

### 3. 5. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E GEOTECNIA

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.5.1: Localização da área de estudo, no setor I ou Extremo-Norte do litoral catarinense. ....	3.5-7
Figura 3.5.2: Localização da folha Imbituba (IBGE, 1976) no setor V ou Centro-sul do litoral catarinense.....	3.5-8
Figura 3.5.3: Imagem de satélite observando-se os principais acidentes geográficos do entorno da área de estudo, adaptado do Google Earth (2009).....	3.5-9
Figura 3.5.4: Mapa geológico do município de Joinville (AID), com detalhe da Geologia da área da propriedade da UFSC (ADA).....	3.5-12
Figura 3.5.5: Mapa geológico da Área Diretamente Afetada, propriedade definida para a implantação do CEM/UFSC, no município de Joinville, Santa Catarina.....	3.5-13
Figura 3.5.6: Detalhe Mapa Geológico ADA.....	3.5-14
Figura 3.5.7: Panorama da propriedade (ADA) a partir da BR 101, com destaque para o relevo de colinas do embasamento granulítico. ....	3.5-16
Figura 3.5.8: Panorama da propriedade (ADA) a partir da BR 101, com destaque para a zona de várzea com terrenos sedimentares. ....	3.5-18
Figura 3.5.9: Mapa geomorfológico do município de Joinville (AID), com detalhe da Geomorfologia da área da propriedade da UFSC (ADA). ....	3.5-20
Figura 3.5.10: Panorama da propriedade (ADA) a partir da BR 101, com destaque para o relevo de colinas costeiras. ....	3.5-22
Figura 3.5.11: Panorama da propriedade (ADA) a partir da BR 101, com destaque para a zona de várzea com terrenos sedimentares. ....	3.5-22
Figura 3.5.12: Imagem do Campus da UFSC em Joinville, com sua localização em relação a BR-101 e áreas de ocorrência do granulito e dos Sedimentos Quaternários. ....	3.5-23
Figura 3.5.13: Baixada formada por Sedimentos Quaternários e elevações por granulitos. ....	3.5-24
Figura 3.5.14: Baixada formada por Sedimentos Quaternários e elevações por granulitos. ....	3.5-24
Figura 3.5.15: Vista panorâmica do Campus da UFSC, em Joinville, vendo-se as baixadas formadas por Sedimentos Quaternários e as elevações pelo Complexo Granulítico de Santa Catarina.....	3.5-25
Figura 3.5.16: Variações do CBR e expansão do horizonte B do granulito e a média de 57 ensaios de amostras coletadas na BR-470 – Trecho: Navegantes – Indaial – SC. ....	3.5-36
Figura 3.5.17: Variações do CBR e expansão do horizonte C do granulito e a média de 60 ensaios de amostras coletadas na BR-470 – Trecho: Navegantes – Indaial – SC. ....	3.5-37

Figura 3.5.18: Área de empréstimo próxima ao campus, utilizada para o aterro do Contorno Ferroviário, formado pelos horizontes B e C de granulito .....	3.5-39
Figura 3.5.19: Talude de corte do horizonte C do granulito, vendo-se as caneluras devidas à erosão. ....	3.5-40
Figura 3.5.20: A sensibilidade à erosão do horizonte C do granulito se manifesta também em taludes de aterros executados com este solo .....	3.5-41
Figura 3.5.21: Bueiro rompido devido a fuga do aterro executado com o horizonte C do granulito, pela junção dos tubos.....	3.5-41
Figura 3.5.22: Planta com a localização das sondagens a percussão efetuadas na área do projeto. ....	3.5-43
Figura 3.5.23: Detalhe da Planta com a localização das sondagens a percussão efetuadas na área do projeto..	3.5-44
Figura 3.5.24: Perfil da sondagem a percussão SP-03 (Folha 01) .....	3.5-45
Figura 3.5.25: Perfil da sondagem a percussão SP-03 (Folha 02) .....	3.5-46
Figura 3.5.26: Perfil da sondagem a percussão SP-06 (Folha 01) .....	3.5-47
Figura 3.5.27: Perfil da sondagem a percussão SP-06 (Folha 02) .....	3.5-48
Figura 3.5.28: Perfil da sondagem a percussão SP-06 (Folha 03) .....	3.5-49
Figura 3.5.29: Área de ocorrência de Sedimentos Quaternários Aluvionares, argilosos, com matéria orgânica, formando um banhado.....	3.5-50
Figura 3.5.30: Aterro do Contorno Ferroviário executado sobre Sedimentos Quaternários, formados por uma argila orgânica preta .....	3.5-51
Figura 3.5.31: Perfil da sondagem a percussão SP-04 (Folha 01) .....	3.5-54
Figura 3.5.32: Perfil da sondagem a percussão SP-04 (Folha 02) .....	3.5-55
Figura 3.5.33: Perfil da sondagem a percussão SP-05 (Folha 01) .....	3.5-56
Figura 3.5.34: Perfil da sondagem a percussão SP-05 (Folha 02) .....	3.5-57
Figura 3.5.35: Perfil da sondagem a percussão SP-07 (Folha 01) .....	3.5-58
Figura 3.5.36: Perfil da sondagem a percussão SP-07 (Folha 02) .....	3.5-59
Figura 3.5.37: Seção esquemática mostrando a relação de espessuras dos solos derivados do granulito e os solos moles. ....	3.5-60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.5.1: Panorama da propriedade (ADA) a partir da BR 101, com destaque para a zona de várzea com terrenos sedimentares. ....	3.5-19
Tabela 3.5.2: Características geotécnicas do horizonte C do granulito pouco alterado. ....	3.5-27
Tabela 3.5.3: Características geotécnicas do horizonte C do granulito medianamente alterado. ....	3.5-27
Tabela 3.5.4: Características geotécnicas do horizonte C do granulito muito alterado .....	3.5-28
Tabela 3.5.5: Comparativo dos efeitos da compactação nas características granulométricas de amostra do horizonte C de granulito pouco alterado, coletada no km 1+460 da Rodovia SC 418.....	3.5-30
Tabela 3.5.6: Comparativo dos efeitos da compactação nas características granulométricas de amostra do horizonte C de granulito pouco alterado, coletada no km 2+080 da Rodovia SC 418.....	3.5-31
Tabela 3.5.7: Comparativo dos efeitos da compactação nas características granulométricas de amostra do horizonte C de granulito muito alterado, coletada no km 6+060 da Rodovia SC 418.....	3.5-32
Tabela 3.5.8: Comparativo dos efeitos da compactação nas características granulométricas de amostra do horizonte C de granulito pouco alterado, coletada no km 9+920 da Rodovia SC 418.....	3.5-33
Tabela 3.5.9: Características geotécnicas de amostras do horizonte B do granulito coletadas na SC 418 .....	3.5-35

## SUMÁRIO

3.5	Geologia, Geomorfologia e Geotecnia .....	3.5-6
3.5.1	Introdução .....	3.5-6
3.5.2	Metodologia Aplicada.....	3.5-10
3.5.3	Geologia .....	3.5-11
3.5.3.1	Embasamento cristalino indiferenciado.....	3.5-15
3.5.3.2	Depósitos do Quaternário indiferenciado .....	3.5-16
3.5.4	Geomorfologia.....	3.5-19
3.5.5	Geotecnia .....	3.5-23
3.5.5.1	Base Geológica Local .....	3.5-23
3.5.5.2	Caracterização Geotécnica Regional dos Solos.....	3.5-25
3.5.5.3	Características Geotécnicas Locais .....	3.5-39
3.5.5.4	Conclusões.....	3.5-53
3.5.5.5	Referencias Bibliográficas .....	3.5-61

### **3.5 Geologia, Geomorfologia e Geotecnia**

#### **3.5.1 Introdução**

O estudo em questão busca responder à solicitação apresentada pela Coordenação do Estudo Ambiental Simplificado do CEM UFSC, a respeito da caracterização geológica, geomorfológica e geotécnica da propriedade da UFSC com 118ha localizada as margens da BR 101 (Curva do Arroz), no município de Joinville, Norte do Estado de Santa Catarina.

A área de estudo está localizada no litoral Extremo-Norte (setor I) do Estado de Santa Catarina (DIEHL & HORN FILHO, 1996), distante cerca de 10 km e 15 km, respectivamente, da cidade de Joinville, as margens do KM 52 da BR 101. Tem como referência geográfica a folha Joinville (IBGE, 1981), escala 1: 50.000, cujas coordenadas geográficas UTM do centro do terreno são: 715250E, 7078750N (Figura 3.5.1 e Figura 3.5.2).

O enfoque principal do estudo concentrou-se nos aspectos geológicos, geomorfológicos e geotécnicos da propriedade, executando-se atividades específicas de caracterização geológica e geomorfológica, sondagem e testemunhagem geotécnica e amostragem de sedimentos subsuperficiais dos depósitos encontrados, que possibilitaram mapear a área de estudo.

O estudo geológico da área em projeto também teve por finalidade de fornecer elementos básicos para a elaboração dos projetos de terraplenagem, de drenagem, de fundações, e para o estudo geotécnico, assim como contribuir no aproveitamento dos materiais terraplenados e sua distribuição. Também contribui no estabelecimento das indicações de inclinações dos taludes dos cortes; indicações para a estabilização de escorregamentos ativos e potenciais; identificação de aspectos relacionados com a drenagem; obras de controle de erosão e aterros sobre solos compressíveis. Fornece, igualmente, elementos aos projetos de obras de arte especiais e na identificação e indicação na escolha de materiais de construção. Todas estas informações gerais, bem como as específicas, devem ser consideradas pelo estudo e projeto de meio ambiente.

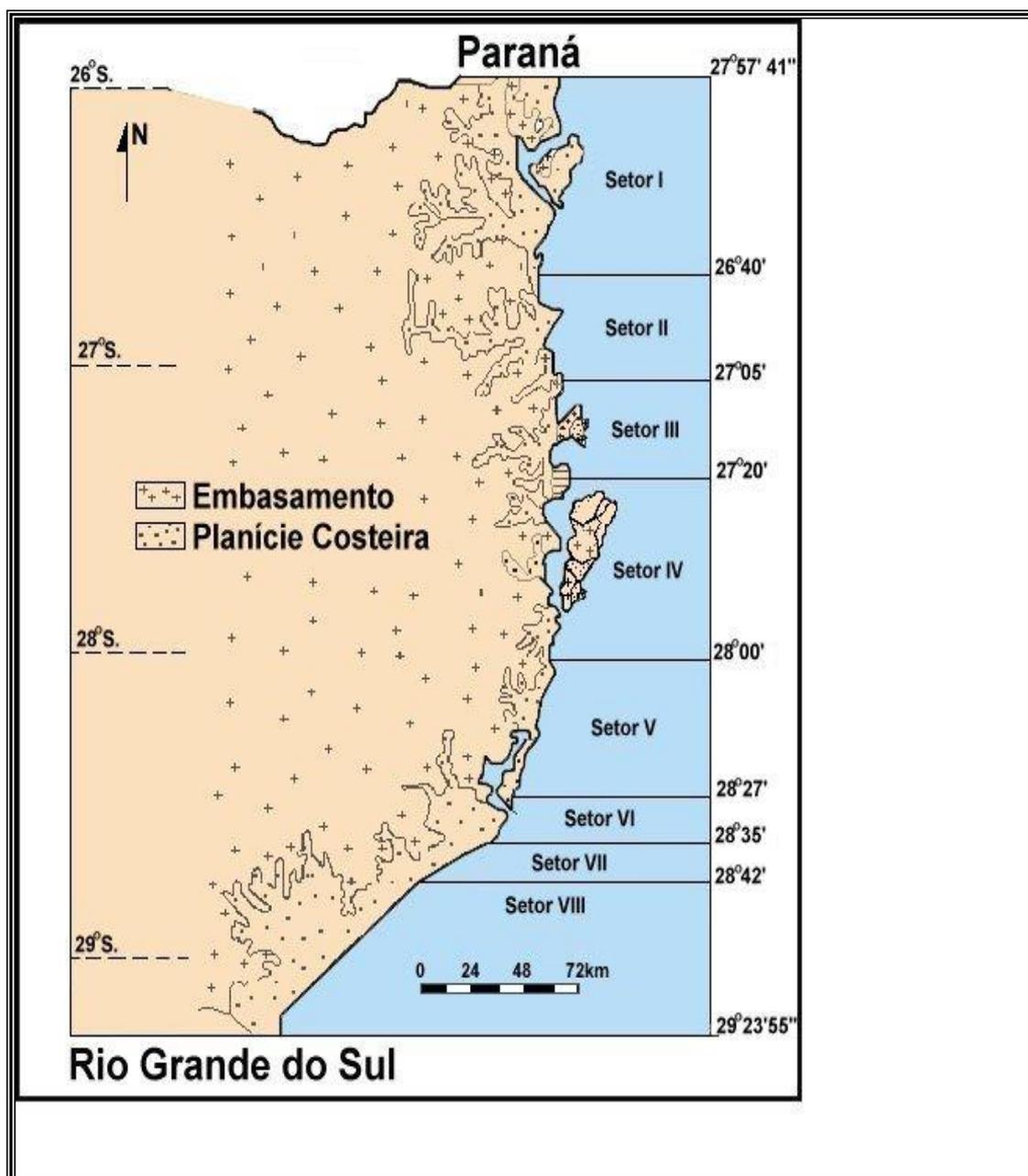


Figura 3.5.1: Localização da área de estudo, no setor I ou Extremo-Norte do litoral catarinense. (adaptado de DIEHL & HORN FILHO, 1996).

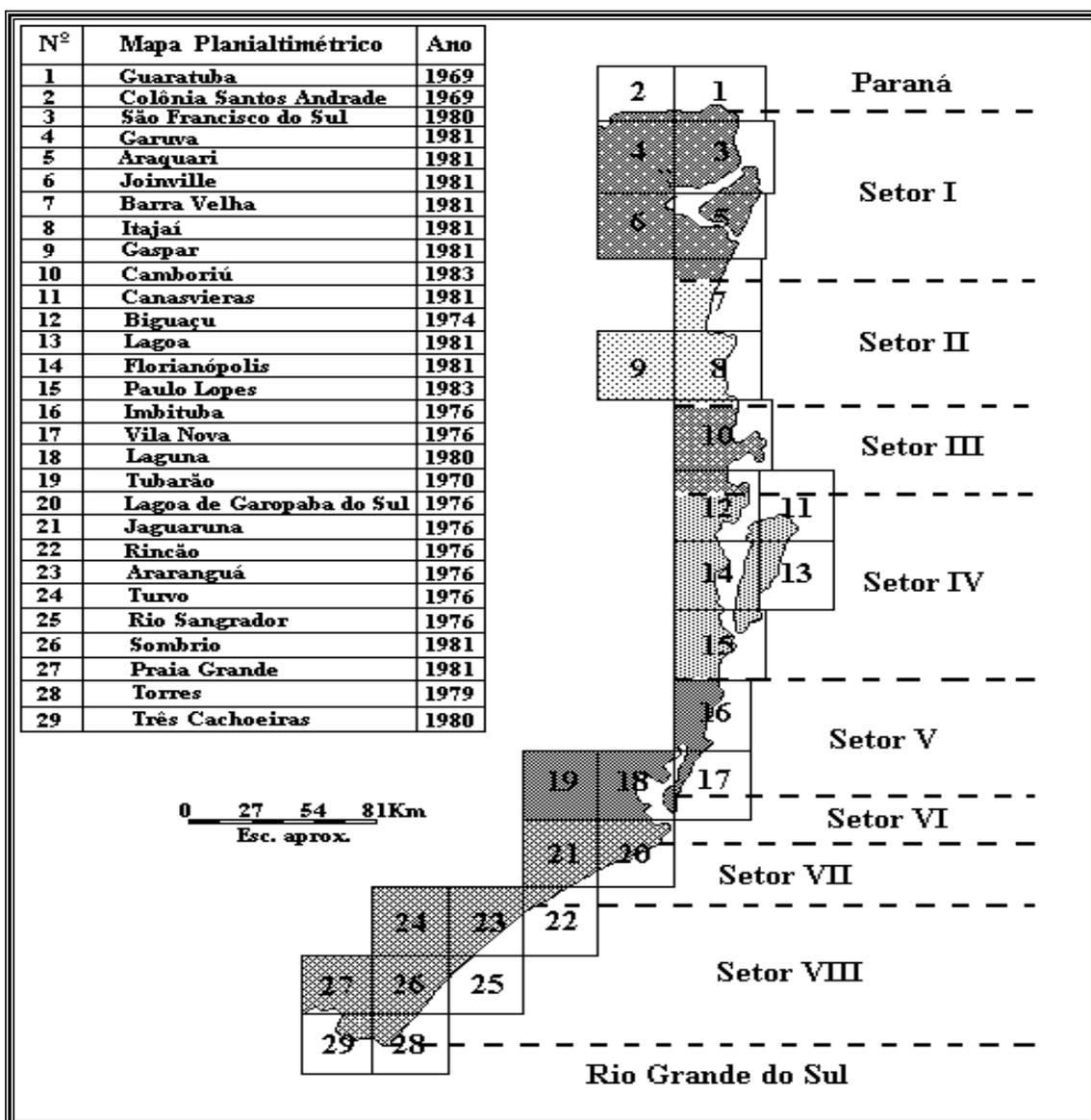


Figura 3.5.2: Localização da folha Imbituba (IBGE, 1976) no setor V ou Centro-sul do litoral catarinense.

(adaptado de DIEHL & HORN FILHO, 1996)

O terreno soma 1.181.190,07 m<sup>2</sup>, possuindo formato irregular, confrontando a leste com a BR-101, a norte com trevo de acesso sul a Joinville (Saída 50), limitado a noroeste pela estrada Parati, a oeste pelo rio Braço Comprido e a sudeste pelo rio Lagoa. O acesso principal rodoviário à área se faz pela rodovia BR 101, secundariamente pela estrada de acesso a Lagoa Grande.

Considera-se no presente estudo duas áreas principais: a) Área de Influência Direta (AID), referente ao Município de Joinville e b) Área Diretamente Afetada (ADA), referente a área da

propriedade, com área alodial total de 1.181.190,07 m<sup>2</sup>, nas coordenadas geográficas 48° 50' 34" e 26° 23' 44" ( UTM do centro do terreno de 715250E, 7078750N) (Figura 3.5.3).

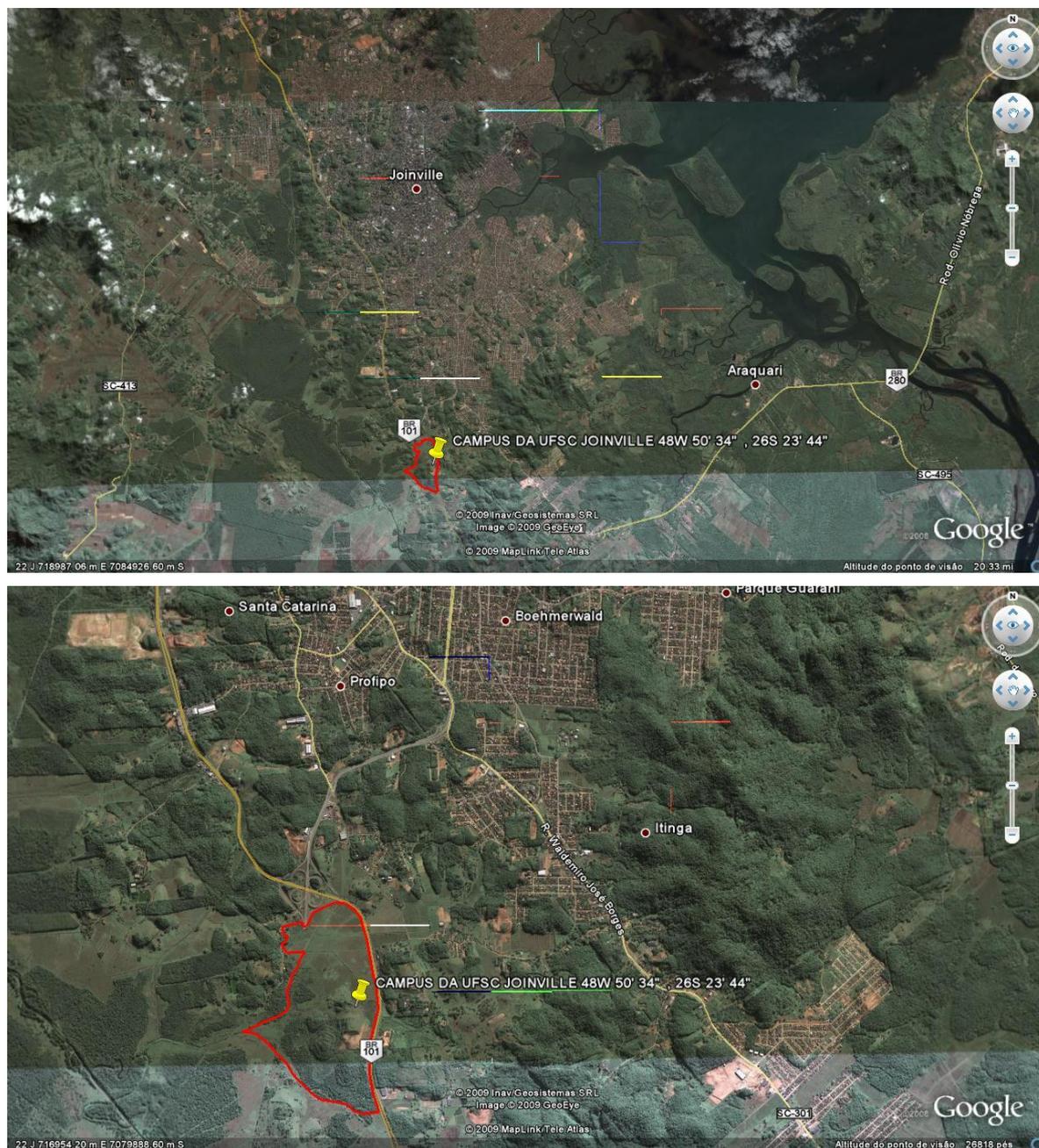


Figura 3.5.3: Imagem de satélite observando-se os principais acidentes geográficos do entorno da área de estudo, adaptado do Google Earth (2009).

### **3.5.2 Metodologia Aplicada**

O enfoque principal do estudo concentrou-se nos aspectos geológicos, geomorfológicos e geotécnicos da propriedade, executando-se atividades específicas de:

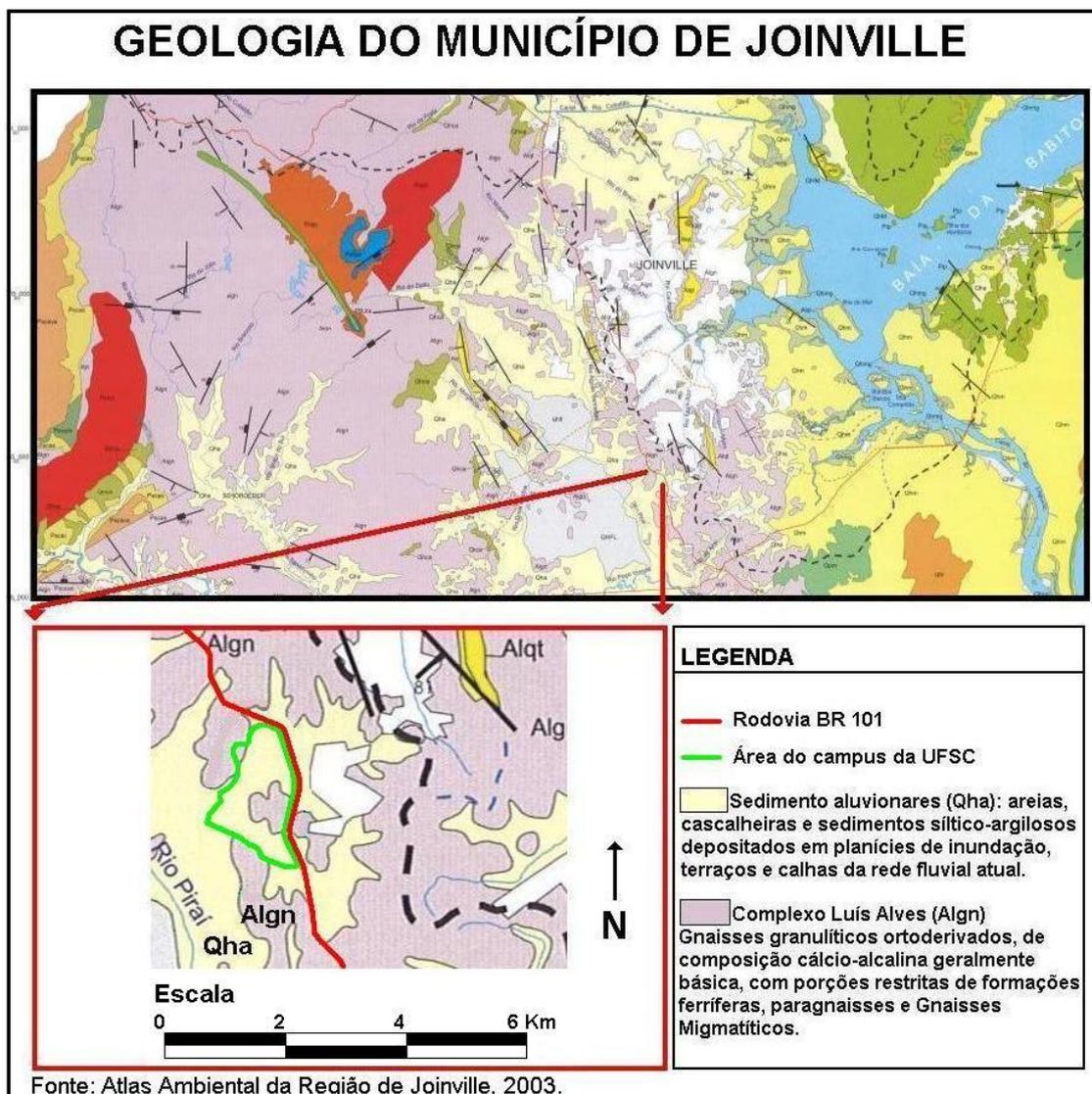
- Caracterização e mapeamento geológico, geomorfológico com base em levantamentos de campo e em dados secundários, obtidos por revisão bibliográfica, cartográfica e literatura acadêmica;
- Levantamento de dados secundários e de campo para descrição dos depósitos superficiais e caracterização geotécnica dos solos;
- Sondagem e testemunhagem geológica com amostragem e descrição de sedimentos subsuperficiais dos depósitos encontrados.

### **3.5.3 Geologia**

Do ponto de vista geológico, o terreno onde se pretende a implantação do Campus Universitário CEM-UFSC Joinville é constituído de dois domínios geológicos: 1) o domínio do embasamento cristalino e 2) o domínio dos sedimentos continentais (Figura 3.5.4).

No domínio do embasamento cristalino, predominam as unidades geológicas inseridas no chamado Complexo Granulítico do Escudo Catarinense, que tem seu arcabouço estruturado por terrenos arqueanos, as rochas mais antigas são rochas metamórficas arqueanas, do tipo gnaisse granulítico, que integram o Complexo Luís Alves (Algn), também conhecido como Complexo Granulítico de Santa Catarina.

O domínio dos sedimentos continentais, mais recente, é representado pelos sedimentos de origem continental aluvionares (Qha), sendo condicionados pela atuação conjunta dos processos gravitacionais-pluviais, fluviais e paludiais.



**Figura 3.5.4: Mapa geológico do município de Joinville (AID), com detalhe da Geologia da área da propriedade da UFSC (ADA).**

O mapa geológico da área diretamente afetada (propriedade da UFSC) apresenta duas unidades litoestratigráficas, sendo uma do Arqueano, o Complexo Granulítico de Santa Catarina; e uma do Quaternário indiferenciado, os sedimentos continentais aluvionares. O contato geológico entre essas unidades na maioria dos casos é brusco (Figura 3.5.5 e Figura 3.5.6).

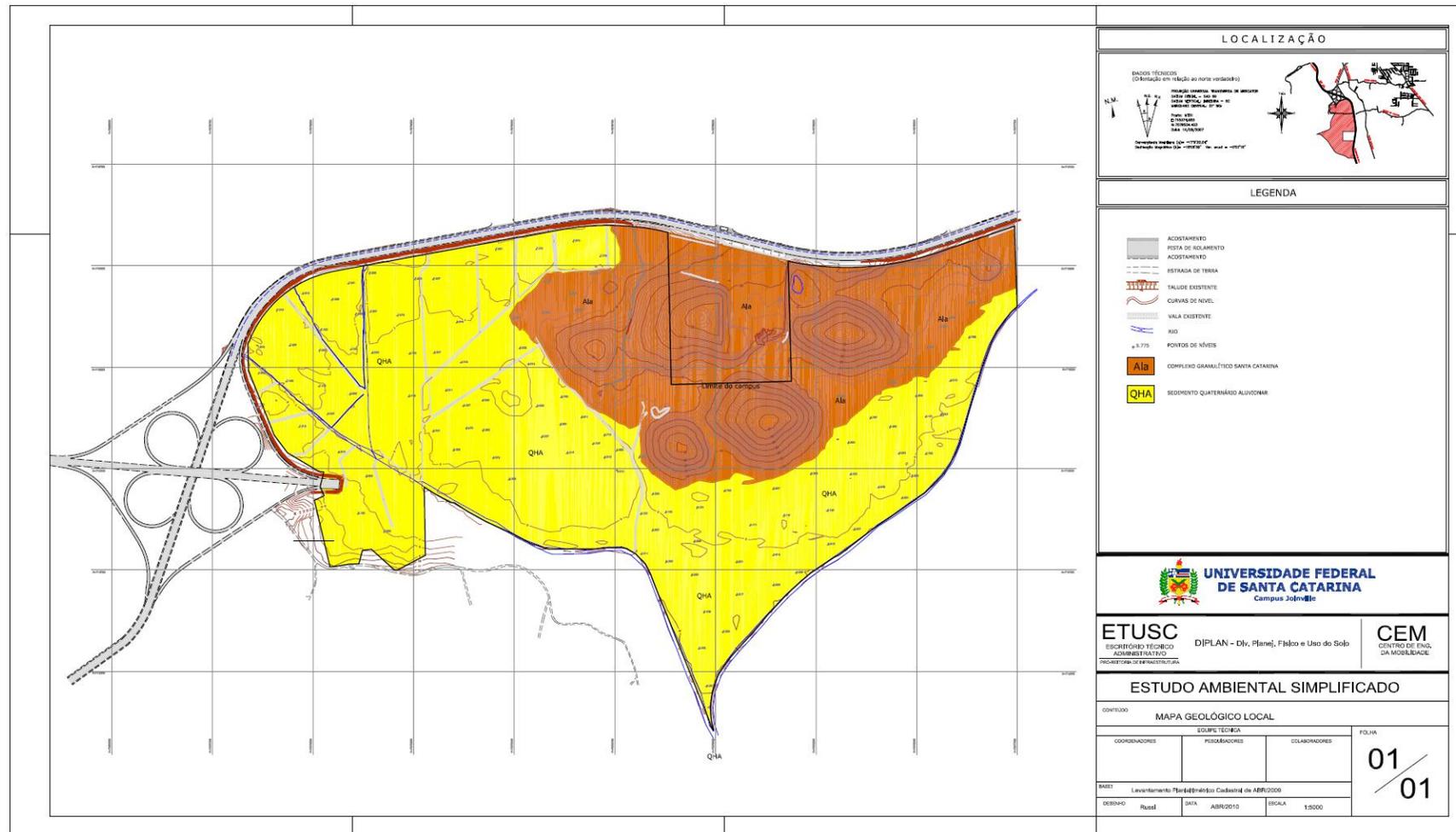


Figura 3.5.5: Mapa geológico da Área Diretamente Afetada, propriedade definida para a implantação do CEM/UFSC, no município de Joinville, Santa Catarina.



**Figura 3.5.6: Detalhe Mapa Geológico ADA**

### 3.5.3.1 Embasamento cristalino indiferenciado

No Município de Joinville na região da propriedade, as rochas mais antigas são rochas metamórficas arqueanas, do tipo gnaisse granulítico, que integram o Complexo Luís Alves (Kaul e Teixeira, 1982), também conhecido como Complexo Granulítico de Santa Catarina (Hartmann, Silva e Orlandi Filho, 1979).

Essas rochas se formaram há cerca de 2,6 milhões de anos, sendo afetadas por metamorfismos do tipo granulítico e, posteriormente, migmatização com fusão parcial da rocha. Este conjunto de rochas aflora na área da cidade de Joinville (Figura 3.5.4).

No meio delas, ocorrem ainda outras, sempre associadas no campo e denominadas de quartzito e formação ferrífera bandada. O quartzito, por ser mais resistente aos processos de alteração intempérica (ação do clima sobre as rochas) e erosão, forma morros, tais como o Timbé, o Iririú, o Boa Vista, o Guanabara e o Itinga, enquanto o gnaisse granulítico, por ser mais vulnerável a tais processos, forma relevo plano ou mais ou menos plano. Por outro lado, o manto de intemperismo desse gnaisse já foi muito extraído na região, nos locais denominados barreiros, sendo destinado à construção de aterros ou utilizado como matéria prima em olarias.

Com base em considerável acervo de dados geocronológicos, a origem e a evolução desse complexo decorreram da seguinte maneira (Kaul e Teixeira, 1982; Siga Júnior, 1995): 1 – formação de crosta continental juvenil por diferenciação do manto (idade: > 2,6 milhões de anos); 2 – metamorfismo regional do fácies granulito (idade:  $2,6 \pm 0,2$  milhões de anos); 3 – metamorfismo regional do fácies anfíbolito, com migmatização (idade:  $2,0 \pm 0,2$  milhões de anos); 4 – estabilização tectônica regional (idade:  $1,9 \pm 0,2$  milhões de anos); 5 – surgimento de diferentes tipos de falhas e zonas de cisalhamento com reativações de estruturas antigas (idade:  $0,5 \pm 0,1$  milhões de anos).

Mais de 90% da área exposta deste Complexo é constituída por gnaisses granulíticos leuco a mesocráticos, que se definem como rochas marcadamente bandeadas, de composição quartzo - feldspáticas, com clino e/ou ortopiroxênio, além de hornblenda como máficos principais. A cor cinza com tonalidades esverdeadas e azuladas são as principais características mesoscópicas. Localmente, são observadas variedades não foliadas, outras migmatíticas, ou com estruturas de injeção granítica concordantes. São observados

inúmeros corpos lenticulares quartzíticos, gnaisses calcicossilicatados, anortositos, milonitos-gnaisses granulíticos, meta-ultramafitos.

A existência de núcleos graníticos concordantes com o granulito, bem como a forte perturbação tectônica a que foi submetida, proporciona às áreas de ocorrência do Complexo Granulítico de Santa Catarina, um relevo de forte a medianamente ondulado. Como exemplos deste relevo fortemente ondulado, tem-se a Serra do Mar entre Corupá e São Bento. Entre Benedito Novo e Doutor Pedrinho, tem-se relevo medianamente ondulado e entre Joinville - Jaraguá do Sul e Navegantes - Benedito Novo ondulado.

O Embasamento cristalino indiferenciado, de idade Arqueozóica, constitui aproximadamente entre 20 e 25% da área mapeada, caracterizando as terras altas no setor central e sudeste da área da propriedade, destacando-se as elevações ou colinas cristalinas com altitudes menores de 50m (Figura 3.5.7).



**Figura 3.5.7: Panorama da propriedade (ADA) a partir da BR 101, com destaque para o relevo de colinas do embasamento granulítico.**

### **3.5.3.2 Depósitos do Quaternário indiferenciado**

Compreendem os sedimentos aluviais formados indiferenciadamente durante o Quaternário dos depósitos elúvio-coluvionar e flúvio-colúvio-aluvionar interdigitado e que na atualidade representam depósitos inconsolidados mal drenados, a maioria deles paludiais e hidromórficos, com altas concentrações de matéria orgânica.

O Depósito elúvio-coluvionar, do Quaternário indiferenciado, ocorre em diversos afloramentos no sopé das terras altas. Este depósito desenvolve-se na base do embasamento, na forma de rampas de colúvio com cotas que variam entre 30 e 50 m, em contato na parte distal com os sedimentos aluviais e na parte superior com as rochas do embasamento cristalino. Constitui-se de material cuja granulometria varia de argilas a blocos, sendo, portanto mal selecionado. A cor predominante é marrom amarelado claro. Estes depósitos são suscetíveis a processos erosivos quando desprotegidos da cobertura vegetal.

Os sedimentos elúvio-coluvionares preservam ainda a textura dos litotipos do embasamento cristalino, sendo que o quartzo permanece praticamente inalterado, enquanto que os feldspatos e as micas se alteram para argilo-minerais, vindo a constituir a granulometria fina dos depósitos elúvio-coluvionar e aluvial, que se justapõe a jusante na morfologia do terreno. Apesar de posicionar-se preferencialmente nas encostas do Embasamento cristalino indiferenciado, o Depósito elúvio-coluvionar se encontra disseminado nas zonas de encosta, produto do intemperismo das rochas granulíticas, cujos sedimentos foram transportados a partir do fluxo gravitacional e aluvial, vindo a se misturar com os demais sedimentos aflorantes.

Os Depósitos aluviais do Holoceno (atuais) afloram na área preenchendo a superfície plano ondulada, predominantemente por toda a zona mais plana, caracterizada como várzea, perfeitamente ajustados à drenagem. Comumente este depósito aparece associado à presença do depósito elúvio-coluvionar à montante, localizando-se nas partes proximais e distais deste, apresentando quase sempre a mesma localização geográfica.

Os sedimentos do Depósito aluvial se encontram em contato geológico com praticamente todos os depósitos quaternários e do Embasamento cristalino indiferenciado. O Depósito aluvial é constituído de uma mistura de sedimentos finos, arenosos e granulosos, originados dos depósitos coluviais, fluviais e paludiais.

Na área da propriedade representam a superfície das zonas planas definidas como de várzea que ocorrem em cerca de 70 a 75% da área da propriedade (Figura 3.5.8).



**Figura 3.5.8: Panorama da propriedade (ADA) a partir da BR 101, com destaque para a zona de várzea com terrenos sedimentares.**

### 3.5.4 Geomorfologia

O panorama geomorfológico da Região de Joinville revela uma área com grande diversidade de aspectos litológicos e estruturais, onde são encontrados desde sedimentos quaternários que correspondem primordialmente a planícies, até rochas pré-cambrianas que estão entre as mais antigas de todo o território brasileiro e que correspondem a serras, montanhas e colinas, constituindo uma área onde a paisagem foi intensamente dissecada pelos agentes erosivos.

A alternância entre planícies e montanhas gera contrastes altimétricos acentuados e confere à paisagem um aspecto ao mesmo tempo inóspito e de rara beleza cênica.

A diversidade de aspectos geomorfológicos ensejou a divisão da Região de Joinville (AID) em 4 (quatro) domínios morfoestruturais, os quais por sua vez foram subdivididos em 7 (sete) unidades geomorfológicas (FATMA, 2003) (Figura 3.5.9; Tabela 3.5.1).

**Tabela 3.5.1: Panorama da propriedade (ADA) a partir da BR 101, com destaque para a zona de várzea com terrenos sedimentares.**

<b>DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS</b>	<b>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS</b>
I. Depósitos Sedimentares Quaternários	- Planícies Marinhas - Planícies Aluviais - Planos e Rampas Colúvio-Aluviais
II. Coberturas Molassóides e Vulcanitos Associados	- Planalto de São Bento do Sul
III. Rochas Granitóides	- Serra do Mar
IV. Embasamento em Estilos Complexos	- Colinas Costeiras - Serras Cristalinas Litorâneas

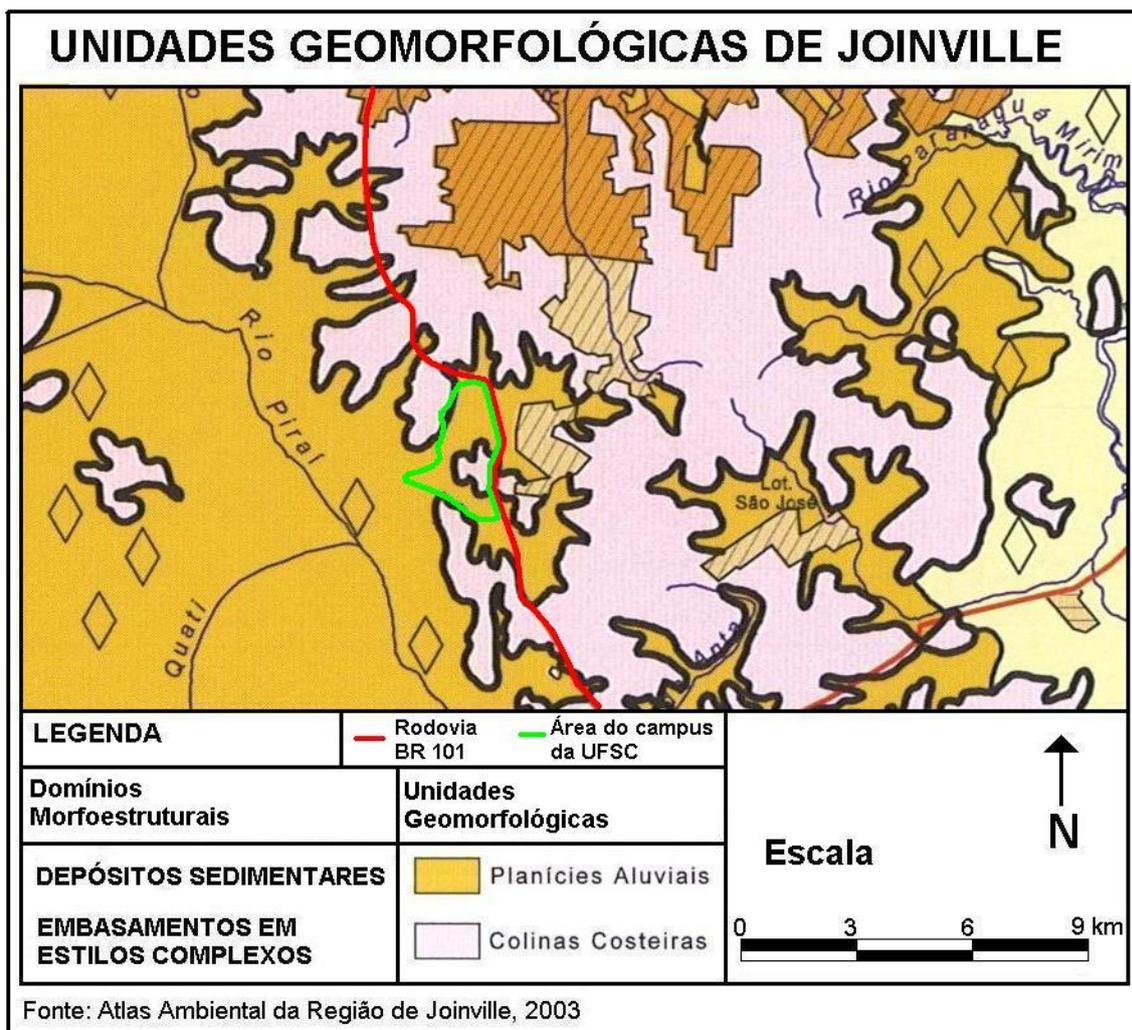


Figura 3.5.9: Mapa geomorfológico do município de Joinville (AID), com detalhe da Geomorfologia da área da propriedade da UFSC (ADA).

A unidade geomorfológica do Planalto de São Bento do Sul, modelado em colinas, está posicionado entre 850 e 950 metros de altitude. O relevo é densamente cortado por canais de drenagem curtos e pouco aprofundados.

As Serras Cristalinas Litorâneas correspondem a uma área com relevo montanhoso e escarpado, muito semelhante ao encontrado na Serra do Mar. Aqui encontramos, nos altos cursos dos rios que formam a bacia do Rio Cubatão, vales suspensos e cascatas tipo “véu de noiva”.

A unidade geomorfológica da Serra do Mar é composta por várias cristas, picos, serras, montanhas e escarpas separadas por vales profundos com encostas de alta declividade. Aqui estão as maiores altitudes de todo o litoral catarinense, com picos que atingem 1.500 m.

Os Planos e Rampas Colúvio – Aluviais caracterizam a transição entre o marinho e o continental. As formas que ocorrem aqui são os modelados planos, as rampas de declividades diversas, alguns baixos platôs e colinas.

As Colinas Costeiras são caracterizadas por uma sucessão de morros e colinas de pequena altitude, dificilmente ultrapassando 50 metros de desnível entre a base e o topo.

As Planícies Marinhas compreendem todo o conjunto de paisagens desenvolvidas sobre sedimentos transportados e depositados sobre o regime praiial pela ação de ondas, correntes, marés e ventos. Além das praias, incluem-se os terraços marinhos e lagunares, as planícies eólicas e as planícies de marés.

As Planícies Aluviais são encontradas entre as Planícies Marinhas e os Planos e Rampas Colúvio – Aluviais, as Planícies Aluviais englobam várias bacias hidrográficas que fazem parte da vertente atlântica do território catarinense. Os rios que desembocam na Baía da Babitonga apresentam uma multiplicidade de canais, numa região ocupada pelos manguezais.

Na Área Diretamente Afetada são encontradas 2 (duas) unidades geomorfológicas: as Colinas Costeiras do embasamento em estilos complexos; e as Planícies Aluviais, dos depósitos sedimentares quaternários (Figura 3.5.9) .

As colinas costeiras do embasamento em estilos complexos, ocorre em aproximadamente 20 e 25% da área da propriedade, caracterizando as terras altas no setor central e sudeste, destacando-se as elevações ou colinas cristalinas com altitudes menores de 50m (Figura 3.5.10).



**Figura 3.5.10: Panorama da propriedade (ADA) a partir da BR 101, com destaque para o relevo de colinas costeiras.**

Na área da propriedade as planícies aluviais representam a superfície das zonas planas recortadas por um rede de canais e valas de drenagem definida, como de várzea, que ocorre em cerca de 70 a 75% da área da propriedade (Figura 3.5.11).



**Figura 3.5.11: Panorama da propriedade (ADA) a partir da BR 101, com destaque para a zona de várzea com terrenos sedimentares.**

### 3.5.5 Geotecnia

#### 3.5.5.1 Base Geológica Local

Para a elaboração do estudo geotécnico de projeto, a área foi percorrida observando-se os dados geométricos e de terraplenagem, tendo-se disponível, os dados dos boletins de sondagens efetuadas para o projeto da ferrovia, bem como sondagens executadas para o projeto de terraplenagem.

Conforme o estudo da Geologia e Geomorfologia local foram identificadas na área do Campus, elevações formadas pelo Complexo Granulítico de Santa Catarina e nas baixadas, os Sedimentos Quaternários Aluvionares, como mostram as figuras de Figura 3.5.12 a Figura 3.5.15.

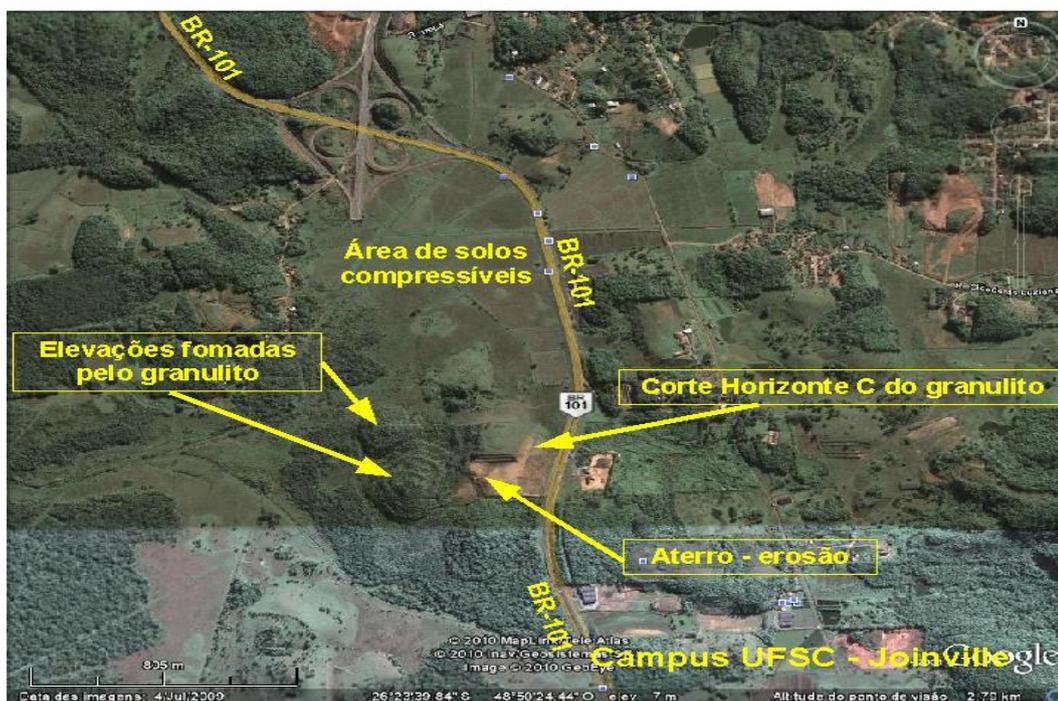


Figura 3.5.12: Imagem do Campus da UFSC em Joinville, com sua localização em relação a BR-101 e áreas de ocorrência do granulito e dos Sedimentos Quaternários.

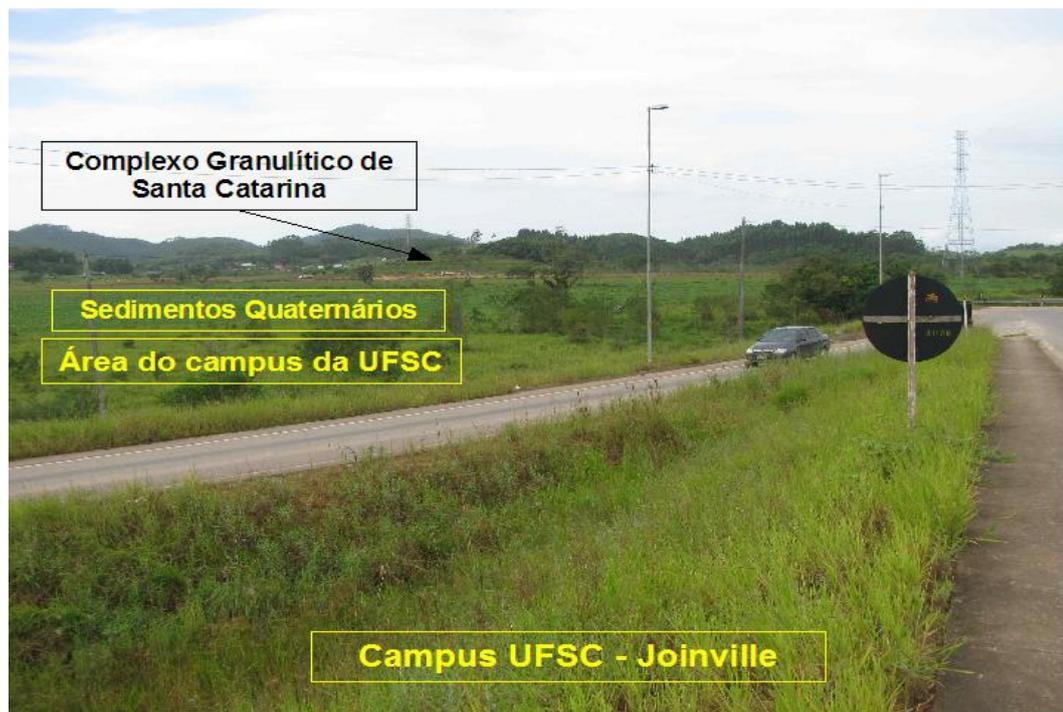


Figura 3.5.13: Baixada formada por Sedimentos Quaternários e elevações por granulitos.

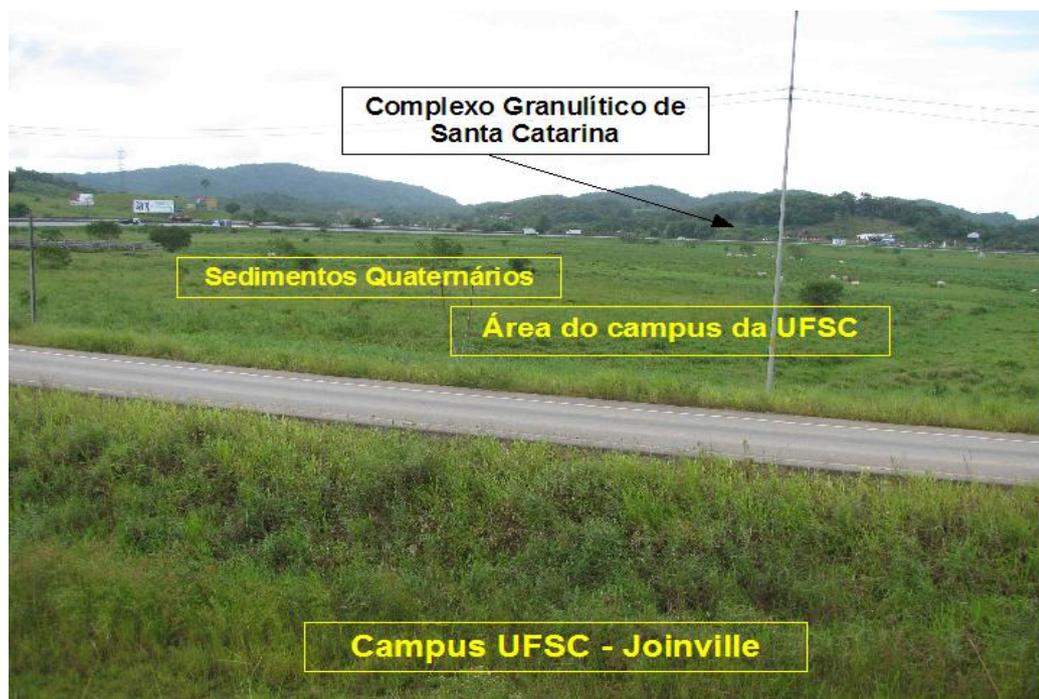
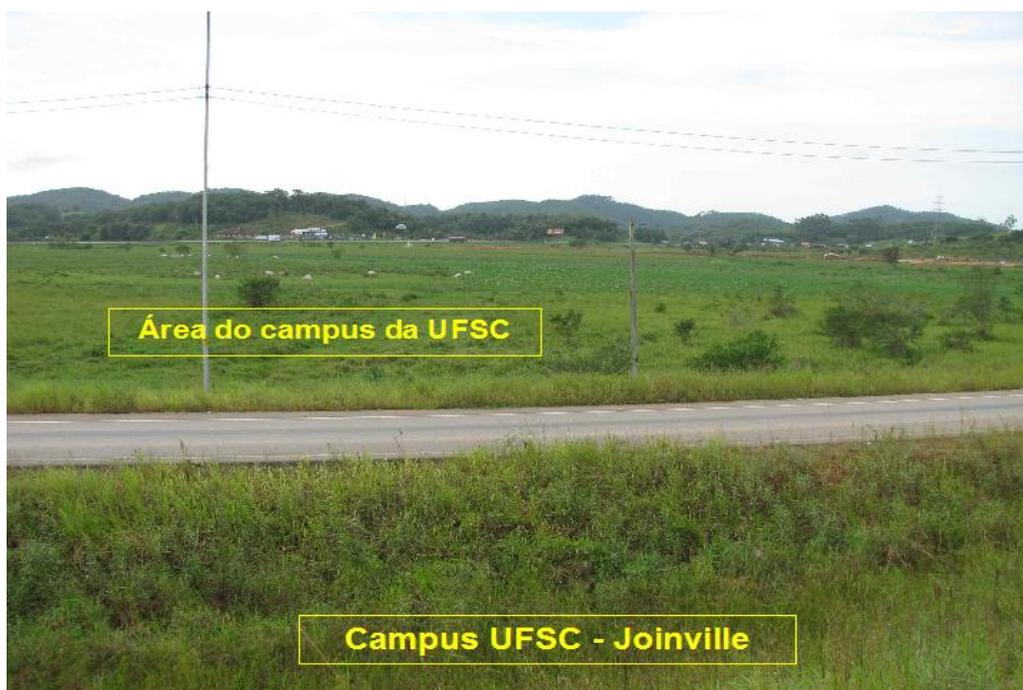


Figura 3.5.14: Baixada formada por Sedimentos Quaternários e elevações por granulitos.



**Figura 3.5.15: Vista panorâmica do Campus da UFSC, em Joinville, vendo-se as baixadas formadas por Sedimentos Quaternários e as elevações pelo Complexo Granulítico de Santa Catarina.**

### **3.5.5.2 Caracterização Geotécnica Regional dos Solos**

Para a obtenção das características geotécnicas gerais dos solos da região campus da UFSC em Joinville, foram coletados dados de projetos de rodovias anteriormente elaborados na região. Os dados foram posteriormente analisados e correlacionados com as correspondentes unidades estratigráficas.

Para caracterização geotécnica regional dos solos derivados do Complexo Granulítico de Santa Catarina, foram analisados os dados provenientes do Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava (SC-474) - SC-416 (Pomerode), elaborado em 1.998, pelo Consórcio Kocks/Prosul, para o DER/SC e da BR 470 – Trecho Navegantes – Indaial, elaborado pela empresa ENECON para o DNIT. Com esta metodologia foram estimados os parâmetros geotécnicos médios para os solos ocorrentes na área do Campus de Joinville.

- **Características geotécnicas do Complexo Granulítico de Santa Catarina**

Sendo os granulitos constituídos mineralogicamente por plagioclásio de cálcico a sódico, piroxênio, anfibólio, biotita, podendo ainda ter feldspato potássico e quartzo, quando submetido à intemperização, tendem a se alterar à argila, com exceção apenas do quartzo.

O horizonte C corresponde aos solos residuais jovens, que mostram alteração predominantemente parcial dos constituintes mineralógicos instáveis da rocha que deu origem, preservando suas características texturais e estruturais. Pode ocorrer uma graduação na intensidade da alteração, neste horizonte, que varia desde a rocha alterada, até o horizonte B. Na caracterização destes estágios de alteração, o horizonte C do granulito foi dividido em três categorias identificadas, como: horizonte C pouco alterado, medianamente alterado e muito alterado. No horizonte C pouco alterado, os feldspatos, ainda apresentam razoável resistência à desagregação. No horizonte C medianamente alterado, os feldspatos são identificáveis como grão, mas se mostram bastante alterados, sendo passíveis de fragmentação, por um simples esforço manual. No horizonte C muito alterado, os feldspatos do granulito se mostram intensamente alterados a argilas, com fortes sinais de oxidação do ferro, pelo surgimento de cores vermelho escuras, mas mesmo assim, preservam as características texturais e estruturais do granulito.

- Características Geotécnicas de Amostras do Complexo Granulítico Coletadas na SC 418 – Trecho: Vila Itoupava – SC 416 (Pomerode)

#### **Horizonte C do granulito pouco alterado**

Foram coletadas e ensaiadas 23 amostras correspondentes ao horizonte C pouco alterado, estando os correspondentes resultados de ensaios analisados na Tabela 3.5.2.

**Tabela 3.5.2: Características geotécnicas do horizonte C do granulito pouco alterado.**

IDENTIFICAÇÃO	Horizonte C - Pouco Alterado						média ponderada
	A-1-b	A-2-4				A-4	
Classificação H.R.B.	1	21				1	
Número de Amostras		x	∑	máx.	mín.		
Nº 200	20,5	26,4	5,7	34,3	15,9	38,2	26,6
LL%	IND	IND	IND			IND	IND
IP%	NP	NP	NP			NP	NP
IG%	0	0	0	0	0	0,64	0
Umidade ótima (%)	14,1	15,9	3,3	20,9	12,4	22,7	16,4
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,816	1,599	1,7	1,84	1,386	1,587	1,622
Expansão (%)	0,1	0,89	0,86	2,2	0,1	0,6	0,77
ISC %	14	10,2	4,8	16,2	3,4	8,5	10,4

Fonte: Dados coletados do Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416 (Consórcio Kocks-Prosul/DER-SC, 1998)

Observando-se os resultados da Tabela 3.5.2, constata-se que o horizonte C pouco alterado está nitidamente representado por solos tipo A-2-4, com 91%, sendo a expansão média de 0,77%, com um máximo de 2,2% e mínimo de 0,1%. O seu ISC médio foi de 10,4%, com um valor máximo de 16,2% e mínimo de 3,4%.

### Horizonte C do granulito medianamente alterado

No solo correspondente ao horizonte C medianamente alterado do granulito foram coletadas e ensaiadas 22 amostras, cuja análise dos resultados dos ensaios está apresentada na Tabela 3.5.3.

**Tabela 3.5.3: Características geotécnicas do horizonte C do granulito medianamente alterado.**

IDENTIFICAÇÃO	Horizonte C – Medianamente Alterado							média ponderada
	A-2-4	A-4				A-6	A-7-6	
Classificação H.R.B.	1	19				1	1	
Número de Amostras		x	∑	máx.	mín.			
Nº 200	32,8	46,3	10,5	73,1	35	45,8	42,5	45,5
LL%	IND	IND	IND			34,5	44,1	39,3
IP%	NP	NP	NP			13,8	19,2	16,5
IG%	0	2,3	2,1	7,6	0	3,3	4,2	2,3
Umidade ótima (%)		24,7	5,9	33	16		18,2	24
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		1,477	1,72	1,73	1,199		1,603	1,491
Expansão (%)		1,08	0,75	2,7	0,3		0,5	1,01
ISC %		8,5	2,2	11,7	4,5		13	9

Fonte: Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416 (Consórcio Kocks-Prosul/DER-SC, 1998)

Pela análise dos dados da Tabela 3.5.3, constata-se existir uma predominância expressiva dos solos tipo A-4, com 86% das amostras coletadas no horizonte C do granulito medianamente alterado. Sua expansão média foi de 1,0%, com um valor máximo de 2,7% e mínimo de 0,3%, enquanto o ISC médio foi de 9,0%, com um máximo de 13% e mínimo de 4,5%.

### Horizonte C do granulito muito alterado

No horizonte C muito alterado do granulito, foram coletadas e ensaiadas 29 amostras, estando os correspondentes resultados de ensaios analisados na Tabela 3.5.4.

Analisando os resultados da Tabela 3.5.4, observa-se uma predominância dos solos tipo A-4, com 79% das amostras coletadas no horizonte C do granulito muito alterado. Sua expansão média foi de 2,1%, com um valor máximo de 4,1% e mínimo de 0,6%, enquanto o ISC médio foi de 6,0%, com um valor máximo de 11,0% e mínimo de 2,8%.

**Tabela 3.5.4: Características geotécnicas do horizonte C do granulito muito alterado**

IDENTIFICAÇÃO	Horizonte C - Muito Alterado										
	A-2-4	A-4				A-5	A-7-5				
Classif. H.R.B.		x	∅	máx.	mín.		x	∅	máx	mín.	média ponderada
Nº 200	30,7	59,5	6,8	73,7	49,3	82	62	5,4	66	54	59,6
LL%	IND	IND	IND			IND	65	8,9	76	55,1	64,7
IP%	NP	NP	NP			NP	29	3,9	32	23,2	29
IG%	0	4,9	1,4	7,7	2,9	8	15	3,3	17	10,4	6,3
Umidade ót. (%)		28,9	5,3	37,1	21,3	34	24	2	26	22,7	28,6
Dens. (g/cm <sup>3</sup> )		1,35	0,09	1,52	1,2	1,3	1,5	0	1,5	1,5	1,366
Expansão (%)		2,27	1,18	4,1	0,6	1,3	1,5	1,1	2,3	0,7	2,11
ISC %		5,8	2,7	11	2,8	7	6,9	0,4	7,1	6,6	6

Fonte: Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416 (Consórcio Kocks-Prosul/DER-SC, 1998)

### Verificação da fragmentação dos grãos do horizonte C do granulito devido a sua baixa sanidade

O granulito é uma rocha metamórfica, que tem como minerais essenciais o feldspato plagioclásio e o piroxênio. Observou-se em projetos de rodovias, que por serem mais instáveis, os piroxênios se apresentaram quase totalmente alterados, enquanto os feldspatos se mostraram em diferentes estágios de alteração. Constatou-se no campo, que

muitos dos grãos constituídos pelo feldspato eram facilmente desagregados manualmente, o que levou a suspeitar da possibilidade da fragmentação destes grãos, por ocasião da compactação. A fragmentação destes grãos arenosos durante a compactação geraria espaços vazios, que não estariam preenchidos por grãos menores, principalmente argilas. Durante períodos de chuvas, quando da saturação da camada, as cargas repetidas provocadas pelo tráfego fariam com a que fração argilosa, formada por esmectita, expansiva e muito plástica, fosse deslocada, sendo “bombeada” em direção a estes novos espaços vazios, inexistentes antes da compactação, gerando deformações inadmissíveis no pavimento e sua conseqüente ruptura.

Esta fragmentação de grãos de feldspato pela compactação foi constatada em um pavimento em execução de uma via em Florianópolis, o que determinou a alteração do projeto de pavimento.

Como esta fragmentação do grão depende, basicamente, de sua sanidade e esta é muito variável no horizonte C, a ruptura do pavimento também varia, dependendo da configuração de exploração da jazida, se mais próxima da rocha ou mais próxima do horizonte B.

Com o objetivo de comprovar esta hipótese, durante a elaboração do Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416, Consórcio Kocks/Prosul, para o DER/SC, foram coletadas quatro amostras do horizonte C do granulito, sendo três representativas do horizonte C pouco alterado e uma do horizonte C muito alterado.

Para determinar o efeito da energia de compactação sobre o solo “in natura”, foi realizada a análise granulométrica nas diferentes condições do processo de compactação. A primeira análise granulométrica foi realizada por lavagem com a amostra “in natura”, sem preparação (destorroamento com almofariz e mão de gral). Esta análise objetivou a determinação da granulometria da amostra na jazida.

Para se determinar a fragmentação dos grãos, durante a preparação da amostra, pelo método DNER-ME 41-43, com a utilização do almofariz e mão de gral, recoberta de borracha. Efetuou-se uma segunda análise granulométrica, com a metodologia preconizada pelo ensaio DNER-ME 51-64.

Para a verificação do efeito da compactação na fragmentação dos grãos de feldspatos do horizonte C do granulito, foram realizadas análises granulométricas após a compactação da

amostra nos 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> pontos da curva do ensaio de compactação. Estes pontos da curva de compactação têm a característica de conterem percentuais de água próximos da umidade ótima.

A fim de verificar a possibilidade de ocorrer a fragmentação dos grãos de feldspatos com uma segunda compactação das mesmas amostras, análises granulométricas foram realizadas com o solo re-compactado, correspondente aos 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> pontos da curva do ensaio de compactação.

Destas análises granulométricas, foram constatadas alterações na granulometria da amostra do horizonte C pouco alterado coletado no Km 1+460 do Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava – Entroncamento SC-416, elaborado pelo Consórcio Kocks/Prosul para o DER/SC, relacionadas na Tabela 3.5.5.

Apesar do número reduzido de ensaios e o fato do ensaio da granulometria poder apresentar grande dispersão de resultados, algumas observações podem ser extraídas da Tabela 5. Constata-se que houve uma fragmentação de até 2,8% na peneira n<sup>o</sup> 10, provocadas pela compactação. A fragmentação dos grãos nesta amostra, produzida pela preparação da amostra, é maior do que a provocada pela compactação. A re-compactação provocou uma pequena fragmentação suplementar, não significativa. Note-se que a re-compactação não provocou mudança sensível no ISC e na expansão.

**Tabela 3.5.5: Comparativo dos efeitos da compactação nas características granulométricas de amostra do horizonte C de granulito pouco alterado, coletada no km 1+460 da Rodovia SC 418**

	A	B	B-A	C	C-A	D	D-A
Peneira	Amostra "In natura"	Amostra preparada		Amostra após 1ª compactação		Amostra após re-compactação	
1"	100			100		100	
3/8"	98,0	100	2,0	99,0	1,0	99,7	1,7
N <sup>o</sup> 4	94,0	99,5	5,5	96,0	2,0	97,1	3,1
N <sup>o</sup> 10	86,1	92,7	6,6	88,9	2,8	89,7	3,6
N <sup>o</sup> 40	57,4	60,3	2,9	57,5	0,1	58,3	0,9
N <sup>o</sup> 200	17,8	17,8	0,0	17,5	0,0	19,2	1,4
Expans.	0,15					0,1	
ISC	14,4					12,5	

Fonte: Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416 (Consórcio Kocks-Prosul/DER-SC, 1998)

A mesma metodologia foi aplicada para a amostra coletada no talude do Km 2+080, do Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416, Consórcio Kocks/Prosul, para o DER/SC, cujos resultados estão relacionados na Tabela 3.5.6.

**Tabela 3.5.6: Comparativo dos efeitos da compactação nas características granulométricas de amostra do horizonte C de granulito pouco alterado, coletada no km 2+080 da Rodovia SC 418**

	A	B	B-A	C	C-A	D	D-A
Peneira	Amostra "In natura"	Amostra preparada		Amostra após 1ª compactação		Amostra após re-compactação	
1"	100	100		100		100	
3/8"	93,8	98,4	4,6	99,0	5,2	99,3	5,5
Nº 4	82,8	93,3	10,5	92,1	9,3	94,9	12,1
Nº 10	63,1	77,8	14,7	77,1	14,0	82,7	19,6
Nº 40	35,2	45,0	9,8	45,2	10,0	50,9	15,7
Nº 200	15,0	20,2	5,2	21,4	6,4	24,8	9,8
Expans	0,15					0,02	
ISC	15,6					13,1	

Fonte: Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416 (Consórcio Kocks-Prosul/DER-SC, 1998)

Pode-se constatar pelos dados apresentados na Tabela 3.5.6, que os grãos do granulito pouco alterado se mostraram sensíveis à fragmentação. Foram obtidos valores semelhantes, da ordem de 14% na peneira nº 10, pela aplicação da energia de preparação de amostra e pela aplicação da energia da 1ª compactação. A re-compactação da amostra, ou seja, sua compactação pela segunda vez aumentou ligeiramente a fragmentação. Note-se que houve pequena diminuição no ISC e na expansão, que podem ser atribuída à re-compactação.

Na amostra coletada no Km 6+060, do Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416, Consórcio Kocks/Prosul, para o DER/SC, que representou o horizonte C do granulito muito alterado, as análises granulométricas, efetuadas nas diferentes etapas do processo de compactação, mostraram os resultados apresentados na Tabela 3.5.7.

**Tabela 3.5.7: Comparativo dos efeitos da compactação nas características granulométricas de amostra do horizonte C de granulito muito alterado, coletada no km 6+060 da Rodovia SC 418**

	A	B	B-A	C	C-A	D	D-A
Peneira	Amostra "In natura"	Amostra preparada		Amostra após 1ª compactação		Amostra após recompactação	
1"							
3/8"	100	100		100			
N <sup>o</sup> 4	99,9	99,4	-0,5	99,2	-0,7	100	0,1
N <sup>o</sup> 10	92,8	92,8	0,0	91,6	-1,2	94,2	1,4
N <sup>o</sup> 40	49,9	49,2	-0,7	49,7	0,5	56,6	8,1
N <sup>o</sup> 200	19,2	19,6	0,4	19,3	-0,3	26,6	7,4
Expans	0,2					0,2	
ISC	15,0					13,0	

Fonte: Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416 (Consórcio Kocks-Prosul/DER-SC, 1998)

Analisando-se os dados contidos na Tabela 3.5.7, constata-se que não ocorreu uma fragmentação sensível dos grãos do horizonte C do granulito muito alterado, tanto pela preparação das amostras, como pela 1ª compactação. Atribuiu-se tal comportamento ao fato de a maioria dos grãos de feldspatos já estarem reduzidos em seu tamanho ou mesmo transformados em argilas. Na re-compactação, observou-se um aumento no percentual passante nas peneiras n<sup>o</sup> 40 e n<sup>o</sup> 200. Note-se que houve pequena diminuição no ISC, pela re-compactação.

Em amostra de granulito pouco alterado coletada no Km 9+920 do Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416, Consórcio Kocks/Prosul, para o DER/SC, representativa do horizonte C do granulito pouco alterado, foram realizadas análises granulométricas em vários estágios do ensaio de compactação, estando os resultados representados na Tabela 3.5.8.

**Tabela 3.5.8: Comparativo dos efeitos da compactação nas características granulométricas de amostra do horizonte C de granulito pouco alterado, coletada no km 9+920 da Rodovia SC 418**

	A	B	B-A	C	C-A	D	D-A
Peneira	Amostra "In natura"	Amostra preparada		Amostra após 1ª compactação		Amostra após recompactação	
1"	100	100		100		100	
3/8"	96,4	96,3	-0,1	96,6	0,2	97,4	1,0
Nº 4	89,0	90,2	1,2	88,7	-0,3	90,9	1,9
Nº 10	78,0	80,0	2,0	79,0	1,0	80,9	2,9
Nº 40	55,2	57,3	2,1	58,9	4,0	60,1	4,9
Nº 200	26,4	27,0	0,6	32,3	5,9	32,5	6,1
Expans.	0,23					0,31	
ISC	8,5					8,8	

Fonte: Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416 (Consórcio Kocks-Prosul/DER-SC, 1998)

Não se constata pelos dados da Tabela 3.5.8, uma alteração sensível na granulometria deste horizonte C do granulito pouco alterado, causada pela preparação das amostras, 1ª compactação ou re-compactação.

Analisando-se estes resultados obtidos nas amostras ensaiadas, conclui-se que a fragmentação é variável de acordo com o estado de alteração dos minerais instáveis. Quando pouco alterados, como quando próximo da rocha, a fragmentação é reduzida, pois os grãos não apresentam acentuados indícios de alteração, tendo, portanto, boa sanidade. À medida que a amostra se localize próxima do horizonte B, o grau de alteração vai aumentando, os grãos mostram fragilidade, principalmente segundo os planos de clivagem.

Sendo muito difícil a exploração seletiva de uma jazida de solo heterogênea como é o horizonte C do granulito, é recomendável a adoção de procedimentos padronizados, para compactação deste tipo de solo. Sugere-se o procedimento recomendado no projeto da rodovia SC 418 descrito a seguir.

Na região do Projeto da Rodovia: SC-418 – Vila Itoupava – SC 416, o único solo que mostrou um ISC razoável e com baixa expansão foi o horizonte C pouco alterado do granulito. Este solo foi indicado como camada final de terraplenagem, sob a condição que fosse provocada a fragmentação dos grãos, previamente à compactação final.

Tendo em vista observações de campo realizadas com o horizonte C de granito, em pavimentos executados em Florianópolis, indicou-se como processo de fragmentação dos grãos instáveis do horizonte C do granulito, o seguinte procedimento:

- compactar uma camada de 10 cm, do horizonte C do granulito pouco alterado, com a energia do Proctor Intermediário;
- sobre esta camada, compactar mais uma camada de 10 cm do horizonte C pouco alterado do granulito, com a energia do Proctor Intermediário;
- após a compactação destas duas camadas de 10 cm, escarificar o solo compactado destas camadas, objetivando a redistribuição granulométrica, de forma a provocar o preenchimento dos espaços vazios gerados pela fragmentação;
- homogeneizado o solo, compactar novamente a camada, agora de 20 cm, na energia recomendada pelo projeto de pavimentação.

### **Características geotécnicas do horizonte B do granulito**

O horizonte B ou solo residual maduro é um solo caracterizado pela alteração predominantemente total dos constituintes mineralogicamente instáveis, não mais sendo preservadas as características estruturais e texturais da rocha que lhe deu origem. Portanto, neste horizonte a maioria dos minerais do granulito se apresentam transformados em argila, gerando solos argilo-arenosos e argilo-siltosos. No horizonte B do granulito tende predominar argilas do grupo das caulinitas, pois o cálcio e o magnésio já teriam sido lixiviados, transformando as esmectitas do horizonte C em caulinitas, que se caracterizam por terem menor plasticidade e expansividade.

No Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416, no horizonte B do granulito, foram coletadas e ensaiadas 14 amostras, estando os correspondentes resultados de ensaios analisados na Tabela 3.5.9. Verifica-se que todas as amostras ensaiadas são argilosas, das quais 93% são classificadas pelo HRB como A-7-5 e 7% como A-7-6. A umidade ótima ponderada alta de 26,5%, Índice de Suporte Califórnia de 6,6%, expansão de 1,54% e densidade de 1,5 g/cm<sup>3</sup>, confirmam as características de solos argilosos, conforme classificação HRB.

**Tabela 3.5.9: Características geotécnicas de amostras do horizonte B do granulito coletadas na SC 418**

IDENTIFICAÇÃO	Horizonte B					média ponderada
	A-7-5				A-7-6	
Classificação H.R.B.	A-7-5				A-7-6	média ponderada
Nº de elementos	13				1	
	x	$\bar{x}$	máx.	mín.		
Nº 200	63,9	8,3	81,2	50,2	41,8	62,3
LL%	63,6	7,8	78,8	46,4	42,2	62
IP%	27,6	6,8	39,2	15	20,3	27,1
IG%	14,6	3	20	8,6	4,1952	13,8
Umidade ótima (%)	27,2	1,8	28,8	24,4	22,3	26,5
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,4	0,059	1,506	1,331	1,599	1,428
Expansão (%)	1,73	0,88	2,8	0,6	0,4	1,54
ISC %	6,1	1,9	8,3	3,8	9,3	6,6

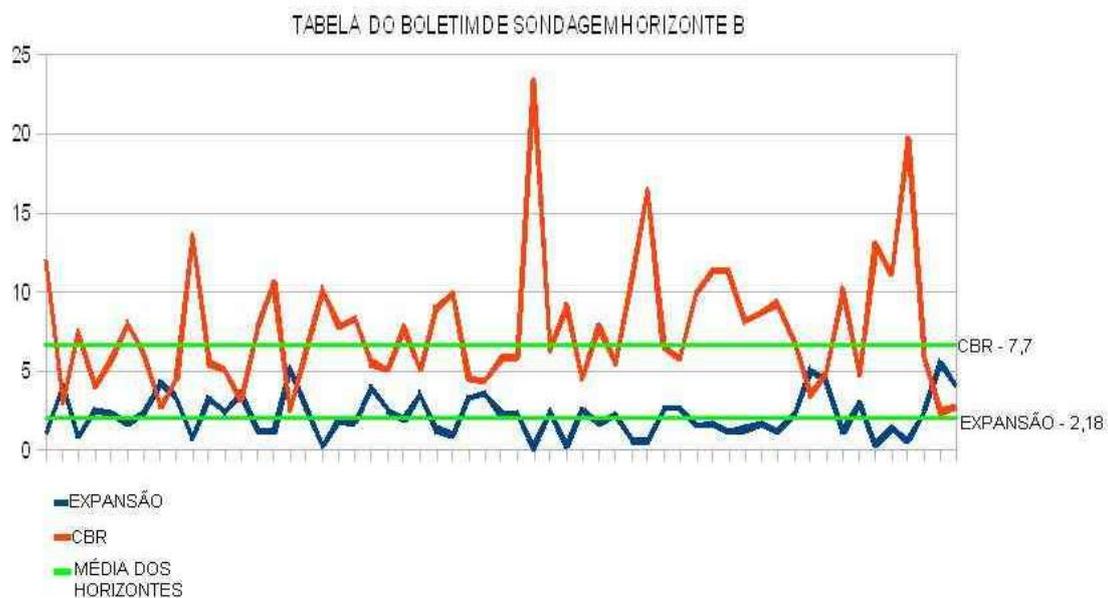
Fonte: Projeto da Rodovia: SC-418, Trecho: Vila Itoupava - SC-416 (Consórcio Kocks- Prosul/DER-SC, 1998)

#### **Características Geotécnicas de Amostras do Complexo Granulítico Coletadas na BR 470 – Trecho: Navegantes - Indaial**

No projeto de duplicação da BR-470, Trecho: Navegantes – Indaial – SC, foram realizadas sondagens. Pela análise destes boletins de sondagem, verifica-se existir uma predominância expressiva dos solos tipo A-7-5, correspondendo a 92% das amostras ensaiadas do horizonte B do granulito.

A média das expansões dos solos deste horizonte B do granulito, determinadas em ensaios de 57 amostras, foi de 2,18%, com um valor máximo de 2,8% e mínimo de 0,4%, enquanto o CBR médio foi de 7,7%, com um máximo de 9,3% e mínimo de 3,9%.

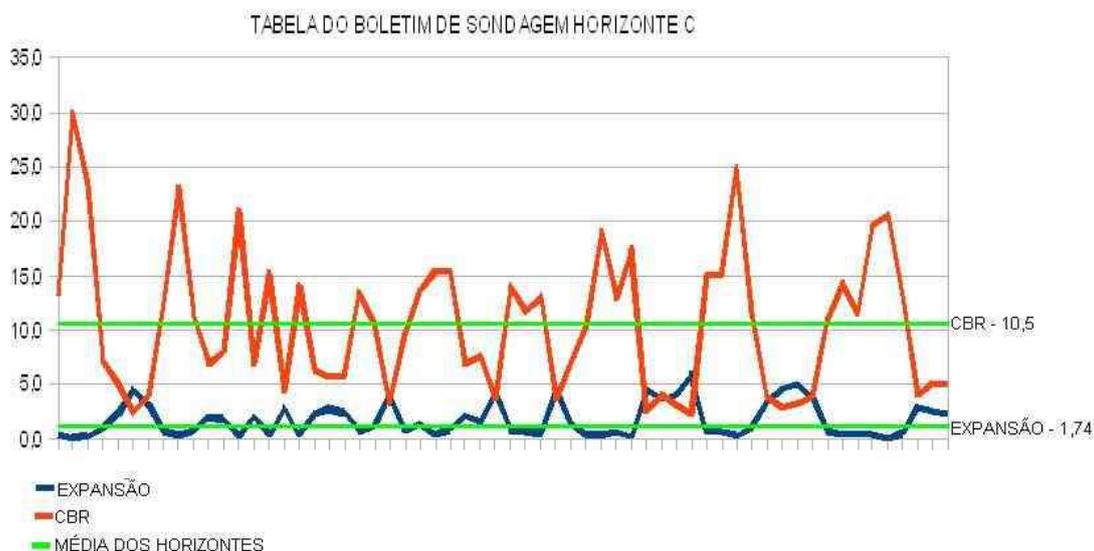
Estes resultados estão apresentados sob a forma de gráfico, na Figura 3.5.16.



**Figura 3.5.16: Variações do CBR e expansão do horizonte B do granulito e a média de 57 ensaios de amostras coletadas na BR-470 – Trecho: Navegantes – Indaial – SC.**

De forma semelhante, foram executadas sondagens para o Projeto de Duplicação da BR-470, Trecho: Navegantes – Indaial – SC, de onde foram ensaiadas 60 amostras correspondentes ao horizonte C do granulito, que mostraram um CBR médio de 10,5% e expansão média de 1,74%.

Estes resultados são apresentados sob a forma de gráfico, na Figura 3.5.17.



**Figura 3.5.17: Variações do CBR e expansão do horizonte C do granulito e a média de 60 ensaios de amostras coletadas na BR-470 – Trecho: Navegantes – Indaial – SC**

### **Características geotécnicas dos Sedimentos Quaternários**

Na região de Joinville/Araquari predominam os sedimentos marinhos, formando um relevo plano de baixa cota, entre 4 e 11m, com nível d'água situado a pequena profundidade entre 0,0 e 0,5m. São sedimentos arenosos finos argilosos marrom, turfa arenosa fina preta, argila orgânica preta. A freqüente presença de matéria orgânica indica a formação em ambiente redutor. Constata-se também, a existência de camadas arenosas, com cimento ferruginoso, que mostram elevada resistência, sendo impenetrável a métodos de perfuração para solos. Estas areias argilosas são denominadas localmente de “piçarras”, devendo se formar na proximidade ao mar, devido a mudança do pH da água subterrânea, de ácido, onde o ferro é solúvel, para básico, quando o ferro precipita.

Entre outros Sedimentos Quaternários, destacam-se os sedimentos aluvionares e os depósitos coluviais. A ocorrência dos sedimentos aluvionares está restrita às áreas de cursos d'água e os coluviais, confinados às poucas elevações existentes. No Projeto da Rodovia: SC-418 – Trecho Vila Itoupava – SC 416, os solos dos Depósitos Coluviais foram distinguidos em dois tipos, sendo um descrito como Colúvio Vermelho Rosado e outro como Colúvio Recente. No Colúvio Vermelho Rosado os solos tipo A-7-5 predominaram com 66%, apresentando um ISC médio de 7,5% e expansão de 1,8%. No Colúvio Recente os

solos tipo A-7-5 ocorreram com 36% e os A-7-6, com 27%, tendo ISC médio de 9,1% e expansão de 0,6%.

### **Estabilidade dos Taludes da Região**

A estabilidade ou instabilidade do talude tem relação com o relevo, drenagem, estrutura, tipo de rocha e seus solos residuais. Observando-se a estabilidade dos cortes existentes nas diversas unidades estratigráficas e com diferentes inclinações de talude, consegue-se determinar um padrão de comportamento, que evidentemente fica alterado, quando ocorrerem percolações de água, falhamentos e ação antrópica intensa. Considerando-se um padrão genérico de comportamento são apresentadas as tendências de estabilidade, para as unidades estratigráficas.

#### Estabilidade de Taludes do Complexo Granulítico Santa Catarina

Quando o Complexo Granulítico ocorrer como uma rocha maciça, pouco fraturada, pode-se recomendar inclinações 4V:1H. No entanto, quando ocorrer um fraturamento intenso, que tenha ocasionado a fragmentação da rocha, podem ser indicadas inclinações de até 3:2, ou indicar a diminuição da altura das banquetas.

Por outro lado, quando apresentar bandeamento ou xistosidade, a determinação da atitude (direção e mergulho) deste plano passa a ter importância na verificação da estabilidade do talude, especialmente quando a direção for perpendicular ao eixo e mergulhar no mesmo sentido do talude do corte. A maior alterabilidade de certas bandas do granulito pode provocar o surgimento de intercalações de solo na rocha, podendo provocar o escorregamento de cunhas de rocha em um corte.

Para cortes em solos derivados do Complexo Granulítico de Santa Catarina, são recomendadas inclinações 1V:1H, para os taludes de solos do horizonte C, que se mostram muito sensíveis à erosão, principalmente quando a fração siltosa é expressiva, em detrimento da argilosa. Tais feições erosivas podem ser observadas em cortes da BR-101 e BR-280, próximo a Joinville e Jaraguá do Sul. Nestes casos, é recomendado o enleivamento ou hidrosemeadura como proteção, além de um persistente trabalho de manutenção da drenagem das banquetas. Quando não protegidos, os taludes são atingidos por pequenas

erosões, que tendem evoluir para escorregamentos. Para estes solos são recomendadas banquetas com altura de até 8 m.

Para o horizonte B, são também recomendadas inclinações 1V:1H para os taludes em cortes, mas mostram-se menos sensíveis à erosão, devido a predominância da fração argilosa, que lhe empresta coesão.

### 3.5.5.3 Características Geotécnicas Locais

#### Investigação nas áreas das elevações no Campus e proximidades

Os solos das elevações no campus e das áreas contiguas resultaram da decomposição de rochas do Complexo Granulítico Santa Catarina.

Ao lado da área do Campus da UFSC em Joinville, ocorrem exposições dos solos derivados do granulito, como mostra a Figura 3.5.18.



**Figura 3.5.18: Área de empréstimo próxima ao campus, utilizada para o aterro do Contorno Ferroviário, formado pelos horizontes B e C de granulito**

Este corte está sendo utilizado como empréstimo para a construção do Contorno Ferroviário de Joinville, onde tem se constatado, que além da elevada expansividade, tem sido difícil diminuir a elevada umidade natural até a umidade ótima. Este problema de elevada umidade

natural tem se verificado em todas as obras da região, que utilizam os solos derivados do granulito.

A sensibilidade à erosão do horizonte C do granulito, também pode ser constatada na área, em taludes de cortes, onde a água gerou sulcos e caneluras, que podem ser vistas na Figura 3.5.19.

A sensibilidade à erosão do horizonte C do granulito se manifesta não somente em taludes de cortes, mas também em taludes de aterros executados com este solo, como pode-se constatar na Figura 3.5.20.

Esta sensibilidade à erosão pode ser comprovada, pela fuga de finos, na junção de tubos de bueiros, como mostra a foto da Figura 3.5.21.



Figura 3.5.19: Talude de corte do horizonte C do granulito, vendo-se as caneluras devidas à erosão.



Figura 3.5.20: A sensibilidade à erosão do horizonte C do granulito se manifesta também em taludes de aterros executados com este solo



Figura 3.5.21: Bueiro rompido devido a fuga do aterro executado com o horizonte C do granulito, pela junção dos tubos

Para melhor conhecimento das condições do subsolo, foram executadas sondagens a percussão (SPT). Para investigar a espessura de solo nas elevações que deverão ser terraplenadas, foram executadas as sondagens SP-03 e SP-06, cuja localização pode ser observada nas figuras Figura 3.5.22 e Figura 3.5.23.

A sondagem SP-03 foi executada situada mais a oeste, com cota 30,84m, cujo perfil de sondagem pode ser visto nas Figura 3.5.24.

Neste local, o projeto de terraplenagem projeta uma escavação até a cota 9,94m. Portanto, a elevação será rebaixada da cota 30,84 m, para 9,94m, o que representa um rebaixamento de 20,9m. Como a sondagem SP-03 determinou uma espessura de solo de 25,45m, esta escavação deverá se processar somente em solo, sem encontrar rocha.

Fato semelhante foi constatado na elevação mais a leste, onde foi efetuada a sondagem a percussão SP-06, cuja localização e descrição pode ser observada no perfil da Figura 3.5.26.

Nesta elevação, a cota máxima é de 45m, onde o projeto de terraplenagem prevê um rebaixamento até a cota em torno de 16,6m, o que corresponde a uma escavação de 28,4m. Como pode-se observar no perfil da sondagem SP-06, houve uma perfuração de 33,24m em solo, o que permite concluir que esta terraplenagem deverá ser efetuada em solo, em encontrar rocha.

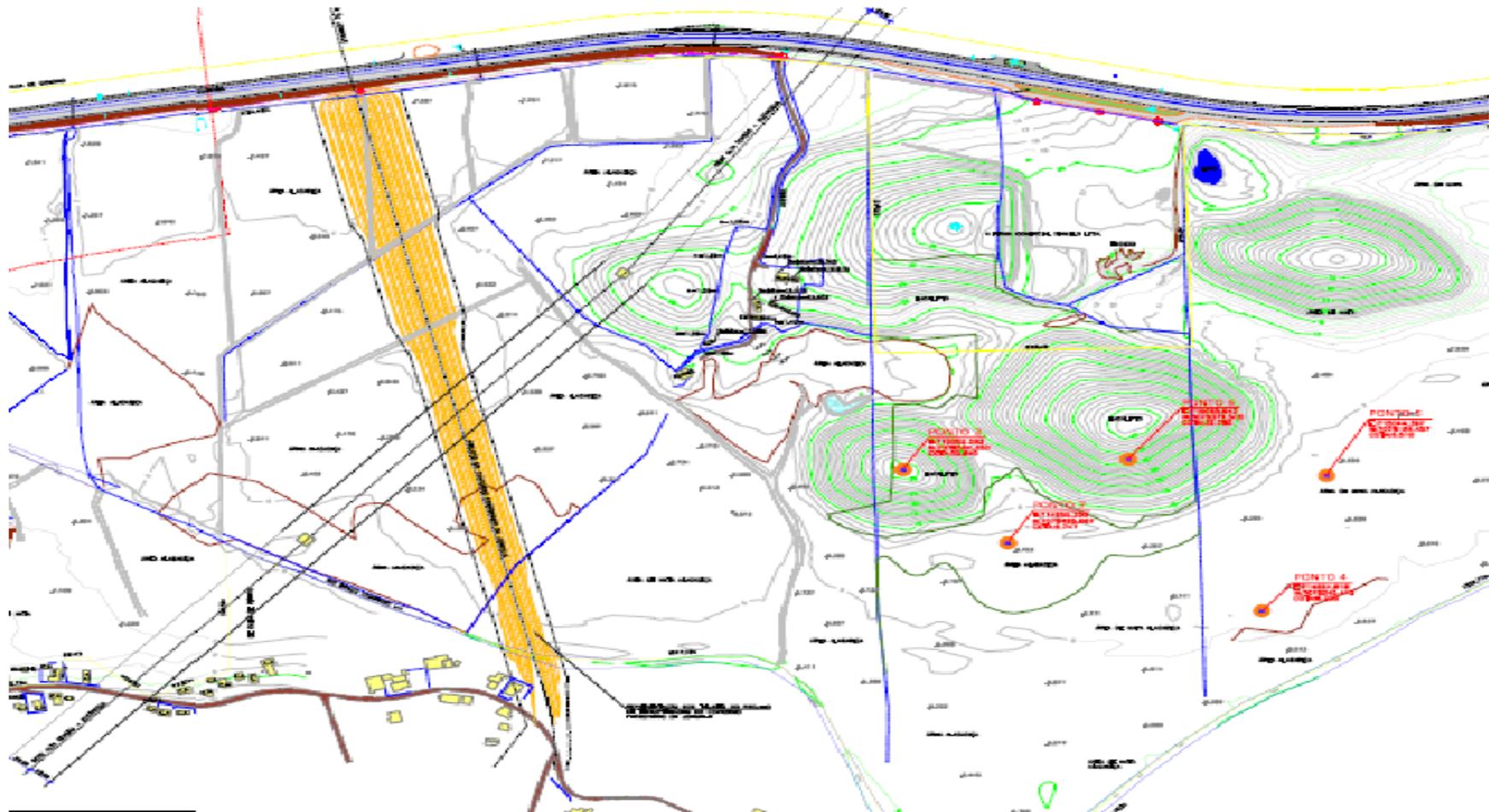


Figura 3.5.22: Planta com a localização das sondagens a percussão efetuadas na área do projeto.



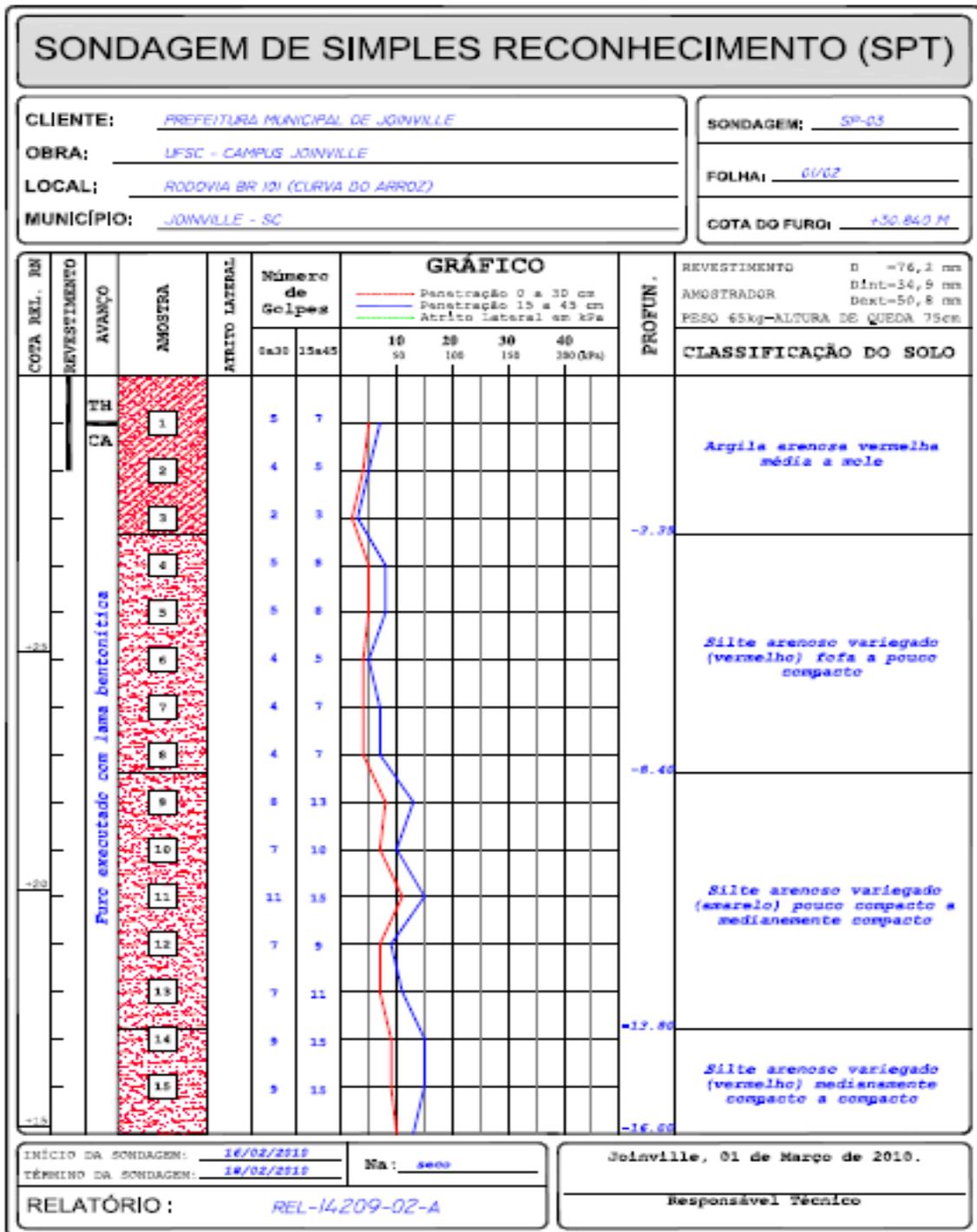


Figura 3.5.24: Perfil da sondagem a percussão SP-03 (Folha 01)



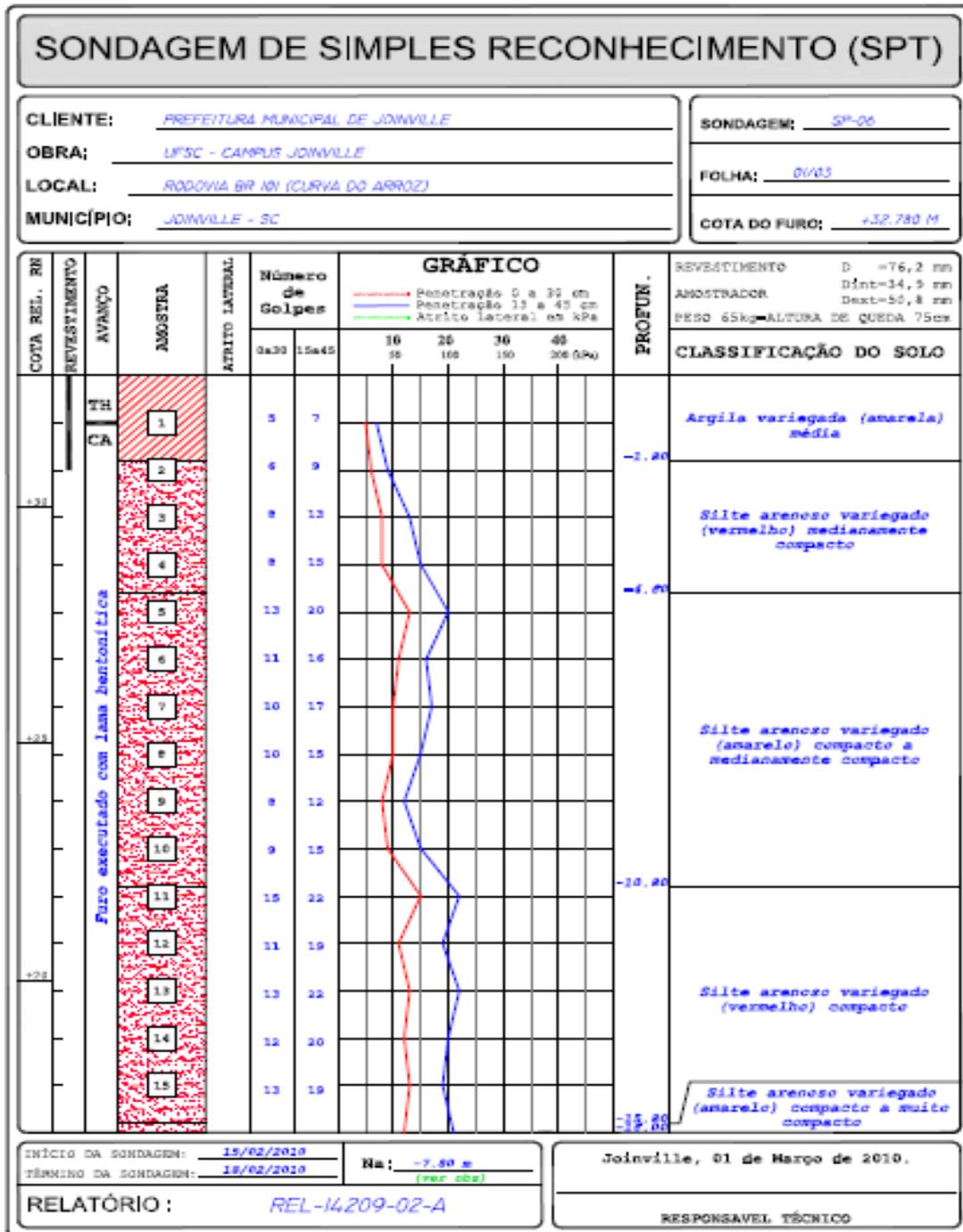


Figura 3.5.26: Perfil da sondagem a percussão SP-06 (Folha 01)

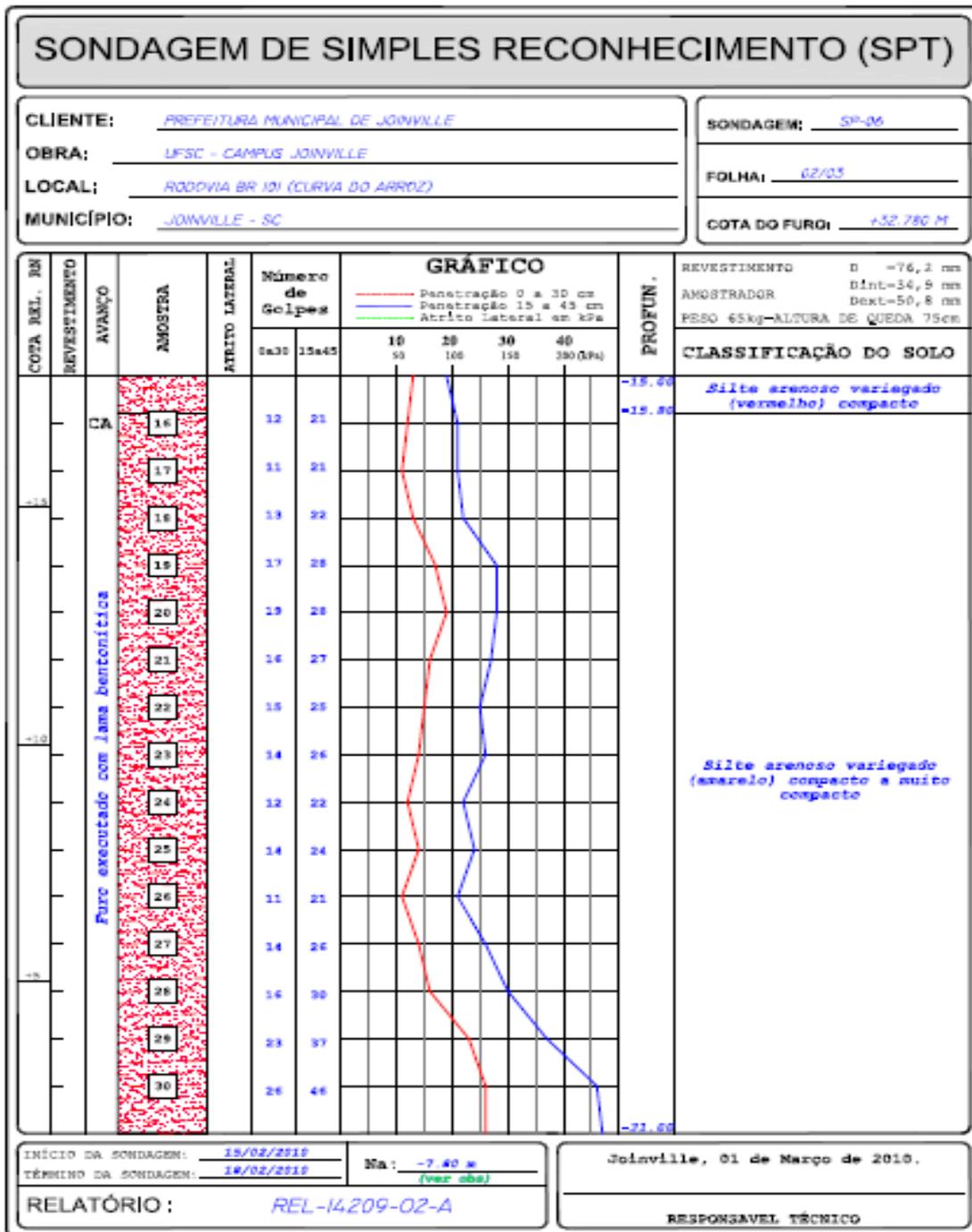


Figura 3.5.27: Perfil da sondagem a percussão SP-06 (Folha 02)

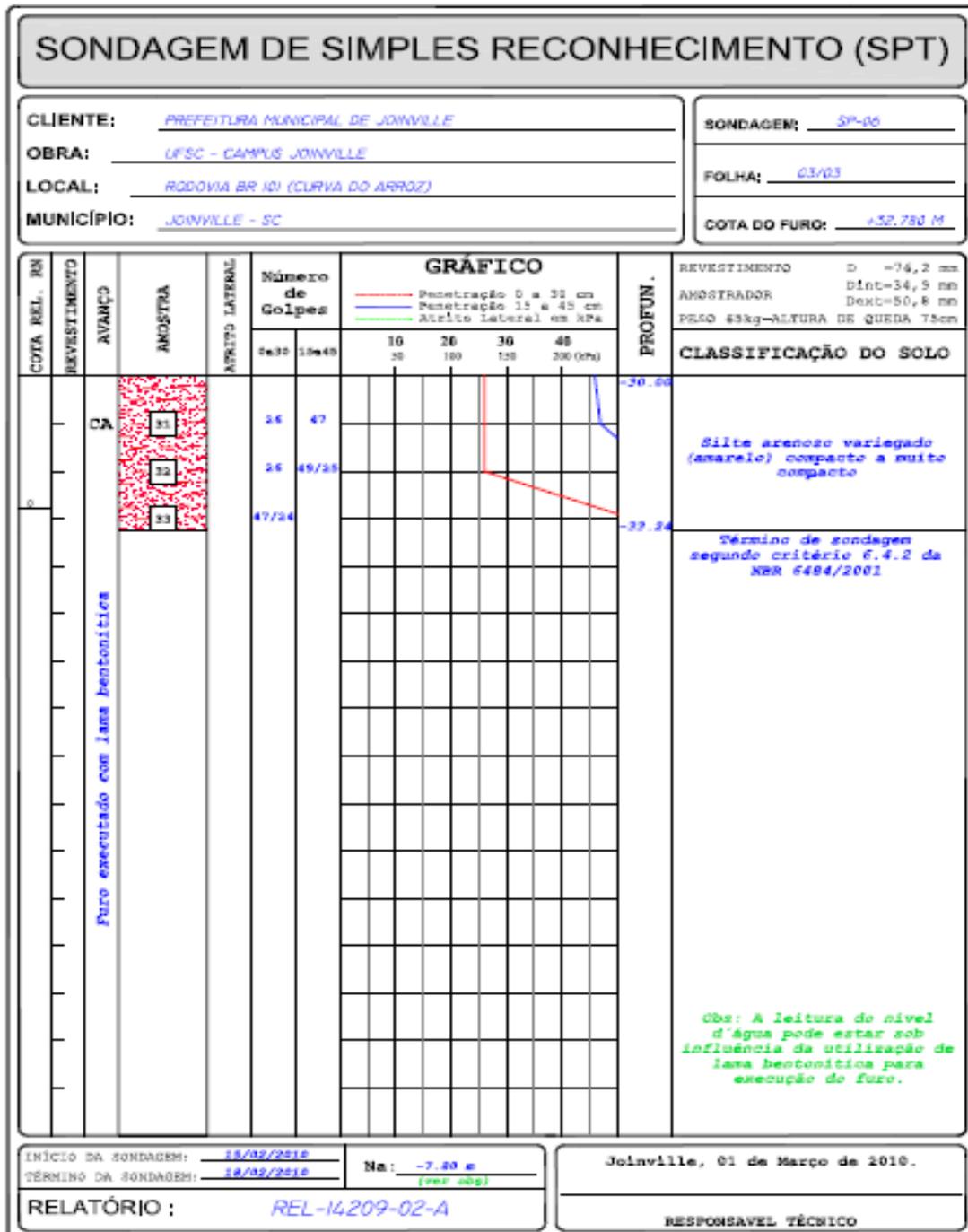
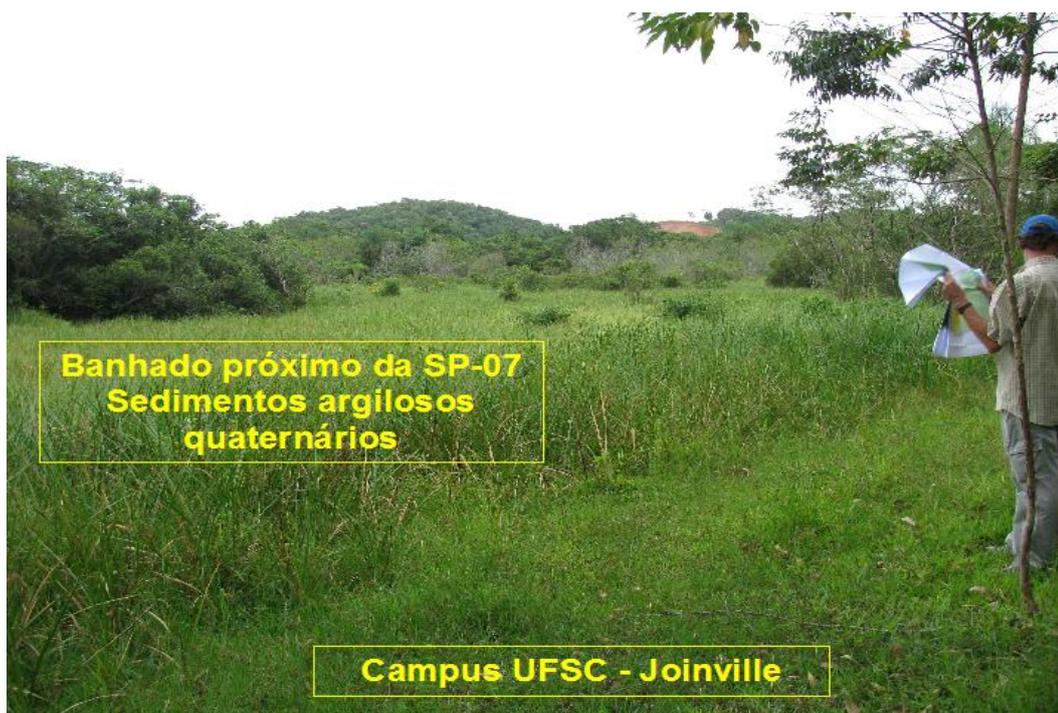


Figura 3.5.28: Perfil da sondagem a percussão SP-06 (Folha 03)

### Investigação dos solos nas baixadas

Enquanto a investigação nas elevações procurou determinar o tipo de material a ser terraplenado, nas baixadas a preocupação se refere às condições de fundação de aterro e vias.

A Figura 3.5.29 mostra uma das áreas de ocorrência de Sedimentos Quaternários, onde existe um banhado, em local próximo, onde foi efetuada a sondagem SP-07, cuja posição pode ser verificada nas Figura 3.5.22 e Figura 3.5.23.



**Figura 3.5.29: Área de ocorrência de Sedimentos Quaternários Aluvionares, argilosos, com matéria orgânica, formando um banhado.**

A ocorrência de solos compressíveis na área tem sido evidenciada na construção Contorno Ferroviário de Joinville, junto à BR-101, como mostra a Figura 3.5.30. Observa-se a ocorrência de argilas orgânicas pretas em valas escavadas ao lado do aterro executado com solo do Complexo Granulítico.



**Figura 3.5.30: Aterro do Contorno Ferroviário executado sobre Sedimentos Quaternários, formados por uma argila orgânica preta**

Nesta investigação, foi realizada a sondagem SP-04 em área alagadiça, próxima do Rio Lagoa, como pode ser observado nas Figura 3.5.22 e Figura 3.5.23. O perfil da sondagem SP-04 está apresentado na Figura 3.5.31.

Como se pode observar no perfil da sondagem SP-04, as seguintes camadas foram constatadas:

- 00,00 a 01,60 m – Argila orgânica cinza escura, muito mole (0 golpes/90cm).
- 01,60 a 03,00 m – Argila orgânica cinza clara, muito mole (0 golpes/70cm);
- 03,00 a 05,00 m – Turfa (0 golpes/100cm);
- 05,00 a 09,80 m – Argila cinza clara, muito mole (0 golpes/80cm a 0 golpes/100cm)

Através da sondagem SP-04, foi identificada uma camada de solo mole orgânico, entre as cotas 0,00 e 9,8m do perfil geotécnico, na área onde inicialmente estava prevista a

execução da avenida de acesso ao novo campus, de acordo com o plano de ocupação utilizado como referência para esta investigação.

Com aspectos semelhantes, a sondagem SP-05, também realizada na baixada, em área alagada, mas um pouco mais próxima da elevação, como pode ser constatado nas Figuras Figura 3.5.22 e Figura 3.5.23, determinou a presença de solos moles, como pode ser observado em seu perfil de sondagem, apresentado na Figura 3.5.33.

Como se pode observar no perfil da sondagem SP-05, as seguintes camadas foram constatadas:

- 00,00 a 02,25 m – Argila orgânica cinza, muito mole (0 golpes/80cm).
- 02,25 a 03,90 m – Turfa (0 golpes/80cm);
- 03,90 a 08,80 m – Argila cinza clara, muito mole (0 golpes/45cm a 0 golpes/80cm)

Através da sondagem SP-05, foi identificada uma camada de solo mole orgânico, entre as cotas 0,00 e 8,8m do perfil geotécnico, em local próximo à área, onde inicialmente estava prevista a execução da avenida de acesso ao novo campus, de acordo com o plano de ocupação utilizado como referência para esta investigação.

Foi ainda realizada a sondagem SP-07 em local mais próximo da elevação e em cota 6,7m, mais elevada que aquelas das sondagens SP-04 e SP-05. O perfil da sondagem SP-07 está apresentado na Figura 3.5.35. Neste perfil, observa-se que a camada de solo mole, representada por uma argila arenosa cinza, muito mole (1 golpe/45cm) é de apenas 1,1m, passível de remoção e substituição.

Os resultados das sondagens SP-04 e SP-05 permitem concluir, que na área baixa, situada a sudoeste da área do campus, onde estava inicialmente planejada a construção de uma avenida e área de estacionamento, possui uma camada de solo mole orgânico, de capacidade de suporte muito baixa, cuja altura crítica de aterro deve ser muito reduzida, não devendo suportar o aterro de 3 metros previstos de altura.

Quanto a possíveis soluções pode-se enumerar:

- a) A substituição da cama de solo mole não é recomendada porque as espessuras de 8,8 a 9,8m verificadas nos perfis geotécnicos das sondagens executadas

ultrapassam a espessura de até 4 metros, considerada como limite passível para este tipo de solução;

- b) A solução por berma de equilíbrio atingiria área com vegetação nativa e teria o inconveniente de conviver por vários anos com recalques devido ao adensamento;
- c) Drenos verticais com colchão drenante também envolvem o aparecimento de recalques, podendo ainda ser diferenciais.

A Figura 3.5.37 mostra esquematicamente a relação de espessuras entre o solo mole e os solos derivados do granulito, elaborada com base nos perfis obtidos pelas sondagens SP 04, SP 05, SP 06 e SP07. Percebe-se ainda na mesma figura que quanto mais próximo da elevação, menor a espessura de solo mole.

Tendo em vista estas observações, julga-se mais conveniente e econômico, o deslocamento da avenida para local mais próximo possível das elevações, onde a espessura de solo mole é mais reduzida.

#### **3.5.5.4 Conclusões**

As investigações e observações efetuadas na área de projeto permitem concluir que:

- A terraplenagem a ser efetuada segundo o projeto deverá movimentar somente solo, com base nas determinações obtidas pelas sondagens SP-03 e SP-06;
- O solo do horizonte C do granulito mostra-se muito sensível à erosão, devendo ser protegido;
- A altura das banquetas executadas em solo do horizonte C do granulito não deverá ultrapassar 8m;
- Devido à elevada espessura de solo mole orgânico (8 a 9m), recomenda-se o deslocamento da avenida, projetada inicialmente próxima do Rio Lagoa, para local mais próximo das elevações, onde a espessura deste material é menor.



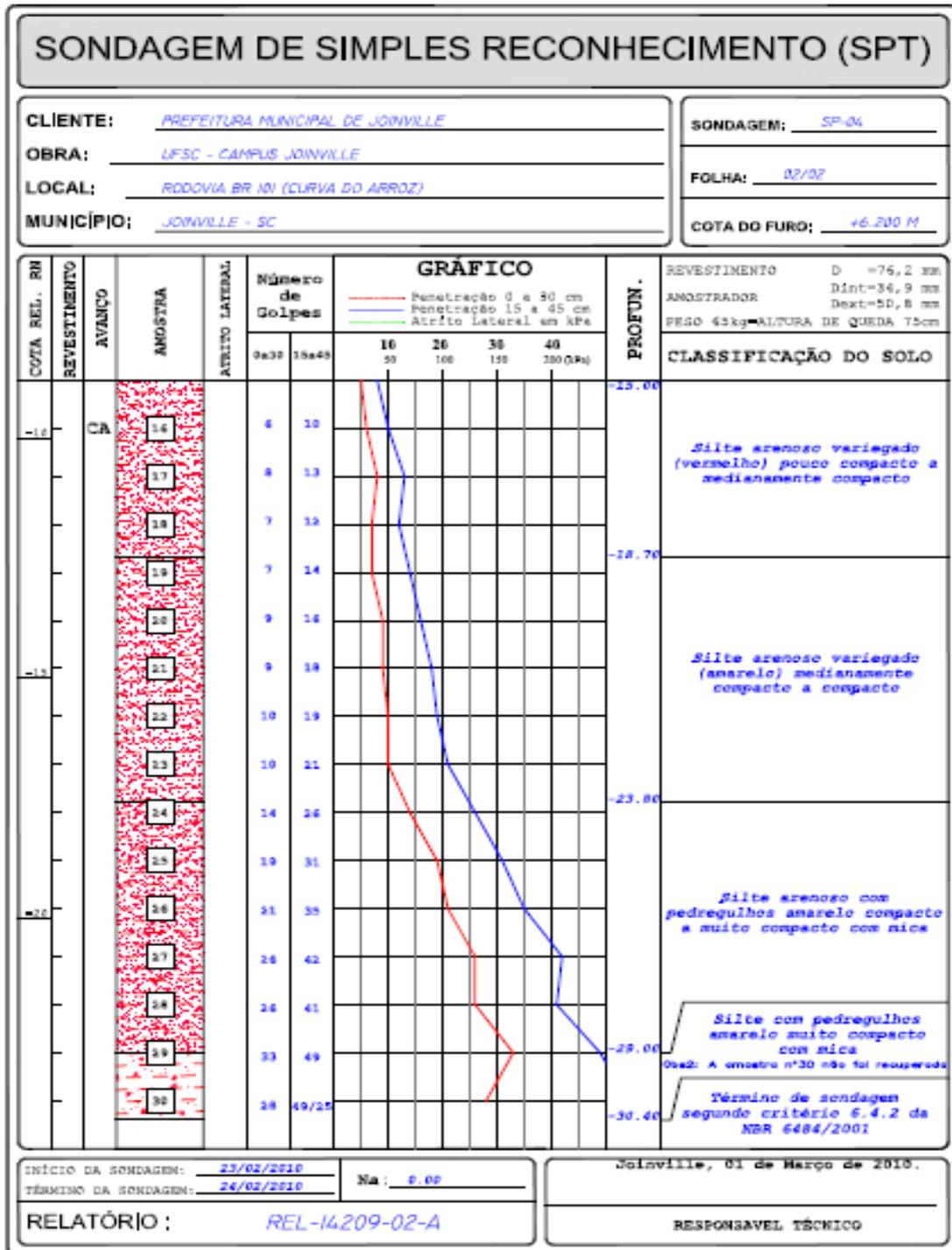


Figura 3.5.32: Perfil da sondagem a percussão SP-04 (Folha 02)

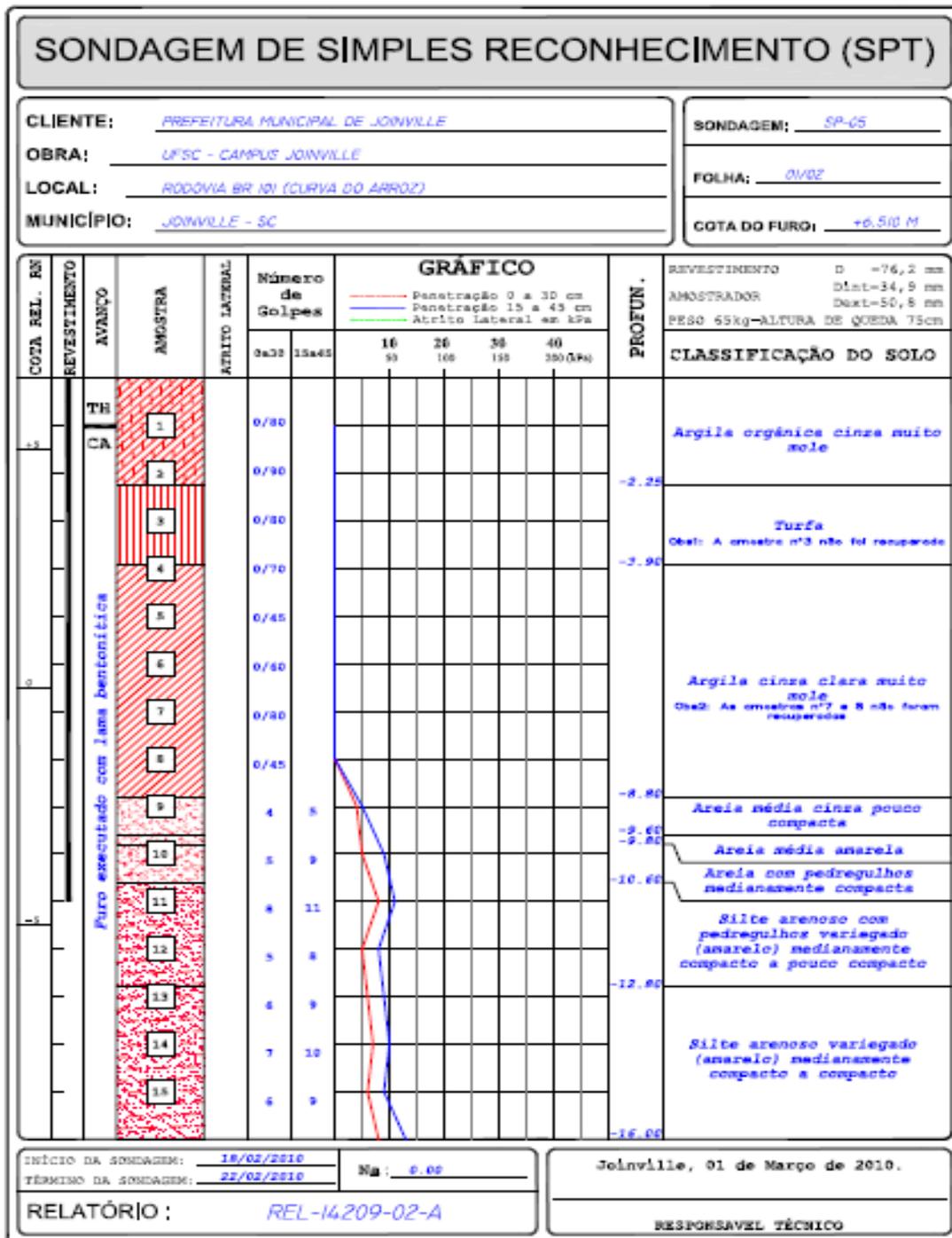


Figura 3.5.33: Perfil da sondagem a percussão SP-05 (Folha 01)



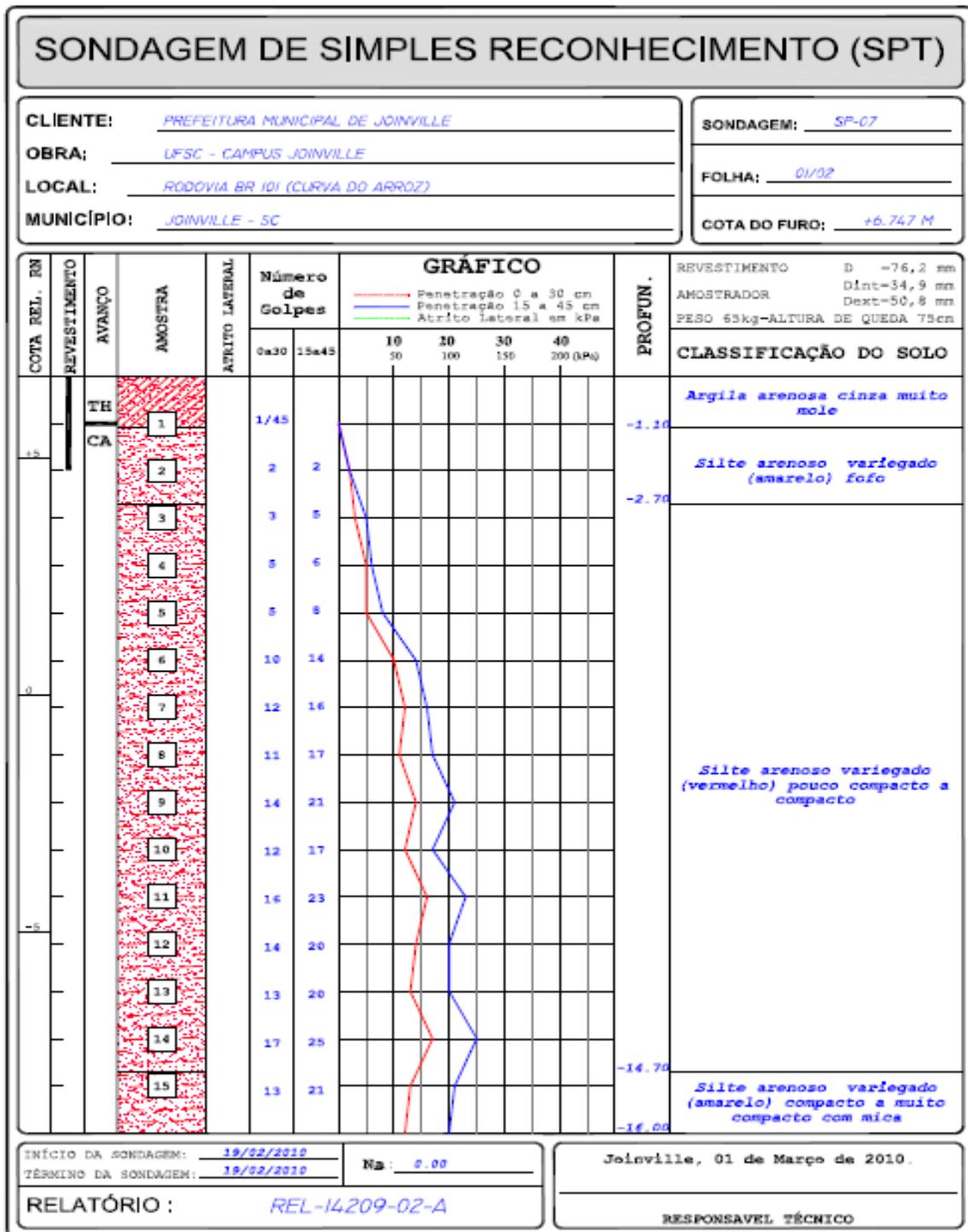


Figura 3.5.35: Perfil da sondagem a percussão SP-07 (Folha 01)



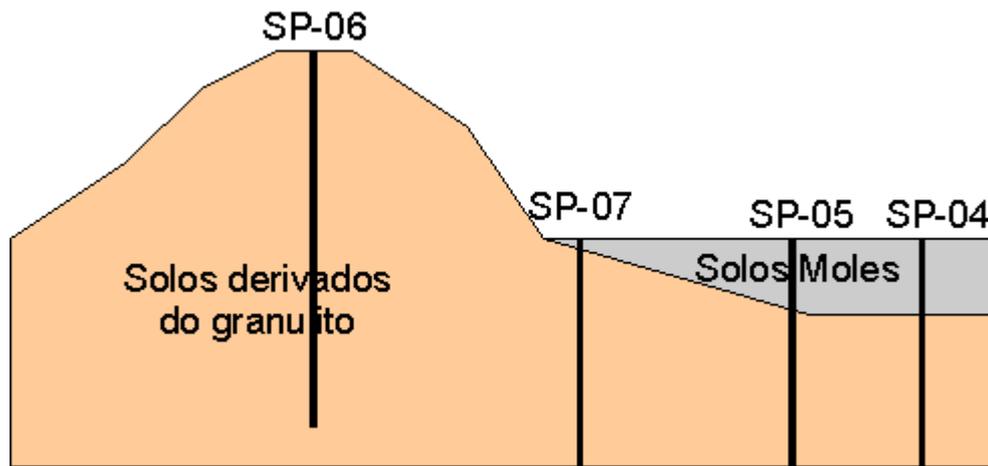


Figura 3.5.37: Seção esquemática mostrando a relação de espessuras dos solos derivados do granulito e os solos moles.

### 3.5.5.5 Referencias Bibliográficas

BORTOLUZZI, C. A. (1987). Estudo de Viabilidade Técnica para Reabertura do Canal do Linguado e Fixação de sua Barra. Atlas. Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia. Curitiba: SBG, V. 1, p. 11-20.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. 1986. Mapa geológico do Estado de Santa Catarina. E= 1: 500.000. Florianópolis.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. 1987. Texto explicativo para o mapa geológico do Estado de Santa Catarina. E= 1:500.000. Florianópolis.

DIEHL, F.L. & HORN FILHO, N.O. 1996. Compartimentação geológico-geomorfológica da zona litorânea e planície costeira do estado de Santa Catarina. Notas Técnicas, 9:39-50.

FATMA (Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina). Atlas Ambiental da Região de Joinville: Complexo Hídrico da Baía da Babitonga. Coordenação: Joachim L. W. Knie. 2ª Ed. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2003.

GAPLAN, 1986. Atlas do Estado de Santa Catarina. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. 173p.

HARTMANN, L. A.; Silva, L. C. da; Orlandi Filho, V. Complexo Granulítico de Santa Catarina – descrição e implicações genéticas. Acta Geológica Leopoldensia, São Leopoldo, v. 3, n. 6, p. 93-112, 1979.

HORN FILHO, N.O. 1997. O Quaternário costeiro da ilha de São Francisco do Sul e arredores, nordeste do Estado de Santa Catarina - aspectos geológicos, evolutivos e ambientais. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 312p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 1976. Folha Imbituba – SC. Escala 1:50.000.

KAUL, P. F. T.; Teixeira, W. Archean and early proterozoic complexes of Santa Catarina, Paraná and São Paulo states, south-southeastern Brazil: an outline of their geological evolution. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 12, n. 1/3, p. 172 – 182, mar./set. 1982.

SIGA JÚNIOR, O. Domínios tectônicos do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina: geocronologia e evolução crustal. São Paulo: USP, Instituto de Geociências/Programa de Pós – Graduação em Geoquímica e Geotectônica, 1995. 212 p. Tese de Doutorado.

SILVA, Luiz Carlos da & Bortoluzzi, Carlos Alfredo (eds.). Texto explicativo para o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina – E = 1:500.000 – Florianópolis: 11º Distrito do DNPM; Coordenadoria de Recursos Minerais da Secretaria da Ciência e Tecnologia, Minas e Energia.1987.

SILVA, L. C. (1987). Joinville: Folha SG. 22-Z-B – Região Sul. Textos e Mapas. Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais. Brasília: DNPM, 13p.