

Projeto de fundações das estruturas do novo Aquaviário de Vitória/ES

Davi B. Prates

Engenheiro Civil: Maffei Engenharia, São Paulo, Brasil, davi@maffeiengenharia.com.br

Paulo E. Maffei

Engenheiro Civil: Maffei Engenharia, São Paulo, Brasil, paulo.maffei@maffeiengenharia.com.br

RESUMO: O novo aquaviário de Vitória servirá como modal de transporte para a população da capital do estado do Espírito Santo, o percurso ligará Porto de Santana em Cariacica à Prainha em Vila Velha, passando pelo Centro de Vitória e Praça do Papa, também em Vitória. Neste artigo serão apresentadas as soluções de fundações para os flutuantes e salas de espera. Foi verificada variabilidade significativa do subsolo entre as localidades, desde rocha aflorando a camadas significativas de solos moles. Foram desenvolvidas soluções de fundações para cada uma das estruturas. Os flutuantes são sustentados por conjunto de estacas tipo raiz verticais e inclinadas, os esforços decorrentes da atracação e amarração são transmitidos via estrutura dos flutuantes às estacas, sendo considerado no projeto de interação-solo-estrutura para obtenção dos esforços e armação das estacas. Um caso específico da sala de espera de prainha em Vila Velha, dada grande espessura da camada de argila mole, foi projetado e executado em fundação direta tipo caixão de forma que o alívio da remoção de solo pudesse ser equilibrado, evitando acréscimo de tensões significativos na argila mole e, portanto, minimizando recalques. Para a sala de espera de Cariacica foram executadas fundações diretas em rocha aflorante, e no Centro de Vitória e Praça do Papa em estacas tipo hélice contínua.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto de fundações; Interação solo-estrutura; Estacas raiz em rocha; Estacas tipo Hélice-contínua; Sapatas; Fundações tipo caixão

ABSTRACT: The new waterway in Vitória will serve as a mode of transportation for the population of Espírito Santo. It will connect Porto de Santana in Cariacica to Prainha in Vila Velha, passing through the center of Vitória and Praça do Papa, also in Vitória. This article will present the foundation solutions for the floating platforms and waiting rooms. Significant variability of the subsoil was verified among the locations, from rock outcropping to significant layers of soft soils. Foundation solutions were developed for each of the structures. The floating platforms are supported by a set of vertical and inclined root-type piles, the efforts resulting from mooring and docking are transmitted to the piles, considering the soil-structure interaction to obtain the force actions and design steel reinforcement. A specific case of the waiting room at Prainha in Vila Velha given the large thickness of the soft clay layer was designed and executed as a direct caisson foundation so that the relief of soil removal is balanced avoiding significant stress increases in the soft clay and, therefore, minimizing settlements. For the waiting room in Cariacica, direct foundations were executed on outcropping rock, and continuous auger piles in the center of Vitória and Praça do Papa.

KEYWORDS: Foundation design; Soil-structure interaction; Root piles in rock; Continuous auger piles; Footings; caisson type foundations

1 INTRODUÇÃO

O projeto do novo sistema Aquaviário da Grande Vitória (Figura 1) era composto por quatro novos terminais de embarque e desembarque para transporte de passageiros a serem instalados na Baía de Vitória (SEMOBI;2021). Foram projetadas quatro estruturas compostas por: sala de espera, passarela de acesso e plataforma flutuante. As estruturas projetadas nos seguintes locais:

- Praça do Papa – Vitória/ES;
- Prainha de Vila Velha/ES;

- Centro de Vitória/ES; e
- Porto de Santana - Cariacica/ES

Por questões contratuais foram executadas três das estruturas, sendo Prainha de Vila Velha, Praça do Papa/Enseada do Suá em Vitória e Porto de Santana em Cariacica. Serão apresentados os perfis geológicos locais e projetos de fundação das estruturas das salas de espera e plataformas flutuantes, as passarelas de acesso são apoiadas na sala de espera e no flutuante.

O Projeto básico adotado para licitação foi elaborado na ausência de sondagens específicas dos locais, o que levou à projetista a adotar hipóteses para as estruturas das salas de espera e estacas de apoio dos flutuantes, o que se mostrou muito variável entre as diversas localidades das estruturas.

Além das questões de variabilidade geológica, risco já compreendido pelo projeto básico, houve também ajuste na concepção estrutural das fundações dos flutuantes que, a pedido da executora, foram alteradas de camisa metálica com Whirt para conjunto de estacas raiz.

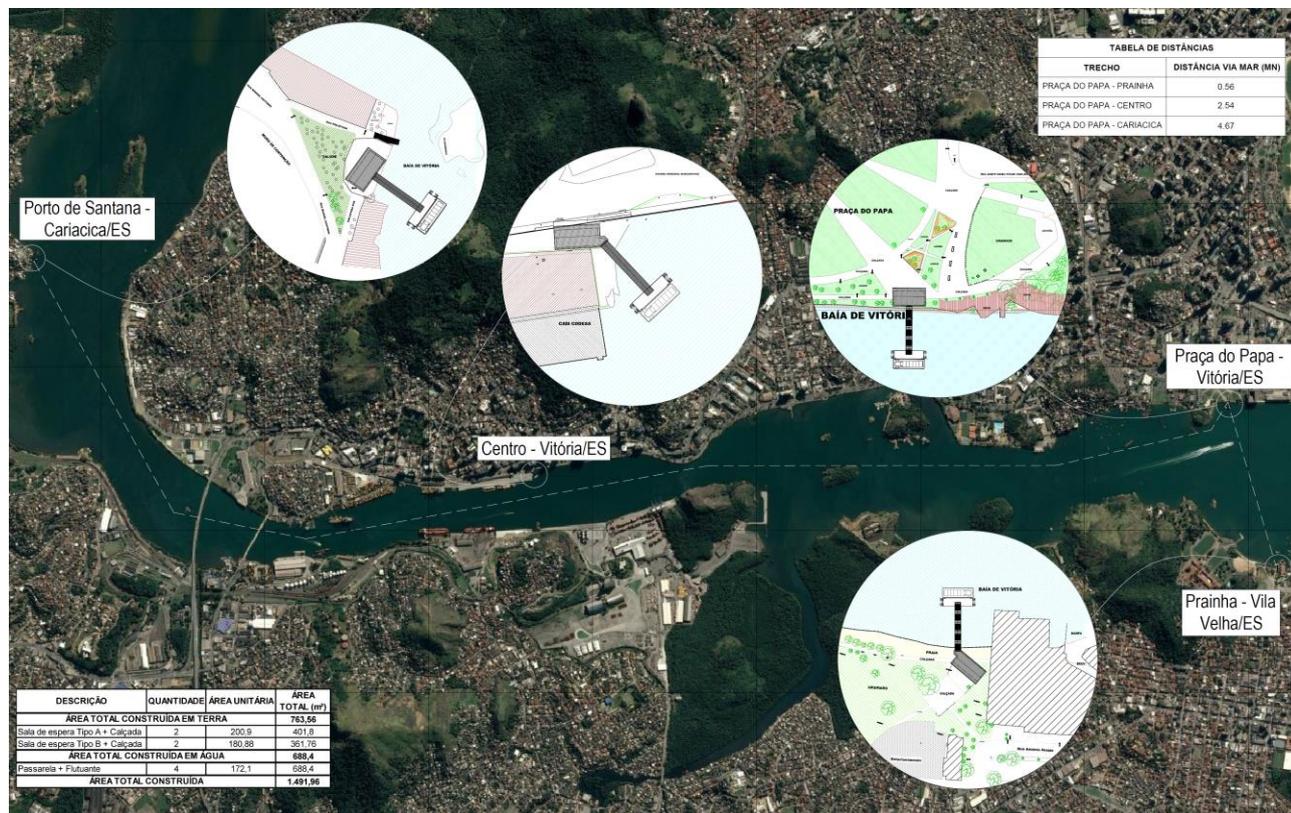


Figura 1. Implantação geral do novo aquaviário de Vitória, conforme edital

2 Projeto Básico de fundações das estruturas

O Projeto básico existente, conforme mencionado, não dispunha de sondagens locais suficientemente próximas, sendo considerado fundações profundas com estacas tipo hélice contínua de 350mm com 12m de comprimento para as salas de espera (Figura 2 e Figura 3).

As principais dificuldades da execução da solução proposta devido à ocorrência de argilas moles são conhecidas, sendo necessário adotar medidas adequadas para garantir a integridade das estacas concretadas, requerendo um sobreconsumo de concreto, decorrentes da necessidade de injeção sobre pressão (ALMEIDA NETO;2002), além do nível freático elevado, soluções alternativas como estacas raiz, pré-moldadas e metálicas são mais adequadas para esse tipo de subsolo.

Foram utilizados os métodos de dimensionamento de Decourt & Quaresma (1978), Aoki & Velloso (1975) e, quando do embutimento em rocha, David-Cabral (1986) para verificação das estacas raiz, conforme critérios da NBR6122:2021 que era vigente na época do projeto.

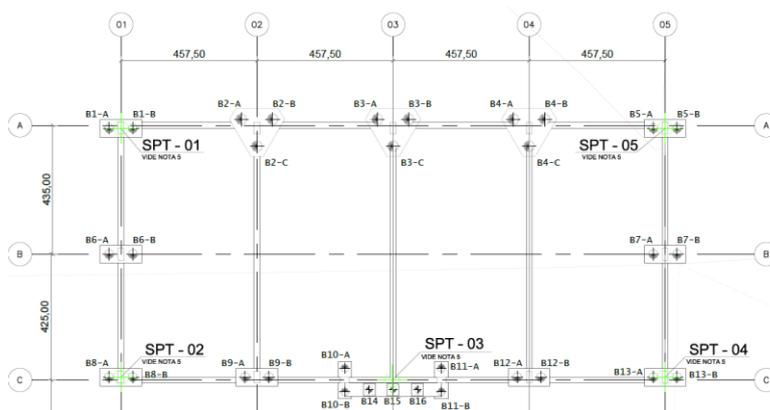


Figura 2. Sala de espera tipo A – Projeto Básico de fundação

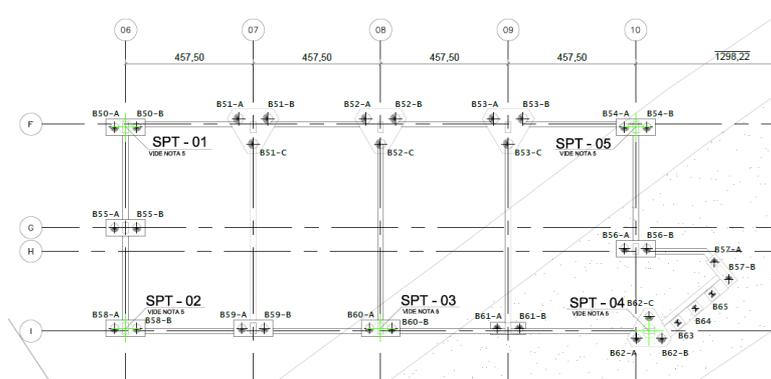


Figura 3. Sala de espera tipo B - Projeto Básico de fundação

Para os flutuantes foram projetadas 4 estacas de 700mm com perfuratriz tipo Wirth até atingir o maciço rochoso com comprimento embutido de 2,0m, formando pórticos transversais ao flutuante com duas estacas ligadas por meio de tubo metálico soldado no local (Figura 4).

Por requisição da construtora, a concepção do projeto de fundações foi alterada para uso de estacas raiz de 400mm, sendo projetada nova estrutura de fundações com 6 estacas raiz, sendo 3 verticais e 3 inclinadas (Figura 5) para absorver os esforços de correntes da atracação e amarração do navio de projeto para as cotas de maré máximas e mínimas.

Na Figura 6 é apresentada vista frontal do projeto de fundações dos flutuantes, destacando a presença das estacas inclinadas paralelamente ao flutuante para absorver os esforços longitudinais decorrentes de atracação e componente da amarração. Na Figura 7 é apresentada vista lateral. As estacas inclinadas neste trecho têm função de absorver os esforços transversais decorrentes da atracação e componente de amarração que pode atuar em sua carga total nesta direção.

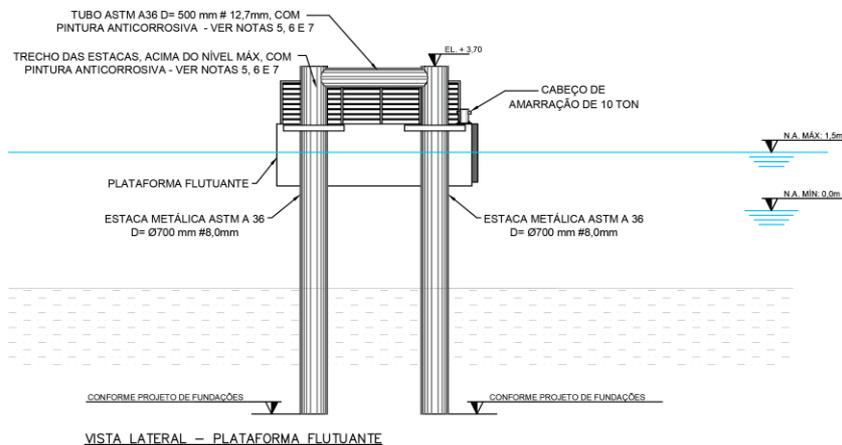


Figura 4. Projeto Básico de fundação do flutuante - seção transversal ao flutuante

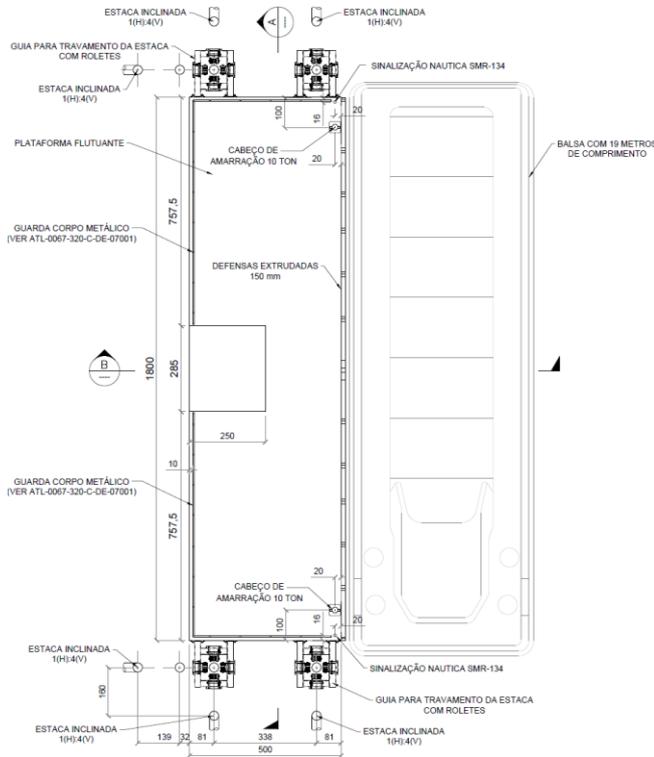


Figura 5. Arranjo geral - Plataforma Flutuante - Projeção das fundações na cota 0 DNH

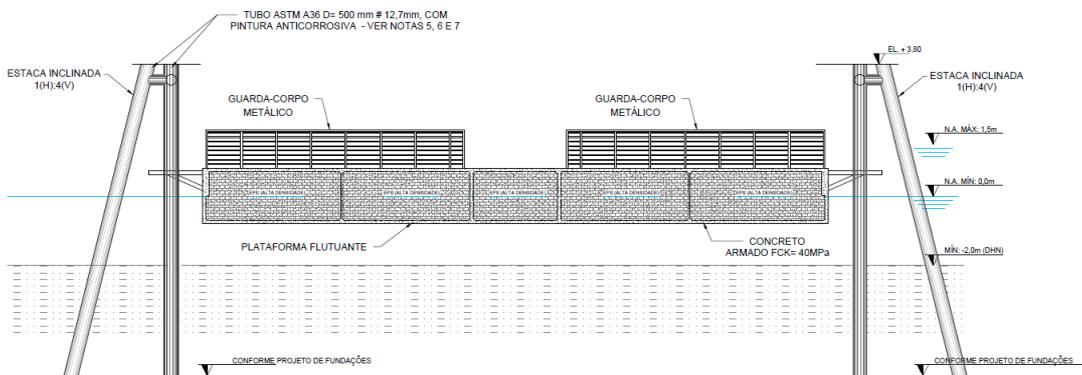
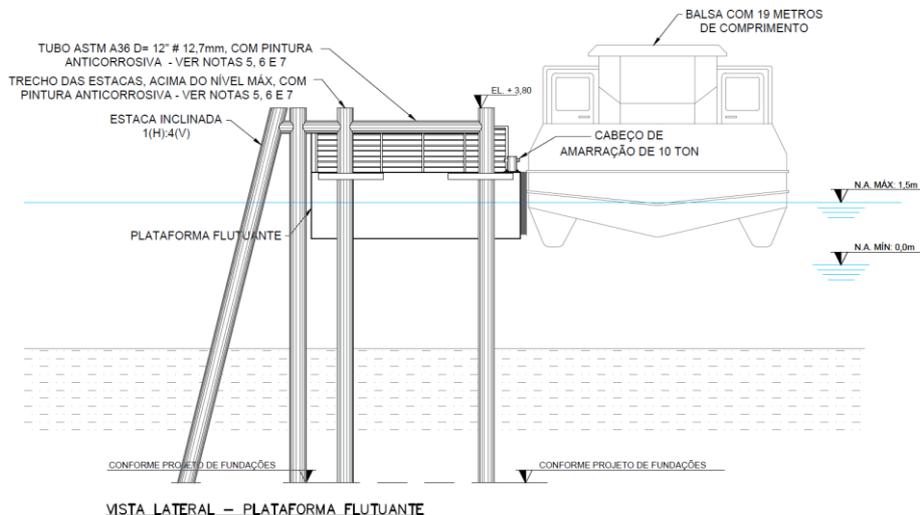


Figura 6. Vista frontal da solução de projeto de fundações alternativa



VISTA LATERAL - PLATAFORMA FLUTUANTE
 Figura 7. Vista lateral da solução do projeto de fundações alternativa

3 Prainha de Vila Velha/ES

Na Figura 8 é apresentada a implantação da sala de espera, passarela metálica e flutuante de Prainha de Vila Velha.

Foram executadas cinco sondagens à percussão na região da sala de espera e duas sondagens mistas nos locais de fundação dos flutuantes. No local da sala de espera ocorre aterro de silte arenoso com espessura média de 1,7m, seguido de camada de areia fofa com conchas e argila mole de espessura média de 15,9m seguida por camadas de areia fina muito compacta (Figura 10).

Considerando as estacas tipo hélice contínua conforme projeto básico, para o local em questão, seriam necessárias estacas de 24m mantendo a concepção de estacas profundas. Foi proposto projeto alternativo de fundação direta tipo caixão, de modo que o alívio de carga decorrente da escavação do caixão seja equivalente à sobrecarga de peso próprio das estruturas da sala de espera.

O dimensionamento levou em conta a interação solo-estrutura da fundação caixão, considerado a possibilidade de ocorrência de recalques diferenciais. A consideração foi embasada nos cálculos de recalques estimados para o acréscimo de carga previsto.

As sondagens em mar, no lado do flutuante, apresentam camada superficial de argila cinza escura marinha muito mole com espessura média de 4,80m, seguida de camada areno-argilosa de resistência variável 4 a 18 golpes e espessura média de 7,80m e camada de solo residual silte argiloarenoso rijo a muito rijo com 6,0m de espessura até o topo rochoso. Neste caso as estacas raiz foram projetadas até a camada de solo residual, sem adentrar a rocha pois havia capacidade de carga suficiente conforme métodos de cálculo.

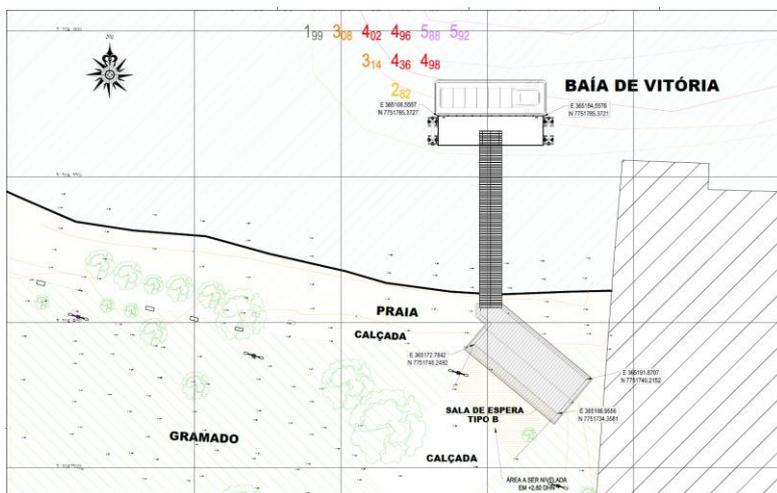


Figura 8. Implantação das estruturas em Prainha de Vila Velha/ES



Figura 9. Execução das fundações tipo caixão da sala de espera de Prainha de Vila Velha/ES

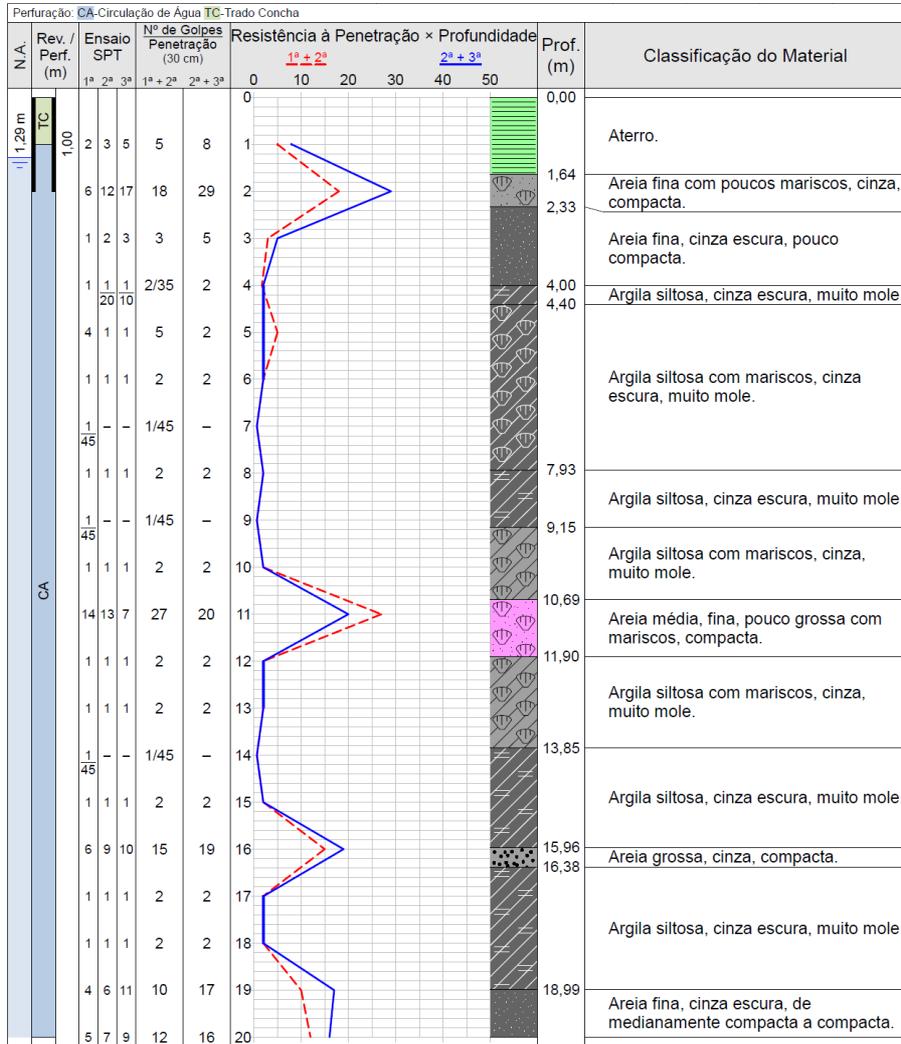


Figura 10. Sondagem lado terra típica – Prainha de Vila Velha/ES

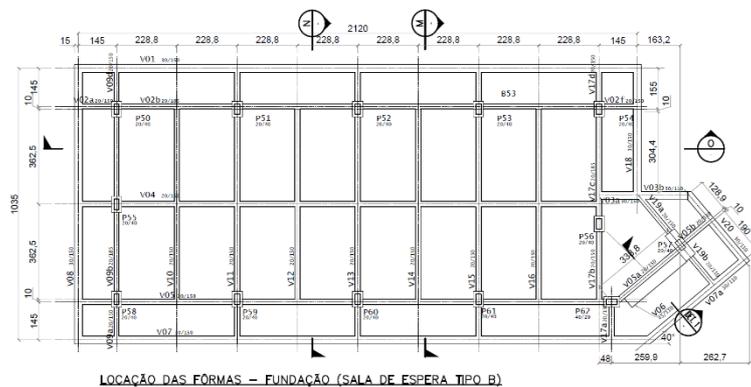


Figura 11. Planta de formas da fundação da sala de espera de Prainha de Vila Velha/ES

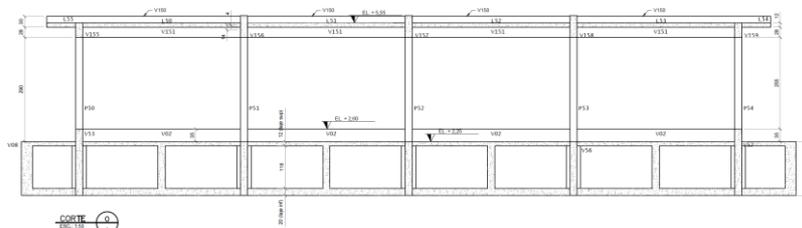


Figura 12. Corte do projeto de forma da sala de espera de Prainha de Vila Velha/ES

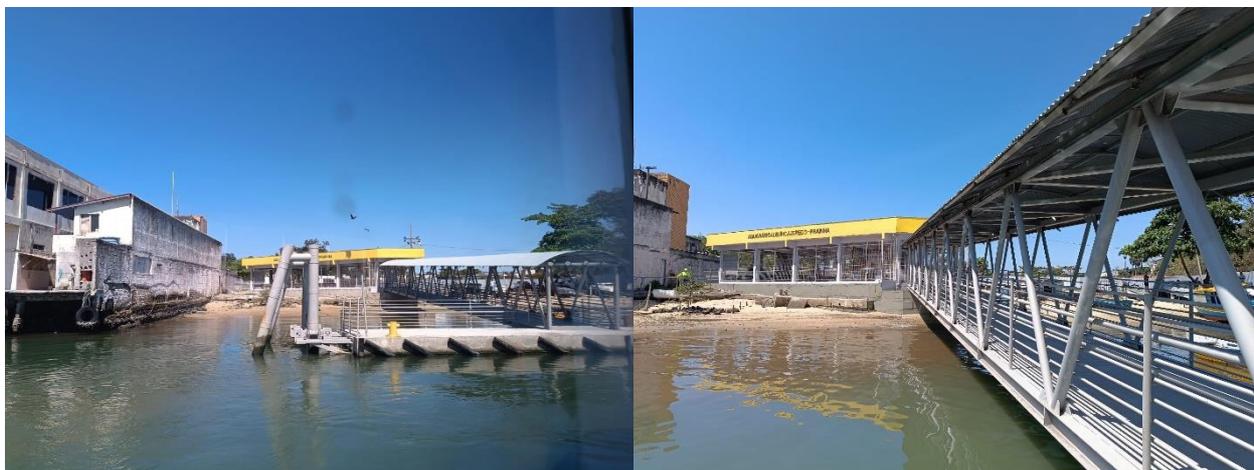


Figura 13. Fotos da situação atual da obra executada de Prainha de Vila Velha/ES

4 Praça do Papa – Vitória/ES

No local da sala de espera ocorre aterro arenoso fofo com espessura média de 4m, seguido de camada de areia fofa de coloração preta de espessura média de 7m, seguida por camadas de areia medianamente compacta com 5 m de espessura e solo residual siltearenoso de espessura variável 3 a 5 m.

Dado perfil do subsolo desfavorável à fundação direta e em análise econômica junto à construtora, foi proposta fundação profunda com estacas raiz de 310mm com 12m de comprimento.

As sondagens no lado do flutuante apresentam camada superficial de argila cinza escura com mariscos, muito mole com espessura média de 6,0m, seguido de camada de areia fina de resistência variável 14 a 29 golpes e espessura média de 5,5m, sobreposta a camada de argila siltoarenosa mole com espessura média de 2,7 m, seguida da camada de solo residual siltearenoso medianamente compacto a muito compacto com 7,3m de espessura até o topo rochoso. Neste caso as estacas de fundação do flutuante também foram mantidas em solo residual sem a necessidade de adentrar a rocha.



Figura 14. Fotos da situação atual da obra executada da Praça do Papa/Vitória

5 Porto de Santana - Cariacica/ES

No local da sala de espera ocorre rocha com profundidades de 0,5 a 1,5m na maior parte das sondagens e em uma das sondagens ocorre material arenoso fofo com 3 m de espessura que foi substituído e compactado durante as obras, sendo adotada fundação direta com sapatas com tensão de até 0,3 MPa (Figura 15).

As sondagens no lado do flutuante apresentam camada superficial de argila cinza escura muito mole com espessura média de 5,1m, seguida do topo rochoso praticamente são com RQD e Recuperação de praticamente 100%. Neste caso, as estacas de fundação do flutuante foram até o topo rochoso, dimensionadas

considerando a baixa capacidade portante para esforços laterais da argila mole e deformabilidade da interação solo estrutura no contato rochoso, sendo executado 2m de embutimento em rocha.

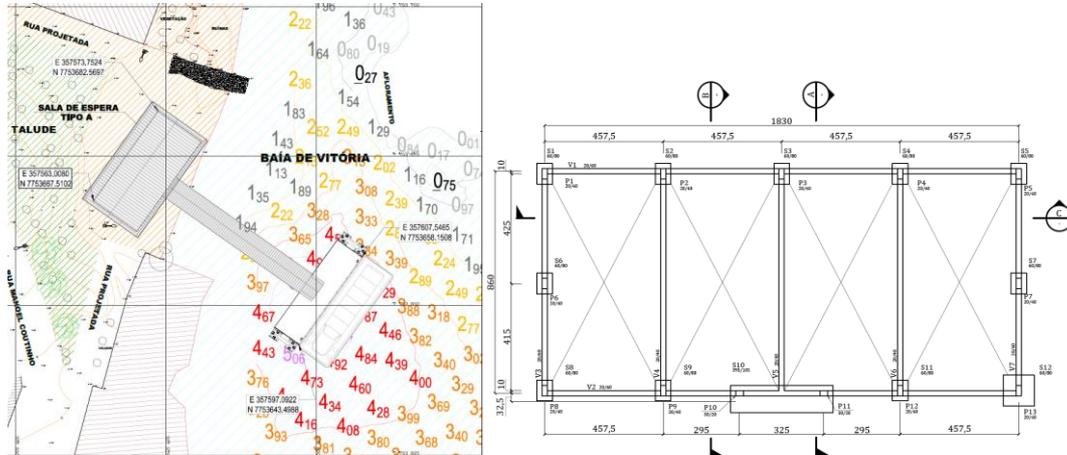


Figura 15. Implantação das estruturas em Porto de Santana/Cariacica e projeto de fundação direta



Figura 16. Sistema de apoio e transferência de carga entre o flutuante e as fundações – detalhe em Porto de Santana/Cariacica

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os responsáveis por viabilizar as obras que foram entregues e encontram-se em operação, prestando serviço de transporte integrado para a região da grande Vitória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Neto, J. A. (2002) - Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega – Aspectos executivos. 187 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021). NBR 6122. *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.
- Secretaria de mobilidade e infraestrutura SEMOBI (2021) – *Edital de Concorrência N° 001/2021 – Processo N° 2020-RF57K*. Disponível em <<https://semobi.es.gov.br/modalidade-de-licitacao/concorrenca-publica>>. Acesso em: 10 abr. 24