

ELABORAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS GEOTÉCNICO EM AMBIENTE SIG A PARTIR DE SONDAGENS NO BAIRRO JARDIM CAMBURI, VITÓRIA-ES.

Brenda Antônia Lages Oliveira Monteiro ¹; Marcos Eduardo Hartwig ²; Jaime Mesquita de Souza ³; Rafael das Neves Coli ⁴

Resumo – O Grupo Barreiras é uma unidade geológica de idade miocênica, constituída por sedimentos semi-consolidados de origem flúvio-marinha. Esta unidade ocorre amplamente na região costeira do estado do Espírito Santo. Contudo, devido à intensa urbanização, sobretudo na região metropolitana da grande Vitória, são muito escassos seus afloramentos e pouco se sabe sobre seus aspectos geológico-geotécnicos. O presente trabalho teve como objetivo a criação de um banco de dados geotécnico a partir de 50 sondagens à percussão com ensaio SPT realizadas no bairro Jardim Camburi, Vitória, com o intuito de melhor compreender os aspectos geológicos e geotécnicos do subsolo desta região. Para tanto, utilizou-se o software EXCEL (Microsoft) para tabulação e organização dos dados e o software ArcGIS (ESRI) para a criação do banco de dados. Os resultados mostraram que as sondagens possuem profundidades de até 37,94 m e nenhuma delas atingiu o embasamento cristalino. Os depósitos flúvio-marinhos recentes que recobrem o Grupo Barreiras apresentam espessura variável podendo atingir até 18,75 m de espessura. O nível d'água está aparentemente controlado por estratos argilosos. Os resultados também mostraram que o subsolo é bastante heterogêneo, tanto do ponto de vista textural como de resistência. O índice de resistência à penetração variou de 0 a 20 golpes na maioria dos casos, e valores > 20 golpes ocorrem apenas pontualmente, nas extremidades da área de estudo. Isso revela a necessidade de execução de fundações profundas (> 30 m) para a construção de edificações.

Abstract – The Barreiras Group is a geological unit of Miocene age made of semi-consolidated fluvial-marine sediments, which occurs widely in the coastal region of the state of Espírito Santo. Due to the intense urbanization, especially in the metropolitan area of Vitoria, outcrops occur scarcely and little is known about its geological and geotechnical aspects. The present work aims to produce a geotechnical database based on 50 drill boreholes (including Standard Penetration Tests) carried out in the Jardim Camburi district, Vitória city, as a mean to understand geological-geotechnical subsurface aspects. In this sense, the software EXCEL (Microsoft) was used for tabulation and organization of data and the software ArcGIS (ESRI) for the creation of the database. The results showed that drillings have depths of up to 37.94 m and none of them reached the crystalline basement rocks. Quaternary fluvial-marine deposits show variable thickness and can reach up to 18.75 m. Water levels are apparently controlled by the presence of clayed layers. The results also showed that subsoil is quite heterogeneous, both from textural and resistance point of views. The SPT ranged from 0 to 20 strokes in most cases, and values > 20 occur only occasionally at the margins of the study area. This reveals the need of deep foundations (> 30 m) for the construction of buildings.

Palavras-Chave – Grupo Barreiras; SPT; fundações; depósitos quaternários; SIG.

¹ Graduanda, Universidade Federal do Espírito Santo: Alegre – ES, (27) 99859-6859, bmonteirogeo@gmail.com

² Geól., DSc, Universidade Federal do Espírito Santo: Alegre - ES, (11) 99515-1814, marcos.hartwig@ufes.br

³ Geól. MSc., Colúvio Consultoria em Geologia e Geotecnia: Vitória – ES, (27) 99228-1096, jmsouza3@gmail.com

⁴ Graduando, Universidade Federal do Espírito Santo: Alegre – ES, (28) 99972-6830, nevescoli@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A região metropolitana de Vitória caracteriza-se, geomorfologicamente, por uma região bastante plana, interrompida por pontões isolados de rocha cristalina (granitoides pós-colisionais) do tipo *inselbergs*, que apresentam elevações de centenas de metros. Nestas regiões mais planas são descritos um conjunto de sedimentos detríticos siliciclásticos, heterogêneos, semi-consolidados, afossilíferos e com escassas estruturas sedimentares. Estes sedimentos foram incluídos ao Grupo Barreiras de idade miocênica (CPRM, 2014; Tâmara, 1995). Sobre estes sedimentos, repousam em discordância erosiva, sedimentos flúvio-marinhos recentes, compostos por areia, argila e cascalhos (Vieira e Menezes, 2015; CPRM, 2014).

Apesar de ocorrerem amplamente no estado do Espírito Santo, são ainda muito escassos os estudos acerca das características geológico-geotécnicas do Grupo Barreiras (Vieira e Menezes, 2015; Tâmara, 1995). Em regiões intensamente antropizadas, como a região metropolitana da Grande Vitória, são muito escassas exposições desta unidade, o que dificulta ainda mais o seu estudo. Nas últimas décadas, devido à verticalização urbana intensa, foram executadas muitas sondagens geotécnicas para fins de projeto de edificações e obras civis de infraestrutura. Estes dados foram cedidos por empresas projetistas do estado sediadas na capital e tabulados por Santos e Bridi (2017), ex-alunos da Universidade Federal do Espírito Santo-UFES.

O bairro do Jardim Camburi em Vitória-ES (Figura 1), congrega grande concentração de edifícios, sendo o mais populoso de todo o estado, segundo o censo demográfico do IBGE obtido no Portal da Prefeitura Municipal de Vitória (2010). Tendo em vista a enorme quantidade de dados de sondagens geotécnicas e a necessidade, o objetivo do presente trabalho foi o de elaborar um banco de dados geotécnicos, no intuito de melhor compreender as características geológico-geotécnicas do subsolo nesta região intensamente ocupada.



Figura 1. Localização do bairro Jardim Camburi, município de Vitória – ES, com indicação das sondagens utilizadas no presente trabalho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi estruturado nas seguintes etapas: 1) compilação e organização dos dados de sondagens; 2) tabulação dos dados no Microsoft Excel; 3) criação do banco de dados geotécnicos no programa ArcGIS 9.5 (ESRI); e 4) visualização e análise dos resultados.

2.1 Compilação e organização dos dados

Os dados utilizados foram compilados a partir de 50 sondagens geotécnicas. As coordenadas dos furos foram obtidas a partir dos próprios boletins de sondagens e de desenhos DWG com a localização dos furos.

2.2 Tabulação dos dados de sondagem

As informações dos boletins foram estruturadas e individualizadas em quatro tabelas contendo os dados gerais dos furos de sondagem, valores de NSPT, descrição litológica dos horizontes e proporção do material (areia, silte e argila).

Na tabela dos dados gerais constam informações sobre as coordenadas dos furos, empresa responsável, endereço, data de início e término do furo, nível d'água, cota do terreno, profundidade total do furo e profundidade do revestimento. Na tabela dos valores de NSPT estão contidos os índices de resistência à penetração a cada metro. Para os horizontes moles e duros, os valores de NSPT foram recalculados conforme descrito em Monticeli e Tressoldi (2013). A tabela de descrição litológica contém informações sobre a litologia descrita em cada horizonte perfurado. Tendo em vista a grande variabilidade litológica, esta informação foi tabulada da seguinte maneira: a) material arenoso (1); b) material silteoso (2); e c) material argiloso (3). A tabela de proporção contém as porcentagens relativas de areia, silte e argila por furo de sondagem, obtidas com base nas espessuras dos horizontes litológicos.

2.3 Criação do banco de dados geotécnico em ambiente SIG

O sistema de coordenadas utilizado para a criação do banco de dados foi o UTM (Universal Transversa de Mercator) e o *datum* horizontal WGS-84, Zona 24S. O procedimento foi iniciado com a inserção da tabela de dados gerais no software ArcGIS, por meio do comando "*Add XY Data*", selecionando-se os campos E e N que armazenam as coordenadas, o que resulta em um plano de informação de pontos de sondagens. Em seguida, esse plano foi exportado como vetor no formato *shapefile* para a ligação com as outras tabelas. A ligação com as outras tabelas está baseada no código do furo (chave de ligação) a partir do comando *join*. Por fim, criou-se um arquivo *geodatabase* para organizar e gerir estes dados.

2.4 Visualização e análise dos resultados

Para a visualização dos dados foram gerados gráficos do tipo barra e pizza. A análise dos resultados constituiu-se em verificar a distribuição das variáveis em diferentes profundidades. Para análise dos dados de NSPT, foram gerados mapas para as profundidades de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 m. Os valores de NSPT de cada sondagem foram interpolados pelo método da ponderação do inverso da distância (IDW). Os mapas de NSPT interpolados foram validados com base em sondagens existentes na área de estudo, mas que não foram incorporados no banco de dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As profundidades dos furos variaram entre 10,80 e 37,94 m. As sondagens mais profundas ocorrem na porção NW e SE, enquanto as mais rasas ocorrem na porção central da área, sendo que nenhuma das sondagens atingiu o embasamento cristalino.

A topografia do bairro com base nas cotas das bocas das sondagens é bastante plana, com variações entre -2 a 0,64 metros. Em geral, o nível d'água encontra-se a pequenas profundidades, variando entre 0,004 a 3,6 metros. As maiores profundidades são encontradas na porção centro-sul da área.

Os dados de sondagem revelaram a existência de depósitos flúvio-marinhos sobre os sedimentos do Grupo Barreiras. Estes depósitos apresentam espessura variável podendo atingir até 18,75 m (sondagem SP-017). A distinção entre estas unidades baseou-se na presença de fragmentos de carapaças carbonáticas de organismos marinhos, descritos em 19 das 50 sondagens estudadas.

Os mapas da Figura 2 representam os aspectos texturais predominantes nas sondagens estudadas. A Figura 2a retrata a variação textural em profundidade e a Figura 2b a faixa granulométrica predominante em cada furo de sondagem, com base nas espessuras dos horizontes. Com base nestas figuras, observa-se grande heterogeneidade textural. A Figura 2b mostra predomínio de material siltoso nos extremos norte e leste da área e de material argiloso na porção central. Nas demais regiões, há predomínio de material arenoso. A região onde predomina material fino, argiloso, coincide, aproximadamente, com a região onde foram medidos os níveis d'água mais profundos. Nesta região, também se encontram as sondagens com menores profundidades.

O Grupo Barreiras é descrito como uma cobertura sedimentar de origem flúvio-marinha constituída de sedimentos detríticos siliciclásticos, semi-consolidados, afossilíferos, mal selecionados, de cor variegada e com escassas estruturas sedimentares (Amador, 1982; Suguio e Nogueira, 1999; Arai, 2006). Tâmara (1995) identifica duas unidades litofaciológicas na região metropolitana de Vitória, que ocorrem como camadas e lentes de espessuras variáveis. A unidade superior apresenta granulometria variada, com baixa consolidação e má seleção dos grãos e a unidade inferior é composta basicamente por areias arcoseanas com lentes silto-argilosas.

Os dados de sondagem estudados revelam significativa heterogeneidade textural e estratos descontínuos. Não está clara a existência destas unidades a partir dos dados de sondagem, conforme descrito por Tâmara (1995). Adicionalmente, os espessos níveis de crostas lateríticas endurecidas (> 50 cm) observados em muitas regiões do litoral capixaba não foram verificados na área de estudo até a profundidade das sondagens analisadas. Isso pode indicar, que o processo de laterização que atingiu estes sedimentos, ocorreu de forma descontínua ao longo da costa da porção centro-sul do estado Espírito Santo.

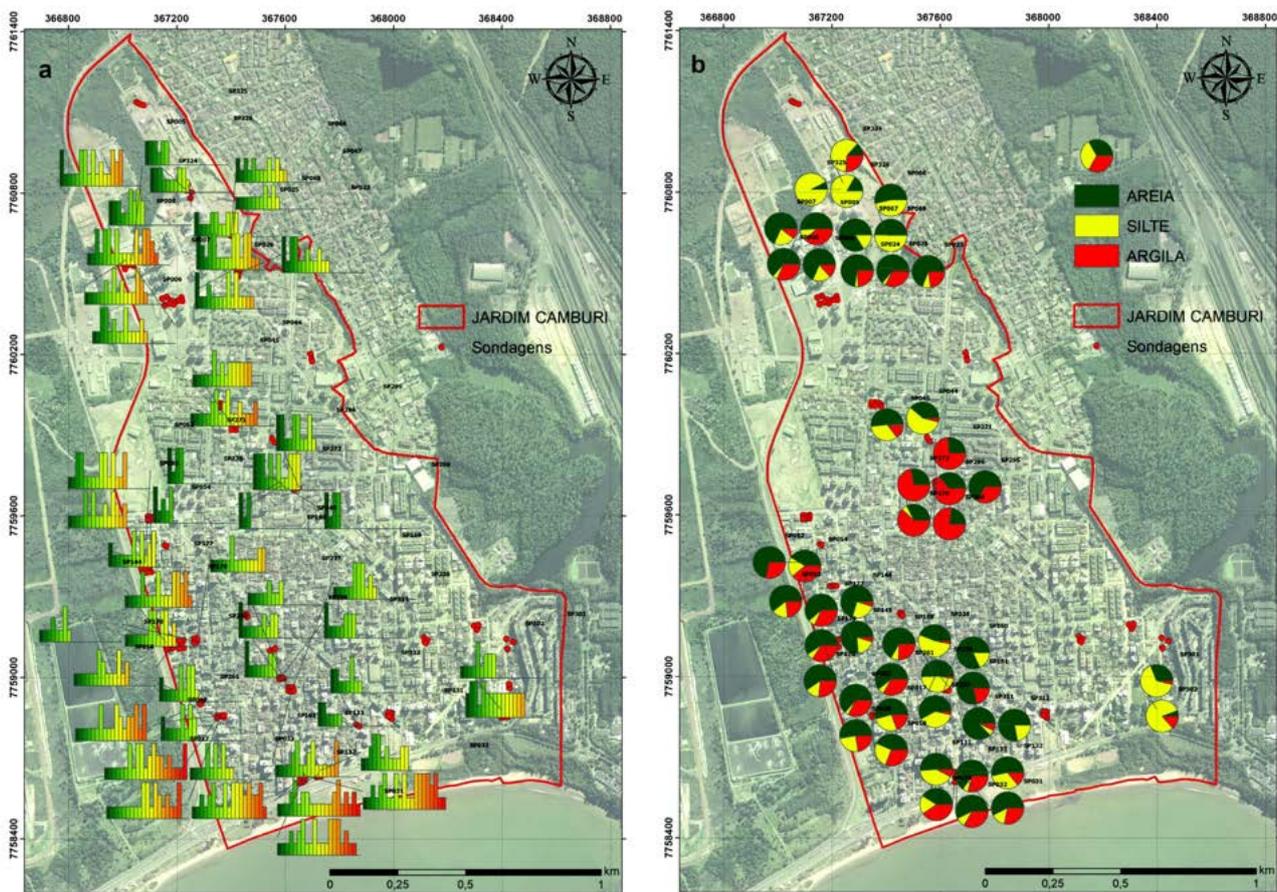


Figura 2. Aspectos texturais predominantes nas sondagens estudadas: (a) as cores das barras indicam a variação de profundidade (verde = mais raso e vermelho = mais profundo). A altura das barras indica a composição textural (areia = 1, silte = 2 e argila = 3); e (b) texturas predominantes em cada furo de sondagem, com base nas espessuras dos horizontes.

O mapa da Figura 3 mostra a variação dos valores de NSPT em profundidade. As cores gradua de verde (mais raso) até vermelho (mais profundo) e a altura das barras varia em função do NSPT. Os valores de NSPT representados pelas barras estão compreendidos entre 0 e 77 golpes. No intuito de melhor visualizar e compreender estes dados em profundidade, foram gerados mapas de NSPT interpolados para as profundidades de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 m. Conforme a Figura 4, predominam valores entre 0 a 10 golpes em todas as profundidades, seguido de valores entre 10 a 20 golpes. Valores acima de 20 golpes ocorrem de forma localizada.

Santos e Bridi (2017) geraram um modelo 3D a partir das sondagens realizadas no bairro Jardim Camburi e constataram que os valores de NSPT mais elevados tendem a ocorrer em maiores profundidades ou ao se alcançar níveis mais resistentes e/ou impenetráveis. Esses valores elevados estão associados a argilas rijas a duras e areias compactas. Souza (2012) analisou sondagens realizadas no bairro e descreveu o material argiloso em horizontes de tonalidade amarelada e o material arenoso em horizontes de tonalidade avermelhada. As tonalidades amarela e vermelha são devido à presença de gipsita e hematita, respectivamente. Ao associar os valores de NSPT aos horizontes, o autor identifica maiores índices de resistência à penetração ocorrendo nas seções avermelhadas, tendo como causa provável a laterização destes sedimentos.

No bairro do Jardim Camburi, as edificações são construídas em sua maioria, sobre fundações do tipo hélice contínua e pré-moldada de concreto, com diâmetro > 30 cm (Patrício José Moreira Pires, informação verbal). Segundo Cintra e Aoki (2010), as cotas de apoio das estacas devem ocorrer para valores de NSPT > 20 golpes. Os valores de NSPT até a cota de 30 metros são predominantemente inferiores a 20 golpes. Isto indica a necessidade de realização de estacas de fundação bem profundas nesta área.

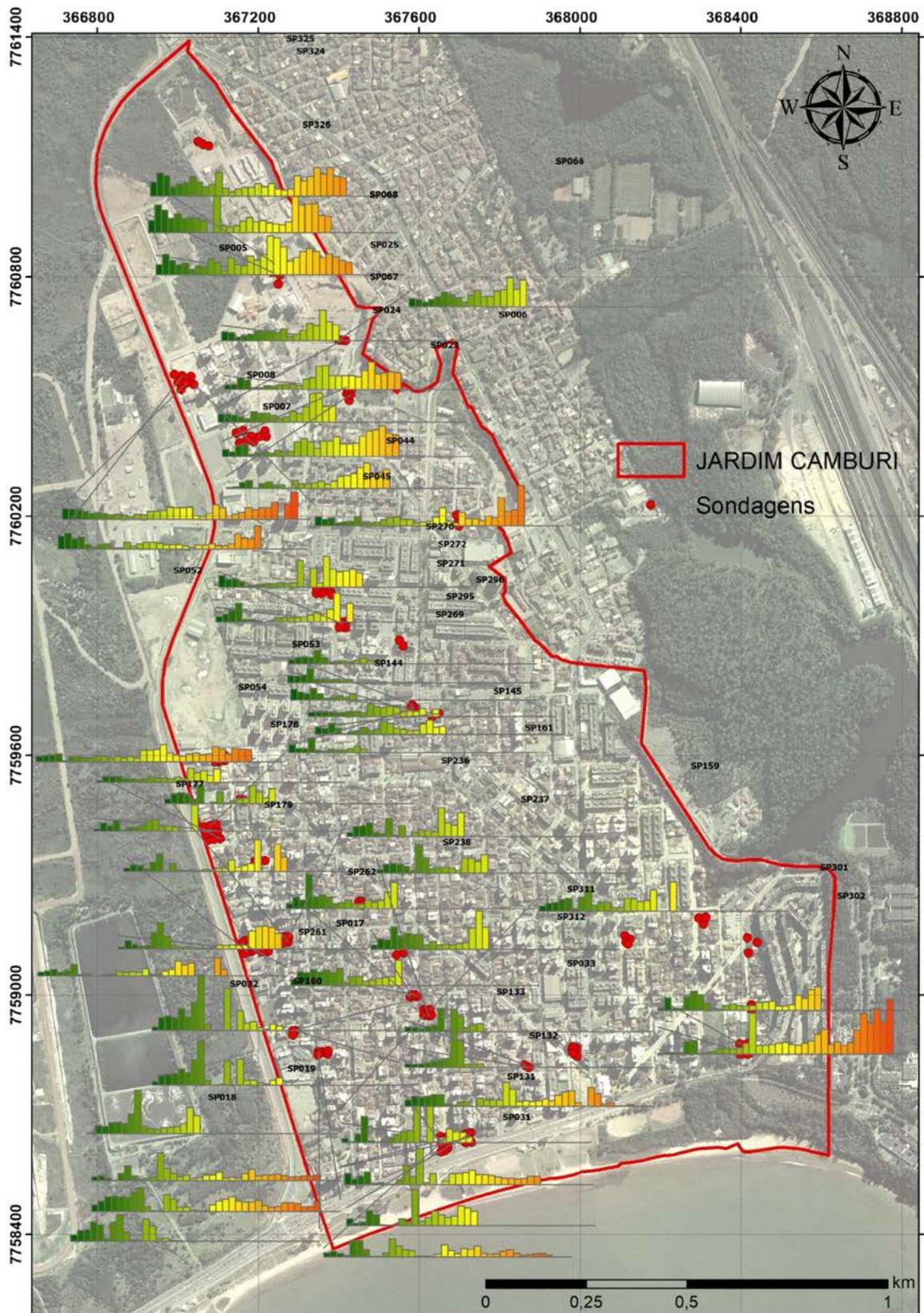


Figura 3. Variação do NSPT em profundidade. As cores indicam variação de profundidade: verde (mais raso) e vermelho (mais profundo). A altura das barras varia em função do valor de NSPT, que está compreendido entre 0 e 77 golpes.

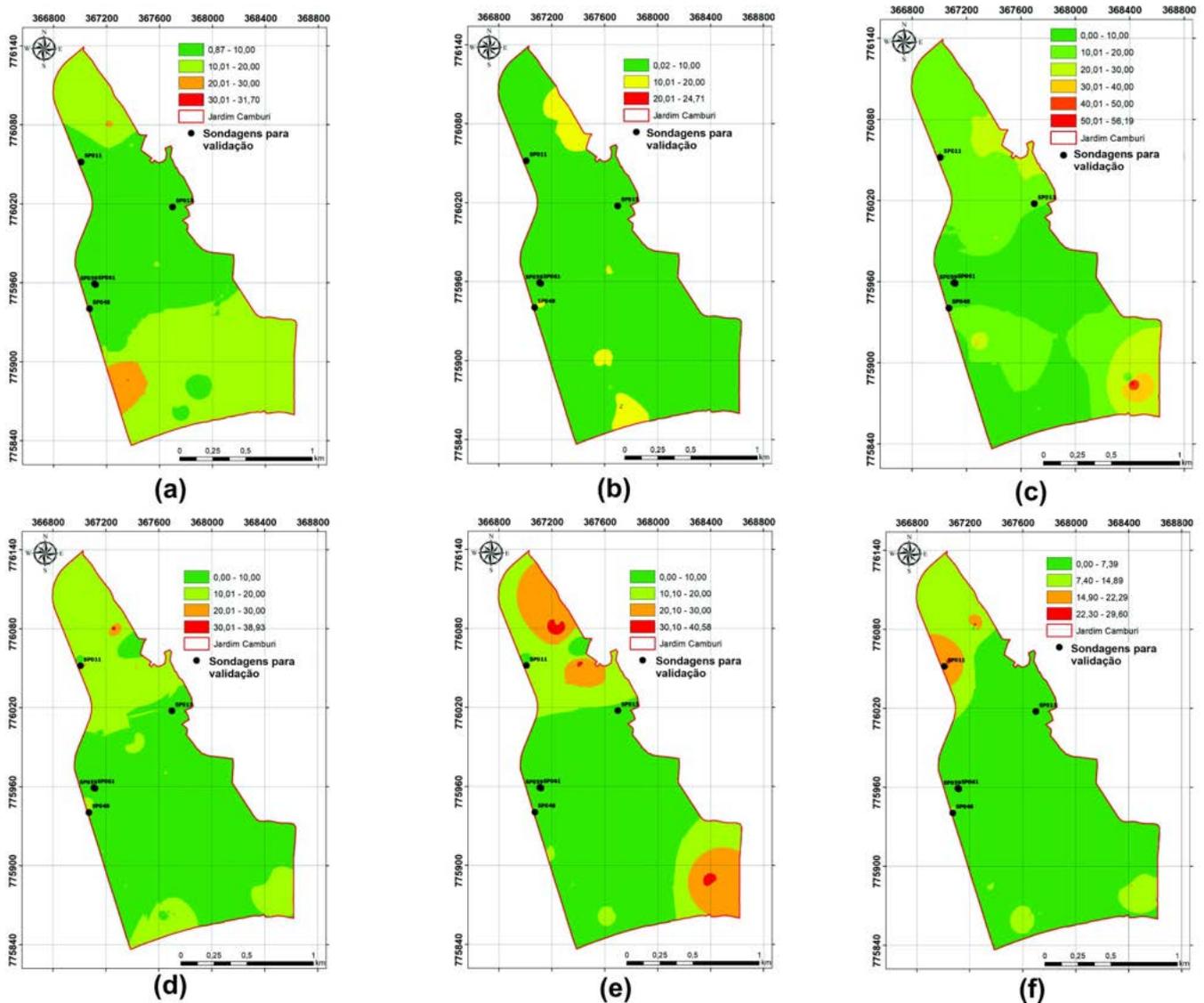


Figura 4. Mapas de NSPT interpolados para as profundidades de: (a) 5m; (b) 10m; (c) 15 m; (d) 20 m; (e) 25 m; e (f) 30 m.

4. VALIDAÇÃO DOS DADOS DE NSPT

A Tabela 1 reproduz os valores de NSPT tabulados a partir de sondagens que ocorrem na área de estudo, porém não foram incorporadas no bando de dados. Conforme esta tabela, os valores de NSPT obtidos a partir das sondagens coincidem, na maioria dos casos, com os valores de NSPT determinados por interpolação.

Tabela 1 – Sondagens utilizadas para a validação dos valores de NSPT interpolados.

| NSPT | Profundidades (m) | | | | | |
|-------------------|-------------------|---------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| SP011 | 16 | 6 | 5 | 7 | 7 | 22 |
| Valor interpolado | 0,87-10 | 0,02-10 | 10-20 | 10-20 | 10-20 | 10-20 |
| SP013 | 0 | 5 | 0 | - | - | - |
| Valor interpolado | 0,87-10 | 0,02-10 | 10-20 | 0-10 | 0-10 | 0-10 |
| SP048 | 3,6 | 6 | 10 | 19 | 15 | - |
| Valor interpolado | 0,87-10 | 0,02-10 | 0-10 | 10-20 | 0-10 | 0-10 |
| SP059 | 4 | 0,5 | 24 | 2,25 | 4 | - |
| Valor interpolado | 0,87-10 | 0,02-10 | 0-10 | 0-10 | 0-10 | 0-10 |
| SP061 | 5 | 2 | 32 | 16 | 6 | 4 |
| Valor interpolado | 0,87-10 | 0,02-10 | 0-10 | 0-10 | 0-10 | 0-10 |

5. CONCLUSÃO

O objetivo do presente trabalho foi o de produzir um banco de dados geotécnico a partir de dados de sondagem para o bairro do Jardim Camburi, região metropolitana de Vitória. Os resultados permitem afirmar que:

- Os dados de sondagem mostram significativa heterogeneidade textural e de resistência (valores de NSPT). Isso mostra que se tratam de estratos com pouca continuidade lateral;
- Os dados de sondagem revelaram que os depósitos flúvio-marinhos recentes que recobrem o Grupo Barreiras apresentam espessura variável podendo atingir até 18,75 m. Estes depósitos são constituídos principalmente por sedimentos arenosos e apresentam valores de NSPT < 25 golpes;
- Os dados indicam a necessidade de execução de fundações profundas (> 30 m) na porção central do bairro do Jardim Camburi;
- As sondagens possuem profundidades entre 10,8 e 37,94 m e nenhuma delas atingiu o embasamento cristalino;
- Níveis argilosos na porção central da área de estudo parecem controlar a profundidade do nível d'água.

6. REFERÊNCIAS

ARAI, M. A Grande Elevação Eustática do Mioceno e Sua Influência na Origem do Grupo Barreiras. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, outubro 2006.

CINTRA, J. C. A; AOKI, N. **Fundações por estacas**: projeto geotécnico. 1 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 96p.

CPRM Serviço Geológico do Brasil. **Carta Geológica Folha SF-24-V-I-B Vitória**. Escala 1:100.000. 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: tabagismo 2008. Rio de Janeiro, 2009.

LIMA, M. J. C. P. A. **Prospecção geotécnica do subsolo**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1980. 104p.

MONTICELI, J. M., TRESSOLDI, M. (Coord.) 2013. **Diretrizes para classificação de sondagens**. 1 ed. São Paulo: ABGE. 203 p.

Portal da Prefeitura Municipal de Vitória. 2010. **Regiões Administrativas: Região 8 – Jardim Camburi**. Disponível em http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/dados_regiao/regiao_8/regiao8d.asp. Acesso em 25/04/2020.

SANTOS, A. A. M.; BRIDI, L. O. **Caracterização da subsuperfície na transição entre Formação Barreiras e Depósitos Quaternários em Vitória – ES**. 2017. Projeto de Graduação. Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 27p. 2017.

SOUZA, J. M. **Abordagem qualitativa e quantitativa de encostas urbanas aplicada a dois taludes no município de Vitória**. 2012. 215p. Dissertação de Mestrado. Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. 2012.

SUGUIO, K. & NOGUEIRA, A.C.R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. **Geociências**, São Paulo. v.18, n. 2. 461-479, 1999.

TAMARA G. **Contribuição ao Estudo do Grupo Barreiras na Região Metropolitana de Vitória (ES)**. 1995. 73 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

VIEIRA, V.S.; MENEZES, R.G. 2015. **Geologia e recursos minerais do estado do Espírito Santo: texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do Estado do Espírito Santo**. Belo Horizonte: CPRM. 289p.