

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Importância do Programa de Investigação Geológico-Geotécnica (IGG) na Definição do Tipo de Fundação: Estudo de Caso

Monyque Coelho Milhomem, B. Sc.
CEUB, Brasília/DF, Brasil, monyquec.mc@gmail.com

Rideci Farias, D. Sc.
UCB / CEUB, Brasília/DF, Brasil, rideci.farias@gmail.com

Maria Stella Baccan, B. Sc.
Porto Belo Engenharia, Brasília/DF, Brasil, maria.stella@portobeloweb.com.br

Haroldo Paranhos, M. Sc.
CEUB / Reforsolo Engenharia, Brasília/DF, Brasil, reforsolo@gmail.com

RESUMO: Este trabalho apresenta a importância do levantamento geológico-geotécnico com a finalidade de subsidiar a implantação de uma edificação na Região Administrativa de Samambaia, Distrito Federal, Brasil. O estudo foi desenvolvido por etapas em que num primeiro momento realizou-se o estudo geológico-geotécnico para a área de implantação da obra subsidiado em análises e estudos pré-existentes. Em seguida, de posse das análises realizadas na área do empreendimento em conjunto com as investigações de campo (sondagens SPT e rotativa), adicionadas ao levantamento topográfico, ajudaram a definir o tipo de fundação e contenção adotadas, mas também, maior grau de acertabilidade do material do subsolo na área de escavação. Para a área estudada, observou-se considerável variabilidade de solos, com predominância de areia, areia argilosa e argila arenosa. Ademais, presença considerável de ritmitos com quartzitos e intercalações laminares argilosas, siltosas e arenosas. Tais levantamentos e estudos foram de suma importância para escolha do processo executivo adequado e ajustes necessários durante as escavações do terreno.

PALAVRAS-CHAVE: Importância, Estudo, Geológico-Geotécnico, Distrito Federal.

ABSTRACT: This paper presents the importance of geological and geotechnical surveys in order to support the implementation of a particular building in the Administrative Region of Samambaia, Federal District, Brazil. The study was developed in various stages. Initially, a geological-geotechnical study was carried out for the area of implementation of the work, subsidized in pre-existing analyzes and studies. Then, having the analyzes carried out in the area of the enterprise in conjunction with the field investigations (SPT and rotary drilling), added to the topographic survey helped to define the type of foundation and containment wall adopted, but also, greater degree of material accuracy underground in the excavation area. For the studied area, there was considerable variability of soils, with predominance of sand, clay sand and sandy clay. In addition, there is considerable presence of quartzite rhythms and clayey, silty and sandy laminar intercalations. Such surveys and studies were of paramount importance for choosing the appropriate executive process and necessary adjustments during excavations of the terrain.

KEYWORDS: Importance, Study, Geological-Geotechnical, Federal District.

1 Introdução

Este trabalho apresenta o estudo geológico-geotécnico realizado para a implantação de um empreendimento localizado na Região Administrativa de Samambaia Norte, no Distrito Federal, Brasil, com vistas ao maior conhecimento do material a ser escavado para implantação dos subsolos de garagens, fundação, reservatório inferior de água potável e reservatório de água de reuso. Os estudos prévios mostraram que seriam encontrados considerável variabilidade no material do subsolo, fato confirmado quando da execução das estacas do sistema de contenção e a posterior escavação da área da obra. Ademais, o trabalho considera a

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

relevância da programação das investigações do subsolo com vistas a menor imprevisibilidade no processo de escavação e execução da fundação.

2 Considerações Iniciais

Para o desenvolvimento deste trabalho procurou-se um amplo levantamento bibliográfico que pudesse representar mais fielmente o conhecimento sobre a região de implantação do empreendimento. A seguir, apresentam-se, principalmente, questões geológico-geotécnicas relativas à região e área estudada.

2.1 Geologia do Distrito Federal

No Distrito Federal (DF) as sequências de rochas estão inseridas nas faixas de dobramentos Brasília. Do ponto de vista regional, a área do DF é composta por rochas metassedimentares que inclui os grupos Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí e as respectivas coberturas de solos residuais ou coluvionares (FREITAS-SILVA; CAMPOS, 1998). As Figuras 1 e 2 mostram o mapa geológico geral e o mapa de solos do Distrito Federal, respectivamente.

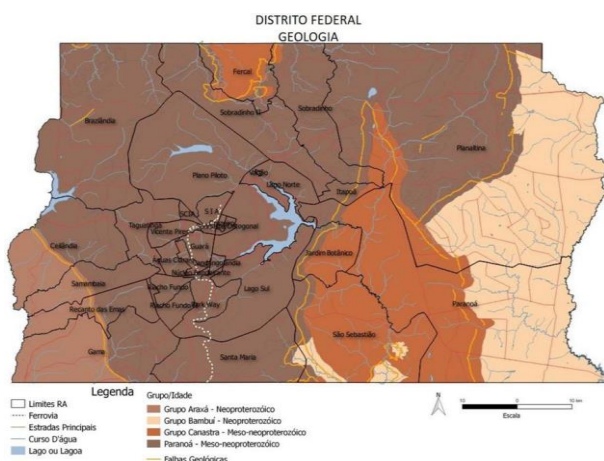


Figura 1. Geologia geral do Distrito Federal (CODEPLAN, 2017).

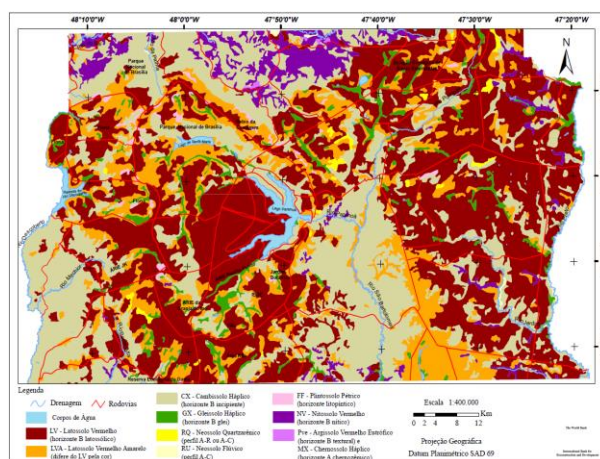


Figura 2. Mapa de solos do Distrito Federal (ADASA, consultado em 2019).

O Grupo Paranoá ocupa a maior área no Distrito Federal e concentra o maior número de centros urbanos (o Plano Piloto e todas as Cidades Satélites, com exceção de São Sebastião e Vale do Amanhecer), sendo a unidade mais importante, aproximadamente 65% do território. Apresenta-se dividido em seis unidades, conforme coluna estratigráfica, correlacionáveis da base para o topo em metassiltito argiloso, ardósia, metarritmito arenoso, quartzito médio, metarritmito argiloso e lilotogias psamo-pelito-carbonatada.

O grupo Canastra, abrange cerca de 15% do espaço total do DF, é subdividido em três formações que são Paracatu, Serra do Landin e Serra dos Pilões (FREITAS-SILVA & DARDENNE, 1994). Esse grupo é constituído por rochas metamórficas de baixo grau, clorita, filitos carbonosos, mármore finos e majoritariamente por filitos com lentes de quartzitos. O grupo Araxá ocupa uma pequena parte do solo do DF, cerca de 5%. É representado por muscovita xistos, quartzo-muscovita xistos e singulares lentes de quartzitos micáceos (FREITAS-SILVA & DARDENNE, 1994). Finalmente, o grupo Bambuí cobre 15% da extensão do DF, que é constituído por metassiltitos, metassiltitos argilosos, metaargilitos e raras intercalações de arcóseos.

2.2 Solos do Distrito Federal

A maior parte dos solos do Distrito Federal são caracterizados por solos porosos com espessura que chega a ser superior a 10 metros. Mediante aos diversos processos ocorridos na sua gênese, essa cobertura apresenta características peculiares e comportamento geotécnico distinto. Esse solo é muito suscetível à erosão, sendo comum o aparecimento de voçorocas em assentamentos urbanos, rodovias e áreas de empréstimo.



Dentre as classes de solos que ocorrem no DF e na área em estudo, as principais são apresentadas e descritas com base no trabalho de reclassificação dos solos da Embrapa (2004) em que se têm os latossolos e os cambissolos com soma aproximada de 85,48%.

2.2.1 Latossolos

São solos altamente intemperizados, chamados popularmente de solos velhos, resultantes da remoção de sílica e de bases trocáveis do perfil. Em razão disso, aglomeram minerais secundários do grupo caulinita, óxidos, hidróxidos e oxi-hidróxidos de Fe e Al como hematita, goetita, gibbsita e outros. O quartzo por ser bastante resistente ao intemperismo, persiste como mineral residual no perfil de alteração. Abrangem cerca de 54,5% da área do Distrito Federal e compreendem os latossolos vermelhos, com 38,92% de área; e os latossolos vermelhos-amarelos, com 15,58%. Contêm teor reduzido de silte que fica compreendido entre 10% e 20% e argila, variando entre 15% e 80%. Podem ser excessivamente drenados, conforme a natureza da textura, da estrutura e da situação topográfica. Em decorrência de sua composição, é um solo que contém uma elevada permeabilidade de água.

2.2.2 Cambissolos

São solos que apontam horizonte subsuperficial sujeito a pouca alteração física e química, considerado um solo novo, no entanto suficiente para o desenvolvimento de cor e estrutura. Em geral, apresentam minerais primários facilmente intemperizáveis, teores mais elevados de silte, indicando baixo grau de intemperização. Correspondem cerca de 30,98% da área do DF. Geralmente, estão associados a relevos mais movimentados (ondulados e forte ondulados) que variam desde rasos a profundos, atingindo de 0,2 a 1 metro. São solos de coloração bruno-amarelada no horizonte superficial e vermelho-amarelada no superficial. A estrutura é bastante variável, predominando blocos subangulares. Possuem textura variada, desde muito argilosa até franco-arenosa, com cascalho ou sem cascalho.

2.3 Área de Estudo

Samambaia (Figura 3) é uma região administrativa do Distrito Federal que está localizada nas coordenadas geográficas de latitude 15°52'13,8"S e longitude 48°5'24,72"W, a 25 km da capital do Brasil. A área do empreendimento em estudo encontra-se na porção oriental – central do domo estrutural do Distrito Federal. Neste local os terrenos são constituídos de rochas metassedimentares do Grupo Paranoá, como mostra a Figura 4 em que estão englobados: quartzito, xistos, biotita, ardósias filitos, metarritmio argiloso e psamopelito carbonatada. Em complemento, a Figura 5 mostra uma visão geral do canteiro da obra.



Figura 3. Mapa do Distrito Federal. Em destaque Samambaia (CODEPLAN, 2017).

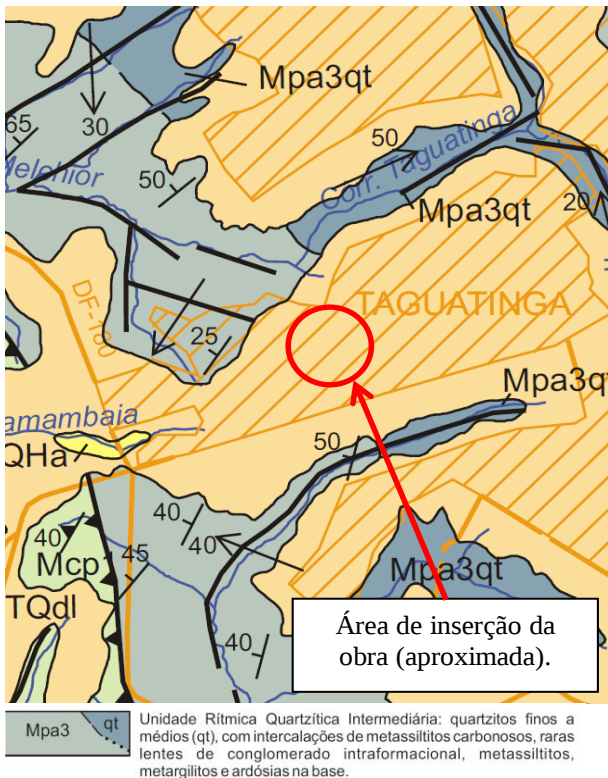


Figura 4. Tipos de solos na área de inserção da obra (IBGE, 2002).

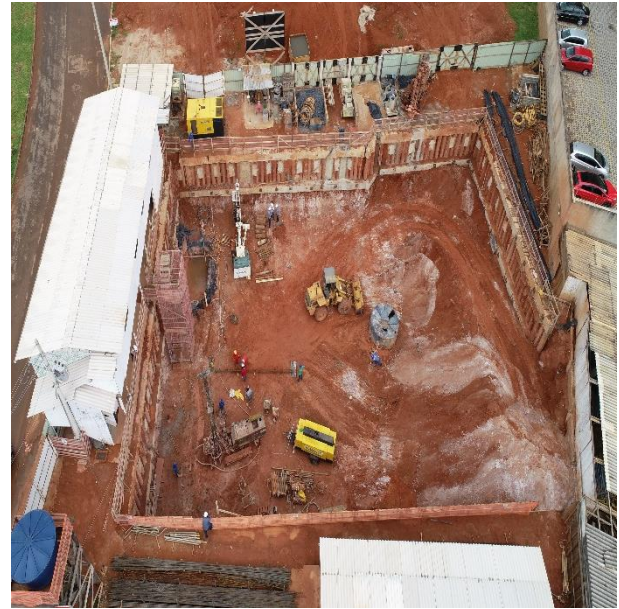


Figura 5. Visão geral do canteiro da obra no ano de 2019 com o sistema de contenção executado. À esquerda, na figura, verifica-se o escritório provisório da obra.

As Figuras 6 e 7, obtidas durante as escavações, mostram de forma condizente com o que o mapa da Figura 4 apresenta. Verifica-se, de forma geral, material rítmico quartzítico (Figura 6) e presença considerável de intercalações laminares argilosas, siltosas e arenosas (Figura 7).



Figura 6. Material quartzítico.



Figura 7. Intercalações laminares argilosas, siltosas e arenosas.



3 Caracterização do Empreendimento

A obra em questão está em lote de 1.111,08 m² com total construído de 7.970,75 m². É destinada a uso multifamiliar com quinze pavimentos, sendo treze tipo, pilotis e térreo, mais três subsolos para garagens e reservatórios d'água (potável e reuso). Em termos estruturais há quarenta e nove pilares chegando na fundação com carga total de 12.513,40 toneladas. Dentre esses pilares há dois centrais com cargas próximas de 1.000 toneladas em cada pilar.

O projeto de fundação foi desenvolvido em sapatas isoladas, ou seja, para cada pilar chegando na fundação foi dimensionada uma sapata, totalizando assim 49 sapatas. O volume de concreto previsto para a execução das sapatas foi próximo de 190m³ com consumo de aço, também aproximado, de 7,2 toneladas. As cotas de assentamento das sapatas foram próximas de 12 a 14 metros de escavação a partir do nível térreo da edificação. As tensões finais nas bases das sapatas ocorreram de forma variável com média de 5,5 kgf/cm² e máximas 9,2 kgf/cm². As Figuras 8 e 9 mostram a vista em corte do empreendimento e a planta baixa do 3º subsolo com parte das sapatas, pilares e vigas alavancas.

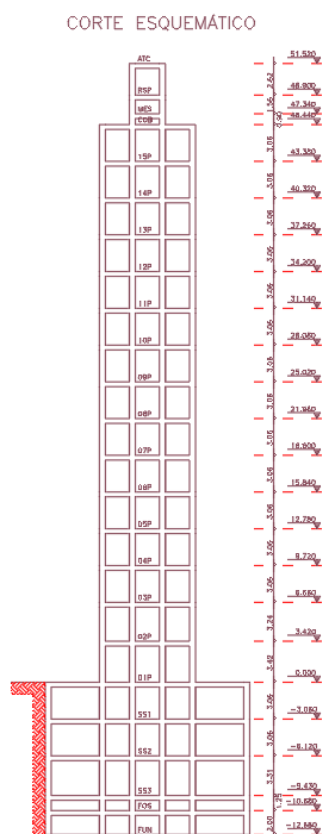


Figura 8. Vista em corte do empreendimento.
 (FHE, 2019).

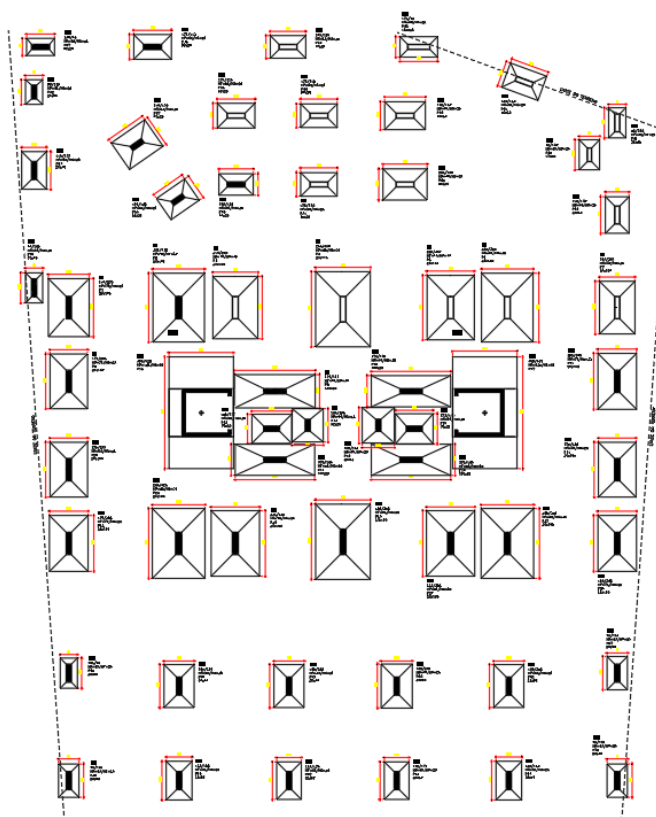


Figura 9. Planta baixa do 3º subsolo (FHE, 2019).

4 Metodologia do Trabalho

A metodologia adotada para a realização deste trabalho envolveu o amplo levantamento bibliográfico, estudos de campo, execução de sondagem a percussão e rotativa, acompanhamento das escavações e execução das fundações, mas também das análises de todo o conteúdo obtido durante o estudo. As sondagens a percussão tipo SPT e Rotativa foram realizadas de acordo com Normas e(ou) procedimentos constantes nas ABNT/NBR's que orientam métodos de investigação geológico-geotécnica de rochas e solos e objetivam a elaboração de projetos de fundações e contenções.

5 Sondagens da Área de Inserção do Empreendimento



No total foram realizadas três campanhas de sondagens para o desenvolvimento dos projetos de contenção, fundação e drenagem. A primeira foi executada no ano de 2014 para escolha e dimensionamento dos projetos citados. Nessa campanha foram realizados seis furos (Figura 10) de sondagem a percussão simples com total perfurado de 47,11 metros. Os resultados obtidos mostraram, na profundidade aproximada de 4,5 metros, presença de argila arenosa vermelha úmida muito mole a mole, ou seja, um solo de baixa resistência. Nas profundidades aproximadas de 4,5 a 7,5 metros o material predominante de areia fina rosa úmida compacta, exceção ao furo SP4 que foi encontrado material silteoso pouco arenoso. A maior profundidade ao SPT foi para a sondagem SP4 com 9,30 metros, ressaltando-se a inexistência do nível d'água até as profundidades sondadas. A Figura 11 mostra o perfil para o furo SP1.

Diante dessa campanha de sondagem desenvolveu-se o projeto de fundação em sapata e o projeto prévio de contenção em solo grampeado.

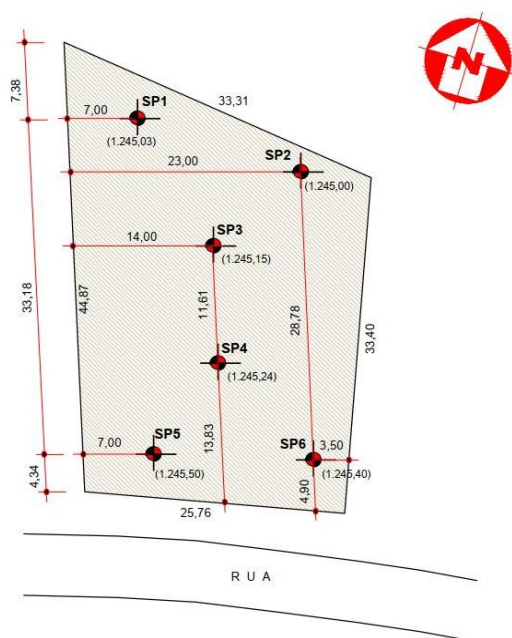


Figura 10. Localização dos furos da 1ª campanha de sondagem.

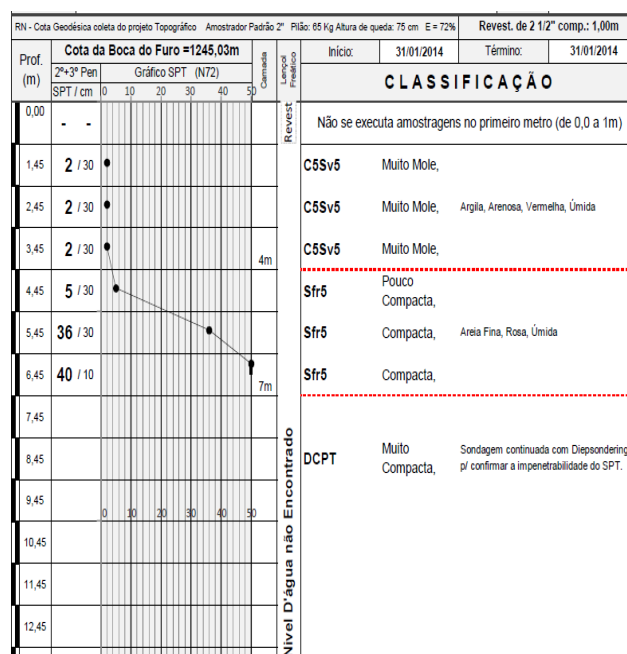


Figura 11. Perfil de sondagem SP1.

A segunda campanha de sondagem foi executada no ano de 2018 e objetivou o avanço a partir do impenetrável ao SPT quando do primeiro grupo de sondagem. Para isso, foram realizados três furos de sondagens mistas (SPT e rotativa), com total de 60,0 metros lineares perfurados. Nos três furos de sondagens, nas profundidades de 7 a 20 metros, encontrou-se areia medianamente compacta, silte argilo-arenoso e quartizito friável com resistências compatíveis para assentamento de fundação do tipo sapata nas cotas previstas, próximas, de -12 a -14 metros.

Com a execução das sondagens mistas foi possível identificar também o nível d'água na data de execução, com profundidade próxima de onze metros. Em situação geral, os perfis estratigráficos das sondagens correspondentes a segunda campanha mostraram que para profundidades, além do impenetrável ao SPT na primeira campanha, materiais bastantes heterogêneos e intercalados constituídos principalmente de areia argilosa medianamente a muito compacta e quartizito friável.

A terceira campanha totalizou 19,08 m lineares em dois furos, realizada em 2019, quando já escavado nove metros de profundidade do terreno. Essa campanha de sondagem mostrou que as camadas mais profundas também eram constituídas de consideráveis intercalações heterogêneas. O nível da água encontrado foi próximo de 1,8 metros de profundidade da cota da boca do furo, ou seja, a 10,8 metros de profundidade do nível térreo do empreendimento.

6 Apresentação e Análise dos Resultados



O levantamento geológico-geotécnico para a área de implantação da obra, subsidiado nas análises de estudos pré-existentes, como mapas geológicos, indicava a possibilidade de se encontrar material composto, principalmente, por quartzito, metarritmito, mas também intercalações laminares argilosas, siltosas e arenosas. Esse indicativo ganhou força com a execução da segunda campanha de sondagem que incluiu a sondagem rotativa a fim de se atingir profundidades além do impenetrável ao SPT. Essa possibilidade se confirmou durante as escavações do terreno. As Figuras 12 e 13 mostram materiais encontrados nessas escavações, e indicadas nas campanhas de sondagens, condizentes também com dados secundários constantes nas bibliografias consultadas.



Figura 12. Quartzito constante na parede de escavação.



Figura 13. Intercalações argilosas, siltosas e arenosas.

Os estudos realizados indicavam que poderia haver certo grau de dificuldade e(ou) adaptações necessárias tanto nos projetos quanto na execução. O projeto em solo grampeado sofreu alteração na face de paramento para estacas em hélice contínua, em substituição à laje vertical prevista no projeto inicial. Tal fato se deu pela baixa coesão do solo das camadas iniciais escavado em etapas que comprometeu o processo executivo.

Ao se optar por estacas hélice contínua para a face de paramento da contenção, já se pensava nas prováveis dificuldades que poderiam surgir no processo executivo. Tais dificuldades se confirmaram, de modo que em alguns trechos, foi necessário a substituição por estacas raiz em função da considerável resistência oferecida pelo material perfurado. Na execução da face de contenção em estacas justapostas com hélice contínua, em certo momento, houve a perda da broca na perfuração, assentada acima da cota prevista. Tais situações foram ocasionadas pela considerável resistência do material no ponto perfurado. Assim, em alguns trechos da contenção projetada, foi necessária a mudança da estaca hélice contínua para a solução em estaca estaca raiz, evidenciando o grau de imprevisibilidade pelas características geológico-geotécnicas do subsolo em questão.

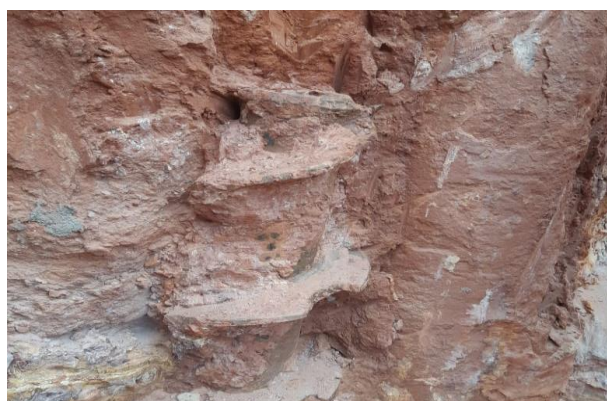


Figura 14. Broca da hélice contínua perdida durante a perfuração da estaca e encontrada na escavação do subsolo.

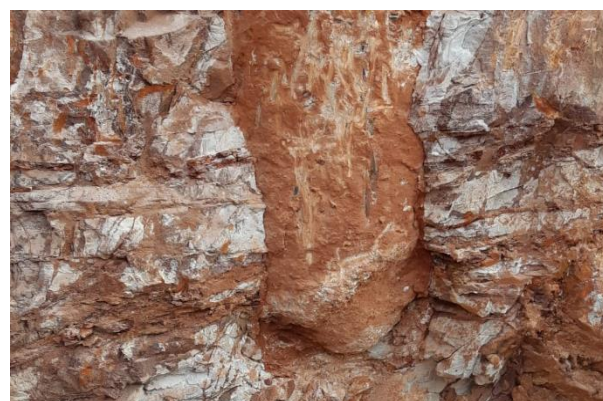


Figura 15. Ponta da estaca hélice contínua paralisada antes da cota prevista em função da resistência do material.



7 Considerações Finais

Diante dos levantamentos, investigações, análises, bem como execução da obra, pode-se considerar:

- a) O Programa de Investigação Geológico-Geotécnico (IGG) pode se constituir de uma campanha com levantamento bibliográfico, investigações de campo e laboratório em consideração a aspectos de custos, características das obras e a condicionantes geológico-geotécnicos. Tais condicionantes como tipos de solos, rochas, hidrogeologia, dentre outros;
- b) Um bom Programa de IGG deve constar, sempre que possível, do conhecimento do local da obra; identificação de possíveis problemas geotécnicos que possam intervir na obra, experiências profissionais, pesquisas bibliográficas, consultas a mapas geológicos e geotécnicos locais;
- c) Para maior confiabilidade das escavações de uma obra há necessidade de melhor conhecimento a ser obtido por meio das IGG;
- d) O programa de IGG conduz a um melhor conhecimento da distribuição e comportamento do material (solos e rochas) das camadas do subsolo que serão afetadas pela obra face às incertezas relacionadas a comportamentos que possam afetar o custo da obra;
- e) Ressalte-se também as análises que devem ser realizadas nos estudos pré-existente, mas também nos executados na área do empreendimento, com ênfase principalmente nas sondagens SPT e rotativa;
- f) Deve-se considerar também as possíveis modificações nos projetos originais em decorrência de investigações adicionais e que tais mudanças podem trazer custos bastantes consideráveis não previstos inicialmente.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), Fundação Habitacional do Exército (FHE), Porto Belo Engenharia, Fundex, Sonda Engenharia e Reforsolo Engenharia, que com contribuições importantes tornaram possível a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Mapas. Distrito Federal. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/monitoramento/mapas>>. Acesso em: 04 out. 2019.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mapa de Solos do Brasil, 2002.
- Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Atlas do Distrito Federal. Brasília, 2017.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mapa Pedológico Digital – SIG Atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo. Planaltina, 2004.
- FARIA, A. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'Aliança-Alto Paraíso de Goiás. 1995. Tese (Doutorado em geologia regional) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1995.
- Fundação Habitacional do Exército (FHE). Projetos diversos para implantação do empreendimento localizado na quadra 202, conjunto 2, lote 10 – Samambaia, Brasília/DF, 2019.
- Freitas-Silva, F.H.; Campos, J. E. G. Mapa Geológico do Distrito Federal em formato digital, na escala 1:100.000, Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Brasília: IEMA/SEMATEC/UnB, 1998.
- Freitas-Silva, F.H.; Dardenne, M. A. Proposta de subdivisão estratigráfica formal para o Grupo Canastra no oeste de Minas Gerais e leste de Goiás. Brasília, 1994.
- Fundações e Recuperação de Estrutura (Fundex). Laudo de Sondagem. Relatório 131.218. Brasília, 2014.
- Fundações e Recuperação de Estrutura (Fundex). Laudo de Sondagem. Relatório 190.700. Brasília, 2019.
- Sonda Engenharia. Sondagem de Reconhecimento Mista. Relatório 16. Brasília, 2018.