a definição dos “landforms”. A utilização desta técnica otimizou a fase de amostragem, permitindo um número menor de pontos de observação e de ensaios, além de dar mais segurança quanto à extrapolação e interpolação dos dados e às estimativas de propriedades.

A utilização de fichas de levantamento de campo, em alguns trabalhos, possibilitou a obtenção sistemática de informações de um grande número de parâmetros em todos os locais observados e por isso se constituiu também em interessante contribuição ao mapeamento geotécnico.

A utilização sistemática da análise dos “landforms” e de perfis típicos de alteração deu outra dimensão à etapa de obtenção informações para a caracterização e representação dos materiais inconsolidados. Tal afirmação encontra respaldo no número elevado de unidades estabelecido e na redução dos ensaios executados devido à otimização da amostragem.

Embora pareça ser óbvio, pode-se afirmar que os trabalhos que obtiveram melhores resultados, independentemente de época em que se desenvolveram, foram aqueles cujo levantamento de campo foi criterioso e detalhado e conjugado a execução de ensaios de laboratório. Alguns trabalhos que se apoiaram excessivamente em dados já existentes e nos quais não se fizeram ou foram feitos poucos ensaios de laboratórios apresentaram maiores dificuldades para a definição das unidades de materiais inconsolidados.

É muito importante frisar que os valores médios de propriedades dos materiais inconsolidados, usados em alguns trabalhos para caracterizar unidades, devem ser sumariamente abolidos por carecerem de significado geotécnico.

Por outro lado, tanto a busca de propriedades estimadas como tentativas de correlações entre ensaios clássicos e alternativos devem ser estimuladas desde que sempre bem embasadas em critérios científicos e estatísticos consistentes. Esses procedimentos estão de acordo com as finalidades do mapeamento geotécnico por representarem significativa redução de custos e considerável ganho de tempo.

Semelhantemente ao que aconteceu com os mapas em geral, há que se registrar a sensível melhora a qualidade gráfica do mapa de materiais inconsolidados ocorrida ao longo dos anos, face a utilização crescentes de recursos computacionais.

3.4.7 Dissertação de Mestrado - Mapeamento Geotécnico das Áreas Urbanas e de Expansão da Região Sudoeste do Município de Campinas – SP, Escala 1:25.000. Bachion, Maria Letícia.São Carlos, (1997).– Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Esta dissertação apresenta o mapeamento geotécnico desenvolvido na região sudoeste do município de Campinas, abrangendo uma pequena porção do município de Valinhos e compreendendo uma área de aproximadamente 120Km^2. O trabalho foi realizado na escala

1:25.000 e para tal foi adotada a proposta de mapeamento geotécnico elaborada por Zuquette (1987). Como produtos finais foram elaborados dez documentos cartográficos, a saber : mapas de documentação ; de substrato rochoso; de formas de relevo; de materiais inconsolidados; de expansão urbana, ocorrências minerais e feições erosivas, de declividade, de potencial ao escoamento superficial , de adequabilidade á escavação; de susceptibilidade de erosão e de zoneamento geotécnico geral. Para a confecção destes documentos foram considerados os seguintes atributos pertinentes ao meio físico: litológica (substrato rochoso), textura, espessura e permeabilidade (materiais inconsolidados), declividade, feições favoráveis ao armazenamento superficial e densidade de drenagem (terreno). Foram ainda considerados, para a caracterização geotécnica dos materiais inconsolidados, os resultados dos ensaios laboratoriais (massa específica dos sólidos, análise granulométrica conjunta, adsorção de azul de metileno e compactação mini- MCV e perda de peso por imersão). Para a região com intenso grau de urbanização, foram utilizados dados de sondagens profundas e de simples reconhecimentos

O trabalho está inserido em um Programa de Mapeamento Geotécnico desenvolvido pelo Departamento de Geotécnica da Escola de Engenharia de São Carlos, tendo como objetivo a aplicação da proposta metodologia de mapeamento geotécnico elaborada por Zuquette (1987) na escala 1:25.000 na porção sudoeste do município de Campinas (SP).

Os documentos cartográficos elaborados visam auxiliar no gerenciamento da ocupação do meio físico, minimizando conflitos, perdas na economia e riscos resultantes do envolvimento do homem com este meio.

A utilização do conceito de perfil de alteração possibilitou reconhecer os níveis intempéricos existentes para a separação das unidades de matérias inconsolidados, bem como a avaliação tridimensional destes materiais .

As unidades de formas de relevo foram geradas a partir da utilização dos conceitos de Ponçano *apud* Barinson (1997). A área de estudo é representada por formas colinosas, predominando as colinas medias. Não foi elaborado o mapa de “landforms” em virtude da área apresentar-se bastante arrasada (as amplitudes geralmente não ultrapassam 100 metros), e por conseguinte, a tentativa de se estabelecer tais “ landforms” tornou-se prejudicada.

A proposta de classificação textural adotada se adequou aos materiais ocorrentes na área. Os resultados obtidos permitiram uma melhor separação dos materiais e, portanto, das unidades de materiais inconsolidados .

A utilização do ensaio de absorção de azul de metileno mostrou-se bastante satisfatória para a área estudada. Os resultados encontrados tiveram uma correlação de 90% com os resultados obtidos por meio do ensaio Mini-MCV e perda de peso por imersão.

Para a elaboração da carta de declividade foram utilizados os limites recomendados pela metodologia adotada, porém alterando o intervalo de 10–15% para 10-20% e acrescentando-se os intervalos de 20-30%, 30% - 50% e >50%.

As classes mais baixas de escoamento superficial ocorrem de forma predominante junto ás unidades de arenito, enquanto as classes mais elevadas junto aos ritmitos e gnaisses, o que já era esperado em virtude dos atributos considerados e hierarquizados. Cabe aqui a ressalva de que toda a região urbanizada foi considerada apenas quanto aos aspectos naturais, ou seja, os atributos do meio físico, não tendo sido considerados efeitos da urbanização da área urbanizada, a presença e ausência de ruas pavimentadas, o tamanho e o número de praças, jardins, além de outras características que viessem a interferir no processo de escoamento superficial. No entanto, pode-se dizer que o potencial de escoamento superficial aumenta proporcionalmente com o grau de urbanização, uma vez que existem menos superfícies que condicionam a infiltração da água (ruas sem pavimento, por exemplo).

De forma genérica, pode-se dizer que a área não apresenta sérias dificuldades de escavação, principalmente nas porções de domínio das rochas sedimentares, pois, o principal atributo do meio físico que contribui de forma desfavorável ao processo de escavação é a declividade. Na área onde predomina as rochas cristalinas, a maioria dos atributos analizados pertence à classe moderada a severa e, portanto, demandam maiores cuidados frente ao processo de escavação.

A classe de baixa erodibilidade ocorre de forma restrita na área, enquanto que as classes de media e alta erodibilidade, predominantes, foram observadas de forma indiscriminada por toda área mapeada. A classe de média erodibilidade encontra-se preferencialmente

associada aos materiais residuais dos sedimentos arenosos do Subgrupo Itararé. Já na região onde ocorrem os materiais residuais derivados das rochas do Embasamento Cristalino predomina a classe de alta erodibilidade. Quando associada á presença de ocupação antrópica, a classe de baixa erodibilidade tem o desenvolvimento, juntamente com feições do tipo ravina. As boçorocas cadastradas situam-se na classe de alta erodibilidade.

A metodologia de mapeamento adotada (Zuquette, 1987), mostrou-se bastante satisfatória para o trabalho de mapeamento geotécnico desenvolvido na região sudoeste do município de Campinas, na escala 1:25.000.

A escolha dos atributos, seguida da observação em campo e caracterização em laboratório, aliada á sua análise conjunta mostrou-se adequada não só para a caracterização da área, sob vários aspectos, como também para a elaboração dos documentos finais.

O mapa de substrato rochoso apresenta a variação espacial das unidade litológicas mapeadas com o grau de informação compatível com os objetivos do trabalho e com a filosófico do mapeamento geotécnico. São reconhecidos seis litotipos, quatro pertencentes ao Subgrupo Itararé e dois pertencentes ao Complexo Itapira. Os ritmitos foram subdivididos em três subgrupos, conforme a associação litológica dominante: apresenta em argilito/arenito lamitico, siltito e siltito/argilito/arenito.

A elaboração do mapa de formas de relevo contribuiu, de forma inequívoca, para a definição das unidades de matérias inconsolidados. Foi constatado que um mesmo tipo de rocha, quando associado a diferentes formas de relevo, produz perfis de alteração distintos. Foram definidas para a área seis unidades de formas de relevo: planície aluvionar, topos aplainados, colinas pequenas, colinas medias, colinas alongadas e morrotes alongados paralelos. As formas colinosas e de topo aplainado encontram-se associados as rochas de Bacia do Paraná, enquanto as formas de morrotes alongados paralelos encontram-se associados aos gnaisses do Complexo Itapira. A planície aluvionar ocorre sobre ambos os domínios. De forma geral, os relevos apresentam formas suavizadas.

Por meio da análise dos atributos do meio físico como o substrato rochoso, formas de relevo e perfis típicos de alteração, foi possível a definição de doze unidades geotécnicas

de matérias inconsolidados. Cada unidade está representada por meio de perfis de alteração que contem informações sobre a gênese, textura, espessura máxima e mínima, classificação quanto ao comportamento laterítico, atividade dos argilominerias, índices físicos e ainda a presença de minerais micáceos e mutações.

A ausência de linha de seixos impossibilitou a separação entre os níveis coluvionares e residuais.

Conforme já mencionado, a com relação entre os dados obtidos por meios dos ensaios de classificação MCT e adsorção de azul de metileno atinge 90%. Portanto, pode-se dizer que a estimativa do comportamento laterítico por meio do ensaio de adsorção de azul de metileno é muito satisfatória, por ser um ensaio de execução mais rápida e de menor custo. Em alguns casos, a correlação entre os resultados obtidos pelos ensaios acima mencionados não apresentaram boa correlação, o que pode estar relacionado á operacionalidade do ensaio mini-MCV para solos que apresentam alta porcentagem de areia e a presença de mica. Outro fator que pode ser mencionado se refere as diferenças fundamentais entre estes dois tipos de ensaios, pois o de adsorção de azul de metileno se baseia em propriedades químicas enquanto o ensaio mini-MCV e perda de peso por imersão baseiam-se em parâmetros físicos do solo.

Com a confecção da carta de expansão urbana e as ocorrências minerais e feições erosivas, é possível verificar como a expansão urbana se deu entre os anos de 1979 e 1994. A urbanização cresceu, neste período, 19,2%, sendo que os principais vetores de expansão foram as rodovias Anhanguera, dos Bandeirantes, Santos Dumont, implantação do Distrito Industrial e a construção do aeroporto. A ocupação na porção NE da área encontra-se bastante consolidada, fato que não se repete nos bairros mais dsitantes do centro. São vários locais que apresentam explorações minerais (argila, areia material de empréstimo) muitas vezes, sem respeitar as normas legais. Algumas vezes, as explorações de argila ocorrem não mais que 100 metros das construções civis. Em decorrência da má utilização do meio físico, a região de Campinas tornou-se palco de sérios problemas de assoreamento e erosão. De modo geral, a área de estudo apresenta grande vulnerabilidade frente aos processos erosivos.

A metodologia empregada para a elaboração da carta de potencial ao escoamento superficial mostrou-se bastante satisfatória. Foram estabelecidas diferentes classes de escoamento para uma mesma unidade de material inconsolidado, estando condizente com as características que o meio físico da área apresenta. Cabe a ressalva de que esta metodologia permite a definição de zonas homogêneas quanto ao processo de escoamento superficial, não estabelecendo a percentagem de água que escoa e que infiltra no terreno. As classes predominantes para a área mapeada situam-se entre 3 e 6, ou seja, classes intermediárias quanto ao potencial de escoamento superficial.

A carta de adequabilidade a escavação apresenta um ganho substancial, pois as unidades indicam quais são os atributos que contribuem de modo negativo para o processo de escavação. Este procedimento permite ao usuário prever quais serão as dificuldades encontradas e, portanto, estabelecer quais os critérios que deverá utilizar para promover a referida escavação.

A carta de susceptibilidade á erosão indica quais as áreas mais problemáticas e que requerem maiores cuidados frente a ocupação. A área de estudo apresenta, como classes predominantes, as classes de média e alta susceptibilidade a erosão, indicando que o meio físico por si só já apresenta um potencial natural frente aos agentes erosivos e, portanto, é preciso que a ocupação desta região se estabeleça de maneira racional. O fato de área contar com a presença de exploração mineral e intensa ocupação antrópica, muitas vezes sem qualquer planejamento, propicia ainda mais o desencadeamento dos processos erosivos .

A carta de zoneamento geotécnico geral apresenta 60 unidades, e poderá ser utilizada para diversas finalidades posto que retrata a análise combinada de quatro atributos relevantes do meio físico (espessura, textura, litologia e declividade).

3.4.8 Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos. Nishiyama, L. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 1998.

A tese "Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicação no município de Uberlândia – MG" de Nishiyama (1998), teve por objetivo:

a) Discutir a importância dos conhecimentos geológicos – geotécnicos nos processos de planejamento territorial, de implantação dos diferentes tipos de ocupação e na avaliação dos impactos ambientais;

b) Elaborar um estado da arte do desenvolvimento do mapeamento geotécnico em alguns países;

c) Analisar os conceitos e princípios fundamentais que norteam a elaboração do mapeamento geotécnico, obedecendo alguns fatores como:

- limitar o número de atributos a serem considerado em cada documento, de maneira a resguardar a fidelidade do mapa;
- respeitar a fidelidade e apresentar os resultados aos meios de comunicações;
- deve considerar o mapa geotécnico como documento temporário, pois este deve ser acrescido de informações periodicamente;
- nunca deverá ser realizado com o intuito de substituir um reconhecimento local;
- reportar-se aos materiais inconsolidados;
- avaliar quais serão os usuários e as limitações do estudo, bem como a precisão dos resultados;

- ao determinar os objetivos deve-se observar se será realizado para um tipo de usuário específico, ou para uma gama mais ampla de usuários;

- analise criteriosa dos atributos a serem mapeados.

d) Propor um conjunto de procedimentos para elaboração de mapeamento geotécnico para condições brasileiras, considerando:

- Seleção dos atributos;

- Relações atributos x tipos de ocupação;

- Formas de obtenção dos atributos ;

- Princípios e procedimentos para elaboração dos documentos gráficos fundamentais básicos e interpretativos, de prognósticos, para os usuários e os conclusivos:

    - Aplicar esses procedimentos ao mapeamento geotécnico, na elaboração de documentos cartográficos básicos e fundamentais (mapas e cartas).

3.4.9 Procedimentos de mapeamento geotécnico para indicação de áreas adequadas para aterro sanitário: aplicação no município de Uberlândia-MG. Luiz Nishiyama; Lázaro Valentin Zuquette. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 2004..

O presente estudo teve como objetivo aplicar os procedimentos de mapeamento geotécnico, em escala 1:100.000, em uma porção do município de Uberlândia situada num raio de 25 quilômetros de seu centro urbano, visando a indicação de áreas mais favoráveis à disposição de resíduos sólidos. Mediante a análise e avaliação dos atributos do meio físico e características geoambientais foram elaborados os seguintes documentos cartográficos: mapas do substrato rochoso; dos materiais inconsolidados; da profundidade do nível d'água, de landforms, da rede de drenagem e bacias de terceira ordem, de

espessura dos materiais inconsolidados e as cartas de declividade e do potencial ao escoamento superficial. Da análise realizada, sete áreas resultaram como potencialmente favoráveis à disposição de resíduos sólidos. Os resultados obtidos permitem afirmar que o mapeamento geotécnico se constitui num instrumento de fundamental importância para a análise e avaliação das condições do meio físico (atributos) para a finalidade em questão.

3.5 SÍNTESE ANALÍTICA DAS BASES FÍSICAS DO ESTADO DE GOIÁS. CASSETI, W. FUNDAÇÃO INDUR, GOIÂNIA,1979.

Segundo o autor, a individualização geográfica ocorre no núcleo cristalino goiano, que representa um dos mais notáveis exemplos de bombeamento tectônico do território brasileiro. Trata-se de um composto de metassedimentos dobrados, falhados e penetrados por eruptivas, submetidos a sucessivos ciclos denudacionais, responsáveis pelo nivelamento do teto orográfico regional e dissecação das vertentes. Comporta-se como um imenso geossinclíneo que se individualiza em uma área como do grande domínio morfoclimatico dos cerrrados.

Enquanto a estrutura residual, representada por variedades formacionais submetidas aos fenômenos morfogenéticos pretéritos, responde pela caracterização dos diferentes compartimentos, a representatividade topográfica vinculada aos efeitos dos bombeamentos pós-cretácicos específica, de forma marcante, o grande divisor de águas das duas macro-bacias sul-americanas: Amazônica e Platina. Portanto, o núcleo cristalino goiano se individualiza como um grande dispersor, podendo representar um ponto de centripetação ou um grande entroncamento do sistema fluvial, contribuindo para organização espacial do Brasil Setentrional.

A.grande extensão latitudinal, a posição geográfica e as condições topográficas respondem pelas variações térmicas, sofrendo os efeitos da dinâmica atmosférica que exerce uma compartimentação pluviométrica e, conseqüentemente, climática.

A estrutura regional, como resultante dos fenômenos tectogenéticos, se caracteriza por imprimir uma participação fundamental na dinâmica dos sistemas que compõem os mecanismos de elaboração da morfologia e na interpretação da organização da paisagem.

3.6 DISCUSSÃO SOBRE ATUAL CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO E SUAS POSSÍVEIS APLICAÇÕES. ALEX UBIRATAN GOOSSENS PELOGGIA. REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS,1996.

O Município de São Paulo tem sido objeto de cartografia geotécnica em diversas escalas, a partir de meados dos anos 80, seja englobando-o enquanto território integrante da Região Metropolitana de São Paulo, seja abrangendo-o especificamente, no todo ou parcialmente. O autor apresenta uma discussão introdutória para comentar os produtos de tais trabalhos, oriundos da iniciativa de instituições governamentais da administração direta ou indireta, antes de passar à análise global. Comentaremos, portanto, uma a uma, as principais "Cartas Geotécnicas" efetuadas em bases territoriais-políticas referentes à capital paulista, enfocando particularmente seus métodos, objetivos e pressupostos.

A Cartografia Geotécnica se propõe a subsidiar, o que poderia ser explicado eventualmente pelo desinteresse do poder público em sua utilização etc., ou seja, mecanismos de funcionamento do aparelho de estado que não é discutido. Mas, por outro lado, a não utilização significativa da Cartografia Geotécnica pode também, relacionar-se a problemas derivados dos próprios métodos de sua elaboração. Nesse sentido, o interesse é de discutir a fase mais avançada da Cartografia Geotécnica do Município de São Paulo, ou seja, o trabalho realizado na escala l: 10.000. A própria proposição do trabalho de detalhamento da Carta Geotécnica apresenta equívocos em suas concepções teóricas. As limitações de escala se mantêm em essência, visto que a Carta em escala l:25.000 foi feita sobre bases de l:10.000 reduzidas (e portanto contando com as mesmas generalizações cartográficas desta escala, apenas representadas em menor proporção). Mesmo levando em conta a escala l:10.000 em si, a caracterização de fenômenos como escorregamentos, "solapamento", "recalques", inundações e outros nos parece que será obrigatoriamente genérica em excesso para ser aplicável (isto é, utilizada sem estudos adicionais). Possivelmente áreas mais amplas de erosão e depósitos tecnogênicos de assoreamento e outros, como aterros de maior porte, possam ser bem caracterizados nesta escala. No entanto tais depósitos, aos quais associam-se grande parte dos problemas geotécnicos relacionados à urbanização, e pode-se dizer a parte mais grave, e caracterizam uma situação geológica inteiramente nova, não são abordados com a devida importância, paradoxalmente, pela Carta em 1:10.000. A

aplicação à análise de riscos geológicos urbanos é referida pelo autor. Alguns autores, ao analisarem o papel da Cartografia Geotécnica em l:10.000 no detalhado levantamento de riscos efetuado no loteamento do "Jardim Corisco", comentam que: "A carta geotécnica do Município de São Paulo foi, portanto, a base de informação sobre o meio físico de que se dispôs para o entendimento do comportamento do subsolo existente sob as moradias construídas neste loteamento. A conjugação de um elemento de geomorfologia, a declividade, com outro referente à constituição, que é o tipo de rocha e seu conseqüente solo de alteração residual, foi possível priorizar no processo de adaptação para legalização, certas porções do terreno, com preterimento de outras". Comentam ainda que: "o uso da Carta na escala de 1:10.000 permite ainda reconhecer em áreas próximas, com características geotécnicas semelhantes, a possibilidade de existência de “Novos Coriscos" (Taveira et al, 1993).

No entanto, os próprios autores citados ressaltam que foi a classificação de risco elaborada o principal critério para subsidiar a legalização do loteamento. Ocorre que, para a definição dessas próprias áreas de risco utilizaram-se os indicadores: cortes; aterros; ocorrências de trincas de tração no terreno; inclinação de árvores; lançamentos de lixo, esgoto e águas servidas; existência de fossas.

Portanto, somente critérios de caráter localizado e relacionados a fenômenos induzidos, demonstrando portanto o papel relativamente baixo que pode ter uma carta geotécnica em escala relativamente ampla na análise de fenômenos localizados, contrariamente ao que afirmam os autores citados. Portanto, e talvez alcançando o cerne da questão, deve ser ressaltado que a mudança de escala da Cartografia Geotécnica do Município, de 1:25.000 para 1:10.000, não significou realmente um detalhamento qualitativo, uma vez que foram os mesmos objetos a serem representados (declividade, substrato geológico).

A representação de processos e depósitos que, por outro lado, determinam decisivamente os problemas geológico-geotécnicos e o surgimento de áreas de risco no Município, tais como os depósitos tecnogênicos quinários (os aterramentos das várzeas, de espessuras iguais ou superiores ao Quaternário, as coberturas remobilizadas de encostas e cabeceiras de drenagem, os depósitos de "bota-fora" ou aterros tecnologicamente controlados), os grandes movimentos de terra, as coberturas superficiais, deixa via de regra de ser efetuada.

Os autores em ênfase, que este aspecto fica explicitado na Carta Geotécnica do Município de São Paulo em 1:25.000.

Conquanto Ávila *apud* Peloggia (1996) reconheçam que "os fundos de vale nas áreas urbanizadas encontram-se invariavelmente entulhados ou assoreados por materiais de diversas naturezas", nenhuma conseqüência é tirada dessa constatação, visto que aos terrenos de várzea são associados, na elaboração da Carta, somente os depósitos aluvionares quaternários.

Além do que, mesmo em situações não modificadas pela ação humana, somente a identificação do tipo de maciço (eluvial) e da declividade predominante não determinam, necessariamente, as características do solo superficial (freqüentemente coluvionar), as quais podem estar associadas a condições geomorfológicas particulares.

O caso mais expressivo pode ser o do espesso horizonte de "argilas porosas vermelhas", resultante da pedogênese profunda sobre sedimentos terciários no Espigão Central da bacia sedimentar, associadas ao ciclo que criou as principais planícies fluviais.

Sendo assim, os autores questionam se um bom mapa geológico detalhado, sobre a base topográfica 1:10.000, e convenientemente interpretado (uma vez que a correta manipulação e aplicação de informações técnico-científícas exige cuidados especializados) não poderia ter uma aplicação mais eficaz que a Cartografia Geotécnica na forma em que foi realizada no Município de São Paulo? Se a simplificação e generalização da realidade da natureza geológica para tornar possível seu entendimento pelos "planejadores" não comprometeria seu conteúdo e se não seria mais adequado termos à disposição dos órgãos estatais de planejamento um serviço permanente de consultoria geológica e geotécnica que os assessorasse em um trabalho conjunto? Tratam-se de questões pendentes e que merecem atenção dos geólogos.

Na verdade, na opinião deles a concepção da Carta Geotécnica e de seu "detalhamento" em 1:10.000 representa um excesso de confiança no conteúdo científico da própria Carta. Se, realizada em escala ampla, pode ser utilizada para o cadastramento de situações e problemas geológicos urbanos específicos, mas não pode por si só ser utilizada para definir normas restritivas para áreas particularizadas, nem tampouco para dispensar estudos mais

detalhados quando da proposição de algum empreendimento. Isto porque dentro de um mesmo compartimento (uma "área homogênea" à escala considerada e para um ou um conjunto de fatores considerados), as respostas às intervenções serão diferenciadas: 1) em função de peculiaridades geológico-geomorfológicas-geotécnicas não detectadas na escala da Carta (há abundantes exemplos disso, principalmente em relação à estabilidade de taludes; 2) em função do tipo de intervenção, isto é, da técnica utilizada e dos recursos disponíveis.

3.7 PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO MECÂNICO DE SOLOS DO PLANALTO CENTRAL BRASILEIRO. CARDOSO,F.B.F.TESE DE DOUTORADO.UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.FACULDADE DE TECNOLOGIA.DEPARTAMENTO DE GEOTECNICA,2002.

Segundo Cardoso(2002), há poucos estudos realizados com o intuito de definir a composição químico-mineralógica dos solos tropicais e, a partir daí, procurar a sua relação com as propriedades físicas e o comportamento mecânico.Os poucos autores interessados no assunto estudam solos africanos, asiáticos, australianos e, em menor expressão, brasileiros. A partir da avaliação destes trabalhos e do conhecimento da pedogênese no Cerrado, que se intensifica na década passada, constata-se que o processo de alteração responsável pela formação dos solos de nossa região central e distinto dos demais. A alitização é o processo mais importante para a formação dos solos profundamente intemperizados do Distrito Federal (DF) e do Cerrado, especialmente do Planalto Central brasileiro. Outros são os processos que predominam nos solos tropicais estudados nas outras áreas do Brasil e do mundo, como a monossialitização, a bissialitização ou a aluminossialitização.

O teor anômalo de alumínio nos solos do DF, essencialmente sob a forma de gibbsita e minerais paracristalinos, é a mais importante conseqüência químico-mineralógica da pedogênese do Cerrado brasileiro, fazendo parte de um contexto único.

Neste contexto, os principais objetivos desta Tese são:

- ✓ prover informações sobre as propriedades fundamentais do solos do DF, do ponto

de vista mineralógico, químico e de engenharia; e

- ✓ analisar a influência imposta a estes solos, em suas propriedades físicas e comportamento mecânico, pelas características químicas e mineralógicas.

Para isso, Cardoso(2002) realizou um grande número de análises de laboratório e campo, a fim de se obter um conhecimento profundo das propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos diferentes horizontes de solos estudados, que foram selecionados tendo em vista sua representatividade em relação contexto regional.

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA EM ESTUDO

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Capital do Estado de Goiás, Goiânia é o núcleo de uma região metropolitana que possui mais de 1.100.000 habitantes, 436 bairros regulares e 157 loteamentos irregulares e clandestinos e abriga, ainda, mais de 540.000 habitantes distribuídos em outros dez municípios, também carentes de infra-estrutura.

A área de estudo situa-se na porção norte e noroeste de Goiânia, entre as seguintes coordenadas UTM, 8.158.000N / 8.170.000N e 670.000E / 688.000E (Anexo). Nesta figura estão representados os 44 quadrantes em foi dividida, onde cada sondagem realizada, foram definidas em função da metodologia Zuquette(1987), uma sondagem para cada 4 Km^2. Toda região em estudo, tem aproximadamente 193 Km^2, com mais de 300.000 habitantes. Contém aproximadamente 28.000 lotes vagos, distribuídos em mais de 100 loteamentos regulares e irregulares (Fonte:COMDATA – Prefeitura Municipal de Goiânia - 2003).

As principais vias de acesso são as avenidas: Goiás Norte, Perimetral, Castelo Branco, Anhanguera e GO-070. Todas essas vias são bastante movimentadas, ligam a vias adjacentes, todas com seções menores de tráfego intenso e na maioria de condições irregulares.

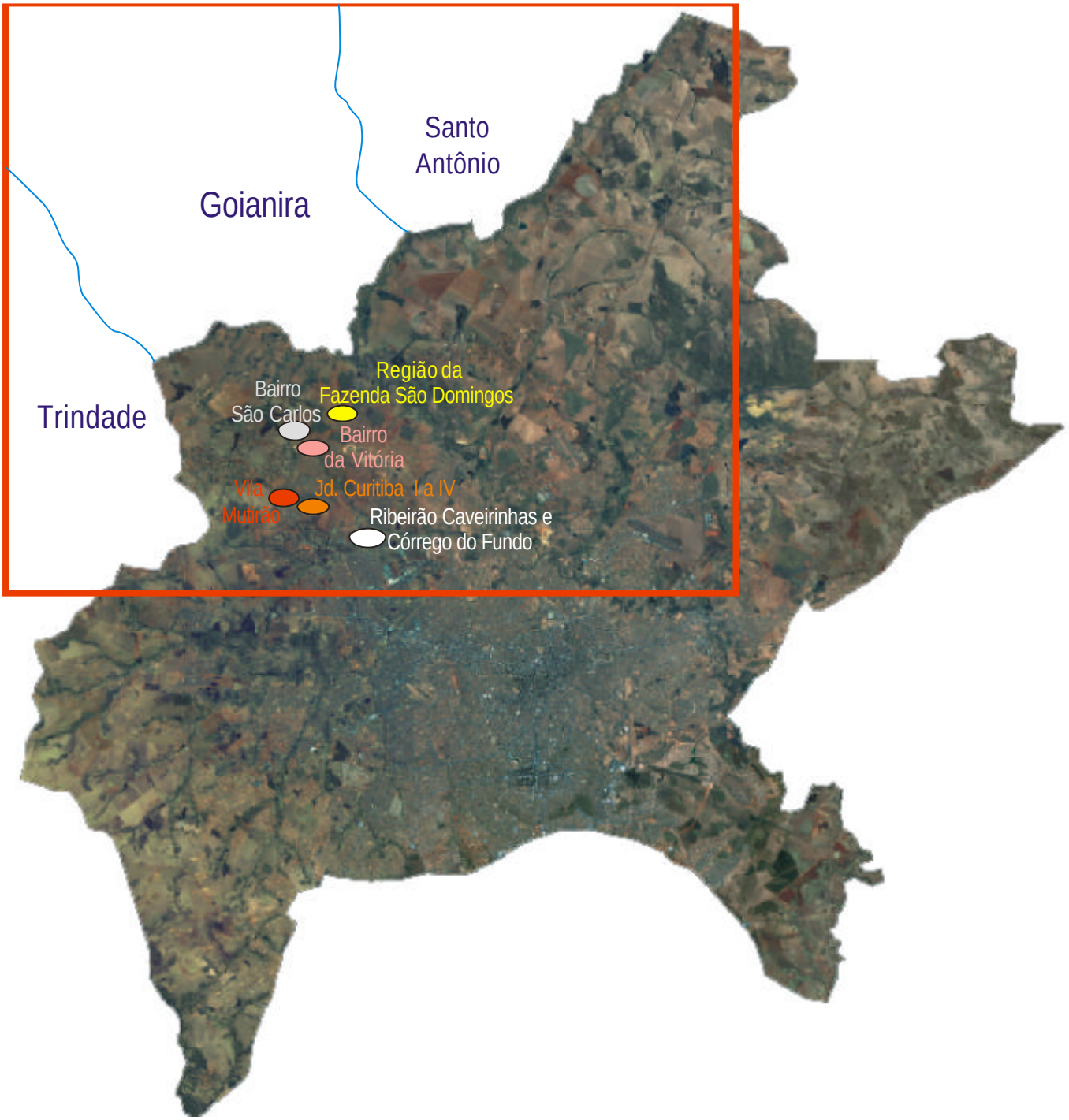


Figura 4.1 Imagem do satélite quickboard do município de Goiânia do ano de 2002, com a localização da área em estudo

Fonte: Basitec Projetos e Construções Ltda- 2004

4.2 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

O trecho em estudo está localizado numa região que é normalmente bem regada por chuvas. Entretanto, essas precipitações não se distribuem igualmente durante o ano. Seu regime tem característica tropical, com máxima no verão e mínima no inverno.

Mais de 75% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipita de novembro a março, sendo geralmente mais chuvoso o trimestre novembro / dezembro / janeiro. Durante esse trimestre chove em média 48% do total anual.

Em contrapartida, o inverno é excessivamente seco. Nesta época do ano as chuvas são muito raras havendo, em média, 2 a 3 dias de ocorrência deste fenômeno por mês, sendo que em muitos anos não são registrados sequer 1 dia de chuva.

Além de serem muito reduzidas as ocorrências de chuvas durante o inverno, estas são pouco copiosas, razão pela qual os totais mensais de precipitações nesta época são pouco significativos. No inverno não chega a se acumular, em média, mais de 10 mm de chuvas. Assinalamos ainda que, não apenas o trimestre de inverno é seco, mas também o mês que o antecede (maio) e o mês que o sucede (setembro) são muito pouco chuvosos.

O tipo climático do trecho, com base no sistema de Köppen, é Aw, tropical quente e úmido (DNPM / CPRM, 1980), com chuvas de verão e inverno seco. O clima regional, segundo os estudos de Köppen e Goussen - Bagnouls, se enquadra no grupo dos climas controlados por massa de ar equatoriais e tropicais e no subgrupo dos climas tropicais alternadamente secos e úmidos.

O inverno é ameno, com o frio ocorrendo apenas em ondas espasmódicas por ocasiões das invasões do anticiclone polar. A temperatura média anual varia entre 20ºC e 24ºC.

As oscilações de temperatura, de amenas a elevadas, constituem o caráter predominante do regime térmico da região. A diferença entre as condições térmicas da primavera (sua estação mais quente) e do inverno (sua estação mais fria) é de pouca significância, tratando-se de condições médias. Entretanto, se observarmos a ocorrência das máximas e

mínimas diárias verificamos que entre essas duas estações existe uma profunda diferença, enquanto na primavera as máximas e mínimas diárias mantêm-se quase sempre elevadas, no inverno as mínimas diárias mantêm-se muito baixas, tratando-se de região tropical. As máximas sofrem acentuada queda, embora o declínio de temperatura não seja muito raro, sua freqüência não é suficiente para determinar grande declínio das médias térmicas.

As médias térmicas têm o seguinte comportamento na cidade de Goiânia (onde está localizada a estação meteorológica mais próxima) :

- ✓ média anual das temperaturas máximas: 29,4º C;
- ✓ média anual das temperaturas mínimas: 15,1º C;
- ✓ média compensada anual: 21,2º C;
- ✓ temperatura mínima absoluta: 1,2º C;
- ✓ temperatura máxima absoluta: 36,7º C.

Na região em que está localizado o trecho em estudo, como em todo o Estado de Goiás, as chuvas caem de outubro a abril e quase não há precipitações de maio a setembro.

Com base nos dados fornecidos pelos Postos Pluviométricos de Goiânia, temos:

- ✓ altura média de chuva do mês mais seco é de 8,0 mm;
- ✓ altura média de chuva do mês mais chuvoso é de 257,0 mm;
- ✓ o trimestre mais chuvoso é de novembro a janeiro;
- ✓ o trimestre mais seco é de junho a agosto;
- ✓ número de chuvas por ano em Goiânia = 136 dias;
- ✓ total pluviométrico anual em Goiânia = 1.571,9 mm.

O mecanismo atmosférico nas regiões tropicais se caracteriza, sobretudo, por sua notável irregularidade, isto é, sua dinâmica costuma apresentar comportamentos bem distintos

quando comparada de um ano para outro. Não obstante sua posição tropical, a Região Centro - Oeste não apresenta desvios notáveis, como acontece com as demais regiões tropicais do Brasil. A média do desvio pluviométrico anual, positivo ou negativo, em relação à normal é, em Goiânia, de 17% a mais ou a menos do total médio, representado pela normal.

Estes índices de desvios relativamente baixos decorrem do fato de que o principal sistema de correntes perturbadas da Região Centro- Oeste, é justamente o menos irregular, ou seja, é aquele que apresenta a menor variação anual.

Segundo os dados apresentados no Plano Estadual de Recursos Hídricos (1995 - 1998) feito pela Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Goiás temos, para Goiânia, a umidade relativa do ar igual a 66% e a evaporação total de 1.576,6 mm.

Embora os dias sejam mais curtos, a insolação no inverno é igual ou superior a do verão, pois o céu se apresenta mais límpido, com poucas nuvens. As médias mensais de insolação estão em torno de 7 h/dia.

Os ventos predominantes provém do quadrante norte e atuam praticamente todo o ano, apesar do evidente predomínio nos meses de outubro a fevereiro. Observa-se que os ventos do leste predominam basicamente no inverno (junho e julho). Os ventos de nordeste e noroeste predominam basicamente nos meses de março, abril, maio, agosto e setembro. Os ventos são de características moderadas durante todo o ano, com média de 1,0 m/s, e somente ocorre situações de ventanias em ocasiões esporádicas.

4.3 ASPECTOS AMBIENTAIS

O local onde oss bairros da região em estudo estão assentados constituem áreas de recargas de importantes mananciais que correm para o Rio Meia Ponte principal recurso hídrico da capital. No final da década de 70 ainda existiam importantes conjuntos de vegetação nativa nesta região preservados desde a fundação de Goiânia.

O próprio plano original da capital, idealizado por Atílio Correia Lima, já reservava esta região, juntamente com toda parcela norte da cidade, para ocupações agrícolas voltadas

para o abastecimento da população e não para parcelamento urbano. Na compreensão do urbanista esta região deveria ser preservada formando um cinturão verde periférico à capital.

Foi dentro deste enfoque que foram promovidos os parcelamentos de chácaras com módulos acima de 5000 m^2 nas décadas de sessenta e setenta.A decisão do Governo Estadual de promover os assentamentos urbanos de baixa renda na região a partir do inicio dos anos 80 causou, desde o inicio, forte impacto ambiental na região.Para se ter uma idéia o próprio local escolhido para implantação de Vila Mutirão era coberto por mata nativa que foi desmatada para implantação do bairro.

Posteriormente, a implantação dos Curitiba I, II, III(Figura 4.2) e IV e dos Bairros Vitória, São Carlos, etc, onde estão localizados na Figura 4.1, implicaram em mais devastação de conjuntos florísticos nativos.

Figura 4.2 - Foto do Jardim Curitiba III – 2001

Fonte: COMDATA – Prefeitura Municipal de Goiânia

A implantação destes bairros, patrocinados pelo poder público estadual, e o reparcelamento clandestino de inúmeras chácaras existentes na região, sem a devida implantação de infra-estrutura, como um sistema de galerias pluviais eficiente, canalização de esgotos, coleta de

lixo adequada, aliado aos desmatamentos dentro da bacia hidrográfica do ribeirão Caveirinhas(Figura 4.3), fez com que este corpo d'água e seus afluentes, fossem poluídos totalmente, suas. margens sofressem intensos processos erosivos e seus leitos ficassem totalmente assoreados, bem como houvesse o comprometimento do lençol freático pelo uso excessivo de fossas sépticas, a maioria implantada de forma inadequada.

Figura 4.3 - Foto do Ribeirão Caveirinhas – 2001

Fonte: COMDATA – Prefeitura Municipal de Goiânia

O resultado de toda esta degradação ambiental tem sido entre outros o alagamento de residências próximas aos cursos d'agua, como Córrego do Fundo na Vila Finsocial (Figura 4.4) onde estão localizados na Figura 4.1, e a incidência de fortes processos erosivos, tanto nas margens de cursos d'agua quanto em vias dos bairros, causando prejuízo ao poder público e agravando as condições de vida dos moradores locais.

O fato é que a região do ponto de vista ambiental vem se fragilizando cada vez mais ao longo desse processo de ocupação.

A localização da Estação de Captação de Água de Goiânia nesta região, situada próxima da confluência do ribeirão São Domingos com o rio Meia Ponte, torna a região mais vulnerável ainda do ponto de vista da ocupação e uso do solo, principalmente levando-se em conta o padrão de ocupação popular de baixa renda, alta densidade e carência de infra-estrutura, que é o que vem acontecendo na região.

Figura 4.4 - Foto do Córrego do Fundo / Vila Finsocial – 2001

Fonte: COMDATA – Prefeitura Municipal de Goiânia

A presença da Estação de Tratamento de Água - ETA de Goiânia na região, aliás foi um dos pontos mais conflituosos em relação à ocupação da Fazenda São Domingos (Bairro da Vitória, São Carlos, da Floresta, Boa Vista e São Domingos) com inúmeros questionamentos de órgãos, técnicos do poder publico e entidades ambientalistas.

Entretanto, o estágio de ocupação existente na região (com grandes bairros consolidados) hoje é irreversível, sendo de importância fundamental que o poder público busque formas

de intervenções na área que compatibilizem a ocupação da região com as preocupações ambientais e de melhoria da qualidade de vida da população da região.

Mesmo fragilizada ambientalmente, ainda existem na região fragmentos importantes de vegetação remanescentes composta de espécies nativas, formando bosques encravados na malha urbana dos jardins Curitiba e dos Bairros Vitória., São Domingos (Figura 4.5), Floresta, São Carlos, Boa Vista e Recanto do Bosque, bem como alguns trechos de mata ciliar ao longo de cursos d'água, cujo mais expressivo, distribui-se ao longo das nascentes do Córrego Fundo, com aproximadamente 500m de comprimento.

Figura 4.5 - Foto da Região da Fazenda São Domingos – 1995

Fonte: COMDATA – Prefeitura Municipal de Goiânia

Todos os bairros, descritos anteriormente, apresentam ainda hoje, na sua maioria às mesmas características demonstradas (conforme as figuras), no entanto devido ao crescente número de bairros alguns já obtiveram o benefícios que toda estrutura urbana deveria ter (água, esgoto, pavimento, etc). Porém ainda encontra-se principalmente nos bairros próximo a estação de captação de água a necessidade de se completar estes equipamentos

urbanos, pois a região é tomada por uma área de risco eminente, devido a proximidade a estação de captação e tratamento de água.

4.4 GEOLOGIA

O Município de Goiânia está assentado sobre rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, da Cobertura Metassedimentar Dobrada do Grupo Araxá Sul de Goiás e Depósitos Aluvionares Holocênicos (MORETOn *apud* Casseti 1979).

O Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu e de idade Arqueana, representa as mais antigas rochas da região, com aproximadamente 2200 milhões de anos a mais de 2500 milhões de anos, que ocupam, praticamente, toda a porção setentrional do município.

As rochas que formam esta unidade geológica são metamorfisadas do tipo gnaisses, metagabros, anfibolitos, quartzitos ferruginosos, que normalmente sustentam as maiores elevações do município, principalmente na sua extremidade nordeste.

A Cobertura Metassedimentar Dobrada do Grupo Araxá Sul de Goiás pertencente ao Proterozóico Médio com aproximadamente 1000 milhões a 1300 milhões de anos,e ocupa toda a porção meridional do município.

As rochas desta unidade na coluna geológica estão situadas acima das rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, predominando rochas metamorfisadas como gnaisses, xistos e quartzitos com grau de metamorfismo mais baixo e mais idades novas que as rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu. Estas rochas do Grupo Araxá Sul de Goiás estão intensamente dobradas e com um evidenciado sistema de fraturas segundo um padrão ortogonal, com direções NW-SE e NE-SW.

Os Depósitos Aluvionares Holocênicos são sedimentos recentes, pertencentes ao Quaternário, constituídos por areias, argilas, siltes e cascalhos inconsolidados, pouco espessos e de granulometria variável, ocorrendo principalmente ao longo das planícies de inundação dos principais corpos d'água que drenam o município como o rio Meia Ponte e João Leite.

Do ponto de vista econômico não há registro de depósitos minerais de importância dentro do município, excetuando-se ocorrência de turfa, brita, areia, argila e cascalho para

construção civil, que são mineradas por pequenas empresas ou de forma clandestina. A quase totalidade do material que abastece o mercado da construção civil da capital é proveniente de outros municípios do entorno ou ate mais distante.

4.5 GEOMORFOLOGIA

O trecho em estudo está posicionado no âmbito da Bacia do Rio Paraná, na sub-bacia do Rio Paranaíba e na microbacia do Rio Meia Ponte, afluente do Rio Paranaíba, pela margem direita, drenando em sua totalidade uma área de 12.630 km2 e apresenta um formato bem alongado. Rio Meia Ponte e seus afluentes, entre os quais se destaca o Ribeirão João Leite, constituem a rede hidrográfica de Goiânia.

A divisão geomorfológica do Município de Goiânia está baseada fundamentalmente no grau de dissecação do relevo. São identificáveis 5 (cinco) unidades principais: O Planalto Dissecado de Goiânia, os Chapadões de Goiânia, o Planalto Embutido de Goiânia, os Terraços e Planícies da Bacia do rio Meia Ponte e os Fundos de Vale.

O Planalto Dissecado de Goiânia com altitudes médias entre 920 e 950 metros corresponde as porções norte e nordeste do Município e está associado ao domínio das rochas granulíticas, sustentado por intercalações quartzíticas. O condicionante tectônico se reflete no aspecto angular do sistema hidrográfico e nos talvegues profundos e encaixados das drenagens. Dentro deste domínio destacam-se duas subunidades principais: Superfícies de Formas Aguçadas, apresentando declives superiores a 30%, solos litólicos e latossolos-vermelho-escuro, escoamento concentrado, favorecendo a incidência de erosões lineares do tipo voçoroca, com sérias restrições a ocupação e Superfícies de Formas Convexas, mostrando declives inferiores a 20%, predomínio de latossolos vermelho-escuros que, quando desprovidos de vegetação, apresentam domínio de fluxo laminar com restrições de ocupação menores.

Os Chapadões de Goiânia, com altitudes médias de 860 a 900 metros, correspondem à porção sudoeste do Município, subdivididos em duas subunidades: Superfícies Aplainadas, resultantes de restos de pediplanos pliopleistocênicos, sustentados por quartzitos e xistos, com níveis de concreções lateríticas, predomínio de latossolos e fluxos difuso e laminar e presença comum de Veredas caracterizando cabaceiras de cursos d'agua em áreas aplainadas, também conhecida par "dales", e extremamente suscetíveis à instalação de

processos erosivos e Superfícies Rampeadas, ocorrendo perifericamente as superfícies aplainadas e caracterizadas por vertentes retilíneas ou pouco côncavas, com fluxo dominante do tipo laminar. Quando ocorre o fluxo concentrado, é comum observar-se a instalação de voçorocas.

O Planalto Embutido de Goiânia, com altitudes médias variando de 750 a 800 metros, é subdividido em duas subunidades: Superfícies de Formas Convexas, onde o gradiente das vertentes é função do grau de dissecação, considerado suavemente convexizado (declives de até 10%) e moderadamente convexizado (declives de ate 20%). Corresponde à área de maior ocupação urbana do Município e onde se dá a maior grau de impermeabilização do solo, alterando as características dos processos morfogenéticos e favorecendo as inundações em época de chuvas e Superfícies de Formas Tabulares, associadas a remanescentes de pediplano embutido, sendo comum a presença de "dales" como a do Hipódromo da Lagoinha e de lateritas que formam níveis de base.

Os Terraços e Planícies da Bacia do Rio Meia Ponte, apresentam cotas médias variando na faixa de 700 a 720 metros, aparecem ao longo dos principais corpos d'agua que drenam o Município e são divididos em: Terraços Fluviais Suspensos, associados a oscilações climáticas pleistocênicas, mostrando a presença de cascalheiras sotopostas por seqüências alúvio-coluvionares e fluxo laminar e Planícies Fluviais de Inundação, que aparecem principalmente ao longo dos rios Meia Ponte e João Leite, constituídas de sedimentos arenosos do Holoceno, intercalados com sedimentos silto-argilosos, sendo comum a presença de solos hidromórficos.

Os Fundos de Vale, caracterizados por uma faixa de transição entre os processos lineares e areolares, isto é, região intermediaria entre o flúvio e o interflúvio, são onde os declives estão mais acentuados chegando a ultrapassar 40%, os solos são os podzó1icos ou câmbicos extremamente vulneráveis a instalação de processos erosivos.

4.6 SOLOS

As classes de solos predominantes no Município de Goiânia sao: latossolos vermelho-escuros, latossolos roxos e latossolos vermelho-amarelos e secundariamente solos podzólicos, cambissolos, gleissolos, litossolos e solos aluviais (IPLAN, 1981).

Os latossolos vermelho-escuros distribuem-se predominantemente em uma faixa de direção noroeste para sudeste disposta a margem direita do rio Meia Ponte, e numa faixa menor, no extrema nordeste do município. Abraça cerca de 25% da área do município e caracterizam-se por apresentar textura argilosa a muito argilosa e ocorrência em terrenos planos a suavemente ondulados, principalmente do Planalto Embutido de Goiânia e de rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu.

Os latossolos roxos distribuem-se em uma faixa também de direção noroeste-sudeste, disposta principalmente a margem esquerda do rio Meia Ponte, recobrindo cerca de 25% do espaço municipal. Estes solos caracterizam-se por apresentar textura argilosa e estarem assentados sobre terrenos de relevo plano a suave ondulado do Planalto Embutido de Goiânia e de rochas tanto do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, quanto do Grupo Araxá Sul de Goiás.

Os latossolos vermelho-amarelos, apresentam a maior distribuição no município, recobrindo toda a região situada ao sul do ribeirão Anicuns e a oeste do córrego Cascavel, além de parte da região norte de Goiânia, nas divisas com os Municípios de Goianópolis e Nerópolis, totalizando cerca de 40% do território do município goianiense. São caracterizados por apresentar textura variando de argilosa a média e cascalhenta e estarem assentados sobre terrenos de relevo plano, suave-ondulado, ondulado e forte-ondulado do Planalto Dissecado de Goiânia, do Planalto Embutido de Goiânia e dos Chapadões de Goiânia, tanto em rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu quanto do Araxá Sul de Goiás.

Os podzó1icos e cambissolos ocorrem localmente nas áreas de relevo ondulado a fortemente ondulado. Os gleissolos ocorrem nas regiões de várzeas associados aos solos aluviais, estes últimos em áreas restritas ao longo das principais drenagens e os litossolos ocorrem muito subordinados e assentados diretamente sobre a rocha apresentado um perfil muito raso e cascalhamento.

CAPÍTULO 5

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RESULTADOS

5.1 OBTENÇÃO DE DADOS

Nesta fase foram levantados todos os dados (Tabela 5.1) existentes junto à Prefeitura Municipal de Goiânia, órgãos públicos, universidades e empresas de engenharia com o intuito de montar uma base de informações referente ao meio físico local. Com isso, foram analisadas as informações disponíveis, destacando-se os mapas geológicos, pedológicos, fitoecológicos, climáticos, geomorfológicos, relatórios, estudos geotécnicos realizados na região e a carta de risco e assim definindo-se os locais de investigação preliminar de campo.

Foram encontrados dados relevantes nos seguintes orgãos e empresas:

Tabela 5.1– Quadro com os documentos adquiridos junto aos orgãos e empresas

Órgãos	Documentos adquiridos
Secretaria Municipal de Planejamento	- Carta de Risco de 1981 – Esc.:1/40000 - 296 Aerofotos de 1992 – Esc.:1/8000 - Fotografia aérea de Goiânia no ano de 2000 – Esc.:1/20000 - Folha topográfica de Goiânia na escala de 1:20.000_2002
Comdata Companhia Municipal de Proc. Dados de Goiânia	- Mapas da área urbana em meio digital-Maio/2004
Ministério do Exército	- Folha topográfica de Goiânia na escala de 1:25.000_1984.
IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e estatística)	- Folha topográfica de Goiânia na escala de 1:100.000_1970.
Basitec Projetos e Construções Ltda.	- Relatórios de Ensaios de Caracterização referente a área em estudo - 2000;

5.1.1 Carta de Risco do Município de Goiânia.

A Carta de Risco do Município de Goiânia foi elaborada em 1981 sob a coordenação do Instituto de Planejamento Municipal - IPLAN (Atual SEPLAM), através do convênio IBGE e Instituto de Geografia – UFG (IESA – UFG , atualmente). Esta carta, em escala 1:40.000, mostra como uma questão determinante para ocupação e uso do solo na capital o sistema de relevo, com suas diferentes variações topográficas, pois é este fator que tem maior influência para instalação de processos erosivos, principal problema decorrente do uso e ocupação do solo do Município. A carta dá recomendações de forma de uso e estabelece recomendações e restrições para ocupação do terreno. Porém apresenta algumas limitações, necessitando ser aprimorada e assim atender as reais necessidades na implantação de novos projetos que necessitem um maior nível de detalhe.

As informações obtidas foram selecionadas de acordo com área em estudo, posteriormente analisadas e digitalizadas.

5.1.2 Mapa Digital de Goiânia 2004- Versão 16

O Mapa Digital de Goiânia, vem sendo elaborado e atualizado desde de 1997, onde todos os dados estão referenciados ao elipsóide UGG-67 associado ao datun sul-americano de 1969(SAD69). O mapa utilizado como fonte de dados foi a versão 16 de junho de 2004.

O mapa contém dados das redes água, luz e telefonia, da cidade de Goiânia e imediações e todas georeferenciadas. Além disso cadastro referentes a bairros, ruas, lotes, curvas de níveis, divisas com municípios, rodovias que cruzam a cidade e todas informações necessárias para que se pudesse gerar o Mapa de Documentação da Área de Estudo.

5.1.3 Imagens Aerofotogramétricas

A fotointerpretação foi realizada por meio da utilização de fotografias aéreas, as quais podem ser encontradas em várias escalas. No caso em estudo foram utilizadas fotos em escalas 1:8000 e 1:25000, sendo as fotos na escala 1:8000 nas dimensões 600x600m.Todas as fotos foram obtidas junto a Companhia Municipal de Processamento de Dados de Goiânia – COMDATA. Cabe ainda mencionar que mesmo sendo de caráter preliminar, os

resultados conseguidos com a utilização desta técnica foi de suma importância para o direcionamento dos trabalhos e principalmente na elaboração dos mapas básicos e também na concretização do mapa de unidades geotécnicas.

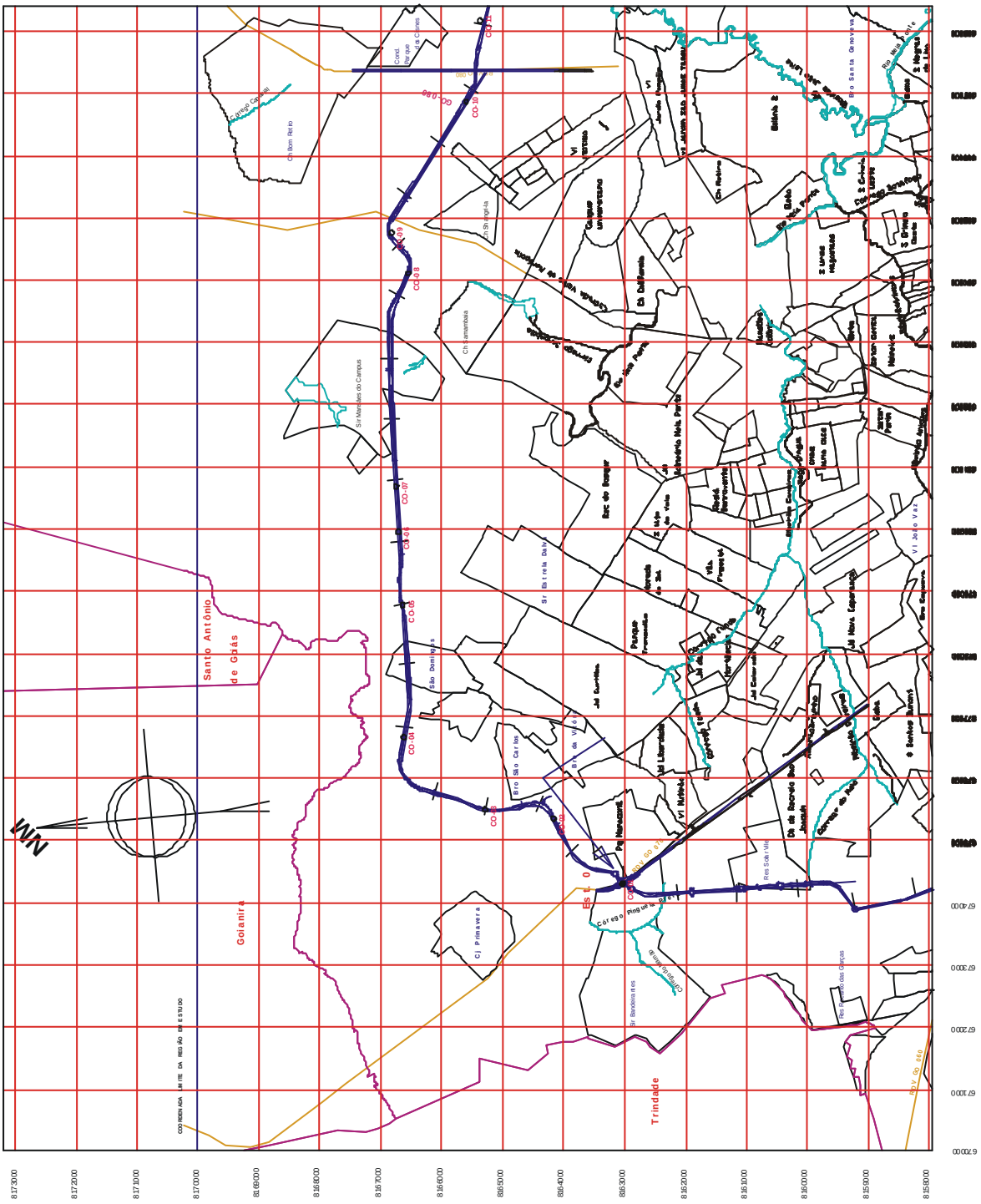
5.1.4 Mapas Auxiliares

Foram utilizados mapas topográficos em diferentes escalas, no intuito de obter informações que pudessem ser acrescidas às já obtidas. Foram utilizados mapas do Ministério do Exército, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e Secretaria Municipal de Planejamento de Goiânia – SEPLAM.

Após análise dos mapas e coleta das informações, estas foram digitalizadas para serem acrescentados nos mapas elaborados, principalmente no Mapa de Documentação.

5.1.5 Ensaios de Caracterização

Nesta etapa, foram analisados todos os dados recolhidos junto à empresa Basitec Projetos e Consultoria Ltda, que realizou ensaios de caracterização em todos os trechos de diferentes tipos de solos para o projeto do Anel Viário de Goiânia, onde grande parte pertence à área em estudo, nomeados de CO-01 a CO-11 (Figura 5.1). Nestes dados de ensaios recolhidos foram realizados, segundo as normas técnicas brasileiras, ensaios de granulometria, limites de consistência, compactação e Índice de Suporte Califórnia, sendo que foram utilizados para análise dos dados 11 pontos de coletas em diferentes horizontes(Anexo 5.1.5. 1, Anexo 5.1.5. 2 e Anexo 5.1.5. 3) O material total corresponde a mais de 150 amostras retiradas, porém as que são mostradas nos quadros de resumos, correspondem efetivamente à área de estudo e são mais representativas.


Santo Antônio de Goiás
Goianira
Trindade
CO-01
CO-02
CO-03
CO-04
CO-05
CO-06
CO-07
CO-08
CO-09
CO-10
CO-11
CO-12
CO-13
CO-14
CO-15
CO-16
CO-17
CO-18
CO-19
CO-20
CO-21
CO-22
CO-23
CO-24
CO-25
CO-26
CO-27
CO-28
CO-29
CO-30
CO-31
CO-32
CO-33
CO-34
CO-35
CO-36
CO-37
CO-38
CO-39
CO-40

5.2 ANÁLISE PRELIMINAR EM CAMPO E COLETA DE AMOSTRAS

Atendendo as condições para mapeamento geotécnico em virtude da escala proposta, segundo Zuquette (1987), foi definido que toda região seria subdividida em áreas de 4km^2, onde cada sub-divisão foi definida como quadrante. Assim toda região em estudo foi subdividida em 44 quadrantes (Anexo 5.6.1) e a Tabela 5.2, que correspondem a uma sondagem e análise preliminar de cada amostra. Também foram recolhidos dados como coordenadas UTM, data da sondagem a trado e profundidade do nível d'água freático. Foi utilizado o equipamento GPS (GPS Garmin 72), para obtenção das coordenadas, no intuito de comprovar a localização pré-determinada graficamente.

Tabela 5.2 – Listagem com os dados das Sondagens a trado realizadas

Pontos	E	N	Profundidade NA	Data da Sondagem
S1	670.257	8.168.602	7m	Fev/2004
S2	672.790	8.165.151	5m	Fev/2004
S3	673.796	8.163.892	8m	Fev/2004
S4	673.324	8.163.144	8m	Fev/2004
S5	674.497	8.160.277	10m	Fev/2004
S6	676.578	8.159.324	6m	Abril/2004
S7	678.820	8.159.596	7m	Abril/2004
S8	680.992	8.159.979	6m	Abril/2004
S9	683.013	8.159.910	8m	Abril/2004
S10	685.107	8.159.690	80cm	Abril/2004
S11	687.187	8.160.038	1m	Abril/2004
S12	675.550	8.161.698	15m	Abril/2004
S13	677.524	8.161.753	20m	Abril/2004
S14	679.535	8.161.934	18m	Abril/2004
S15	681.856	8.161.854	30m	Abril/2004
S16	684.572	8.161.887	80cm	Março/2004
S17	686.819	8.161.832	8m	Março/2004
S18	676.278	8.164.055	15m	Março/2004
S19	678.442	8.163.902	18m	Março/2004
S20	680.519	8.163.582	20m	Março/2004
S21	681.940	8.163.315	8m	Março/2004
S22	684.446	8.163.786	15m	Março/2004
S23	686.578	8.164.007	20m	Março/2004
S24	675.139	8.163.637	12m	Março/2004
S25	678.153	8.165.628	17m	Março/2004
S26	680.658	8.166.018	15m	Março/2004
S27	682.797	8.165.828	14m	Março/2004
S28	684.887	8.165.623	12m	Março/2004
S29	686.109	8.165.623	15m	Março/2004
S30	680.160	8.171.804	7m	Março/2004
S31	682.109	8.168.185	12m	Março/2004
S32	684.728	8.168.861	15m	Março/2004
S33	685.416	8.168.698	6m	Março/2004
S34	673.917	8.165.399	9m	Março/2004
S35	676.179	8.166.000	12m	Março/2004
S36	679.960	8.168.471	8m	Março/2004
S37	671.373	8.166.621	7m	Abril/2004
S38	673.278	8.161.507	8m	Abril/2004
S39	673.609	8.167.332	13m	Abril/2004
S40	672.080	8.158.895	6m	Abril/2004
S41	687.341	8.168.322	7m	Abril/2004
S42	682.252	8.171.214	12m	Abril/2004
S43	684.238	8.171.773	13m	Abril/2004
S44	686.559	8.171.529	13m	Abril/2004

Existem alguns testes rápidos que permitem a identificação e a formulação da nomenclatura descritiva de amostras de solos, obtidas em sondagens de simples reconhecimento, para fins de Engenharia Civil, baseada em exames táctil-visuais e cuja finalidade é a apresentação de perfis geotécnicos. Esta identificação foi feita no campo, no momento da retirada das amostras e em laboratório para confirmação.

Como na natureza os solos são normalmente misturas de partículas dos mais variados tamanhos. buscou-se determinar qual o tamanho que ocorre em maior quantidade e depois as demais ocorrências. Também, na identificação de um solo foi citada a sua cor e foram realizados testes que podem identificar o solo de acordo com as suas características principais:

- ✓ Tato: esfrega-se uma porção do solo na mão. As areias são ásperas; as argilas parecem com um pó quando secas e com sabão quando úmidas;
- ✓ Plasticidade: moldar bolinhas ou cilindros de solo úmido. As argilas são moldáveis enquanto as areais e siltes não são moldáveis;
- ✓ Resistência do solo seco: as argilas são resistentes a pressão dos dedos enquanto os siltes e areias não são;
- ✓ Dispersão em água: misturar uma porção de solo seco com água em uma proveta, agitando-a. As areias depositam-se rapidamente, enquanto que as argilas turvam a suspensão e demoram para sedimentar;
- ✓ Impregnação: esfregar uma pequena quantidade de solo úmido na palma de uma das mãos. Colocar a mão embaixo de uma torneira aberta e observar a facilidade com que a palma da mão fica limpa. Solos finos se impregnam e não saem da mão com facilidade;
- ✓ Dilatância: o teste de dilatância permite obter uma informação sobre a velocidade de movimentação da água dentro do solo. Para a realização do teste foi preparada uma amostra de solo com cerca de 15 mm de diâmetro e com teor de umidade que lhe garanta uma consistência mole. O solo foi colocado sobre a palma de uma das mãos e distribuído uniformemente sobre ela, de modo que não apareça uma lâmina d´água. O teste se inicia com um movimento horizontal da mão, batendo vigorosamente a sua lateral contra a lateral da outra mão, diversas vezes. Deve-se observar o aparecimento de uma lâmina d´água na superfície do solo e o tempo

para a ocorrência. Em seguida, a palma da mão deve ser curvada, de forma a exercer uma leve compressão na amostra, observando-se o que poderá ocorrer à lâmina d´água, se existir, à superfície da amostra. O aparecimento da lâmina d´água durante a fase de vibração, bem como o seu desaparecimento durante a compressão e o tempo necessário para que isto aconteça foi comparado aos dados da Tabela 5.3 para a classificação do solo.

Tabela 5.3 – Resultado do Teste de Dilatância em Solos.

Descrição da ocorrência de lâmina d´água		**Dilatância**	**Tipo de Solo**
Vibração (aparecimento)	**Compressão** (desaparecimento)		
Não há mudança visível		Nenhuma	**Argila**
Aparecimento lento	Desaparecimento lento	Lenta	**Silte ou areia argilosa**
Aparecimento médio	Desaparecimento médio	Média	**Silte ou areia siltosa**
Aparecimento rápido	Desaparecimento rápido	Rápida	**Areia**

Esses teste foram realizados para todos os 44 quadrantes com amostras extraídas de profundidades que variam de 0,80m a 3,0m.

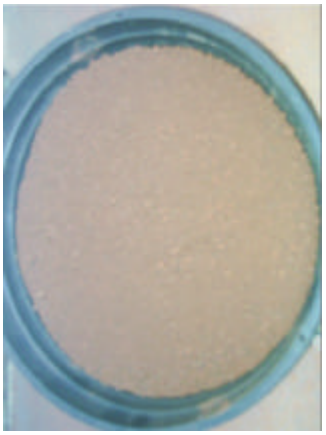
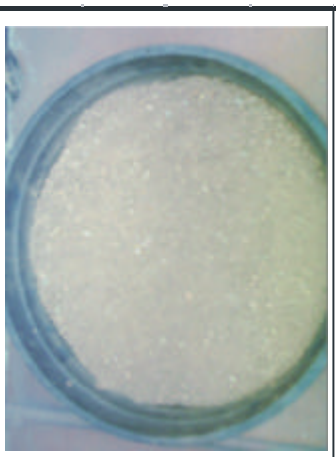
Além da identificação do solo através dos testes visuais e tácteis apresenta informações suplementares, como características geológicas e tipo de relevo da área de coleta (Tabela 5.4).

Foram identificados preliminarmente 3 regiões, dentro da área em estudo, com solos com características físicas diferentes, apesar de todos serem argilosos(Tabela 5.5). Estas regiões também foram identificadas através das características pedológicas da Carta de Risco de Goiânia (IPLAN 1981), e acabaram sendo comprovadas em função dos ensaios pré-existentes (Basitec 2000) como também dos ensaios em campo realizados. Assim as regiões ou unidades encontradas são informações essenciais para determinação na indicação de quantos tipos de solos devem ser ensaiados utilizando metodologia MCT para solos tropicais, como também para o estudo de colapsibilidade.

Tabela 5.4 – Resultado das análise preliminares em campo das amostras

Pontos	Tipo de Solo	Tipo de Relevo	Cor	Tato	Plasticidade	Resistência	Dispersão	Ipregnação	Dilatância
S1	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S2	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S3	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S4	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S5	Latossolo Vermelho Escuro	Suave Ondulado	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S6	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S7	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S8	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S9	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S10	Gleissolo Eutrófico	Plano	Vermelho Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S11	Gleissolo Eutrófico	Plano	Vermelho Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S12	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S13	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S14	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S15	Latossolo Vermelho Escuro	Suave Ondulado	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S16	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S17	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S18	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S19	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S20	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S21	Latossolo Vermelho Escuro	Suave Ondulado	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S22	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S23	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S24	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S25	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S26	Gleissolo Eutrófico	Plano	Vermelho Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S27	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S28	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S29	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S30	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S31	Gleissolo Eutrófico	Plano	Vermelho Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S32	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S33	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S34	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S35	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S36	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S37	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S38	Latossolo Vermelho Escuro	Suave Ondulado	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S39	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S40	Latossolo Vermelho Escuro	Plano	Vermelho Escuro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S41	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S42	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S43	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma
S44	Latossolo Roxo Distrófico	Plano	Cinza Claro	Argila	Alta	Alta	Argila	Solo Fino	Nenhuma

Tabela 5.5 – Quadro com a definição das unidades

Unidades	Pontos	Tipo de Solo	Cor	Imagem do solo
I	S1;S2;S3;S4;S5;S6;S7;S8;S9;S12;S13;S14;S15; S18;S19;S20;S21;S24;S25;S34;S35; S37;S38;S39;S40	Latossolo Vermelho Escuro	Vermelho Escuro	
II	S10;S11;S26;S31	Gleissolo Distrófico	Vermelho Claro	
III	S16;S17;S22;S23;S27;S28;S29;S30;S32; S33;S36;S41;S42;S43;S44	Latossolo Roxo Distrófico	Cinza Claro	

5.3 ANÁLISE PELO MÉTODO DAS PASTILHAS – METODOLOGIA MCT PARA SOLOS TROPICAIS

Após identificação das unidades (Tabela 5.5), foi realizados os ensaios da Metodologia MCT para solos tropicais para a mesmas, no intuito de caracterizá-las quanto a metodologia.

Com isso foram realizados os ensaios no Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – CEFET, através do Laboratório de Construção Civil, utilizando a metodologia de Fortes *et al* (2002), para uma amostra de cada um desses grupos.

Nessa metodologia são analisados 5 fatores:

a) Contração (Ct): é a contração diametral da pastilha (diferença entre o diâmetro do molde e da pastilha) quando submetida à secagem em estufa à temperatura de aproximadamente 60°C por no mínimo de 6 horas, sendo expressa em mm, com aproximação de 0,1 mm;

b). Penetração: é a penetração verificada por urna agulha padrão de um mini - penetrômetro, expressa em mm, com aproximação de 0,1 mm, quando aplicada verticalmente na superfície da pasta de solo ou da pastilha após a reabsorção de água efetuada sob condições padronizadas neste método;

c) Trincas: são aquelas que são verificadas nas pastilhas após a reabsorção d'agua;

d)Expansão é o aumento qualitativo do diâmetro da pastilha verificado após a reabsorção d'agua;

e)Plasticidade é a característica que reflete facilidade com que cilindros moldados com a pasta de solos podem ser curvados, conforme procedimento padronizado neste método.

O procedimento de identificação expedita de solos tropicais aplicado a uma amostra desses grupos identificados preliminarmente (Tabela 5.5) consta das seguintes etapas principais:

5.3.1 Execução de ensaios das pastilhas de Fortes (2002).

Esse ensaio, proposta inicialmente por Nogami e Cozzolino(1985), designado de ‘ensaio expedito das pastilhas’, consiste essencialmente na avaliação de propriedades de pastilhas moldadas em anéis de 20 mm de diâmetro por 5 mm de altura.

A execução do método das pastilhas com os solos da camadas constituintes do perfil, tem como objetivo principal fazer identificação expedita dos grupos de classificação MCT (Miniatura Compactado Tropical).

5.3.2 Interpretação dos resultados.

Toda a identificação pelo método das pastilhas está baseada na análise das pastilhas de solo em duas condições distintas: a primeira em estado após secagem e a segunda após "saturação" por capilaridade com a pastilha na placa porosa de reabsorção, pois estas são as duas situações extremas de ambientes e que podem acarretar mudanças sensíveis na resposta dos solos solicitados por cargas de veículos.

A metodologia de campo adotada leva a uma amostragem segura e econômica, não sendo recomendada a amostragem a priori, com espaçamento fixado, como preconizam as normas rodoviárias.

O planejamento, a amostragem e os ensaios laboratoriais contidos na metodologia utilizada demandam pouco tempo, sendo possível de ser implantada em obras emergenciais ou em projetos mesmo de grande extensão. A metodologia é econômica pois indica os solos que deverão ser ainda ensaiados uma vez que constituirão parte integrante de aterros ou das camadas de pavimento, e desabona a priori os solos que apontarão problemas geotécnicos.

Os solos de clima tropical precisam de um tratamento especial para a sua caracterização e identificação do comportamento geotécnico. Isto se deve ao fato de que estes solos apresentam peculiaridades que os diferenciam essencialmente dos solos de clima não-tropical, onde os ensaios de limites de consistência foram elaborados. Entre as principais peculiaridades destacam-se normalmente a existência de duas camadas distintas, quanto ao comportamento geotécnico, num mesmo perfil de solo (camadas superior e inferior) e a presença, em muitas camadas superiores, de microagregados, que são resultantes da cimentação natural por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

Os solos que contêm estes agentes cimentantes, quando devidamente compactados e após secarem, adquirem um comportamento mecânico e hídrico caracterizados pelas seguintes propriedades: resistências elevadas, permeabilidades e deformabilidades baixas em relação aos solos que não os contêm.

Para os solos que apresentam este comportamento, Nogami e Villibor (1981) designaram-nos de “solos com comportamento laterítico”.

Os solos lateríticos e saprolíticos, segundo a classificação MCT, podem pertencer aos seguintes grupos:

- Solos de comportamento laterítico, designado pela letra L, sendo subdivididos em 3 grupos: LA - areia laterítica quartzosa; LA’ - solo arenoso laterítico e LG’ - solo argiloso laterítico.
- Solos de comportamento não laterítico (saprolítico), designados pela letra N, sendo subdivididos em 4 grupos: NA – areias, siltes e misturas de areias e siltes com predominância de grão de quartzo e/ou mica, não laterítico; NA’– misturas de areias quartzosas com finos de comportamento não laterítico (solo arenoso); NS’– solo siltoso não laterítico e NG’– solo argiloso não laterítico.

Por isso Nogami e Villibor(1981) classificaram os solos em grupos de composição laterítica e não laterítica, conforme Figura 5.2.

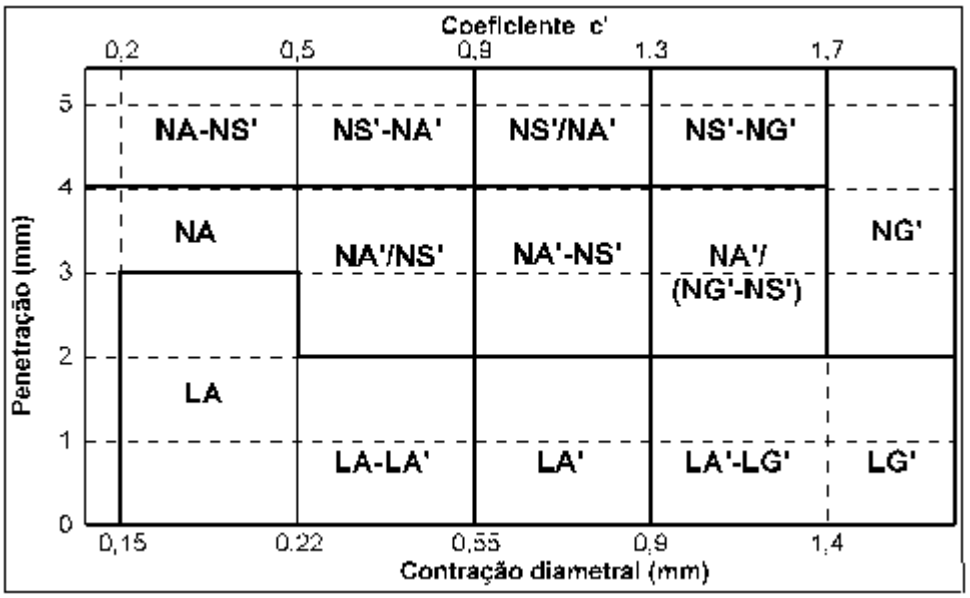


Figura 5.2 - Carta de Classificação do Método das Pastilhas

Sendo assim foi constatado nos ensaios realizados, entre as amostras coletadas que a característica do solo é argiloso laterítico – LG', conforme a Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Quadro de Resumo de Ensaios pelo Método das Pastilhas/MCT

Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Civil- Mestrado Engenharia Urbana

DATA : Dez/2004

QUADRO RESUMO DE ENSAIOS - Mestrando : Antônio Henrique

PONTOS	COFICIENTE c' (mm)	CONTRAÇÃO	PENETRAÇÃO(mm)	CLASSIFICAÇÃO PASTILHAS
S03	1,86	1,7	1,36	LG'
S05	1,70	1,42	1,28	LG'
S08	1,74	1,48	1,32	LG'
S19	1,85	1,68	1,38	LG'
S26	1,92	1,81	1,34	LG'
S10	1,93	1,85	1,38	LG'
S24	1,72	1,45	1,29	LG'
S23	1,94	1,87	1,43	LG'
S28	1,86	1,69	1,21	LG'
S29	1,93	1,85	1,41	LG'
S35	1,88	1,74	1,52	LG'
S25	1,78	1,54	1,18	LG'

5.4 SONDAGENS PROFUNDAS E DE SIMPLES RECONHECIMENTO

Foram analisados dados de sondagens de simples reconhecimento (com medida do SPT) da região metropolitana de Goiânia, cedidos pela empresa STRAUSS Engenharia Ltda. Como a população da região em estudo é na grande maioria de baixa renda, por conseqüência, tendo obras em grande parte de pequeno porte, houve uma dificuldade enorme de encontrar dados relativos as sondagens de simples reconhecimento. Sendo assim, foram encontrados dados relativos aos três grupos, sendo uma para cada, conforme Tabela 5.5.

Por meio da observação destas sondagens, foram obtidas informações acerca, principalmente, da textura e espessura dos materiais inconsolidados e do nível do lençol freático. Todas as sondagens analisadas, sendo uma para cada região ou unidade, estão localizadas no mapa de documentação (Anexo 5.6.1).a

Com relação a metodologia empregada na execução das sondagens, a empresa STRAUSS Engenharia Ltda., descreve que foram seguidas todas normas correspondentes. Assim em

cada área em estudo houve uma variação na quantidade de sondagens realizadas e também na profundidade dos mesmos, em função da característica de cada obra e do terreno.

O conteúdo dos perfis esquemáticos obedecem a seguinte ordem:

- Cota da boca do furo em relação a um RN definido;
- Numeração e profundidade das amostras extraídas;
- Relação nº Golpes/ Penetração do amostrador para os 30cm, iniciais e finais na forma numérica e gráfica;
- Nível do lençol freático, dentro do furo, em relação à superfície;
- Classificação geral do solo estudado utilizando-se a nomenclatura ABNT;
- Foi utilizado um tubo de revestimento de 63,50 mm de diâmetro interno e as amostras foram extraídas por meio de um amostrador padrão (SPT) com diâmetro interno e externo de 35,60 mm e 50,8 mm respectivamente;
- Os números de golpes dados por um peso de 65 Kg, caindo em queda livre de uma altura de 75cm e cravando o amostrador padrão 45cm, foram anotados e nº de golpes referentes aos últimos 30cm foram utilizados para se definir a consistência ou a compacidade do solo em estudo.

5.4.1 Sondagem (SPT45) – Região da Unidade I

Esta sondagem foi realizada para uma obra residencial, localizada no setor Balneário Meia Ponte em julho de 2004.(Figura 5.3)

Segue abaixo a descrição sobre a execução da sondagem:

- Foi realizado 01 furo de Sondagem à Percussão;
- A Sondagem foi executada sem circulação de água;

- Foram executados 16,45 metros de Sondagem.

STRAUSS Engenharia Ltda.

Nº. FURO: F01
Cota do Furo:
Data: 08-07-2004

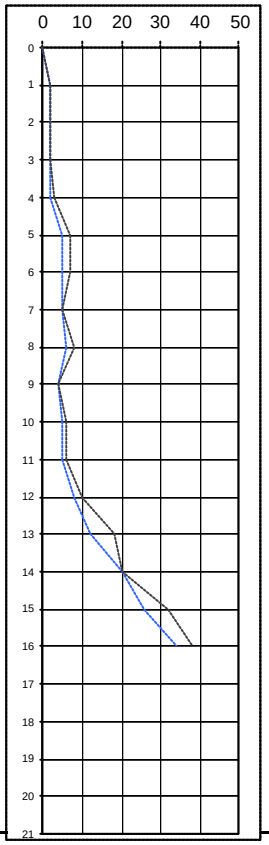
Cliente: GUSTAVO
Obra: RESIDENCIAL
Local: Setor Balneário Meia Ponte
DES. Nº. 03 Data Início:08/07/2004 Data Término:08/07/2004

Diâmetro do Furo = 2 1/2" Diâmetro da Haste = 1 5/8" d = 1 3/8" - Am. Terzarghi

Engº Civil - Emerson Luiz Barbosa CREA 4514/D

Profundidade	Nr. Amostra	N.A. 24 hs	1°+2° 15	2°+3° 15	Descrição do Material
1,00	0		0	0	ARGILA Arenosa, Vermelho Escuro
1,45	1		2	2	ARGILA Arenosa, mole, Vermelho Escuro
2,45	2		2	2	
3,45	3		2	2	SILTE Argilo-arenoso, de mole a dura(o), VARIEGADO(A).
4,45	4		2	3	
5,45	5		5	7	
6,45	6		5	7	
7,45	6		5	5	
8,45	7		6	8	
9,45	8		4	4	
10,45	9		5	6	
11,45	10		5	6	
12,45	11		8	10	
13,45	12		12	18	
14,45	13		20	20	
15,45	14		26	32	
16,45	15		34	38	
17,39	16				IMPENETRÁVEL A PERCURSSÃO EM 16,45m
	17				
	18				
	19				
	20				

GRÁFICO



Nivel D'Agua 11,20 m
Data do N.A 08/07/2004
Avanço/Trado :SIM
C/C. D´Água / á partir : 8,00 m

Revestimento Ext.: 3" 5,00m
Int.: 34,9 mm
Ext.: 50,8 mm
Peso: 65 Kg. Alt. queda: 75cm

⊗ – Amostra não recuperada
NFO - Nível d'água não foi observado
NFE - N. d'água não foi encontrado
ST - Sondagem à trado

Figura 5.3 – Boletim de Sondagem / Região da Unidade I – Julho2004
Fonte:STRAUSS Engenharia Ltda.

5.4.2 Sondagem (SPT46) – Região da Unidade II

Esta sondagem foi realizada para uma obra comercial, localizada no setor Goiânia II em setembro de 2004.(Figura 5.4,)

Segue abaixo a descrição sobre a execução da sondagem:

- Foram realizados 01 furo de Sondagem à Percussão;
- A Sondagem foi executada sem circulação de água;
- Foram executados 18,45 metros de Sondagem.

STRAUSS Engenharia Ltda.

Nº. FURO: F01

Cota do Furo:

Data: 24-09-2004

Cliente: ZOPONE ENG.COM.LTDA

Obra: SITE CLARO GOIÂNIA

Local: RUA FREI NAZARENO CONFALONI,QD 31,LT 10.GOIANIA 2.GOIÁS.

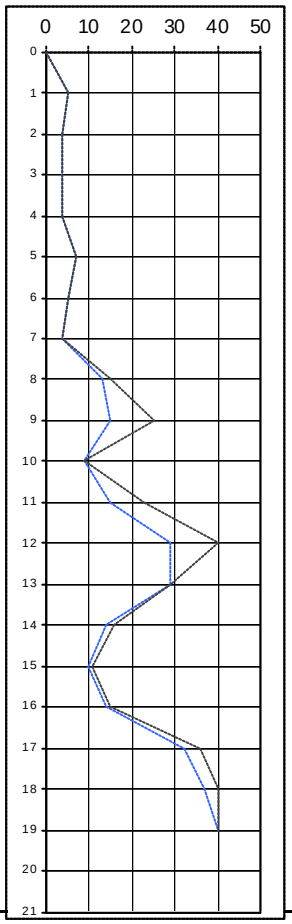
DES. Nº. 03 Data Início:24/09/2004 Data Término:24/09/2004

Diâmetro do Furo = 2 1/2" Diâmetro da Haste = 1 5/8" d = 1 3/8" - Am. Terzarghi

Engº Civil - Emerson Luiz Barbosa CREA 4514/D

Profundidade	Nr. Amostra	N.A. 24 hs	1°+2° 15	2°+3° 15	Descrição do Material
1,00	0		0	0	Argila Arenosa, Vermelho Claro
1,45	1		5	5	Argila Arenosa, Mole Vermelho Claro
2,45	2		4	4	
3,45	3		4	4	
4,45	4		4	4	
5,45	5		7	7	AREIA, pouco compacta(o), BEGE.
6,45	6		5	5	ARGILA Muito arenosa, mole, Vermelho Claro
7,45	6		4	4	
8,45	7		13	15	SILTE Argiloso, rija(o), Vermelho Claro
9,45	8		15	25	
10,45	9		9	9	
11,45	10		15	23	
12,45	11		29	40	
13,45	12		29	29	
14,45	13		14	16	AREIA, medianamente compacta(o), BEGE.
15,45	14		10	11	
16,45	15		14	15	SILTE Argiloso, rija(o), Vermelho Claro
17,39	16		32	36	
18,45	17		37	40	
19,45	18		40	40	
20,45	19				
21,45	20				

GRÁFICO



Nivel D'Agua 8,00m

Data do N.A 24/09/2004

Avanço/Trado :SIM

C/C. D´Água / á partir :8,00 m

Revestimento Ext.: 3" 8,00m

Amostrador { Int.: 34,9 mm / Ext.: 50,8 mm

Peso: 65 Kg. Alt. queda: 75cm

⊗ – Amostra não recuperada

NFO - Nível d'água não foi observado

NFE - N. d'água não foi encontrado

ST - Sondagem à trado

Figura 5.4– Boletim de Sondagem Furo 01/ Região Unidade II– Setembro2004

Fonte:STRAUSS Engenharia Ltda.

5.4.3 Sondagem (SPT47) – Região da Unidade III

Esta sondagem foi realizada para uma obra residencial, localizada no setor São Judas Tadeu em agosto de 2004.(Figura 5.5)

Segue abaixo a descrição sobre a execução da sondagem:

- Foi realizado 01 furo de Sondagem à Percussão;
- A Sondagem foi executada sem circulação de água;
- Foram executados 16,45 metros de Sondagem.

STRAUSS Engenharia Ltda.

Nº. FURO: F01

Cota do Furo:

Data: 08-07-2004

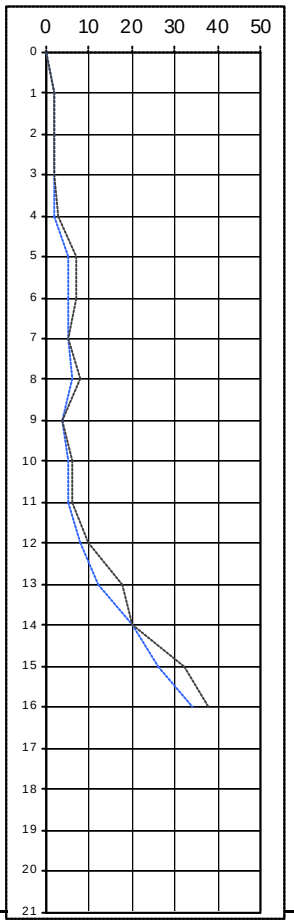
Cliente: GUSTAVO
Obra: RESIDENCIAL
Local: St São Judas Tadeu
DES. Nº. 03 | Data Início:08/07/2004 | Data Término:08/07/2004

Diâmetro do Furo = 2 1/2" Diâmetro da Haste = 1 5/8" d = 1 3/8" - Am. Terzarghi

Engº Civil - Emerson Luiz Barbosa CREA 4514/D

Profun-didade	Nr. Amostra	N.A. 24 hs	1°+2° 15	2°+3° 15	Descrição do Material
1,00	0		0	0	ARGILA Arenosa, CINZA CLARO
1,45	1		2	2	ARGILA Arenosa, mole, CINZA CLARO
2,45	2		2	2	
3,45	3		2	2	SILTE Argilo-arenoso, de mole a dura(o), VARIEGADO(A).
4,45	4		2	3	
5,45	5		5	7	
6,45	6		5	7	
7,45	6		5	5	
8,45	7		6	8	
9,45	8		4	4	
10,45	9		5	6	
11,45	10		5	6	
12,45	11		8	10	
13,45	12		12	18	
14,45	13		20	20	
15,45	14		26	32	
16,45	15		34	38	
17,39	16				**IMPENETRÁVEL A PERCURSSÃO EM 16,45m**
	17				
	18				
	19				
	20				

GRÁFICO



Nivel D'Agua 8,20 m
Data do N.A 08/07/2004
Avanço/Trado :SIM
C/C. D´Água / á partir : 8,00 m

Revestimento Ext.: 3" 5,00m
Amostrador { Int.: 34,9 mm / Ext.: 50,8 mm
Peso: 65 Kg. Alt. queda: 75cm

⊗ – Amostra não recuperada
NFO - Nível d'água não foi observado
NFE - N. d'água não foi encontrado
ST - Sondagem à trado

Figura 5.5 – Boletim de Sondagem Furo 01/ Região Unidade III– Agosto 2004

Fonte:STRAUSS Engenharia Ltda.

Essas sondagens mostra a existência e todas unidades de uma camada de consistência mole com profundidades variáveis de 3 a 7m, o que inviabiliza a fundação direta de um modo geral.

No entanto, como as edificações s[ao de pequeno porte (casas populares), pode-se pensar em usar fundações com baixa pressões, inferiores a 100kPa, que é a pressão admissível básica da NBR 6122/96(Fundações) para argila média. Nestes casos o colapso pode representar um problema para as obras.

5.5 ESTUDO DA COLAPSIBILIDADE DOS SOLOS (PINTO 2002)

Colapsibilidade é o fenômeno que ocorre com a estrutura de certos solos porosos e não-saturados ao serem inundados sob carga constante, no mínimo igual à carga de colapso. A inundação praticamente anula a sucção matricial, reduzindo em muito a resistência ao cisalhamento do solo e causando uma espécie de "desmoronamento" ou "desabamento" da sua estrutura. Peck e Peck *apud* Pinto (2002) foram os pioneiros no emprego do termo "colapso" com esse significado, inicialmente na forma verbal to collapse, em inglês.

Na literatura geotécnica, encontra-se, às vezes, o uso do termo "colapso" englobando também o significado de esgotamento da capacidade de carga de um elemento isolado de fundação submetido a uma carga suficientemente elevada, mas sem inundação do solo. Nesse caso mantém-se a umidade e aumenta-se a carga, enquanto no colapso, ao contrário, mantém-se a carga e aumenta-se umidade.

Portanto, por não se tratar do mesmo fenômeno, é preferível, em nome da precisão, reservar o vocábulo "colapso", no âmbito geotécnico, apenas para o fenômeno provocado pela inundação do solo colapsível sem acréscimo de carga, sendo a inundação o ato ou efeito, acidental, natural ou artificial, de elevar o teor de umidade de um solo colapsível até, pelo menos, o necessário para que ocorra o colapso.

Essa elevação do teor de umidade, até a inundação, para deflagrar o colapso, corresponde a uma diminuição da sucção matricial até praticamente zerar o seu valor. Assim, solo inundado equivale à condição de sucção matricial nula. As causas de inundação do solo, além da artificial, podem ser:

- ✓ ruptura de condutos de água ou esgoto;

- ✓ infiltração de água de chuva;
- ✓ fissuras e trincas em reservatório d´água enterrado;
- ✓ ascensão do lençol freático, etc.

Antigamente, usava-se o termo "saturação" por julgar-se que o solo colapsível precisaria ser completamente saturado para entrar em colapso. É o caso, por exemplo, da afirmação de Vargas *apud* Pinto(2002): "quando a quantidade de água que entra nos poros não é suficiente para saturá-los, o colapso estrutural não se dá". Mas ultimamente se compreendeu que não há necessidade da saturação completa para ocorrência do colapso, despertando o interesse por um termo substituto. Alguns autores brasileiros tentaram o uso de "encharcamento", "umedecimento e "irrigação", mas acabou predominando o emprego de "inundação", provavelmente porque, na falta de um termo mais apropriado, lembrou-se da expressão "tensão de inundação", que já era utilizada no ensaio edométrico realizado com introdução de água no corpo de prova, para um certo nível de tensão aplicada. Portanto, no tema da colapsibilidade e dos solos não-saturados, o termo inundação tem um significado específico, que pode abranger ou não a saturação completa. A falta de um termo mais adequado parece ocorrer também na língua inglesa, pois os autores têm usado várias opções: *(wetting, soaking, inundation, flooding, application of water, moistening, etc)*.

As causas do colapso são a destruição dos meniscos capilares ou amolecimento do cimento natural. O recalque produzido pela inundação de um solo colapsível, sob carga constante, no mínimo igual à carga de colapso, é, portanto, suplementar ao recalque estabelecido antes da inundação. A magnitude do recalque de colapso depende do valor da carga aplicada, do teor de umidade do solo antes da inundação, da estrutura e natureza do solo e também já foram identificadas variações de até 20% da altura inicial do solo.

Vargas *apud* Pinto(2002) apresenta critério de identificação de solo colapsível proposto inicialmente por Jennings e Knight *apud* Pinto(2002) para determinação do coeficiente de colapso (i) a uma determinada tensão, assim expresso:

$$i = \frac{\Delta e}{1 + e_{pn}}$$

sendo:

Δe = variação do índice de vazios, devido à inundação;
e_{pn} = índice de vazios, antes da inundação, sob a ação de uma determinada tensão.

Segundo o autor referido, por este critério, solos que apresentam i > 2%, são considerados solos colapsíveis. No caso em estudo, foram realizados 3 estudos de colapso, sendo um para cada unidade de solo identificado dentro da área de estudo, sob tensão de 40kPa, tensão semelhante à aplicada na região.

Os resultados dos ensaios foram realizados de acordo com a NBR, no laboratório do Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – CEFET-GO, e também localizados no mapa de documentação (Anexo5.6.1) são os seguintes:

5.5.1 Unidade I

Amostra Indeformada coletada no Setor Morada do Sol (Figura 5.6).

Profundidade: 2,1-2,5 m

Classificação: RESIDUAL MADURO – Argila siltosa, marrom avermelhada escura, com fragmentos de quartzo de veio (Ø até ½"). Bastante micáceo.

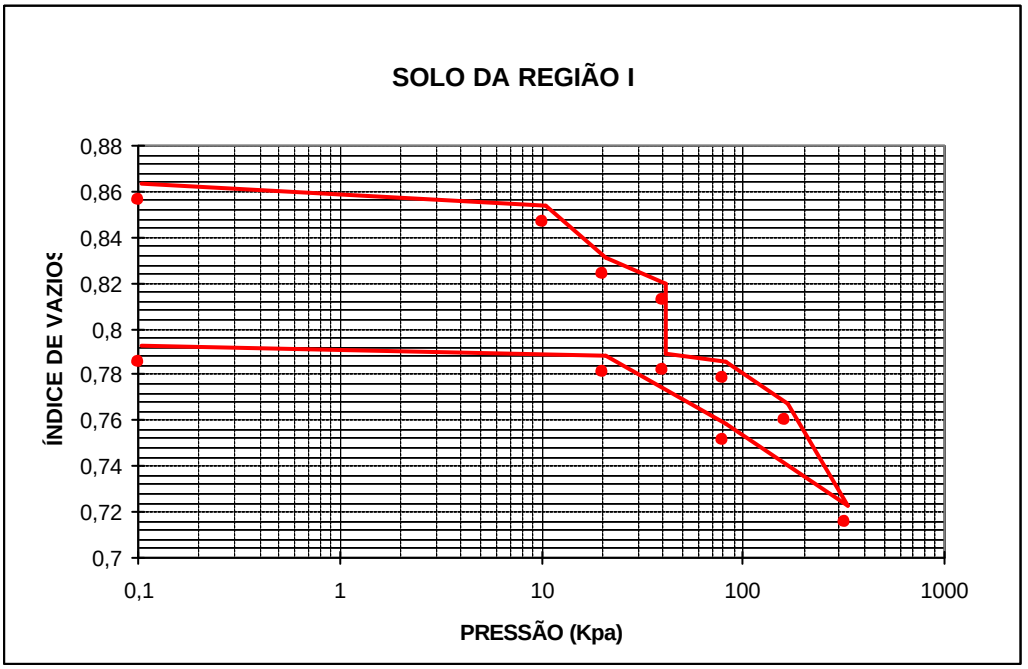


Figura 5.6-Gráfico resumo de estudo do colapso - Unidade I

Para o cálculo do coeficiente de colapso do corpo de prova proveniente de área de estudo da região I, obteve-se:

$\Delta e = 0{,}816 - 0{,}782$

$e_{40}=0{,}816$

logo: i = 0,99%.

Como resultado obtido é < 2%, conclui-se que o solo não é colapsível, conforme critério seguido.

5.5.2 Unidade II

Amostra Indeformada coletada no Setor Chácara Califórnia (Figura 5.7).

Profundidade: 2,0-2,40 m

Classificação: COLÚVIO – Argila arenosa, avermelhada, micácea, com pedregulhos.

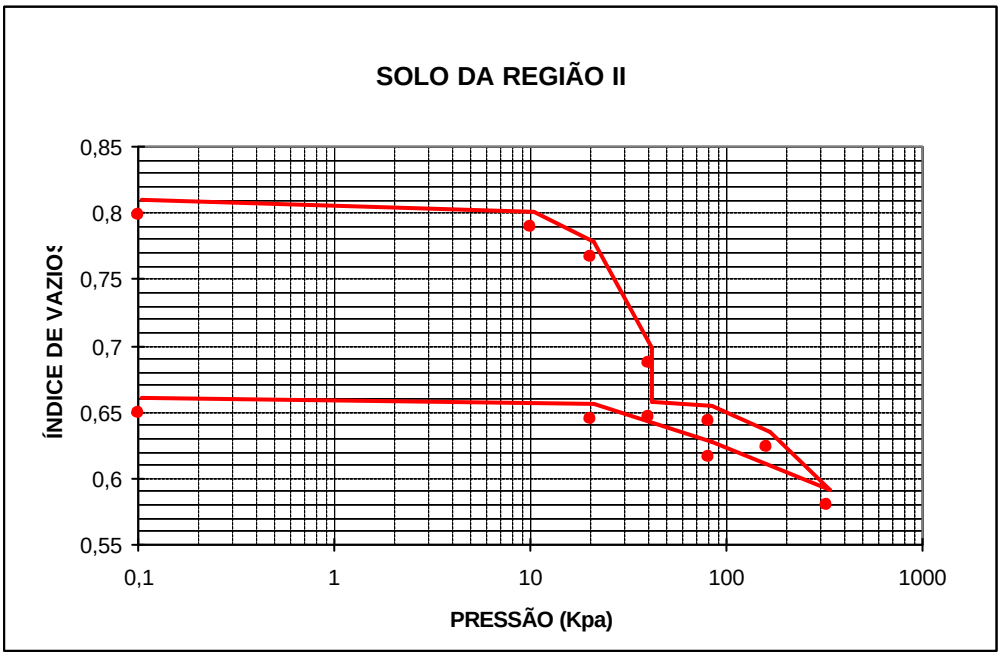


Figura 5.7 - Gráfico resumo de estudo do colapso - Unidade II

Para o cálculo do coeficiente de colapso do corpo de prova proveniente de área de estudo da região II, obteve-se:

$\Delta e = 0,754 - 0,694$

$e_{40}=0,754$

logo: i = 3,42%.

Como resultado obtido é > 2%, conclui-se que o solo é colapsível, conforme critério seguido.

5.5.3 Unidade III

Amostra Indeformada coletada no Setor Campus II – UFG(Figura 5.8).

Profundidade: 1,20-1,60 m

Classificação: RESIDUAL MADURO – Argila siltosa, marrom avermelhada escura, com fragmentos de quartzo de veio (Ø até ½"). Bastante micáceo.

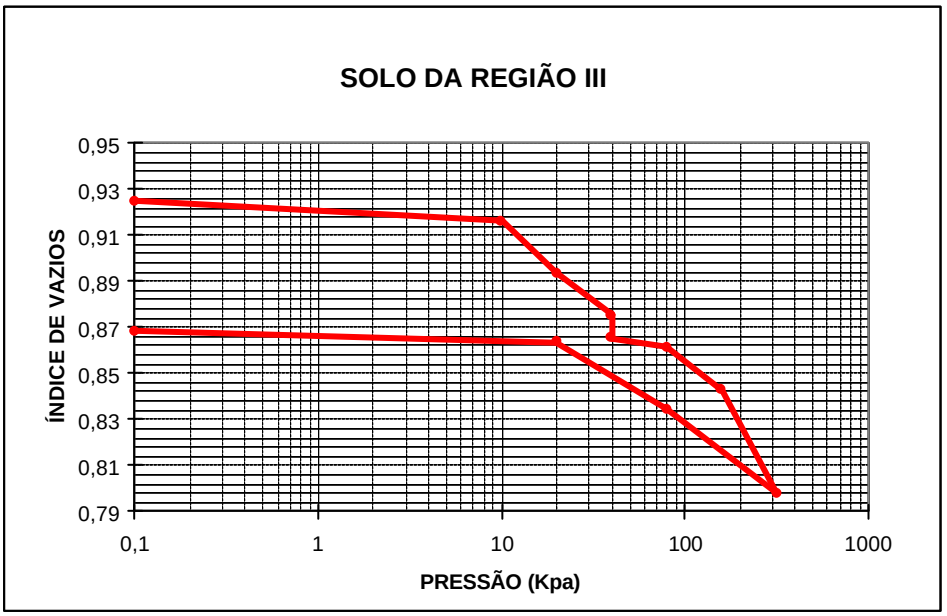


Figura 5.8 - Gráfico resumo de estudo do colapso - Região III

Para o cálculo do coeficiente de colapso do corpo de prova proveniente de área de estudo da região I, obteve-se:

$\Delta e = 0,875 – 0,865$

$e_{40}=0,875$

logo: i = 0,53%.

Como resultado obtido é < 2%, conclui-se que o solo não é colapsível, conforme critério seguido.

5.6 ELABORAÇÃO DOS MAPAS BÁSICOS.

A elaboração dos mapas básicos é extremamente necessária em todo processo, de confecção do documento final, que é a carta de unidades geotécnicas da região em estudo. Os mapas básicos contêm os atributos necessários ao cruzamento de informações, para atingir o objetivo final.

Nesta etapa foram elaborados os seguintes mapas básicos:

5.6.1 Mapa de Documentação (COMDATA-2004)

Este documento (Anexo 5.6.1) visa armazenar todos os dados que se relacionam à área estudada. Apresenta a localização dos pontos descritos, dos pontos amostrados, e das sondagens de simples reconhecimento (com medida do SPT).

Os pontos registrados têm seqüência de 1 a 47 sendo que em 44 destes procedeu-se amostragem. Sendo os pontos de 45 a 47 de sondagens de simples reconhecimento (com medida do SPT) e ensaios pela metodologia MCT de solos tropicais.

A base na qual foram lançadas as informações foi elaborada a partir das folhas topográficas em escala 1:25.000 confeccionadas pela Secretaria Municipal de Planejamento de Goiânia-SEPLAM, juntamente com a COMDATA, através de um mapa digital de Goiânia Versão 16 de abril de 2004.

Constam ainda neste documento as hidrografia da região, os limites municipais entre a Região em estudo de Goiânia e os municípios limítrofes, as principais rodovias, as curvas de nível os principais bairros pertencentes a região em estudo.

O número de pontos observados difere da quantidade recomendada por Zuquette(1987), já que deveria ser em torno 48 pontos para uma área aproximada de 193 Km^2 (1 ponto para

cada 4Km^2). No entanto o elevado grau de urbanização (cerca de 75% da área), aliado à homogeneidade das litologias do substrato rochoso e dos materiais inconsolidados, permite que o número de pontos seja menor. Devido a esses fatos é importante ressaltar que não houve prejuízo na qualidade dos documentos elaborados.

5.6.2 Mapa de Substrato Rochoso (DNPM/CPRM – 1976)

O Estado de Goiás encontra-se representado por vasta área cratônica (Maciço Goiano), constituído sobretudo por rochas pré-cambrianas. Superpondo os escudos em situação periférica se alojam rochas sedimentares paleozóicas e mesozóicas(Figura 5.10), de reduzido grau de tectonismo.

A elaboração do mapa de substrato rochoso foi baseada no mapa geológico DNPM/CPRM (1976) e Casseti(1979), segundo o qual a grande extensão espacial representada pelo Maciço Goiano foi direta ou indiretamente submetida a intensas perturbações no ciclo Brasiliano, ocorrido no pré-cambriano superior (500-1.000 MA), os dobramentos Brasilides foram responsáveis não apenas pelo plissamento dos cinturões Brasiliano e Paraguai-Araguaia, como pelo rejuvenescimento do complexo cristalino (Pré-Cambriano Indiferenciado e Grupo Araxá) e atividades intrusivas, associadas às instabilidades tectônicas da época.

Figura 5.9– Síntese Geológica de Goiás
Fonte:Casseti,V; Helena M.(1979).

Como em outras regiões brasileiras, o pré-cambriano goiano é constituído de rochas mais ou menos metaformizadas, universalmente dobradas e falhadas, atravessadas por eruptivas sobretudo de natureza graníticas e granodioríticas. Por toda parte se manifesta " o caráter predominantemente sedimentar das rochas, quando não de todo apagado nas formações mais antigas, tidas como Complexo Brasileiro, profundamente migmatizadas ou mesmo transformadas em granitos paligenéticos" (Almeida *apud* Casseti 1979).

A área de estudo resume-se em duas unidades litoestatigráficas, sendo elas:

5.6.2.1 Grupo Granulíticos Anápolis/Itauçu

A origem dos grupos graníticos pode ocorrer na dependência do grau degranitização que afetou essas rochas. Algumas regiões apresentam evidências de fenômeno diattoréticos, onde constata-se o aparecimento de xistos portadores de muscovita, sericita, clorita e epídoto, associados a milonitos e cataclasitos que caracterizam as brechas tectônicas.

Encontra-se caracterizado por uma grande variedade de rochas gnássicas predominando a biotita-gnaisses, horblenda-gnaisse, gnaisses graníticos, gnaisses leucocráticos com muscovita, silimanita-gnaisses, migmatitos, leptinitos e lentes de anfibolitos. Este grupo subdivide-se em duas unidades, sendo elas:

- Granulitos paraderivados – Gnaisses aluminosos e hiperaluminosos, granulitos bandados com intercalações de quartzitos aluminosos, quartzitos ferruginosos, gonditos, rochas calcissilicáticas e subordinadamente granulitos ortoderivados associados.
- Granitos ortoderivados – Charnockitos e/ou enderbios, metagabros e metanortositos, metanixorenitos, estes últimos com derivados transformados, talco, xistos e/ou serpentinito. Subordinadamente granulitos paraderivados associados.

5.6.2.2 Depósitos Aluvionares

Unidade da era Cenozóica, com sedimentos recentes, arenosos e argilo-arenosos, areias com níveis de cascalho, situando-se ao longo dos leitos dos rios, córregos e lagoas.

Com a elaboração da Carta Geológica em 1976 e com auxílio da Carta Risco de 1981, foi possível que se realizasse o processo de digitalização da geologia da região em estudo,

juntamente com trabalhos de interpretação de aero-fotos, elaborando assim o Mapa Substrato Rochoso (Anexo 5.6.2).

5.6.3 Mapa de Materiais Inconsolidados (IPLAN-1981)

A caracterização pedológica das regiões estudadas foi feita baseada nas informações do projeto RadamBrasil (escala 1:100.000), e nos mapas da carta de risco de Goiânia.

Através da análise da Carta de Risco de Goiânia em 1981 e de verificação in loco, foi possível que se realizasse o processo de digitalização, da região em estudo, do mapa de materiais inconsolidados (Anexo 5.6.3). Este mapa

Todo o processo de elaboração do mapa da região em estudo, foi feito através de digitalização utilizando programa Cad Overlay R14, ferramenta que pertencente ao programa AutoCad R14, como também do auxílio de interpretação de aero-fotos.

Durante a realização dos estudos foram identificados cinco tipos pedológicos em toda a área de estudo, os quais são apresentados a seguir, com suas características, segundo Projeto RadamBrasil (1983) e Casseti (1979):

5.6.3.1 Latossolo Roxo Distrófico (Projeto RadamBrasil (1983) e Casseti (1979))

Solo apresentando textura argilosa e muita argilosa, friável, de baixa suscetibilidade a erosão. São solos que apresentam granulometria argilosa podendo apresentar em regiões de lençol freático superficial, processos de laterização, sendo encontrados em terreno de relevo plano e suave ondulado, associado a Terra Roxa Estruturada eutrófica. Estes solos são predominantemente derivados do intemperismo das rochas básicas, são solos minerais, não hidromórficos, caracterizados por apresentarem horizonte B latossólico com teor de Fe_2O_3 superior a 18%. São profundos e muitos profundos, acentuadamente drenados, muito porosos e permeáveis. Apresentam partículas fortemente atraídas pelo ímã, característica essencial na identificação deste solo no campo, apresentam teor de argila variando entre 38 e 74%. Na tentativa de classificação pela “Soil Taxonomy” correspondem ao grande grupo Acrustox.

5.6.3.2 Latossolo Vermelho Escuro Distrófico (Projeto RadamBrasil (1983) e Casseti (1979))

São solos minerais não hidromórficos, caracterizados por apresentarem um horizonte B latossólico. No geral, são profundos ou muito profundos, bem drenados e acentuadamente drenados, friáveis, bastante porosos, baixa relação silte/argila e alto grau de intemperização. A estrutura fracamente desenvolvida pequena e muito pequena, granular raramente fraca, pequenos blocos sub-angulares, conferindo-lhes o aspecto maciço, pequena variação textural em profundidade e coloração vermelho escuro. São encontrados nas áreas mais aplanadas. Na região estudada foram verificados sempre em relevo plano e suave-ondulado. Muitos deles formam relevos residuais topograficamente elevados, com bordos escarpados, associados a outros latossolos e areias Quartzosas distróficas. Representando coberturas de origem terciária. Eles são argilosos ou muito argilosos, com teores de argila entre 43 e 90%. Apresentando um alto grau de intemperismo, atingindo o estágio onde há o predomínio de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio na fração coloidal. Quando originados de arenitos da Formação Aquidauana, os latossolos vermelho-escuros possuem textura média, com teores de argila entre 12 e 31%, predominando valores inferiores a 25%. Na tentativa de classificação pela “Soil Taxonomy” estes solos derivados da meteorização de arenitos pertencem ao grande grupo Haplustox.

5.6.3.3 Podzólico Vermelho-Escuro Distrófico (Projeto RadamBrasil (1983) e Casseti (1979))

Estes solos possuem baixo grau de saturação de bases, sempre inferior a 50 %. O horizonte A é moderado, raras vezes proeminente, com textura arenosa ou média com transição gradual ou clara para o horizonte B textural, este apresenta estruturas freqüentemente fraca a moderada, pequena a média em blocos subangulares e granular, com cerosidade, quando presente, comum e moderada. As cores variam nos matizes 2.5YR a 10YR, sendo de textura média ou argilosa, podendo ocorrer em relevo desde plano a ondulado e sobre litologias variadas.

5.6.3.4 Solos Aluviais Distróficos (Projeto RadamBrasil (1983) e Casseti (1979))

São solos não hidromórficos, pouco desenvolvidos, origindos de sedimentos aluviais incosolidados do holoceno, constituídos por camadas estratificadas sem nenhuma relação pedogenética entre si.

Apresentam seqüência de horizontes A, C e/ou A, IIC, IIIC...., com horizonte A freqüentemente moderado, assente sobre camadas com aspecto físico e químicos muito variados em função dos tipos de sedimentos transportados.

São solos típicos das várzeas ao longo dos rios, sempre associados a solos hidromórficos. As camadas inferiores podem apresentar cores ligadas ao hidromorfismo, tendo no entanto, boa drenagem nos primeiros 50 cm de profundidade.

5.6.3.5 Gleissolo Distrófico. (Projeto RadamBrasil (1983) e Casseti (1979))

São solos hidromórficos, mal drenados, profundos, pouco permeáveis, com ou sem mosqueados e de forte gleização, devido ao terreno apresentar encharcamento durante alguns períodos do ano, com muita deficiência ou mesma ausência de oxigênio (anaeróbico). As características morfológicas, físicas e químicas são bastante diversificadas em decorrência de os solos serem formados de sedimentos areno-argilosos, inconsolidados, geralmente de coloração acinzentadas, pertencentes ao Holoceno.

Ocupam as partes rebaixadas e margens alagáveis dos cursos de água, originando-se de depósitos aluviais.

5.6.4 Mapa de Profundidade do Nível D'água Freático

O mapa de profundidade do NA foi definido após a realização da investigação em campo, onde foram realizadas 44 coletas de material. Nestas coletas foram verificadas, in loco, as profundidades do NA em cada ponto de coleta, bem como recolhida a informação em UTM, georeferenciada através de GPS conforme Anexo 5.6.4. Assim foi montado um mapa preliminar de profundidade do NA, adotando-se os seguintes intervalos de classes: <2m; 2 a 5m; 5 a 10m e >10m.

Todas as informações foram recolhidas com auxílio de hastes metálicas, com um peso e corda, além de inspeções em cisternas localizadas em algumas regiões.

Este mapa foi finalizado com análise de 296 fotos aéreas da região em estudo, onde foi realizado trabalho de fotointerpretação.

Este documento contribui, também, de forma significativa para os projetos de planejamento urbano/regional, obras rodoviárias, etc, pois após uma co-relação entre o documento e o tipo de obra, pode-se verificar a melhor viabilidade.

5.6.5 Carta de Declividades

Para a elaboração da carta de declividade (Anexo 5.6.5) foram utilizadas as folhas topográficas na escala 1:10.000 e 1:40.000 com eqüidistância entre as curvas de nível de 5 e 10 metros. Este documento foi confeccionado a partir de dados digitais, do mapa digital de Goiânia, complementado com o acréscimo da digitalização de curvas de níveil, retirado das folhas topográficas mencionadas anteriormente.

Este documento foi concluído com a utilização dos programas Civil Design e Autocad 2000, fornecidos de modo temporário pela empresa Basitec Projetos e Construções Ltda.

Determina-se, por este procedimento, um único atributo, de fundamental importância para o planejamento regional e urbano, que é a variação da inclinação da superfície do terreno expressa em porcentagem.

Para a área de estudo foram definidas seis classes de declividade: <2%, 2%-5%, 5%-8%, 8%-12%, 12%-20% e > 20 esta subdivisão permite um maior grau de detalhamento da área quanta a variação das inclinações.

Como resultado final, pode-se observar o predomínio das classes de <2%, compreendendo 37.8% da área, principalmente na região norte da região em estudo, e de 2 a 5%, cerca de 32.8% da área, distribuídas em várias partes da região estudada.

Este documento contribui. de forma significativa. para os projetos de planejamento urbano/regional e uso do terreno, pois existem leis que proíbem determinados usos da terra frente uma determinada classe de declividade.

5.7 CARTA DE UNIDADES GEOTÉCNICAS

Na definição das unidades foram analisadas condições litológicas, texturas dos materiais, granulometria, bem como todas informações adquiridas em todo processo de geração dos documentos cartográficos (documentação, geológico, materiais inconsolidados, nível d'água, carta de declividades). Segundo Zuquette (1987), este documento tem por finalidade orientar, principalmente o planejador, em relação as diversas formas de ocupação do meio físico. Trata-se de um zoneamento com finalidades gerais, baseado em atributos naturais do meio físico.

Foi utilizado o recurso de fotointerpretação, no caso em questão, para confirmar alguns cruzamentos de informações da documentação cartográfica. Assim pôde-se obter um mapa com mostrando características geotécnicas da região em estudo.

A realização da montagem deste documento, é importantíssimo principalmente para o planejador em relação as diversas formas de ocupação do meio físico, pois determina características(geotécnicas, colapsibilidade,etc) que devem ser consideradas em cada forma de ocupação.

A seguir a definição das unidades geotécnicas (Anexo 5.7).

5.7.1 Unidade I - Solo Led - Latossolo Vermelho-Escuro

Esta unidade é encontrada na maior parte na região oeste, com algumas áreas na região noroeste e próximo da região central em estudo. Em grande parte o relevo é plano, e cobre uma área aproximada de 102,65 Km^2.

Solo com origem granulítica, pertencente ao grupo Anápolis/Itauçu, encontrando materiais originados do dois grupos definidos dentro do mapa substrato rochoso.

A declividade do terreno em sua grande parte está entre os intervalos 0 a 2% e 2 a 5%, apresentando às vezes terrenos suavemente ondulados.

A profundidade do NA prevalece no intervalo de 5 a 10m de profundidade, com uma área de abrangência maior. Porém ocorrem todos intervalos de profundidade do NA nesta unidade, onde também sobressai a profundidade >10m. Ou seja, tende a ser mais profundo.

A sua é origem laterítica, tendo classificação Argilosa Laterítica (LG'), segundo a metodologia MCT. Solo residual não colapsível para a pressão 40 KPa, de acordo com os ensaios realizados.

Pela classificação HRB pertence ao grupo A-7-5, tendo IP em torno de 13 e ISC (Índice de Suporte Califórnia) variando de 11 a 15 %.

Possui uma cor avermelhada escura, e as profundidades são acima de 5m, textura em geral uma argila arenosa, com fragmentos de quartzo de veio com diâmetro de 12,5mm^2 com bastante fragmentos micáceos.

5.7.2 Unidade II - Solo Gd - Gleissolo Distrófico

Esta unidade é encontrada com maior abrangência ao longo do Rio Meia Ponte, numa faixa de 1,7Km de largura em média, correspondendo a um solo com origem de depósitos aluvionares.Em grande parte o relevo é plano, e cobre uma área aproximada de 28,34 Km^2.

A declividade do terreno em sua grande parte está entre os intervalos 0 a 2% e 2 a 5%, prevalecendo numa área maior a declividade <2%.

A profundidade do NA prevalece o intervalo de <2m de profundidade (Região Sudeste da Área em Estudo), com uma área de abrangência maior. Porém encontra-se ainda os intervalos de 2 a 5m e 5 a 10m de profundidade do NA.

A sua origem laterítica, tendo classificação Argilosa Laterítica (LG'), segundo a metodologia MCT para solos tropicais e solo coluvial colapsível, de acordo com os ensaios realizados.

Pela classificação HRB pertence ao grupo A-7-6, tendo IP em torno de 13 e ISC(Índice de Suporte Califórnia) próximo de 11%.

Possui uma cor vermelha clara, mole, onde tem-se profundidades acima de 5m, textura em geral uma argila arenosa, micácea, com pedregulhos.

5.7.3 Unidade III - Solo LRd - Latossolo Roxo Distrófico

Esta unidade é encontrada na maior parte na região oeste, com algumas áreas na região NE e central da região em estudo.Tem grande parte um relevo plano, e cobre uma área aproximada de 57,73 Km^2.

Sua origem granulítica, pertencente ao grupo Anápolis/Itauçu, encontrando material originados do dois grupos definidos dentro do mapa substrato rochoso.

A declividade do terreno em sua grande parte está entre os intervalos 0 a 2% e 2 a 5%, alternando às vezes em terrenos suavemente ondulados e planos.

A profundidade do NA prevalece o intervalo de >10m de profundidade, com uma área de abrangência maior em relação aos outros intervalos de profundidades. Porém encontram-se todos intervalos de profundidade do NA nesta unidade, onde também sobressai a profundidade de 5 a 10m.

Sua origem é laterítica, tendo classificação Argilosa Laterítica (LG'), segundo a metodologia MCT. É um solo residual não colapsível, de acordo com os ensaios realizados.

Pertence ao grupo A-7-6 pela classificação HRB, tendo IP em torno de 14 e ISC em torno de 12%.

De uma cor cinza clara, onde se tem profundidades acima de 5m, textura do material encontrado é em geral uma argila arenosa, com fragmentos de quartzo de veio (Ø até $12mm^2$) com bastantes fragmentos micáceos.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 INTRODUÇÃO

A aplicação da metodologia, segundo Zuquette(1987), orienta a reunião e análise dos atributos mais importantes para definição um uso específico no meio-físico viabilizando a elaboração do mapeamento geotécnico, que mostra características importantes do meio físico e faz com que o planejamento do uso do solo, de uma forma geral, seja mais adequado, diminuindo assim o fator risco.

Este trabalho, apesar de ser um dos pioneiros na região do município de Goiânia, é muito importante porque possibilitou que fosse elaborados seis documentos cartográficos (Mapa de Documentação, Mapa de Substrato Rochoso, Mapa de Materiais Inconsolidados, Mapa de Profundidade do Nível D'água, Carta de Declividades e Carta de Unidades Geotécnicas), sendo alguns deles compilados de alguns existentes, porém agora digitalizados em relação a área em estudo e que são essenciais para elaboração de outros mais específicos, como cartas derivadas.

Essa importância se eleva se for considerado que o município atualmente discute seu plano diretor visando a ampliação do limite de expansão urbana na região em estudo.

Todos os documentos elaborados servirão como base na geração de cartas derivadas, como a carta de erodibilidade, uso do solo, depósito de rejeitos sépticos, obras viárias, etc. Assim abre a possibilidade da criação destes novos documentos importantes no planejamento urbano, principalmente para esta região que está sendo discutido o novo limite de expansão

urbana da cidade, dentro dos estudos do novo plano diretor, em que a área em estudo estará bastante alterada em função disso.

6.2 ANÁLISE DOS DOCUMENTOS BÁSICOS

A elaboração dos documentos cartográficos, essenciais na análise e constituição do mapa de unidades geotécnicas, foi realizada graças a utilização de ferramentas da própria metodologia empregada, como também com o auxílio de programas de computador, importante em todo processo.

Iniciou com a elaboração do Mapa de Documentação, trazendo informações gerais da área em estudo, como os bairros, as vias de acessos, a hidrografia, como também a localização das sondagens realizadas, (Anexo 5.6.1).

A elaboração do Mapa de Substrato Rochoso, só foi possível com a utilização do documento cartográfico realizado pelo antigo órgão federal no ano 1976 CPRM(Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). Este mostra uma grande área de origem granulítica, pertencente ao grupo Anápolis/Itauçu, e uma área menor de depósitos aluvionares, (Anexo 5.6.2).

O mapa de materiais inconsolidados mostra que a região é compreendida na sua maioria por latossolos, sendo também argilosos. Todas as sondagens efetuadas foram analisadas e relacionadas com os ensaios de caracterização obtidos, onde também foi possível identificar os solos e representar sua ocorrência em documento cartográfico, (Anexo 5.6.3)

O mapa de profundidade do nível d'água freática mostra também uma variação do NA dentro dos intervalos pré-definidos, porém tendo na maioria profundidades superiores a 10m. Este mapa foi gerado com auxílio da análise aerofotogramétrica, como também através das 44 sondagens efetuadas. Este mapa é de grande importância para futuras análises, na construções que possam provocar alterações do meio-físico.

A carta de declividades mostra a variação geomorfológica da área estudada, tendo intervalos pré-definidos, onde foi encontrada área maior para declividades inferiores a 5%, mostrando assim que o relevo estudado é plano e suavemente ondulado, (Anexo 5.6.5).

6.3 COLAPSIBILIDADE DOS SOLOS

O potencial de colapsibilidade em solos para pressão de 40kPa foi encontrado em solos com origem aluvionar que se encontram ao longo de uma faixa do Rio Meia Ponte, pertencente à Unidade II, Gleissolo Distrófico. A área que detém este potencial compreende em torno de 30 Km^2, onde deve-se ter o cuidado de planejar uma drenagem adequada,a fim de não comprometer alguma obra civil e de se evitar o uso de fundação direta.

No restante da área não foi detectado este potencial de colapso, tendo característica de solo residual, indicando que poder-se-ia pensar em utilizar as fundações diretas, embora não sejam as mais apropriadas tendo em vista sua baixa resistência. Quase em toda região, que é ocupada na maioria por construções de pequeno e médio porte, não haverá problemas de fundações das mesmas, devido a colapsibilidade.

Esta análise, juntamente com os outros documentos cartográficos vem auxiliar a elaboração de uma carta de fundações da região. Auxilia na identificação de alterações do meio físico decorrentes de obras de engenharia.

6.4 CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS

O processo utilizado, adotando a metodologia de Zuquette(1987), vem demonstrar características importantes na compreensão do meio físico, importante na análise para um planejamento regional, no caso em questão, em torno de uma região sacrificada pela má distribuição renda do país, tendo na sua maioria grandes diferenças sociais, e que são demonstradas principalmente pelas construções encontradas na maioria.

A caracterizarão das unidades vem alertar que em determinadas áreas deve-se ter o cuidado devido necessário em função dos atributos encontrados em cada unidade.

Após aplicação do novo plano diretor de Goiânia que está sendo elaborado e discutido atualmente, onde um dos aspectos importantes é o novo limite de expansão urbana do município, que afetará diretamente a área foi realizado o estudo, este documento poderia contribuir na identificação de uma possível área de risco em função de uma possível alteração do meio físico.

O produto final gerado apresenta uma avaliação do meio-físico que, apesar de não substituir a investigação local, serve de suporte para uma futura análise de projetos e possíveis alterações do meio-físico, como por exemplo: aterro sanitário, loteamento, obras viárias, etc.

Assim, este estudo contribui com informações importantes que podem ser ampliadas em futuros trabalhos, principalmente para o uso específico do solo, favorecendo um planejamento urbano de forma ordenada.

CAPÍTULO 7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHION, M. L. Mapeamento Geotécnico das áreas urbanas e de expansão da região sudoeste do município de Campinas-SP,escala 1:25000. (Dissertação de Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 1997.

BARBOSA, T. T. A.; CERRI, L. E. S.*Carta geológico-geotécnica para empreendimentos rodoviários a partir de métodos de investigação de superfície, na escala 1:25.000*. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Goiânia, 2004.

BARISON, M. R. Mapeamento Geotécnico REGIONAL DA QUADRICULA DE Amparo-SP, escala 1:50000: com base na análise dos landforms e de perfis típicos de alteração. (Dissertação de Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 1995.

BARROSO, SUELY H.A. *Estudo Do Comportamento De Solos Artificiais Através Da Adsorção De Azul De Metileno*. Dissertação de Mestrado.Escola de Engenharia de São Carlos –USP, 1996.

BASTOS, C. A. B.; VALENTE, A. L. S; STRIDLER, A.; BUFFON, S.A.; STUMPF, L.; QUADROS, T.F.P; BICA, A.V.B; BRESSANI, L. A. *Mapeamento geotécnico como subsídio ao monitoramento e previsão de riscos geotécnicos e ambientais em obra de*

tubulação de gás natural. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental.Goiânia, 2004.

BROLLO, M. J.; RODRIGUES J. E. *Aplicação da Cartografia Geotécnica na Deposição de Rejeitos Sépticos – Região Araras - SP.* ABMS/ABGE.Rio de Janeiro, 1991.

CARDOSO,F.B.F.*Propriedades E Comportamento Mecânico De Solos Do Planalto Central Brasileiro*.Tese de Doutorado.Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.Departamento de Geotécnica. Brasília, 2002.

CARNEIRO, P. J. R. *Mapeamento Geotécnico dos Materiais Naturais de Construção do Distrito Federal: Uma base de dados para o planejamento e gestão*. Tese de Doutorado - Departamento de Geotecnia – Universidade de Brasília, 1999.

CASSETI, W. *Síntese Analítica Das Bases Físicas Do Estado De Goiás.* FUNDAÇÃO INDUR, GOIÂNIA,1979.

DNPM/CPRM.*Carta Geológica de Goiânia Escala 1:100.000.* Programa de Levantamentos Geológicos .Goiânia, 1976.

FORTES R. M.; NETO A. Z.; MERIGHI J.V. *Proposta de Normalização do Método das Pastilhas Para Identificação Expedita de Solos Tropicais.*11ª Reunião de Pavimentação Urbana – Reunião do Mercosul. Porto Alegre-RS, 2002.

IAEG-INTERNETIONAL ASSOCIATION OF EGINEERING GEOLOGY. *Engineering Geological Maps: A Guide to Their Preparition.*Paris, UNESCO, 79p, 1976.

IPLAN / IBGE e Instituto de Geografia – UFG. A Carta de Risco do Município de Goiânia em Escala 1:40.000. Instituto de Planejamento Municipal, Goiânia, 1981.

JÚNIOR, A. G; SALES, L. F.; FARIA, P.O.; ROBECK, S. *Metologia de Mapeamento Geotécnico Aplicada ao Litoral Centro-Norte De Santa Catarina*. Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI-SC, 2002.

MOURA, S.; Freitas, M. I. C. *O uso de técnicas de sensoreamento remoto na análise da vegetação urbana na Cidade de Analândia (SP).* 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Goiânia, 2004.

MOYSÉS, A. *A construção de Goiânia no contexto da revolução de 30 e da luta pelo poder local.*Goiânia, IPL4N-GO, 1989.

NISHIYAMA, L. *Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicação no município de Uberlândia - MG*. (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1998.

NISHIYAMA, L; ZUQUETTE, L. V.*Procedimentos de mapeamento geotécnico para indicação de áreas adequadas para aterro sanitário: aplicação no município de Uberlândia-MG*. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, Goiânia, 2004.

PARANHOS, H. S. *Caracterização Geotécnica dos Principais Grupos de Solos do Mapa Pedológico do Distrito Federal (Esc. 1:100.000): Estudos na Área de Dinamização Urbana entre Samambaia e Gama*. Dissertação de Mestrado - Departamento de Geotecnia – Universidade de Brasília, 1998.

PELOGGIA A.U.G. *Discussão Sobre Atual Cartografia Geotécnica Do Município De São Paulo E Suas Possíveis Aplicações*. REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS,1996.

PEREIRA, I. C. B. B. A.; SANTOS Jr., O. F.; SCUDELARI, A. C. *Mapeamento geotécnico da região do complexo estuarino-lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guaraíras na zona costeira oriental do Estado do Rio Grande do Norte.* 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental.Goiânia, 2004..

PFALTZGRAFF, P. A. S. *Carta geotécnica e de suscetibilidade a processos geológicos do Município de Ipojuca/Pernambuco*. CPRM/FIDEM , Recife, 1998.

PINTO, C. S.*Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas.*2ª Edição. Oficina de Textos, São Paulo, 2002.

CONDE, L. P. "Comunicações radiais, traçado do núcleo inicial de Goiânia, elaborado por Attílio Corrêa Lima no período de 1933 a 1935 ". Revista Viver Cidades, volume 05

RODRIGUES, J.E. *Evolução de critérios de Caracterização dos Materiais Inconsolidados no Mapeamento Geotécnico da Região Centro-Leste do Estado de São Paulo.* Texto para concurso de Livre-Docência. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1996.

ROMÃO, P. A; SOUZA, N.M. *Informações morfométricas na compartimentação do terreno.* 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental.Goiânia, 2004.

ZUQUETTE, L. V. *Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras*. (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 1987.

ZUQUETTE L.V.; PEJON O. J.; SINELLI O.; GANDOLFI N. *Carta de Risco da Região de Ribeirão Preto (SP) em Escala 1:50.000.* Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 1991.

ANEXO 5.1.5

Anexo 5.1.5. 1 Boletim de Sondagem dos Pontos de Coletas das Amostras - 1999.

BASITEC

Projetos e Construções Ltda.

BOLETIM DE SONDAGEM

Rodovia :ANEL VIÁRIO DE GOIÂNIA		**Ocorrência:** CORTE	
Trecho :CONTORNO NOROESTE		**Sub-leito da Est.:00 A Est: 885**	
Sub-Trecho :		**Data:** 16-11-99	
Ponto de Coleta	**POSIÇÃO**	**PROFUNDIDADE**	**CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA**
		0,00-0,20	Capa vegetal
C0-01	Eixo	0,20-1,20	Argila Vermelha Escura
		1,20-5,00	Cascalho Siltoso
		0,00-0,20	Capa vegetal
CO-02	Eixo	0,20-2,90	Argila Vermelha Escura
		0,00-0,20	Capa vegetal
CO-03	Eixo	0,20-2,00	Argila Vermelha Escura
		0,00-0,20	Capa vegetal
CO-04	Eixo	0,20-1,50	Argila Vermelha Escura
		0,00-0,20	Capa vegetal
CO-05	Eixo	0,20-0,60	Argila Vermelha Escura
		0,60-4,10	Argila Vemelha Clara com Pedregulho
		0,00-0,20	Capa vegetal
CO-06	Eixo	0,20-0,80	Argila Vermelha Clara
		0,00-0,20	Capa vegetal
CO-07	Eixo	0,20-1,00	Argila Cinza
		0,00-0,20	Capa vegetal
CO-08	Eixo	0,20-2,50	Argila Cinza
		2,50-4,50	Cascalho Argiloso
		0,00-0,20	Capa vegetal
CO-09	Eixo	0,20-1,90	Argila Cinza
		0,00-0,20	Capa vegetal
C0-10	Eixo	0,20-3,00	Argila Cinza
		3,00-5,00	Argila Cinza com Pedregulho
		0,00-0,20	Capa vegetal
CO-11	Eixo	0,20-4,90	Argila Cinza
		4,90-10,60	Argila Siltosa com Pedregulho

Fonte: Basitec Projetos e Consultoria Ltda

Anexo 5.1.5. 2– Resumo de Ensaios dos Pontos de Coletas das Amostras - 1999.

BASITEC
Projetos e Construções Ltda.

QUADRO RESUMO DE ENSAIOS

			CO-01		CO-02	CO-03	CO-04	CO-05		CO-06	CO-07
REG. DA AMOSTRA			1 horiz.	2 horiz.				1 horiz.	2 horiz.		
ESTACA OU FURO			00	00	85	150	240	350	350	425	440
POSIÇÃO											
PROFUNDIDADE (m)			20-1,2	1,2-5,0	20-2,9	20-2,0	20-1,5	20-60	60-4,1	20-80	20-1,0
GRANULOMETRIA	% Em peso passando	1"		98,00							
		3/4"		95,10							
		3/8"		86,50							
		4		58,10							
		10		42,40							
		40	89,41	35,03	89,10	87,14	91,91	91,66	91,11	86,90	89,12
		200	64,25	19,04	61,80	59,21	57,41	57,3	59,68	50,09	60,41
ÍNDICES FISICOS		LL	40,10	38,00	39,90	42,8	42,40	38,2	39,6	41,50	39,2
		IP	15,60	9,0	13,3	12,6	12,00	11,7	12,70	13,30	13,6
EQUIV.DE AREIA											
IG			8	0	7	6	5	5	6	4	6
CLASSIF. H.R.B.			A-7-6	A-2-4	A-6	A-7-5	A-7-5	A-6	A-6	A-7-6	A-7-6
EN. COMP. / Nº GOLPES			12	26	12	12	12	12	12	12	12
COMPACTAÇÃO	LAB.	UMID. (%)	40,4	10,8	28,70	21,80	19,8	18,800	16,800	21,30	22,80
		DENS. (Kg/	1,349	1,946	1,527	1,542	1,605	1,695	1,805	1,679	1,560
	CAMPO	DENS. (Kg/	0,832	-	1,158	1,343	0,998	1,254	-	1,118	1,020
		UMID. (%)	24,66	-	16,83	13,59	17,99	11,58	-	20,07	21,09
		% COMP.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ÍNDICES SUPORTE CALIFÓRNIA	CP Nº	UMID. (%)	33,6	5,3	24,6	16,9	14,9	13,3	11,8	16,4	18,8
		DENS. (Kg/	1,247	1,770	1,452	1,423	1,400	1,484	1,622	1,508	1,329
		I.S.C. (%)	1,24	1,46	5,7	1,35	1,69	10,87	3,6	2,04	5,8
		EXP. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CP Nº	UMID. (%)	36,2	8,0	26,6	19,2	17,0	15,6	13,9	18,5	21,0
		DENS. (Kg/	1,285	1,850	1,504	1,467	1,520	1,573	1,700	1,580	1,463
		I.S.C. (%)	6,68	18,05	10,5	6,8	8,3	18,5	8,85	9,69	10,4
		EXP. (%)	0,54	0,31	0,56	0,56	0,57	0,54	0,36	0,57	0,54
	CP Nº	UMID. (%)	38,7	10,1	28,7	21,4	19,1	17,8	16,0	20,6	23,2
		DENS. (Kg/	1,327	1,938	1,527	1,539	1,581	1,666	1,790	1,660	1,549
		I.S.C. (%)	13,87	47,42	15,7	16,65	11,07	26,5	13,26	13,17	11,8
		EXP. (%)	0,31	0,19	0,33	0,33	0,37	0,31	0,26	0,34	0,33
	CP Nº	UMID. (%)	41,2	12,2	30,7	23,7	21,2	20,0	18,1	22,7	25,4
		DENS. (Kg/	1,338	1,900	1,461	1,499	1,570	1,670	1,757	1,628	1,399
		I.S.C. (%)	10,0	7,13	4,5	8,2	7,02	9,7	8,64	4,6	5,3
		EXP. (%)	0,18	0,08	0,18	0,18	0,15	0,22	0,09	0,14	0,19
	CP Nº	UMID. (%)	43,7	14,2	32,8	25,9	23,4	22,2	20,1	24,8	27,6
		DENS. (Kg/	1,270	1,803	1,400	1,440	1,518	1,619	1,597	1,520	1,244
		I.S.C. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		EXP. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I.S.C. FINAL (%)		11,0	36,0	15,7	15,9	11,00	18,70	12,00	11,00	12,2
	EXPANSÃO (%)		0,26	0,13	0,33	0,33	0,30	0,30	0,21	0,25	0,35
I.S. (%)											

Fonte: Basitec Projetos e Consultoria Ltda

Anexo 5.1.5. 3– Resumo de Ensaios dos Pontos de Coletas das Amostras - 1999.

BASITEC
Projetos e Construções Ltda.

QUADRO RESUMO DE ENSAIOS

REG. DA AMOSTRA			CO-08		CO-09	CO-10	CO-10	CO-11	CO-11		
ESTACA OU FURO			1 horiz.	2 horiz.	665	1 horiz	2 horiz.	1 horiz	2 horiz		
POSIÇÃO			625	625		790	790	885	885		
PROFUNDIDADE (m)			20-3,0	3,0-5,0	20-1,9	20-3,0	3,0-5,0	20-4,9	4,9-10,6		
GRANULOMETRIA	% Em peso passando	1"	20-2,5	2,5-4,5							
		3/4"		94,91							
		3/8"		91,56							
		4		66,73							
		10		39,66							
		40		30,68	90,82	95,58	90,09	91,58	89,02		
		200	92,97	26,93	68,17	76,23	58,04	66,18	71,03		
ÍNDICES FISICOS		LL	75,4	18,07	40,10	41,60	40,10	40,45	41,20		
		IP	40	39,00	12,70	13,00	11,36	12,35	10,40		
EQUIV.DE AREIA			11,7	10,6							
IG			9	0	8	9	5	7	8		
CLASSIF. H.R.B.			A-6	A-2-6	A-7-6	A-7-6	A-7-6	A-7-6	A-7-5		
EN. COMP. / Nº GOLPES			12,00	26,0	12	12	12	12	12		
COMPACTAÇÃO	LAB.	UMID. (%)	26,600	16,000	26,2	26,2	20,2	27,8	24,6		
		DENS. (Kg/	1,545	1,970	1,540	1,510	1,755	1,580	1,625		
	CAMPO	DENS. (Kg/	0,998	-	1,035	1,049	-	1,053	-		
		UMID. (%)	17,99	-	15,23	15,61	-	16,32	-		
		% COMP.	-	-	-	-	-	-	-		
ÍNDICES SUPORTE CALIFÓRNIA	CP Nº	UMID. (%)	21,5	11,3	20,6	21,08	15,1	21,9	18,9		
		DENS. (Kg/	1,336	1,735	1,440	1,443	1,583	1,381	1,419		
		I.S.C. (%)	6,21	2,2	5,8	3,7	6,2	2,97	2,97		
		EXP. (%)			-	-	-	-	-		
	CP Nº	UMID. (%)	-	-	22,9	23,4	17,1	24,3	21,2		
		DENS. (Kg/	23,8	13,8	1,475	1,476	1,656	1,468	1,528		
		I.S.C. (%)	1,439	1,866	7,15	7,25	10,85	6,91	10,73		
		EXP. (%)	10,17	26,56	0,54	0,54	0,54	0,64	0,42		
	CP Nº	UMID. (%)	0,53	0,13	25,3	25,7	19,2	26,7	23,5		
		DENS. (Kg/	26,2	16,35	1,531	1,507	1,729	1,560	1,600		
		I.S.C. (%)	1,538	1,960	9,12	10,5	19,2	10,76	14,33		
		EXP. (%)	10,85	48,59	0,32	0,31	0,33	0,36	0,36		
	CP Nº	UMID. (%)	0,33	0,09	27,6	28,06	21,2	29,1	25,8		
		DENS. (Kg/	28,5	18,9	1,520	1,470	1,719	1,540	1,590		
		I.S.C. (%)	1,483	1,844	6,7	3,3	18,7	5,53	10,62		
		EXP. (%)	8,8	8,25	0,18	0,18	0,21	0,17	0,16		
	CP Nº	UMID. (%)	0,19	0,06	29,9	30,4	23,3	31,5	28,1		
		DENS. (Kg/	30,85	21,4	1,455	1,426	1,648	1,397	1,518		
		I.S.C. (%)	1,401	1,728	-	-	-	-	-		
		EXP. (%)	-	-	-	-	-	-	-		
	I.S.C. FINAL (%)		-	-	9,00	11,00	17,80	11,00	14,0		
	EXPANSÃO (%)		10,6	48,0	0,30	0,31	0,28	0,32	0,27		
I.S. (%)			0,33	0,08							

Fonte: Basitec Projetos e Consultoria Ltda

ANEXO 5.6.1- MAPA DE DOCUMENTAÇÃO

ANEXO 5.6.2- MAPA DE SUBSTRATO ROCHOSO

ANEXO 5.6.3 – MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS

ANEXO 5.6.4 –MAPA DE PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA FREÁTICA

ANEXO 5.6.5 - CARTA DE DECLIVIDADES

ANEXO 5.7 - CARTA DE UNIDADES GEOTÉCNICAS