

COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO COMO SUBSÍDIO À ELABORAÇÃO DE CARTA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA NA REGIÃO DE GUARAREMA E SÃO JOSÉ DOS CAMPOS (SP)*COMPARTMENT RELIEF APPLIED TO THE ELABORATION OF THE GEOLOGICAL-GEO-TECHNICAL MAP IN THE GUARAREMA AND SÃO JOSÉ DOS CAMPOS REGION (SP)*Érica Mantovani de OLIVEIRA ¹, José Eduardo ZAINÉ ², Thais Minatel TINÓS³

RESUMO: Este artigo apresenta uma carta geológico-geotécnica, em escala 1:50.000, da região entre Guararema e São José dos Campos, bem como as características das unidades geológico-geotécnicas delimitadas. A área estudada localiza-se no leste do estado de São Paulo e caracteriza-se pelo contraste de relevo entre as Colinas Sedimentares da Bacia de Taubaté e os Morros Cristalinos das Serras do Mar e Mantiqueira; além da diversidade litológica (gnaisses, xistos, granitos, arenitos, argilitos, siltitos, entre outras). A carta geológico-geotécnica foi elaborada a partir do método de compartimentação de relevo, o qual permitiu o zoneamento da área em 07 unidades básicas de compartimentação, sendo uma na região de Planícies Fluviais, duas na região de Colinas Sedimentares e quatro na região de Morros Cristalinos; acompanhadas de sua caracterização em quadro síntese.

Palavras-Chave: Carta Geológico-Geotécnica; Compartimentação de Relevo; Guararema; São José dos Campos.

ABSTRACT: This paper presents a Guararema and São José dos Campos geological-geotechnical chart in 1:50,000 scale and the geological-geotechnical units characteristics. The area is located in the east São Paulo state and is characterized for contrast of the Sedimentary Hills of Basin Taubaté and Serra do Mar and Mantiqueira Crystalline Mounts; different lithologies (gneiss, schists, granites, sandstone, claystone, siltstone, etc.). The geological-geotechnical chart was elaborated with compartment relief method and results seven geological-geotechnical units: one in Fluvial Plan and two in Sedimentary Hills and four in Crystalline Mounts, accompanied by a synthesis table.

Keywords: Geological-Geotechnical Chart; Compartment Relief, Guararema, São José dos Campos.

¹ - Mestre em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP. E-mail: mantovani_geo@yahoo.com.br

² - Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP. E-mail: jezaine@rc.unesp.br

³ - Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP. E-mail: thaistinos@gmail.com

INTRODUÇÃO

O presente artigo traz uma carta geológico-geotécnica, na escala 1:50.000, do trecho entre o terminal de Guararema e a Refinaria de São José dos Campos (Figura 1), elaborada a partir do método de compartimentação do relevo.

A interpretação de produtos de sensoriamento remoto (imagem de satélite e imagem de radar) e a avaliação dos diversos elementos de relevo e drenagem permitiram a compartimentação fisiográfica da área em Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) que, posteriormente, foram caracterizadas segundo as suas propriedades geológico-geotécnicas.

A compartimentação do terreno seguiu o método proposto por VEDOVELLO (2000), cujo procedimento compreende três etapas: 1. compartimentação fisiográfica, 2. caracterização geotécnica e 3. cartografia temática final.

Para a caracterização geológico-geotécnica utilizou-se também a sistemática apresentada por SOARES E FIORI (1976) e LOLLO (1996), além de características obtidas a partir da bibliografia existente.

Este estudo faz parte da dissertação de mestrado, intitulada como “Carta geológico-geotécnica como subsídio a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental, a derrames de petróleo e derivados, na região do oleoduto Guararema-São José dos Campos, Vale do Paraíba (SP)”, apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Campus de Rio Claro. A carta geológico-geotécnica possui o objetivo de subsidiar a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental, para ações preventivas e corretivas aplicadas as obras lineares que cortam uma das mais importantes regiões econômicas do estado de São Paulo (Vale do Paraíba).

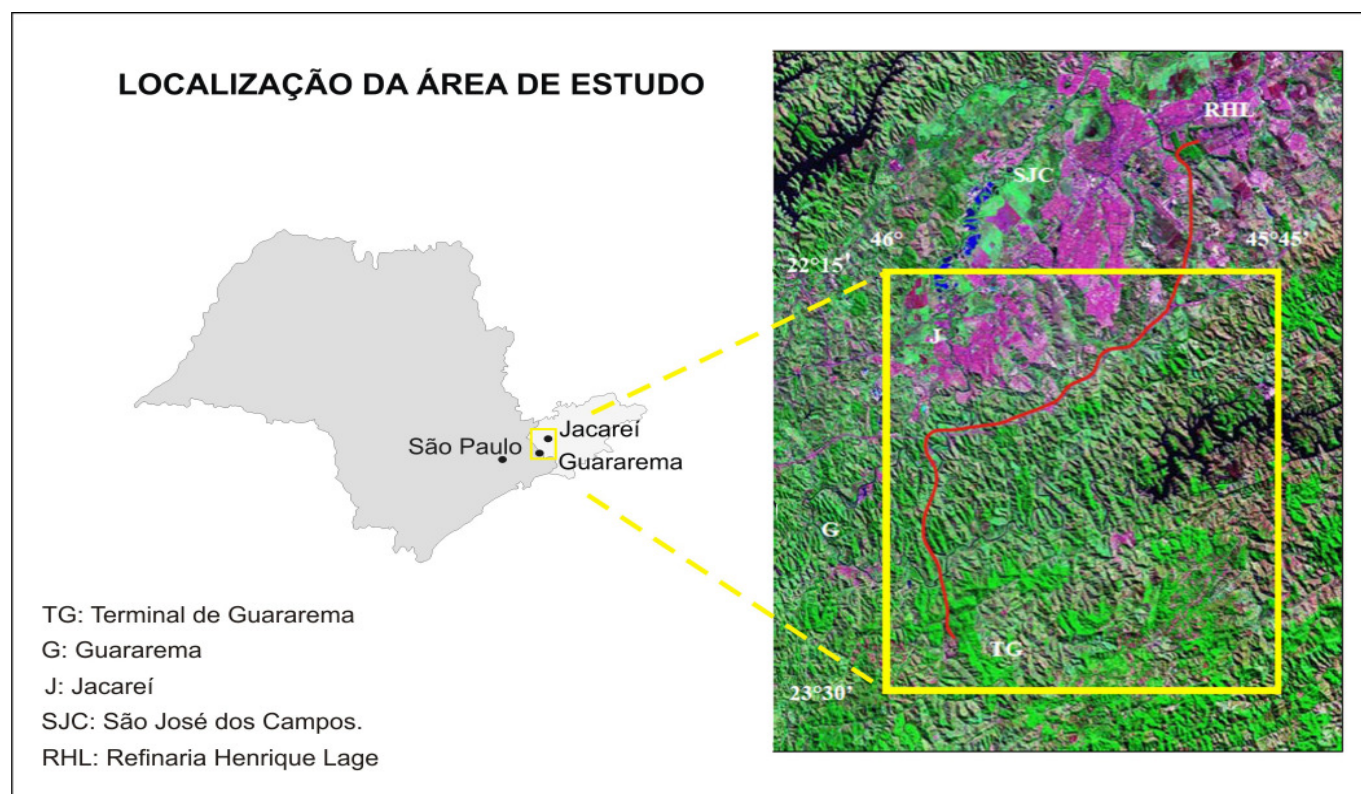


Figura 1: Localização da área de estudo. Fonte: GeoCover Landsat TM (2000).

Figure 1: Location of study area. Font: GeoCover Landsat TM (2000).

METODO E ETAPAS DE TRABALHO**MÉTODO DA UTILIZAÇÃO DE UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO (UBCS) PARA A DEFINIÇÃO DE UNIDADES GEOTÉCNICAS**

De acordo com VEDOVELLO (2000) este método consiste na elaboração de cartas geotécnicas, com base na interpretação de produtos de sensoriamento remoto (imagens orbitais ou fotografias aéreas) e na utilização de princípios de Análise de Terreno. O procedimento compreende etapas de compartimentação fisiográfica, caracterização geotécnica e cartografia temática final, conforme mostra a Figura 2.

A compartimentação fisiográfica consiste em dividir uma determinada área em unidades que apresentem homogeneidade quanto às características dos elementos componentes do meio físico e que, portanto, impliquem em um determinado comportamento geotécnico frente às ações e atividades antrópicas.

Tais unidades devem ser obtidas segundo a abordagem fisiográfica e a partir da análise sistemática de produtos de sensoriamento remoto (VEDOVELLO, 2000). Esta compartimentação pode ser efetuada em diferentes escalas, sendo comum a determinação de “classes” de unidades fisiográficas que englobam outras (em escalas maiores) ou por outras são englobadas - em escalas menores (VEDOVELLO; MATTOS, 1998).

Já a caracterização geotécnica implica em determinar, para cada unidade obtida na etapa anterior, propriedades e características dos materiais (solos, rochas, sedimentos) e das formas (tipos de relevo e processos morfogenéticos) do meio físico que sejam determinantes das condições geológico-geotécnicas relevantes para a aplicação pretendida. Os dados geotécnicos analisados podem ser de natureza diversa e representar tanto característica da área individualizada como propriedades dos materiais que compõem essa área. (VEDOVELLO, 2000).

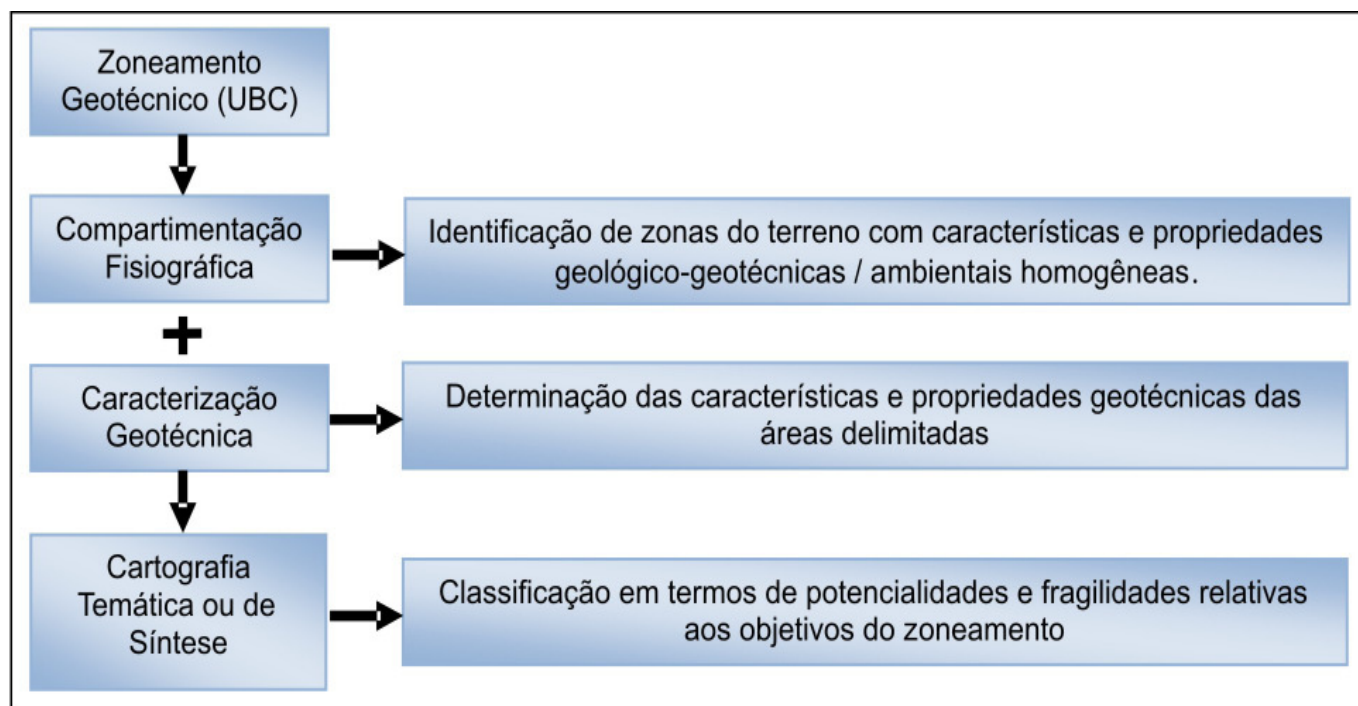


Figura 2: Procedimentos do método proposto por Vedovello (2000).

Figure 2: Method procedures proposed by Vedovello (2000).

A cartografia temática (carta de unidades básicas de compartimentação) refere-se à classificação das unidades de compartimentação quanto à fragilidades ou potencialidades do terreno. Essa classificação é feita com base na análise das propriedades e/ou características do meio físico obtidas na etapa anterior e determinada por meio de critérios ou regras estabelecidas para cada aplicação pretendida (VEDOVELLO, 2000).

ETAPAS DE TRABALHO

Para a elaboração da carta geológico-geotécnica seguiram-se seis etapas de trabalho, cuja seqüência pode ser visualizada no fluxograma da Figura 3.

1. Pesquisa Bibliográfica: coleta de informações sobre a área de estudo e método utilizado, aquisição de material cartográfico e produtos de sensoriamento remoto. Os temas utilizados na pesquisa bibliográfica referem-se: geologia, geomorfologia, solos, recursos hídricos, clima, vegetação, processos do meio físico, etc.

2. Preparação de Base Cartográfica: vetorização da base cartográfica (Folha Topográfica

Jacareí. IBGE, 1974), em ambiente GIS, utilizando o software ArcGis, versão 9.2.

3. Compartimentação do Terreno e Caracterização Geológico-Geotécnica: aplicação do método proposto por VEDOVELLO (2000), o qual permitiu dividir a área selecionada em sete Unidades Básicas de Compartimentação. Tais unidades foram caracterizadas segundo propriedades e características dos materiais (solos, rochas, sedimentos) e das formas (tipos de relevo e processos morfogenéticos) do meio físico, seguindo a lógica e sistemática de análise e interpretação para produtos de sensoriamento remoto de SOARES; FIORI (1976). As informações obtidas pela análise foram compiladas na carta geológica-geotécnica preliminar escala 1:50.000.

Os produtos de sensoriamento remoto utilizados foram:

- Imagem GeoCover Landsat TM (2000), resultante da fusão da banda 8 com as bandas 7, 4 e 2 (RGB), proporcionando resolução espacial de 14,25m. O mosaico GeoCover Landsat foi georreferenciado em projeção UTM (Universal Transverse Mercator) e sistema de coordenadas WGS84 (World Geodetic System 1984);

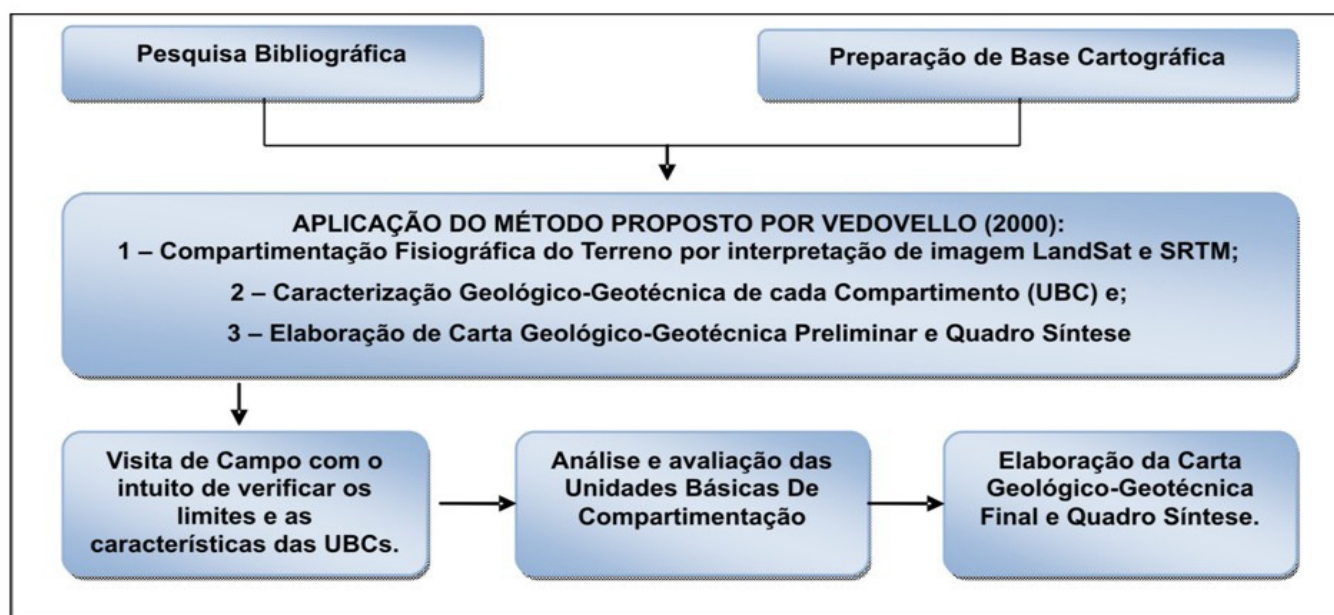


Figura 3: Etapas de Trabalho executadas para a elaboração da carta geológico-geotécnica.

Figure 3: Steps performed to geological and geotechnical chart drafting.

- Imagens SRTM (MIRANDA, 2005): articulações compatíveis com a escala 1:100.000 e 1:50.000.

4. Visita de Campo: foram verificados os resultados obtidos na etapa anterior (3) com o intuito de proporcionar maior precisão ao zoneamento estabelecido (limites entre cada Unidade Básica de Compartimentação e de suas características) e possibilitar as atividades de generalização.

5. Análise e Avaliação das Unidades Básicas de Compartimentação: foi realizada uma análise das características (geomorfológica, geológica, etc.) de cada Unidade Básica de Compartimentação, gerando-se uma avaliação de cada compartimento em termos de permeabilidade/infiltração, capacidade de recarga do aquífero e vulnerabilidade do aquífero frente à contaminação por qualquer substância, seja ela, petróleo, derivados ou outras.

6. Elaboração da Carta Geológico-Geotécnica Final: foi efetuada uma reunião de todas as informações obtidas nas etapas anteriores e elaboração da carta geológico-geotécnica final, em escala regional (1:50.000) e de quadro síntese com as principais características de cada Unidade geotécnica.

Salienta-se que estes produtos refletem as características do meio físico da área, entretanto para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental devem ser realizados estudos sucessivos, integrando informações do meio biótico e socioeconômico.

CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO DA ÁREA ESTUDADA GEOMORFOLOGIA

A área estudada insere-se na Província do Planalto Atlântico, mais especificamente na zona do Médio Vale do Paraíba, subdividida em três regiões: Morros Cristalinos, Colinas Sedimentares e Planície Fluvial (IPT, 1981).

1. Morros Cristalinos: dispõem-se ao redor da Bacia de Taubaté, emoldurando os relevos de colinas com altitudes que alcançam até 1.400m. As formas de relevo são representadas por morros e morrotes (Morros Paralelos, Mar de Morros e Morrotes Alongados) com topos angulares a arredondados e vertentes tendendo à convexidade (IPT, 1981). A estrutura dos Morros Cristalinos é predominantemente gnáissica, porém os granitos sustentam elevados morros e serras (ALMEIDA, 1974).

2. Colinas Sedimentares: coincide com a área da Bacia de Taubaté e apresenta relevo de baixas chapadas e amplas colinas de perfis pouco inclinados, suavemente convexos e as altitudes não ultrapassam 700m (ALMEIDA, 1974).

O arranjo do relevo na Bacia de Taubaté reflete a orientação NE das direções estruturais e litológicas do embasamento que, por sua vez, espelham feições mais antigas, reativadas em forma descontínua entre o Mesozóico e o Terciário (COLTRINARI, 2003). Planaltos e escarpas refletem a ocorrência de rochas resistentes, enquanto uma seqüência de hemigrabens, orientados segundo direções ENE e preenchidos por sedimentos continentais, desenvolveu-se ao longo de desnivelamentos gerados por falhas (COLTRINARI, 2003).

3. Planícies Fluviais: são terrenos que, devido à baixa declividade (da ordem de 2°), são formadas por sedimentos fluviais (aluviões) recentes e encontram-se às margens dos rios, estando sujeitos a inundações periódicas. Estes terrenos ocorrem tanto na zona de colinas sedimentares, quanto na zona de morros cristalinos e áreas de deposição e inundação do Rio Paraíba do Sul.

GEOLOGIA

A região do Vale do Paraíba está in-

serida na porção central da Província da Mantiqueira conhecida como Faixa Ribeira. Destacam-se as seguintes unidades geológicas: o embasamento cristalino, com diversos tipos litológicos do Pré-Cambriano, rochas granitóides e rochas sedimentares da Bacia de Taubaté (IPT, 1981).

1. Embasamento Cristalino: o embasamento cristalino atribui-se ao Grupo Açungui, composto por seqüências gnáissico-migmatíticas designadas de Complexo Embu. De acordo com FERNANDES e FIGUEIREDO (1990), as associações litológicas do Complexo Embu foram agrupadas em três unidades estratigráficas: Unidade Rio Una, Unidade Rio Paraibuna e Unidade Redenção da Serra.

A Unidade Rio Una ocorre em duas faixas: a primeira faixa compõe-se de xistos, quartzitos e rochas calciossilicatadas da Fácies anfibolito, zona da sillimanita-muscovita, com gradações longitudinais à zona da sillimanita-feldspato potássico. Já a segunda faixa é composta por xistos e quartzitos da Fácies xisto verde (HEILBRON et al, 2004).

A Unidade Rio Paraibuna diferencia-se das outras unidades pela presença de quartzitos placosos métricos que se intercalam, quase sempre, com rochas calciossilicatadas, gnaisses fino tonalítico/quartzo diorítico; granada-sillimanita-biotita-quartzo xistos ou gnaisses e gnaisses granítico hololeucocrático, blastomilonítico (FERNANDES; FIGUEIREDO, 1990).

Segundo FERNANDES E FIGUEIREDO (1990) a Unidade Redenção da Serra constitui-se de 3 associações. A Associação 1 tem como principal litotipo biotita gnaisses tonalítico ou granoiorítico intercalado com rochas calciossilicatadas bandadas, anfibolitos e raramente mármore. A Associação 2 apresenta, predominantemente, gnaisses peraluminosos, os quais, podem se associar a material granítico, raramente anfibolitos e quartzitos impuros. A Associação 3 apresenta 2 litotipos principais: biotita gnaisses e granada-sillimanita-biotita gnaisses que se intercalam e, ainda, podem se

intercalar com anfibolitos, boudins de rochas calciossilicatadas, quartzitos impuros e bandas ricas em biotita e bandas ricas em granada.

2. Rochas Granitóides: associam-se ao magmatismo neoproterozóico, marcado pela ausência de granitos metaluminosos (JANASI; ULBRICH, 1991 *apud* HEILBRON et al, 2004) e são representadas pelos maciços Quebra Cangalha, Lagoinha e Natividade da Serra.

No Maciço Quebra Cangalha predomina muscovita-biotita monzogranitos inequigranulares e muito restritamente biotita granito porfirítico com cristais de feldspato idiomórficos. O Maciço Lagoinha apresenta biotita granito porfirítico (inequigranular, raramente com granadas), biotita granito (fino a médio, equigranular) e muscovita-biotita granito com granada. O Maciço Natividade da Serra apresenta (muscovita)-biotita granito; biotita granito com muscovita (porfirítico, foliação marcante e megacristais alongados, secreções de quartzo-feldspáticas e ricos em turmalina) e (hornblenda)-biotita granitóide (FERNANDES; FIGUEIREDO, 1990).

Podem ocorrer, ainda, corpos diferenciados representados por muscovita-granada-turmalina granitos, aplitos e pegmatitos (HEILBRON et al, 2004).

3. Bacia de Taubaté: é uma unidade geotectônica, dentro do contexto das bacias tipo "rift" continental, características do sudeste brasileiro. Essa bacia "rift" está embutida no complexo cristalino Pré-cambriano do leste paulista entre as serras da Mantiqueira, a norte e o Planalto da Bocaina, a sul (HASUI; PONÇANO, 1978). As associações litológicas pertencem as seguintes formações: Formação Resende, Formação Tremembé, Formação São Paulo, Formação Pindamonhangaba e Sedimentos Quaternários.

a) Formação Resende: composta por conglomerados, lamitos e arenitos (RICCOMINI et al, 1989). Os conglomerados apresentam seixos

e matacões de rochas gnáissicas, graníticas e alcalinas em matriz lamítica a arenosa. Já os lamitos são argilosos e arenosos, podendo conter acumulações de matéria orgânica. Os arenitos são maciços, subarcosianos a arcoseanos, de granulometria média a grossa, localmente conglomeráticos (GOENNOPAWIRO, 1997)

b) Formação Tremembé: compõe-se de argilitos verdes (frequentemente fossilíferos), dolomitos, ritmitos (alternância de lâminas ou camadas de folhelhos e margas) e arenitos finos a médios (com estratificação cruzada) ou tabulares com gradação normal da base para o topo (RICCOMINI et al, 2004). Os folhelhos são, localmente, fossilíferos e às vezes pirobetuminosos; já as margas são ricas em ostracodes e podem gradar para calcários (SUGUIU, 1969 *apud* RICCOMINI et al, 2004).

c) Formação São Paulo: formada por arenitos, siltitos e argilitos. Os arenitos apresentam granulometria grossa e conglomerática, com clastos argilosos e estratificação cruzada. Ocorrem, também, arenitos médios a grossos gradando para sedimentos mais finos, rítmicos e laminados, representando sedimentos de rompimento de diques marginais. Os siltitos e argilitos são laminados, às vezes fossilíferos, depositados em meandros abandonado (RICCOMINI et al, 1989).

d) Formação Pindamonhangaba: é dividida nos membros Rio Pararangaba e Presidente Dutra. O Membro Rio Pararangaba constitui-se por conglomerados que gradam para arenitos grossos a médios com estratificações cruzadas tabulares e acanaladas. O Membro Presidente Dutra constitui-se por argilitos maciços a laminados, rítmicos e intercalados por siltitos e arenitos finos; podem ocorrer camadas de arenitos grossos com intraclastos de argilitos (RICCOMINI et al, 1989).

4. Sedimentos Quaternários: são depósitos sedimentares representados pelas aluviões atuais de rio Paraíba do Sul, depósitos de tálus e depósitos colúvio-aluvionares (IPT, 1990). Compõem-se por argilas orgânicas, lamitos, lamitos arenosos, areias e cascalhos. Os depósitos de tálus ocorrem associados às frentes escarpadas de serras, que se sobressaem em relação aos relevos associados à Bacia de Taubaté. Já os colúvios distribuem-se de forma generalizada em praticamente toda a porção da média a alta encosta, exceto onde ocorrem os solos e terraços aluviais (IPT, 1990).

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS

Segundo HASUI e POÇANO (1978), na região do Vale do Paraíba ocorrem grandes estruturas regionais, representadas por falhas transcorrentes de direção nordeste, denominadas de falha do Buquira e falha do Alto da Fartura. Estas falhas delimitam a bacia de Taubaté e estão atribuídas aos movimentos finais do Ciclo Brasileiro e reativadas com movimentos normais no Terciário (CARNEIRO et al, 1976).

HASUI & PONÇANO (1978) colocam que a foliação tem direção paralela ao traço da falha e mergulho subvertical; a lineação de atrito presente nos planos de foliação é subhorizontal com mergulhos que podem atingir valores de 30° para os dois rumos. Estas estruturas geológicas são de caráter penetrativo, diferenciando das estruturas dos movimentos normais, que não são penetrativos.

Os autores afirmam ainda que a reativação das falhas transcorrentes no Terciário gerou numerosas falhas ou zonas de falhas normais subparalelas segmentando a região e possibilitando a formação de um gráben, que alojou a sedimentação da Bacia de Taubaté. Após a sedimentação da bacia, os movimentos tectônicos prosseguiram, gerando falhas normais ou oblíquas com orientações NNW a NNE, que cortam os sedimentos das últimas camadas e formam escadarias ou pequenos

“grábens” e “horsts”. Por vezes há falhas anti-téticas associadas.

Na região ocorrem também altos topográficos transversais (Alto do Rio Putins, Caçapava e o Alto de Aparecida). O Alto do Rio Putins e de Caçapava expõem o embasamento pré-cambriano e parecem se relacionar com falhas de orientação geral NNW. Já o Alto de Aparecida associa-se as intrusões graníticas existentes nas proximidades de Aparecida do Norte (HASUI; PONÇANO, 1978).

SOLOS

Na região do Vale do Paraíba ocorrem solos superficiais (orgânicos), solos residuais (maduro) e solos saprolíticos; além de solos coluvionares, solos aluvionares e corpos de tálus. Tais solos se apresentam bem desenvolvidos e profundos nas áreas de morros e colinas e pouco desenvolvidos e pouco profundos em encostas íngremes; nas áreas de várzeas podem ter espessura variada. Cabe salientar que foi utilizada a classificação genética objetivando a relação com o comportamento geotécnico dos diferentes terrenos e horizontes de alteração (VAZ, 1996).

Os solos orgânicos são constituídos de material terroso, intensamente alterado, com grande quantidade de restos vegetais e apresentam cores cinza escuro e pretas.

Os solos residuais provem da decomposição “*in situ*” das rochas pré-existent, que, no caso do Vale do Paraíba são gnaisses, xistos, migmatitos, granitos, quartzitos, cálcio-silicatadas, anfíbolitos e de rochas sedimentares (arenito, siltito e argilito). Estes solos

apresentam minerais totalmente decompostos, não há estrutura geológica da rocha matriz e são solos friáveis, porosos, de textura variável, com baixa capacidade de troca catiônica e fortemente intemperizados.

Os solos saprolíticos também são solos “*in situ*” apresentando orientação e estruturas remanescentes da rocha matriz; entretanto vestígios de xistosidade, gnaissificação e demais planos de fraquezas da rocha original nem sempre são de fácil identificação. Estes solos podem apresentar minerais primários facilmente alteráveis; são predominantemente arenosiltosos e a sua estrutura é quase maciça. Da mesma forma que os solos residuais, a área de estudos apresenta solos saprolíticos de gnaisses, xistos, migmatitos, granitos, quartzitos, cálcio-silicatadas, anfíbolitos e de rochas sedimentares (arenito, siltito e argilito).

Os solos coluvionares são solos transportados (ação combinada da água e da gravidade) e depositados de forma caótica, com má seleção, sobre as encostas e na base das mesmas. Constituem-se de materiais finos com quantidade variáveis de matações. Os corpos de tálus são depósitos constituídos por grande quantidade de matações imersos em matriz fina (argilo-silto-arenosa). Caracterizam-se pela heterogeneidade textural de arranjo dos blocos de rocha o que resulta na existência aleatória de zonas preferenciais de percolação de água e na sua precária estabilidade. Os solos aluvionares são solos pouco desenvolvidos, resultantes de deposições fluviais recentes. Devido à natureza dos sedimentos depositados suas características morfológicas apresentam varia-

ção com relação à textura, cor, estrutura e consistência (BASTOS, 2006).

HIDROGEOLOGIA

Segundo a FUNDAÇÃO COPPETEC (2008) a região possui dois sistemas de aquíferos: o Sistema Aquífero Taubaté e o Sistema Aquífero Cristalino.

O Aquífero Taubaté possui grande potencial hídrico e é intensamente explorado, com aproximadamente 700 poços catalogados (VIDAL; CHANG, 2002), porém a exploração não é uniforme em virtude da variação da capacidade de fluxo, influenciada pela heterogeneidade litológica (DAEE, 1977 *apud* VIDAL; CHANG, 2004). De acordo com a FUNDAÇÃO COPPETEC (2008), as porções sudeste e noroeste da bacia apresentam elevadas vazões, com médias que variam de 40 a 200 m³/h; já a região central da bacia, entre os municípios de Taubaté e Pindamonhanga, apresenta as menores vazões com médias que variam de 20 a 30 m³/h.

O Aquífero Cristalino, o qual ocorre nas estruturas geológicas (falhas, fraturas, etc) das rochas cristalinas, apresenta condições aquíferas apenas em alguns locais, sendo explorado por algumas dezenas de poços tubulares de pequeno rendimento, podendo alcançar, excepcionalmente de 10 a 20 m³/h (FUNDAÇÃO COPPETEC, 2008).

PROCESSOS DO MEIO FÍSICO

De acordo com BITAR (1990) os processos do meio físico consistem em uma série de

fenômenos sucessivos com relação de causa e efeito, que resulta da interação de componentes materiais e tipos de energia, podendo ser deflagrado, acelerado ou retardado por agentes físicos, químicos e biológicos (fauna e flora) ou humanos, em determinado ambiente.

Na área estudada, os principais processos do meio físico são: movimentos de massa, erosão, assoreamento e inundação.

a) Movimentos de massa: na área de estudo ocorrem predominantemente dois tipos de movimentos de massa: rastejos e escorregamentos.

- Rastejo: são movimentos lentos e graduais da massa de solo de um talude, caracterizando uma deformação plástica, sem geometria e superfície de ruptura definidas. Ocorrem geralmente em horizontes superficiais de solo e transição de solo/rocha, como também em rochas alteradas e fraturadas (COSTA, 2010). Na área, o rastejo foi identificado nas morrarias cristalinas, e marcados pelas seguintes feições: degraus nas encostas, encurvamento de troncos de árvores e estufamento de algumas porções de solo.

- Escorregamentos: são caracterizados por movimentos de velocidade média a rápida, atingindo solos e/ou rochas, afeta parcialmente o manto de alteração de uma encosta, possui limites (superfície de ruptura) bem definidos tanto em profundidade como lateralmente. Os escorregamentos podem ser classificados conforme sua geometria em circular, planar ou em cunha.

De acordo com IPT (1991), o escorregamento de ruptura circular apresenta uma superfície de deslizamento encurvada, correspondendo a um movimento rotacional, segundo um eixo. Ocorre geralmente em aterros, pacotes de solo ou depósitos mais espessos, rochas sedimentares ou cristalinas intensamente fraturadas. A ocorrência de movimentos de massa circulares torna-se mais evidente nas áreas de climas tropicais e subtropicais com altas taxas de precipitação e temperaturas, onde o regolito ou manto de intemperismo é mais espesso, devido a uma pedogênese mais intensa e acelerada, podendo resultar em camadas de centenas de metros de espessura (PORTO, 1996).

O escorregamento tipo planar ocorre em solos poucos espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza. Em maciços rochosos o movimento é condicionado por estruturas geológicas tais como: xistosidade, fraturamento e foliação. Já o escorregamento em cunha ocorre ao longo de um eixo formado pela intersecção de estruturas planares em maciços rochosos, que desloca o material na forma de um prisma. São comuns em taludes de corte ou encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento natural ou antrópico (COSTA, 2010).

Segundo GUIMARÃES (2006), os movimentos de massa (Foto 1) da região estudada ocorrem seguindo duas direções preferenciais (NW – SE e NE-SW). Estas direções se cruzam quase que perpendicularmente, acompanhando planos de falhas e fraturas com alto ângulo de mergulho (em torno de 85°).



Foto 01: Cicatriz de Escorregamento, próximo a Jacareí.

Photo 1: Landslide scar, near Jacareí.
Autor: Mantovani, E. O.

b) Erosão: consiste na retirada de material superficial do solo e pode ser classificada entre erosão laminar e erosão linear. A erosão laminar acontece quando a água escoar uniformemente pela superfície do terreno, transportando as partículas do solo sem formar canais definidos, já a erosão linear é causada pela concentração do escoamento superficial e de fluxos d'água em forma de filetes. Sua evolução dá origem a três tipos de erosão: sulcos, ravinas e voçorocas (SANTORO, 2009).

O sulco é um tipo de erosão no qual o fluxo d'água ao atingir maior volume transporta maior quantidade de partículas, formando incisões da superfície de até 0,5 m de profundi-

dade e perpendiculares as curvas de nível. As ravinas já constituem formas erosivas lineares cuja profundidade é maior que 0,5 m e neste caso, as águas do escoamento superficial, escavam o solo até seus horizontes inferiores. A voçoroca é a forma mais complexa de erosão linear, pois há uma ação combinada das águas do escoamento superficial e subterrâneas, o que condiciona a evolução da erosão tanto lateral quanto longitudinalmente (SANTORO, 2009).

Na área de estudo, a erosão está relacionada à composição das formações superficiais e unidades com perfil de alteração mais desenvolvido, declividades acentuadas e, quase sempre, deflagradas por atividades antrópicas (Foto 2).



Foto 2: Feições erosivas em arenitos conglomeráticos, nas proximidades de Jacareí.

Photo 2: Erosion features in conglomeratic sandstones, near Jacareí.

Autor: Mantovani, E.O.

c) Assoreamento: O processo de assoreamento numa bacia hidrográfica encontra-se intimamente relacionado aos processos erosivos,

uma vez que este processo é que fornece os materiais que darão origem ao assoreamento. Quando não há energia suficiente para transportar o material erodido, este material é depositado (GUERRA, 1995). Na área de estudo, os assoreamentos são acelerados pela intensa mineração com a extração de areia.

e) Inundação: corresponde ao extravasamento das águas dos cursos d'água para as áreas marginais. Está, associado a enchentes ou cheias, assoreamento de canal, barramento ou remansos. Na área estudada, as inundações associam-se, principalmente, às planícies de inundação do Rio Paraíba do Sul.

RESULTADOS

A compartimentação do relevo da área estudada seguiu os princípios de análise integrada dos componentes do terreno, partindo-se da contextualização regional (pesquisa bibliográfica), seguindo pela análise e interpretação de imagens e aerofotos complementado pela observação e levantamento de campo.

A integração dessas etapas resultou na elaboração de uma Carta geológico-geotécnica, na escala 1:50.000, contendo a divisão da área em sete unidades geológico-geotécnicas (UBCs) aparentemente “homogêneas” quanto às características dos elementos componentes do meio físico. Das sete unidades geotécnicas uma unidade encontra-se na região de planícies fluviais (Unidade 1 – Planícies Fluviais), duas na região de colinas sedimentares (Unidade 2 – Arenitos Maciços em Colinas Sedimentares e Unidade 3 – Siltitos e Arenitos Finos

em Colinas Sedimentares) e quatro na região de morros cristalinos (Unidade 4 – Gnaisses dos Morros Cristalinos, Unidade 5 Xistos dos Morros Cristalinos, Unidade 6 – Gnaisses “2” dos Morros Cristalinos e, Unidade 7 – Gnaisses Finos dos Morros Cristalinos).

Para cada Unidade obtida definiram-se propriedades e características dos materiais

(solos, rochas, sedimentos), dos tipos de relevo, perfis de alteração e processos existentes, além da análise quanto à permeabilidade/infiltração, capacidade de recarga dos aquíferos e vulnerabilidade a contaminação dos aquíferos, gerando a carta geológico-geotécnica (Figura 4) e quadro síntese (Quadro 1).

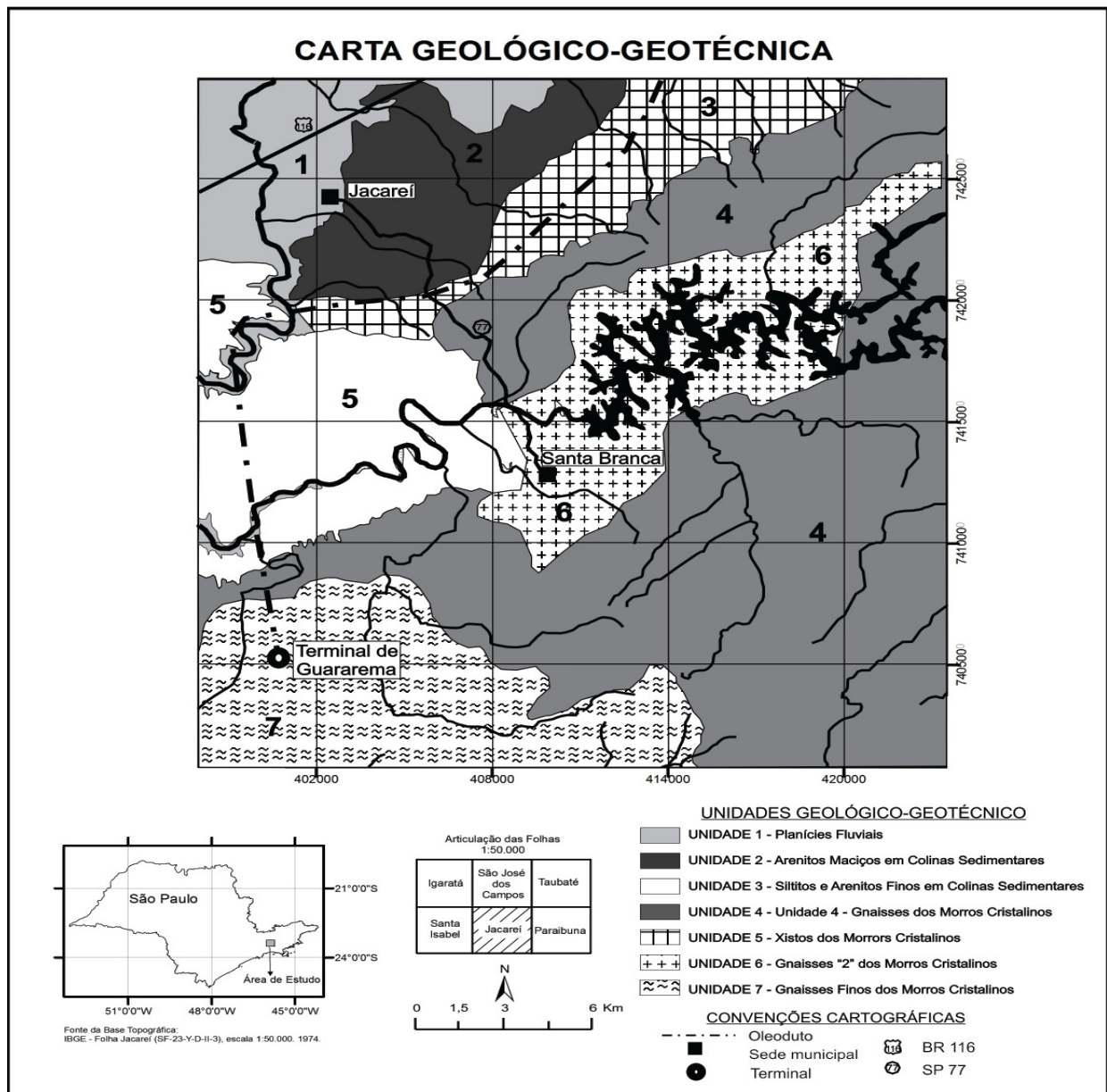


Figura 4: Carta Geológico-Geotécnica da área de estudo.

Figure 4: Geological-Geotechnical Charter of the study area.

Unidade Geológico-Geotécnica		CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO					
		Geomor - fologia	Geologia	Solos	Hidrologia	Processos do Meio Físico	Outras Características
Unidades em Planícies Fluviais	Unidade 1: Planícies Fluviais	Relevos Suaves; aplainado declividade ~2°	Sedimentos Quaternários e de planícies de inundação recentes. Areias, cascalheiras e argilas	Gleissolos; arenosos com seixos (Foto 03); porções argilosas.	Baixa densidade de drenagem; presença de meandros abandonados	Inundação e assoreamento	Baixo escoamento superficial; Alta taxa de infiltração Boa capacidade de recarga do aquífero; Alta vulnerabilidade de contaminação do aquífero.
	Unidade 2: Arenitos Maciços em Colinas Sedimentares	Relevos suaves, ondulados; topos arredondados e declividade de 10° a 20° Foto 04 e Foto 06	Arenitos maciços; granulometria média a grossa com níveis conglomeráticos pouco fraturados. Foto 05	Solo coluvionares e residuais arenosos; areia quartzosa.	Baixa densidade de drenagem com algumas drenagens encaixadas em fraturas.	Erosão	Baixo escoamento superficial; Alta taxa de infiltração Boa capacidade de recarga do aquífero; Alta vulnerabilidade de contaminação do aquífero
Unidades em Colinas Sedimentares							
	Unidade 3: Siltitos e Arenitos Finos em Colinas Sedimentares		Siltitos e Arenitos Finos. Provavelmente da Formação Pindamonhangaba. Foto 07	Solo Coluvionar e Residual, ambos siltosos, pouco arenosos com cores que variam de amarelada a avermelhada.	Baixa densidade de drenagem com algumas drenagens encaixadas em fraturas.	Erosão e rastejo	Moderado escoamento superficial; Moderada taxa de infiltração Moderada capacidade de recarga do aquífero; Média vulnerabilidade de contaminação do aquífero.
Unidades em Morros Cristalinos	Unidade 4: Gnaisses dos Morros Cristalinos	Relevo e drenagens muito orientados topos extensos; vales em "V" e declividade de 30° a 40°	Gnaisses. Área muito fraturada. Rochas resistentes a erosão.	Solo residual de gnaíse areno-siltoso Saprolito arenoso de Gnaíse. Foto 8	Alta densidade de drenagem; drenagens encaixadas em fraturas.	Rastejo; Erosão; Escorregamento	Alto escoamento superficial; Infiltração pelas fraturas Baixa capacidade de recarga do aquífero; Baixa vulnerabilidade de contaminação do aquífero.
	Unidade 5: Xistos dos Morros Cristalinos	Relevo e drenagens pouco orientados topos extensos, vales em "V" e declividade de ~40°.	Xisto (Foto 9) com possíveis intercalações de rochas calciossilicatadas. Área muito fraturada; rochas pouco resistentes à erosão.	Solo residual e saprolítico de xistos; argilosos, podendo conter areia fina e intercalações de solos residuais de rochas calciossilicatadas Foto 10	Alta densidade de drenagem; drenagens encaixadas em fraturas	Rastejo; Erosão; Escorregamento	Alto escoamento superficial; Infiltração pelas fraturas e planos de xistosidade Baixa capacidade de recarga do aquífero; Baixa vulnerabilidade de contaminação do aquífero

Quadro 1: Síntese das Características do Meio Físico para as Unidades Geológico-Geotécnicas delimitadas na área de estudo.

Chart 1: Characteristics Summary of the Physical Environ to the Geological-geotechnical units defined in the study area.

Unidade Geológico-Geotécnica		CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO					
		Geomorfologia	Geologia	Solos	Hidrologia	Processos do Meio Físico	Outras Características
Unidades em Morros Cristalinos	Unidade 6: Gnaisses "2" dos Morros Cristalinos	Relevo e drenagens pouco orientados Topos extensos, vales em "V" Declive moderado (~40°). Foto 11	Gnaisse Área muito fraturada; Rochas pouco resistentes à erosão.	Solo residual e saprolítico de gnaisse Material silto-arenoso.	Alta densidade de drenagem; drenagens encaixadas em fraturas	Erosão, Escorregamento e rastejo	Alto escoamento superficial; Infiltração pelas fraturas Baixa capacidade de recarga do aquífero; Baixa vulnerabilidade de contaminação do aquífero
	Unidade 7: Gnaisses Finos dos Morros Cristalinos	Relevo e drenagens orientados Topos extensos, vales em "V" Declive alto (40° a 50°).	Gnaisse fino; Área muito fraturada; Rochas resistentes à erosão.	Solo residual e saprolítico de gnaisse silto-arenoso.	Alta densidade de drenagem; Drenagens encaixadas em fraturas	Erosão; Escorregamento e rastejo	Alto Escoamento Superficial; Infiltração Pelas Fraturas Boa Capacidade De Recarga Do Aquífero; Alta Vulnerabilidade De Contaminação Do Aquífero

Quadro 1: Síntese das Características do Meio Físico para as Unidades Geológico-Geotécnicas delimitadas na área de estudo.

Chart 1: Characteristics Summary of the Physical Environ to the Geological-geotechnical units defined in the study area.



Foto 3: Solo arenoso com seixos, presente na Unidade 1.

Photo 3: Sandy soil with pebbles, present in Unit 1.

Autor: Mantovani, E.O.



Foto 4: Visão geral do relevo da UBC 2. A linha Preta mostra a diferença de relevo entre Morros Cristalinos, representados pela Serra da Mantiqueira e o relevo suave da UBC 2.

Photo 4: Overview UBC 2 relief. The black line shows the difference in relief between Crystalline Mounts, represented by Serra da Mantiqueira and UBC 2 gentle slope.

Autor: Mantovani, E.O.



Foto 5: Arenitos maciços com níveis conglomeráticos.

Photo 5: Conglomeratic levels in massive sandstones.

Autor: Mantovani, E.O.

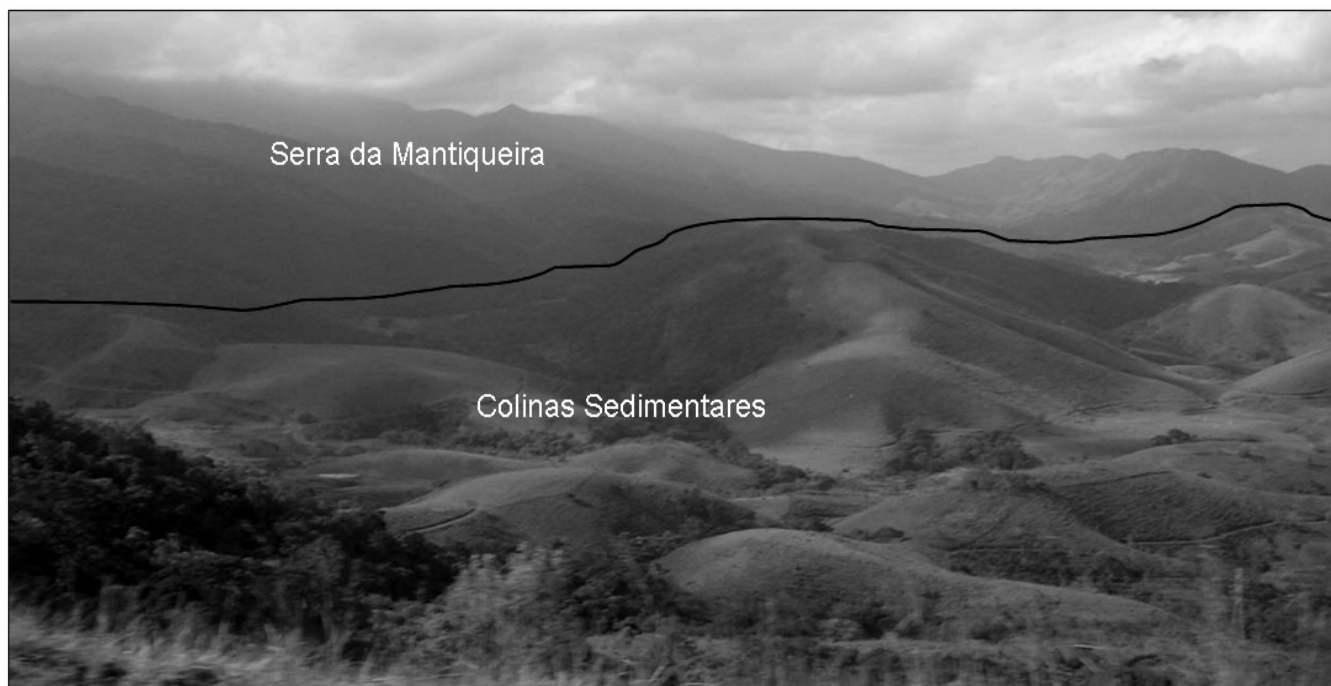


Foto 6: Relevo da UBC 3 (colinas sedimentares). Notar a semelhança com o relevo da UBC 2, incluindo a região de Morros Cristalinos (Serra da Mantiqueira).

Photo 6: UBC 3 relief (sedimentary hills). Note the similarity to the UBC 2 relief, including the Crystalline Mounts region (Serra da Mantiqueira).

Autor: Mantovani, E.O.

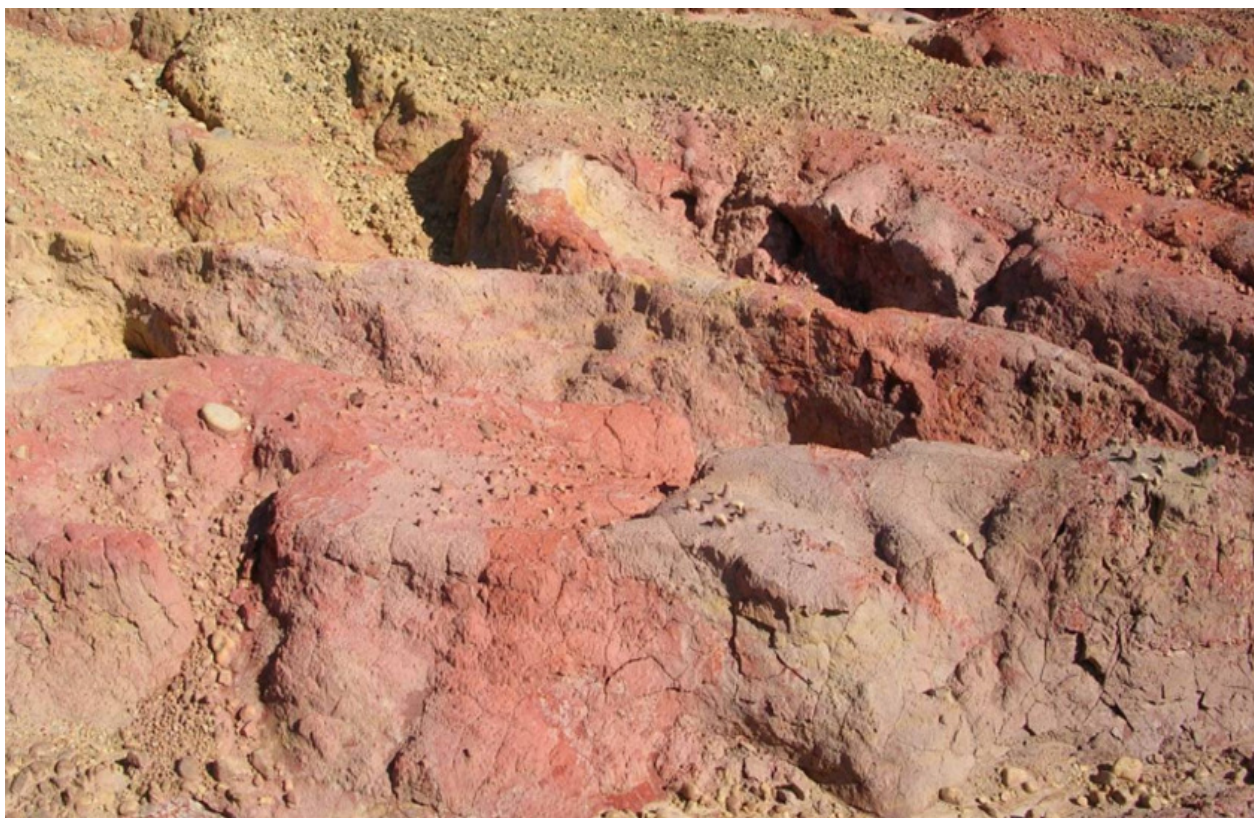


Foto 7: Material argiloso presente na UBC 3.

Photo 7: Argillaceous material in UBC 3.

Autor: Mantovani, E.O.

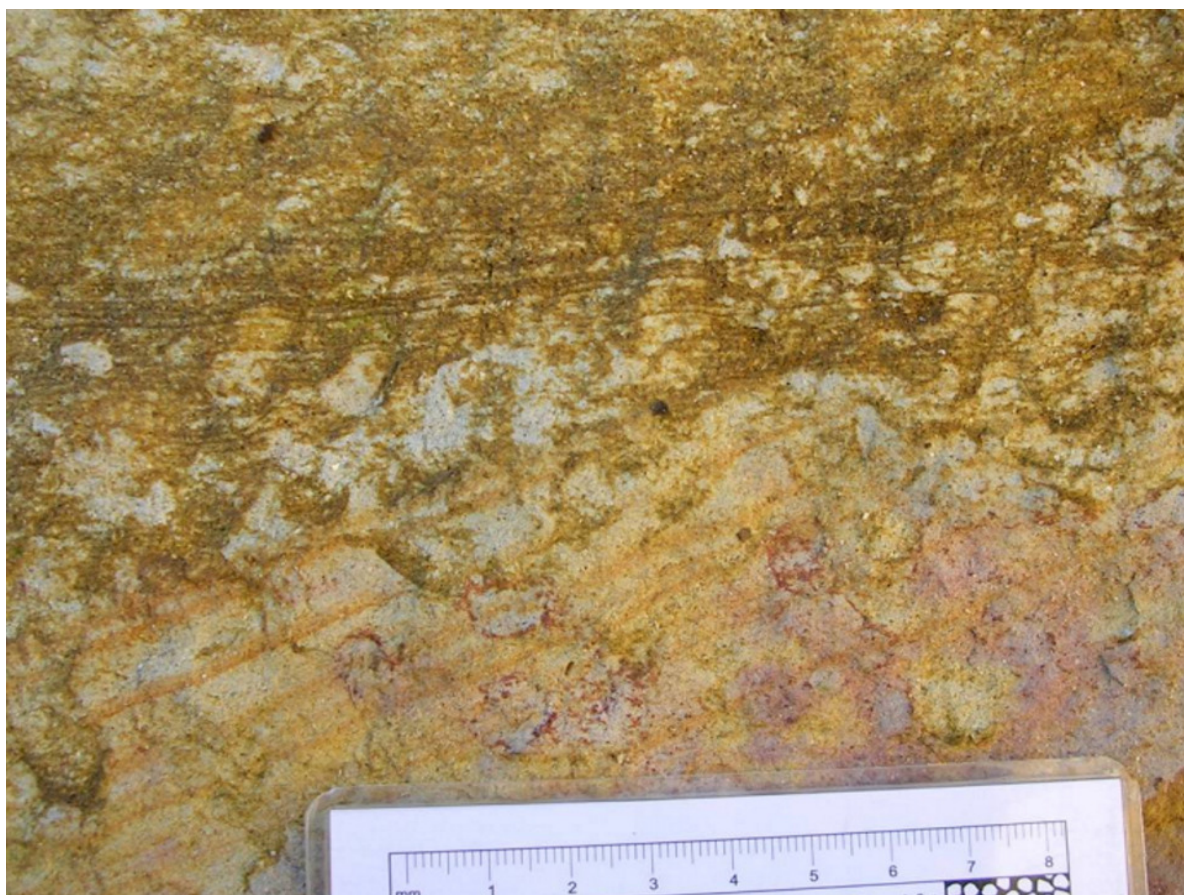


Foto 8: Saprolito de Gnaiss, presente na UBC 4.

Photo 8: Gneiss saprolite in UBC 4.

Autor: Mantovani, E.O.



Foto 9: Amostra de xisto presente na UBC 5.

Photo 9: Schist sample in UBC 5.

Autor: Mantovani, E.O.

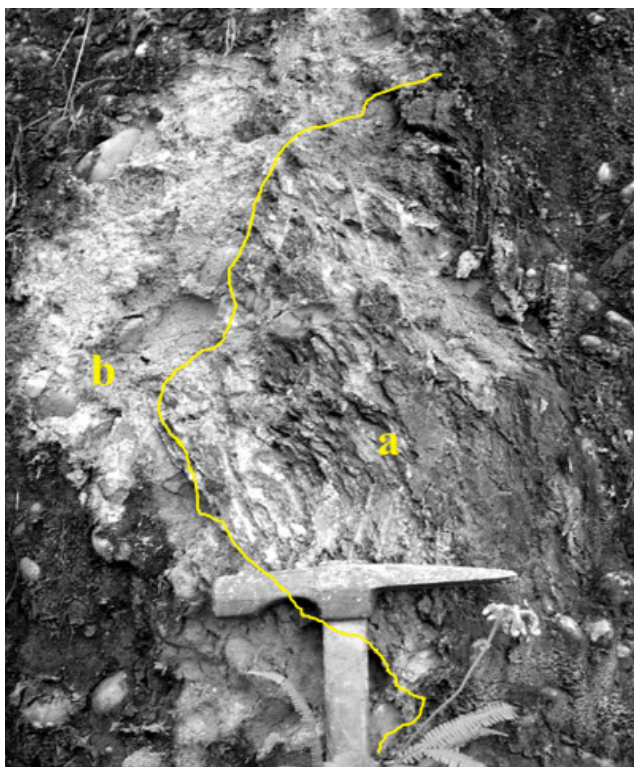


Foto 10: Saprolito de xisto (a) e, possível solo residual de rocha calciossilicática (b).

Photo 10: Schist saprolite (a), and possible residual soil rock calc (b).

Autor: Mantovani, E.O.



Foto 11: Represa de Santa Branca. Ao fundo relevo que circunda a Represa, representado por Morros Cristalinos.

Photo 11: Santa Branca catchment. In the background, relief that surrounds the cathment, represented by Crystalline Mounts.

Autor: Mantovani, E.O.

CONCLUSÕES

A Carta Geológico-Geotécnica (Figura 4) apresenta a compartimentação em sete unidades geotécnicas baseadas na correlação entre as propriedades texturais e espectrais da imagem e propriedades e/ou características do meio físico de interesse geotécnico. A textura na imagem reflete as características e propriedades dos materiais que são imageados, ou seja, há uma relação entre as propriedades texturais da imagem e as propriedades e características do alvo, o que permite que estas sejam inferidas.

Para uma região com mesmo índice pluviométrico, a permeabilidade é inversamente proporcional à densidade de elementos texturais, ou seja, quanto maior a densidade de drenagem, menor a permeabilidade do material.

A identificação das formas de topos e encostas permite a inferência de propriedades como: grau de alterabilidade, tipo de material do perfil de alteração e espessura deste perfil. As estruturas geológicas determinam as zonas de fraqueza do terreno, o que se pode inferir e/ou identificar processos erosivos e de movimento de massa.

O grau de alterabilidade é definido com relação à resistência a erosão do material, ou seja, os maciços rochosos com maior grau de alterabilidade apresentarão maior grau de erodibilidade, sendo considerados pouco resistentes.

O contraste das características do meio físico, principalmente entre a Bacia de Taubaté e a Região Cristalina colaborou para enriquecer a discussão sobre os comportamentos geotécnicos e processos geológicos esperados. Esta variação de terrenos que inclui a combinação de rochas sedimentares (arenitos e conglomerados), rochas metamórficas (xistos e gnaisses) e depósitos sedimentares com diversas formas de relevo, mostra que cada região adquire características próprias, com diversos tipos de perfis de solo, comportamentos geotécnicos,

processos geológicos, entre outros.

Assim, as características do meio físico (geologia, geomorfologia, pedologia, hidrologia, hidrogeologia e geotécnicos) podem potencializar ou limitar áreas sejam elas aplicadas a qualquer tipo de uso, como por exemplo, agricultura, habitação, implantação de obras, limpeza de áreas afetada por acidentes com contaminantes, etc.

O método utilizado para a compartimentação do terreno trouxe contribuições aos estudos em termos de custos, tempo e aplicabilidade, pois não requer uma multiplicidade de produtos (mapa geomorfológico, pedológico, geológico, etc.) que são cruzados diretamente ou em associações específicas, sucessivas, por vezes com atribuições e pesos, até chegar a um mapa final. O método apresenta uma análise integrada dos elementos ambientais (relevo, solo, rocha, etc.), os quais são individualizados em unidades únicas que refletem limites concretos no espaço, gerando um mapa final.

As Unidades de Compartimentação foram delimitadas sobre imagens GeoCover Landsat TM e Imagens SRTM. A opção por produtos desses sensores se deve ao fato de que, atualmente, os produtos TM-Landsat e SRTM apresentam um acervo de imagens disponíveis com facilidade de aquisição, em relação aos outros produtos (SPOT, IKONOS, Quickbird, etc.). Além de que tais produtos apresentam boas condições para as interpretações previstas, principalmente para a escala de nível regional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo (ANP), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. **Boletim do Instituto de Geografia e Geologia**, São Paulo, v.41, p. 167-262, 1974.
- BASTOS, I. G. **Estabilização de encostas através de drenagem profunda: estudo de um caso de estabilização com túnel de drenagem**. 2006. 204 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- BITAR, O. Y. **O Meio Físico em estudos de impacto ambiental**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1990, 270 p.
- CARNEIRO, C. D. R.; HASUI, Y.; GIANCURSI, F. D.; Estrutura da Bacia de Taubaté na região de São José dos Campos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. **Anais...**, Soc. Brasileira de Geologia, 1976. p. 247 a 256.
- COLTRINARI, L. **Evolução Geomorfológica do Planalto de São Jose dos Campos (SP)**. 2003. Tese (Livre-docência em Geografia) - Faculdade de Filosofia, letras e Ciências humanas, São Paulo - USP, São Paulo, 2003.
- COSTA, N. R. **Utilização de geotecnologias no monitoramento de processos erosivos e movimentos de massa em trecho da faixa de dutos Rio de Janeiro - Belo Horizonte**. 2010. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Geologia) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Neves" / UNESP, Rio Claro, 2010.
- FERNANDES, A. J.; FIGUEIREDO, M. C. H. O complexo Embu no leste do estado de São Paulo: limites e evolução geológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. **Anais...**, v.6., Soc. Brasileira de Geologia, 1990. p. 2755 a 2763.
- FUNDAÇÃO COPPETEC. **Síntese do Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Disponível em: <http://www.hidro.ufrj.br/pgrh/pgrh-re-019-r0/pgrh-re-019-r0-cap3-p3.pdf>. Acesso em: 15 abr 2008.
- GEOCOVER 2000. **Imagem GeoCover TM – Product Description Sheet**. Disponíveis em <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>. Acesso em 20 nov 2007.
- GOENOPAWIRO K.S. **Diagênese dos arenitos terciários da Bacia de Taubaté - SP**. 1997. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Neves" / UNESP, Rio Claro, 1997.
- GUERRA, A.J.T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1995, 472 p.
- GUIMARÃES, P. L. **Zoneamento Geoambiental como subsídio à análise dos indicadores ambientais nas áreas de dutos: caracterização geoquímica e mineralógica das frações finas das coberturas de alterações intempéricas**. 2006. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Geologia) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Neves" / UNESP, Rio Claro 2006.
- HASUI Y.; PONÇANO W. L. Organização estrutural e evolução da Bacia de Taubaté. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. **Anais...**, v.1, Soc. Brasileira de Geologia, 1978. p 368-381.
- HEILBRON M.; PEDROSA-SOARES A. C.; NETO, M.C.C.; SILVA, L.C.D; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. Província Mantiqueira. In: VIRGINIA MANTESSO-NETO, V.; BARTORELI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B. (Coord.) **Geologia do Continente Sulameri-**

cano: Evolução e Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. 1.ed., São Paulo: Beca , 2007, p.203– 236.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta Topográfica da Folha SF-23-Y-D-II-3 (Jacareí)**, Estado de São Paulo, escala 1:50.000. 1974

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Geologia das folhas Jacareí (SF. 23-Y-D-II-3), Tremembé (SF.23-Y-B-V-4), Taubaté (SF.23-Y-D-II-2) e Pindamonhangaba (SF.23-Y-B-VI-3), Estado de São Paulo, escala 1:50.000.** São Paulo: IPT, Relatório n. 28732, 1990.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: IPT, Relatório n. 1183, v.1. 1981.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Ocupação de Encostas.** São Paulo: IPT, Publicação n.1831, 1991.

LOLLO, J. A. **Uso da técnica de avaliação de terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas.** 1996. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

MIRANDA, E. E. (Coord.). **Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 13 jan 2008.

PORTO, C. G. Intemperismo em regiões tropicais. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p. 123 – 194.

RICCOMINI C., PELLOGIA A.U.G., SALONI J.C.L., KOHENKE M.W., FIGUEIRA R.M. Neotectonic activity in the Serra do Mar rift system

(Southeastern Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, Columbia, EUA, v.2, n.2, p.191-197, 1989.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G. & FERRARI, A.L. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: VIRGINIA MANTES-SO-NETO, V.; BARTORELI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B. (Coord.) **Geologia do Continente Sulamericano: Evolução e Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** 1.ed., São Paulo: Beca , 2007, p. 383-405, 2004.

SANTORO, J. Erosão continental. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196p.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. **Notas Geomorfológicas**, Campinas, v.16, n.32, p.71-104, 1976.

VAZ, L.F. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. **Solos e Rochas**, São Paulo, v.19, n.2, p.117-136, 1996.

VEDOVELLO, R.; MATTOS, J. T.. A utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a Definição de Unidades Geotécnicas: uma Abordagem a partir de Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3, 1998, Florianópolis. **Anais...** (CD), 1998.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos Geotécnicos Aplicados à Gestão Ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs.** 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Neves” / UNESP, Rio Claro, 2000.

VIDALA. C.; CHANG HUNG KIANG. Caracterização Hidroquímica Dos Aqüíferos Da Bacia De Taubaté. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 2, p.267-276, 2002.

VIDAL A. C.; CHANG HUNG KIANG. Análise Geoestatística da Salinidade dos Aqüíferos da Bacia De Taubaté. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 109-116, 2004.