
MÉTODO DE PERFURAÇÃO POR CIRCULAÇÃO REVERSA COM AIR LIFT EMPREGADO NA FUNDAÇÃO DA PONTE ANITA GARIBALDI

Leonardo Almeida Ramos, George Hiroyosi da Silva Yabusaki,
Anderson Figueiredo da Costa

Universidade Ibirapuera,
Av. Interlagos, 1329, São Paulo/SP
anderson.costa@ibirapuera.edu.br

Resumo

O estudo apresentou um caso de perfuração especial profunda com método de circulação reversa com camisa metálica perdida e limpeza de coluna de perfuração por air lift. Neste estudo, buscou-se verificar a metodologia de execução de estacas no mercado atual, bem como, suas vantagens e desvantagens, conhecer métodos especiais de perfuração e retirar as informações do solo necessárias em um projeto de fundações com lâmina d'água com o uso dos Boletins de Sondagens realizados através de ensaios de campo. A metodologia proposta demonstra os passos adequados para a execução de uma fundação especial para pontes, bem como os processos de estudo do solo, incluindo sua classificação e a verificação dos perfis estratigráficos a partir boletins de sondagens, resultando nos dados para as análises. O estudo da metodologia de execução de fundação escolhido foi o da ponte Anita Garibaldi Laguna-SC, com duas situações de estaca para melhor comparação dos resultados: uma estaca no trecho corrente e o outra no trecho estaiado, ambas com mesma área de perfuração, mas com profundidade e problemas distintos. Como conclusão foram obtidas as informações de quais foram os principais problemas detectados na execução destas duas estacas e quais medidas executivas foram tomadas para contornar esses problemas.

Palavras-chaves: Air-lift, Circulação reversa, Fundação, Ponte, Perfuração profunda.

Abstract

The study presents a case of deep special drilling with reverse circulation method with lost metal jacket and drilling string cleaning by air lift. In this study, it is sought to verify the methodology of execution of cuttings in the current market, as well as its advantages and disadvantages, to know special drilling methods and to remove the necessary soil information in a foundation project with water depth with the use of Survey Bulletins carried out through field trials. The proposed methodology demonstrates the appropriate steps for the execution of a special foundation for bridges as well as the soil study processes, including their classification and the verification of the stratigraphic profiles from sounding bulletins, resulting in the data for the analyzes. The study of the methodology of execution of foundation chosen was that of the bridge Anita Garibaldi Laguna-SC, with two stake situations for better comparison of the results: one stake in the current stretch and the other in the stretch, both with the same drilling area, but with different depth and problems. As a conclusion the information was

obtained on which were the main problems detected in the execution of these two stakes and what executive measures were taken to overcome these problems.

Keywords: Air-lift, Reverse circulation, Foundation, Bridge, Deep drilling.

1. Introdução

O início de qualquer projeto de construção consiste de uma necessidade, ou seja, é preciso uma carência construtiva tanto politicamente, quanto economicamente, para que seja possível iniciar possíveis estudos de viabilidade. Esses estudos variam conforme o tamanho da obra sendo mais simples em pequenas construções e mais complexos em grandes construções. Após as pesquisas preliminares é feito um pré-projeto (projeto básico) que procura estabelecer procedimentos e especificações que, se postos em prática resultam em algo concreto ou um conjunto de informações (BAZZO, 1996). Dentro deste pré-projeto temos vários passos a serem seguidos que nos levam a um projeto final.

O projeto de fundação deve ser executado para garantir sob a ação das cargas em serviço, as condições mínimas de segurança, funcionalidade e durabilidade. Devem atender também os coeficientes de segurança contrarruptura, fixados pelas normas técnicas, tanto no que diz respeito ao solo que lhe dá suporte quanto às resistências dos elementos estruturais que as compõem. Também devem garantir deslocamentos compatíveis com o tipo e a finalidade a que se destina a estrutura, apresentando vida útil no mínimo igual à da estrutura (ALONSO, 1989).

Este trabalho tem como intuito trazer para o meio acadêmico uma visão mais próxima de uma fundação especial onde será abordado o estudo de uma obra em Laguna – SC, uma ponte com fundação profunda de camisa metálica perdida onde são usadas diversas metodologias para se produzir uma fundação estável e segura. É importante ressaltar que como a ponte é muito extensa e tem vários trechos com fundações diferentes foi colocado em evidência o estudo da parcela submersa que tem mais peculiaridades e desafios e apresenta uma similaridade com projetos offshore.

Referencial Teórico

1.1. Histórico da Ponte

A ponte Anita Garibaldi, em Laguna-SC, foi inaugurada na manhã de 15 de julho de 2015 pela ex-presidente Dilma Rousseff. Com quase 3 quilômetros de extensão, duas pistas e acostamento em cada sentido da ponte, a ponte faz parte do projeto de duplicação da BR – 101 em Santa Catarina, eliminando um dos principais gargalos da rodovia que impulsiona o turismo e o escoamento da produção industrial da região Sul do país. Durante a alta temporada, este trecho chegou a registrar congestionamento de aproximadamente vinte quilômetros (PAC, 2019).

O local onde a fundação da ponte foi feita está posicionada dentro de lineamento estrutural que apresenta direção Norte 20° Leste. Lineamentos são formações em superfície de estruturas geológicas tais quais falhas ou fraturas. Podem ser observados em campo ou através de fotos orbitais por alinhamentos de topografia e drenagens. São zonas em que a litologia local apresenta piores propriedades geomecânicas como, por exemplo, maior grau de fraturamento, em relação às mesmas rochas situadas longe destas estruturas. Obras civis de grande porte realizadas nessas regiões sempre requerem cuidados especiais (NOUH, 2014).

Em decorrência dos problemas encontrados sob o solo o método empregado na fundação desta ponte foi o sistema de circulação reversa com camisa metálica perdida e air lift.

1.2. Perfuração por circulação reversa

Não se sabe ao certo o inventor do método de circulação reversa, mas atualmente o método utilizado pode ser ligado ao engenheiro austríaco Albert Fauck (PABIS, 2019) a técnica consiste em uma broca com um tubo em seu centro, quando o cavaco é retirado faz seu caminho de saída através desse tubo e assim mantém uma circulação contínua. O fluxo é potencializado por diversos fatores sendo o primeiro e principal o fluido. O fluido tem por função primária trazer os detritos de perfuração que são desagregados no fundo do furo. Além disso, o seu fluxo ascendente pelo espaço anelar entre a broca e o solo dá-se com alta velocidade e turbulência, garantindo a erosão do

solo em um padrão irregular e garantindo a rugosidade do fuste da estaca e boa aderência com o solo.

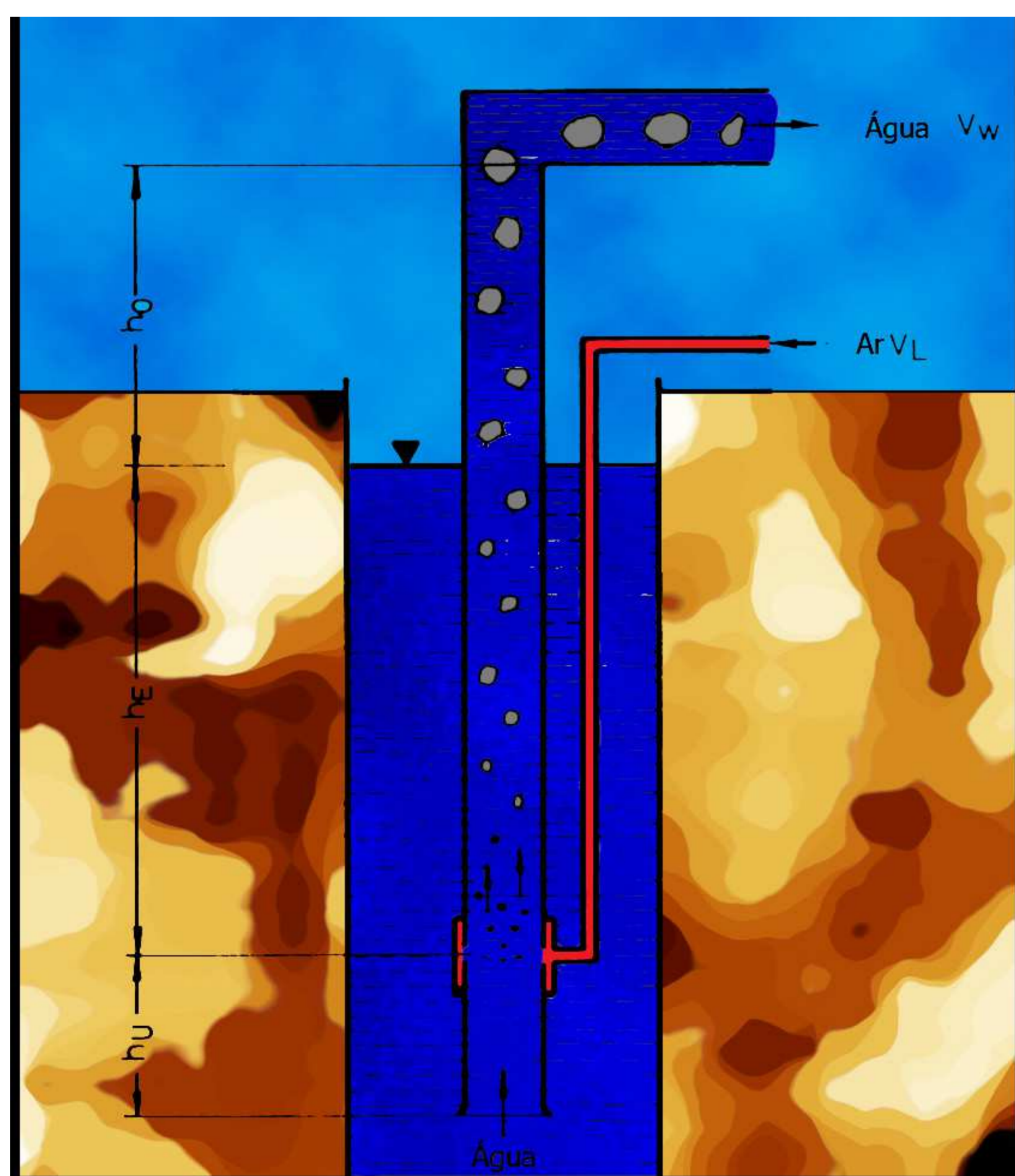
O fluido de perfuração pode ser composto por diversos materiais como por exemplo: água limpa, água de retorno da perfuração (com reaproveitamento) ou ainda pode receber adições de bentonita ou polímeros à base de poliácridamida (CAMBEFORT, 1975). As adições têm o objetivo de aumentar a viscosidade do fluido, o que melhora sua capacidade de trazer os detritos de perfuração e a limpeza do furo. (OLAVO AT.AL, 2017).

Além da existência do fluido ao se atingir uma certa profundidade são necessárias técnicas para impulsionar esse fluxo e mantê-lo circulando, o método a ser abordado nesse artigo será o método air lift.

1.3. Método air lift

O procedimento de elevação por ar, também chamado de bomba Löscher ou bomba de mamute, é um princípio bem conhecido no ramo de fundações especiais e funciona de acordo com o qual a água é distribuída verticalmente em tubos, ou a partir de furos de sondagem, sendo a fonte de energia o ar comprimido. Durante as operações de perfuração, a original segunda fase de entrega de água e ar é convertida em uma terceira fase de entrega de sedimentos de água-ar-rocha (WIRTH,1981).

Esquema de elevação por ar

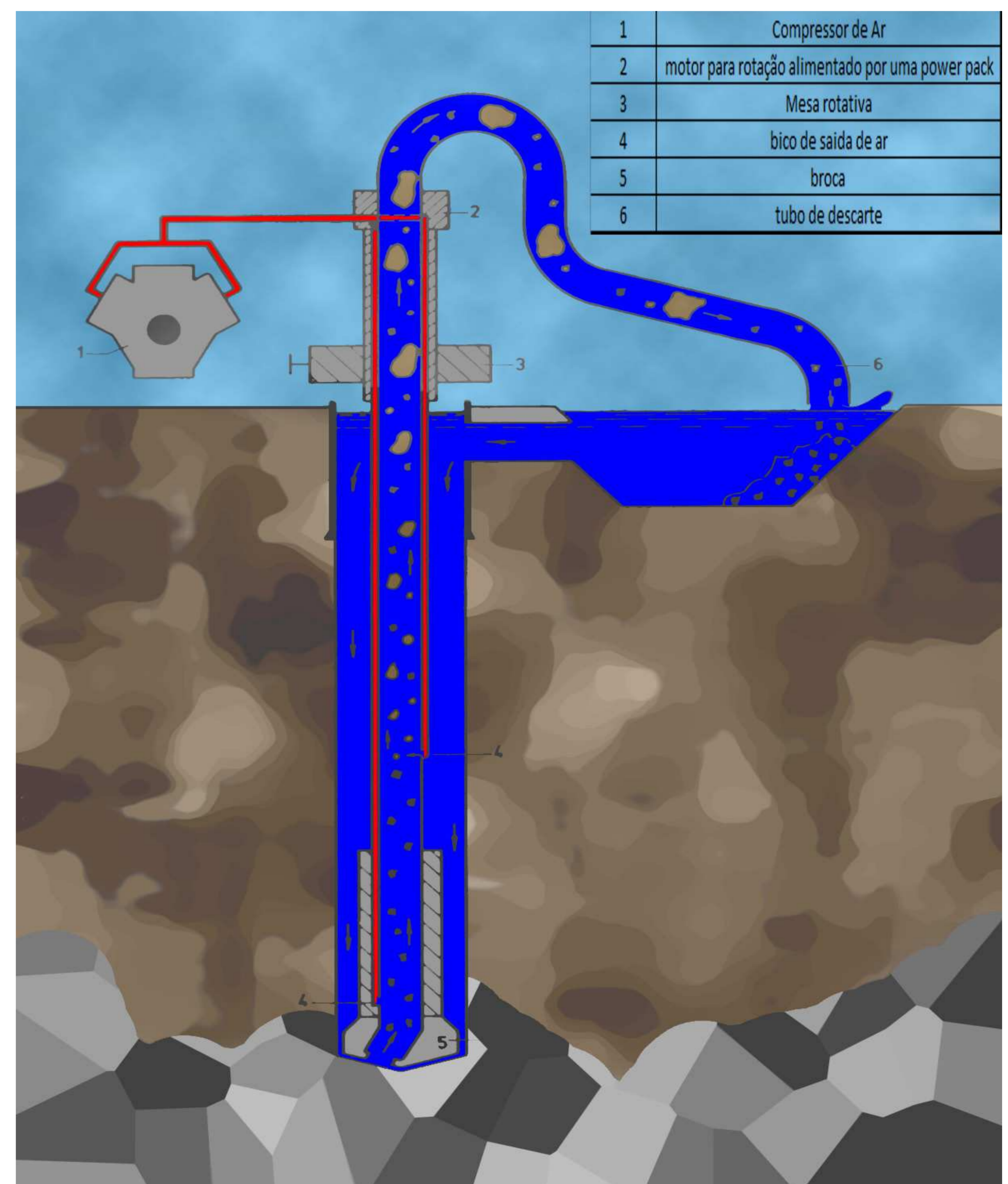


Fonte: Adaptado WIRTH, 1981.

O método de operação da bomba de ar pode ser explicado da seguinte forma: O ar comprimido é

injetado através de uma linha de ar (tubo) e difundido em um tubo grande submerso em um líquido. Bolhas de ar sobem através do líquido e o impulsionam verticalmente para cima, isso alivia a carga da coluna d'água e o líquido é elevado pela pressão atmosférica. O ar também pode ser injetado no anel de dois tubos concêntricos submersos em um líquido e difundidos no tubo central para elevação de ar. (ALLEN,1976).

Esquema do sistema de perfuração air lift



Fonte: Adaptado WIRTH, 1981.

Se ar é adicionado em grande volume existe um aumento na velocidade do fluxo a tal ponto que a velocidade de subida é suficiente para transportar sólidos, viabilizando assim o método para a perfuração em grandes profundidades. As vantagens do procedimento são que os meios transportados não entram em contato com partes móveis da aparelhagem. Além disso, ao instalar os tubos de alimentação de ar fora do tubo de perfuração, não há reduções de seção transversal na linha de transporte. Assim, é possível transportar sólidos grosseiros que são ligeiramente menores que a abertura de entrada da broca (WIRTH, 1981)

Devido a este mecanismo, a técnica de elevação de ar não é um procedimento de sucção, mas um método de pressão real, a ser explicado apenas pelo fato de que não existem problemas de

cavitação para perfuração por sucção ou perfuração por jato de sucção. (RAMOS, 2019)

Metodologia

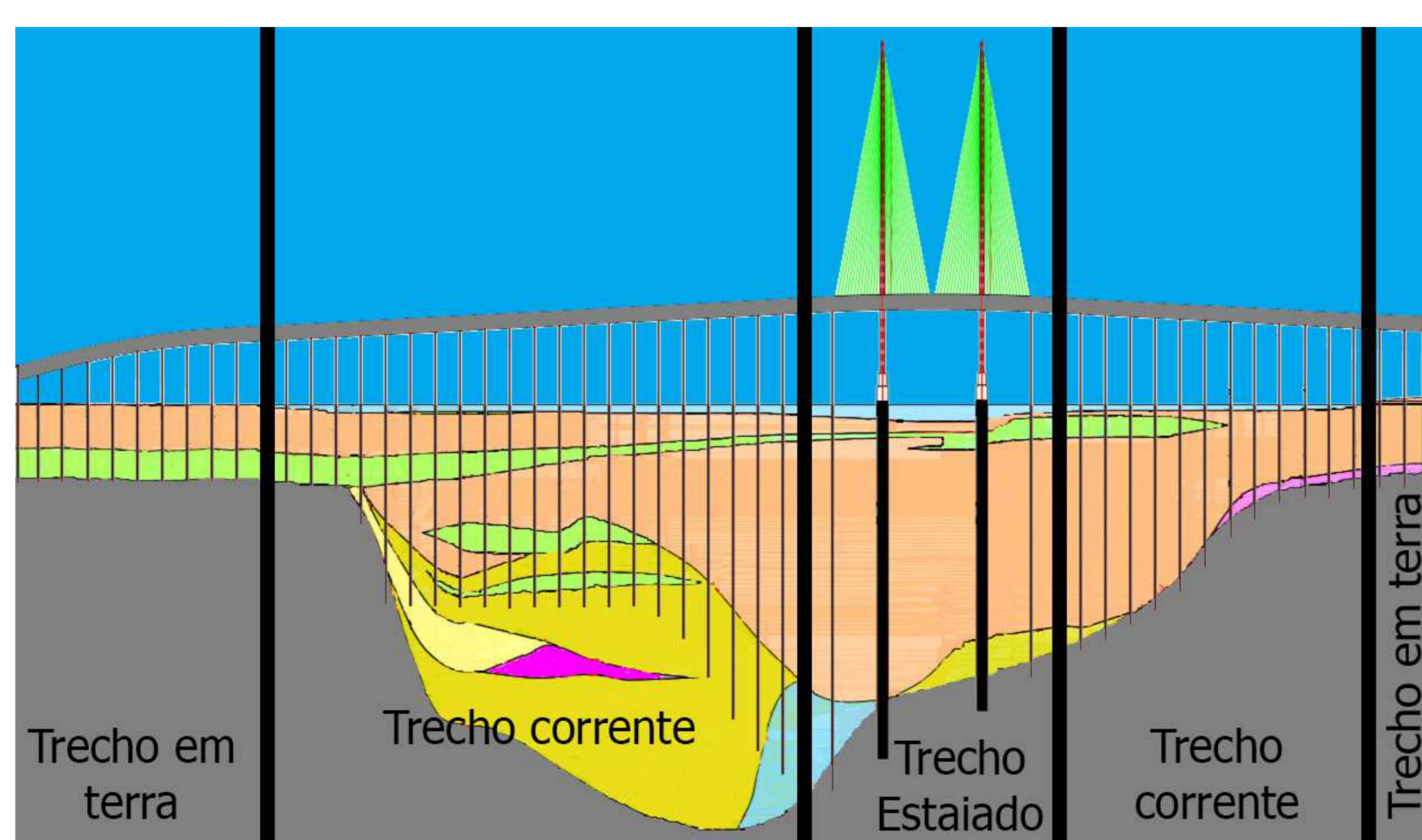
1.4. Objetivo da obra

A antiga Ponte Henrique Lage, inaugurada em 1º de setembro de 1934, (hoje parcialmente desativada) estava no ponto onde o fluxo de veículos convergia gerando assim congestionamento. A construção da nova Ponte de Laguna além de seguir o plano de duplicação da BR-101, proporcionou um aumento no conforto e segurança para os usuários da rodovia e ainda gerou um grande impulso ao desenvolvimento econômico e turístico da região, além de suavizar o congestionamento no local.

1.5. Dados e características da obra

A ponte Anita Garibaldi é uma ponte suspensa em formato estaiado (suspensa por cabos) localizada no município de Laguna, no sul do estado de Santa Catarina. É uma das maiores pontes do Brasil. É a segunda maior ponte estaiada em curva do Brasil, com mais de 2,8 km de extensão em pista dupla, com 400 metros de vão central suspensos por 60 cabos de aço e duas torres que atingem mais de 50 metros de altura. Sua fundação é composta por 136 estacas de 2,5 metros de diâmetro cada, divididas em 53 pilares, com profundidades de até 60 metros (Ramos). A ponte pode ser dividida em três tipos de seções sendo elas em terra, corrente e estaiado. A técnica demonstrada neste artigo foi usada principalmente nos trechos corrente e estaiado.

Esquema da divisão da fundação da ponte

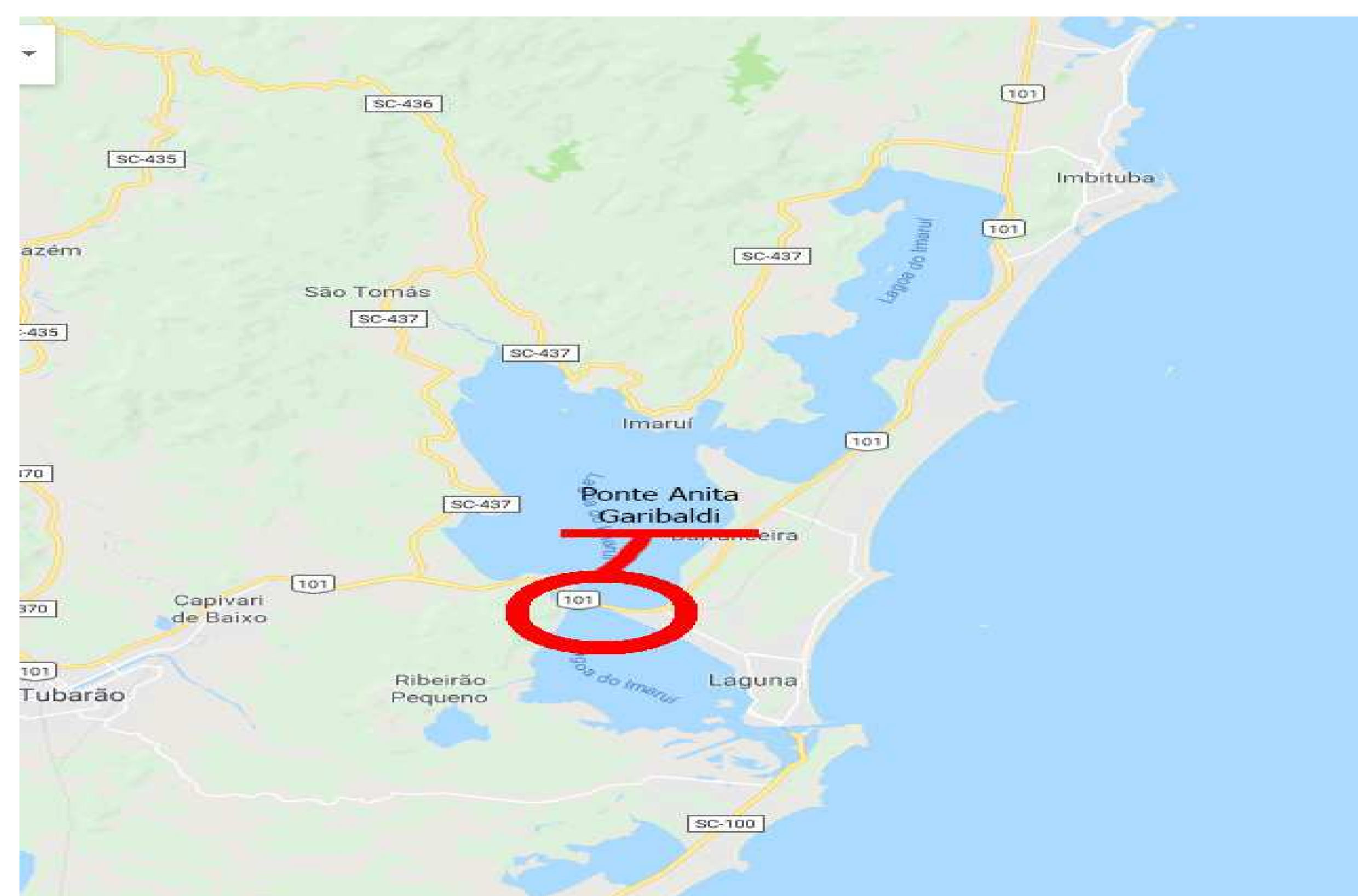


Fonte: Adaptado Brasfix Fundações 2010

1.6. Localização geográfica

A ponte Anita Garibaldi está localizada em um trecho na lagoa do Imaruí na cidade de Laguna-SC ela se posiciona na região conhecida como canal das Laranjeiras e conecta a cidade de Laguna a cidade de Tubarão.

Localização geográfica ponte de laguna



Fonte: Adaptado Google maps < <https://www.google.com.br/maps/@-28.4022209,-48.8986752,11.25z> > 25/03/2019

1.7. Componentes

Os componentes da perfuratriz são divididos em 5 partes sendo elas:

1. O compressor, que é responsável por retirar ar da atmosfera e comprimi-lo onde ele será transportado através de uma tubulação dentro do corpo da broca e liberado próximo a cabeça da broca.

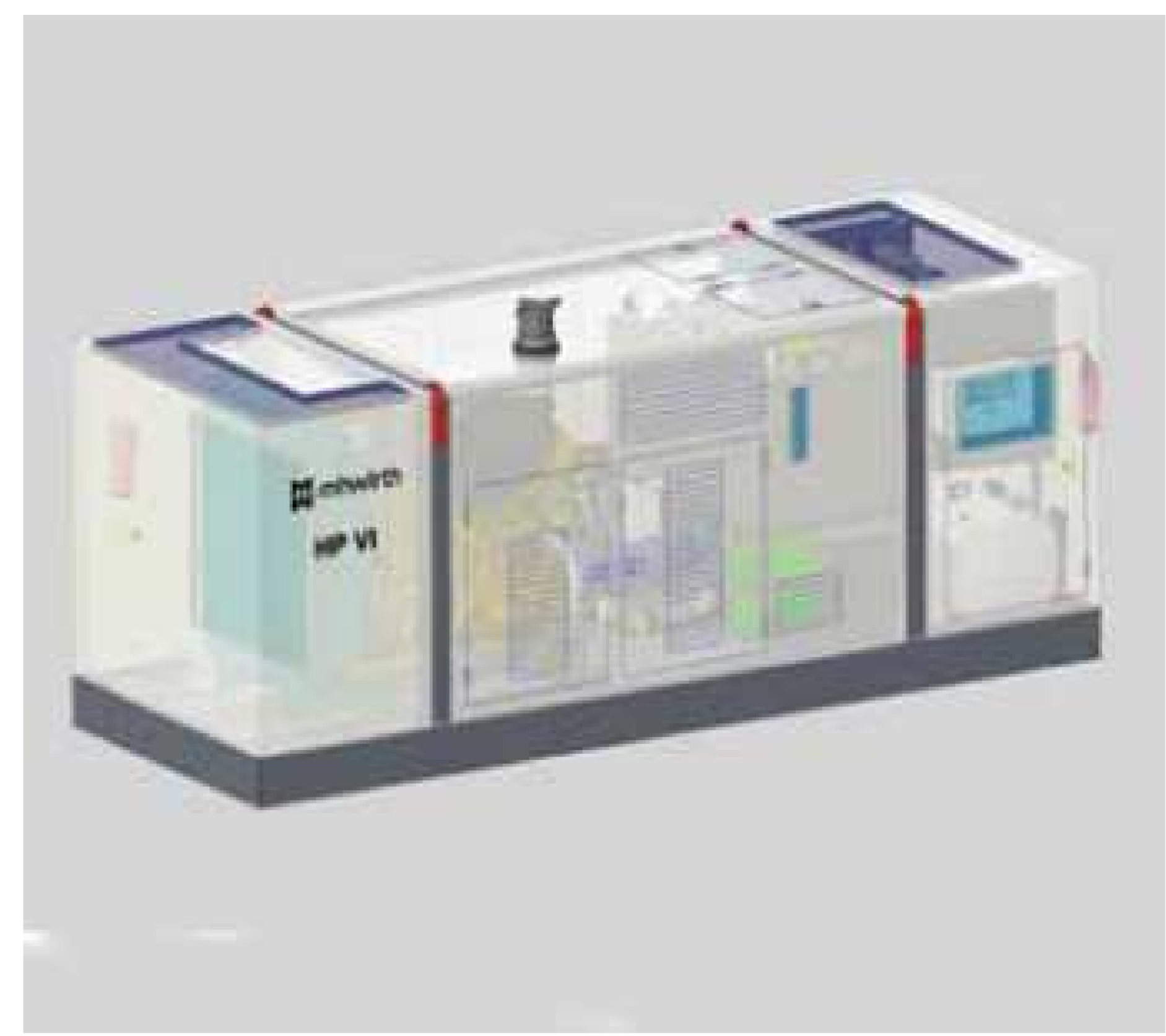
Compressor de ar



Fonte: <http://www.arsethe.com.br> e Brasfix 2013

2. A bomba d'água, responsável por manter uma circulação contínua de água ou lama no furo, esse passo é importante para manter a perfuração sempre limpa.

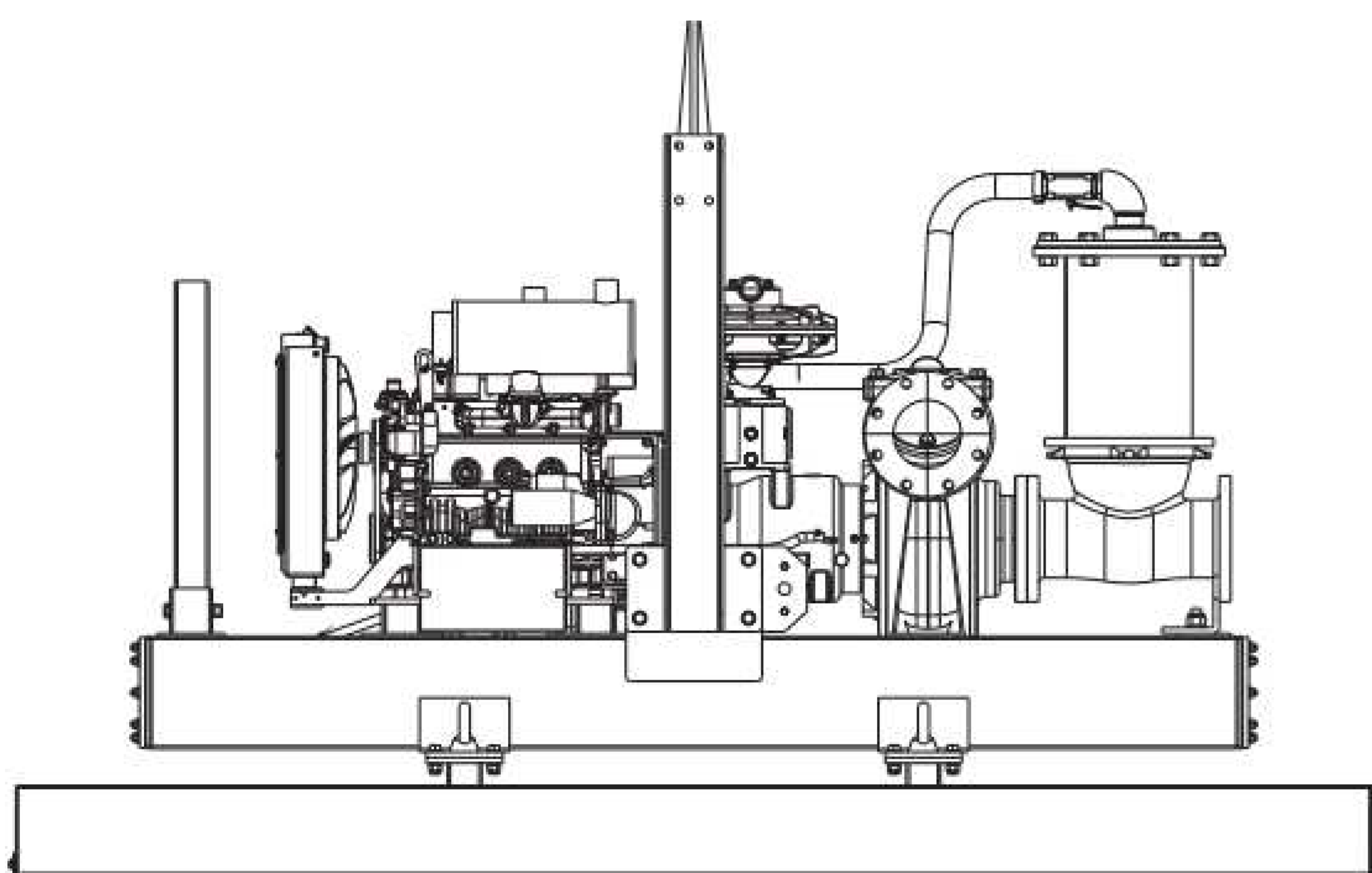
Bomba Itu



Fonte: Brasfix 2013 e http://mhwirth.com/wp-content/uploads/pdf/Pile-top-drill-rigs_en-1.pdf

4. Corpo da perfuratriz, nele são ligadas todas as partes da perfuratriz como os motores os sistemas de bombeamento e a própria broca e também contem o tubo interno onde os resíduos do furo são coletados.

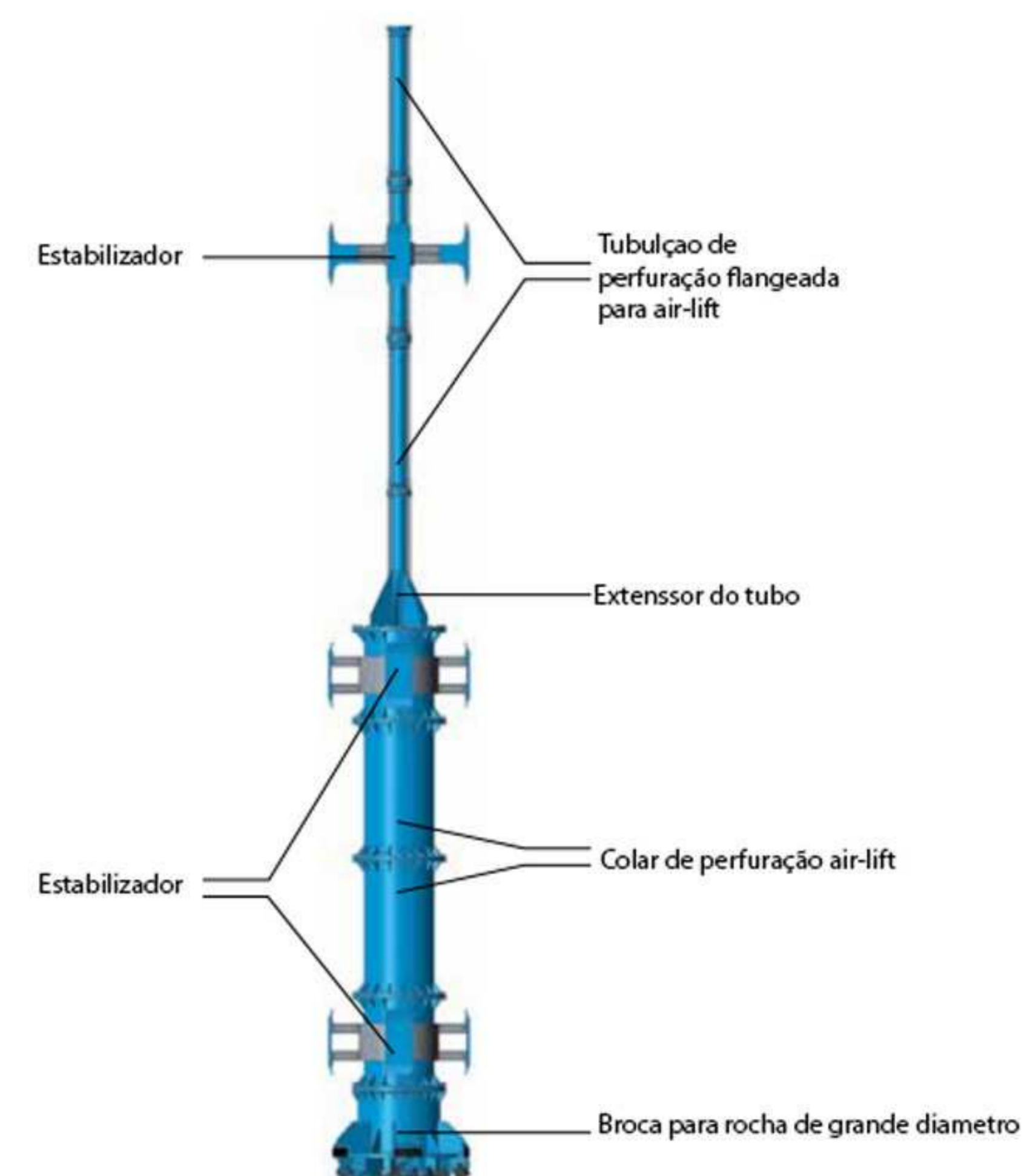
Perfuratriz Wirth PBA 818



Fonte: Brasfix 2013 e <http://itubombas.com.br/arquivos/especificacao-ITU66S11.pdf>

3. Power pack, conjunto de motores responsável por manter a parte hidráulica da perfuratriz em funcionamento pode ser considerado o coração da perfuratriz.

Power Pack hidráulico



Fonte: Brasfix 2013 e http://mhwirth.com/wp-content/uploads/pdf/Pile-top-drill-rigs_en-1.pdf

5. Broca, parte principal da perfuratriz e responsável por minerar o fundo do furo tem um formato especial devido ao sistema utilizado.

Brocas de circulação reversa

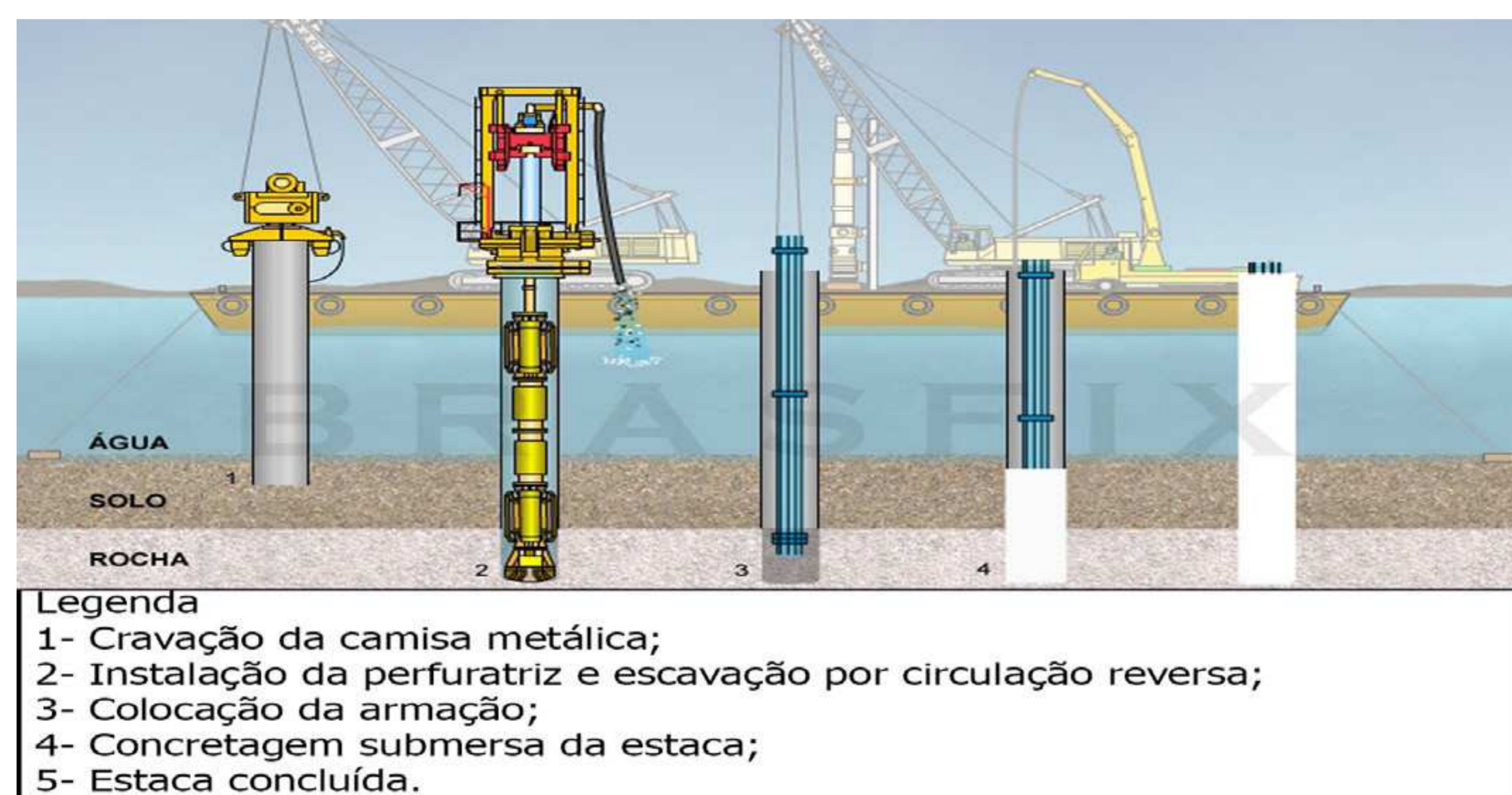


Fonte: Brasfix 2013 e <https://www.wirth.com.br>

1.8. Metodologia de execução

Os serviços de execução de estacas escavadas foram realizados com a utilização de perfuratriz dotada de sistema de circulação reversa com air lift, com os materiais necessários a execução dos serviços estacionados em solo ou embarcados. Abaixo existe uma figura que demonstra de maneira resumida a metodologia de execução das estacas sob lâmina d'água.

Esquema de execução da escavação da estaca



Fonte: Adaptada Brasfix Fundações, 2007

A seguir seguem os passos na perfuração da estaca com a perfuratriz de circulação reversa. Esses passos são executados depois de se posicionar e cravar a camisa metálica na posição de furo.

1.8.1. Instalação da perfuratriz e escavação por circulação reversa

Primeiro foi realizado o procedimento de içamento da perfuratriz hidráulica. Após o encaixe da perfuratriz sobre o topo da estaca, os pistões hidráulicos de acionamento da morsa foram pressurizados, permitindo a liberação do guindaste. Introduziu-se então composição de escavação, hastes e centralizadores. Instalou-se a tubulação de ar para realização do sistema de circulação reversa e tubulação de água para alimentação das estacas.

1.8.2. Escavação no interior da camisa metálica

Sobre a plataforma da perfuratriz, os comandos hidráulicos foram executados por operadores treinados para tal atividade, executando assim a limpeza do interior da camisa metálica.

Foto da limpeza do interior da camisa.



Fonte: Brasfix Fundações 2013

1.8.3. Escavação abaixo da camisa metálica em solo ou rocha

Vencido o horizonte pela camisa metálica protegida, foi iniciada a escavação abaixo da mesma. O procedimento inicialmente foi o mesmo realizado no interior da camisa metálica, com perfuratriz hidráulica dotada de circulação reversa e alimentação de água, porém o avanço da escavação foi mais lento e cuidadoso por não haver a proteção da camisa metálica.

Foto da perfuratriz de circulação reversa.



Ao final da escavação da estaca, foi realizada a limpeza do interior da mesma através do air lift, garantindo assim a boa qualidade da estaca.

Na pesquisa de campo, o aluno pode optar por entrevista, observação ou estudo de caso.

Não esquecer de referendar com os autores de metodologia científica apresentados em aula (e constantes nas referências).

Considerações finais

Como pode ser visto anteriormente existe uma grande gama de passos a serem tomados na execução de estacas profundas. Esses passos foram muitas vezes desenvolvidos pela própria empresa ou foram adaptados das normas técnicas de perfuração. Também é demonstrado que mesmo as estacas estando em posições próximas no trecho de execução muitas vezes existem variações no solo ou no projeto que acabam por fazer necessárias alterações na execução das mesmas.

O caso das duas estacas mostrou que não existe um método único de execução de uma estaca, mas sim uma forma de execução que se adapta conforme a região de execução e as complexidades encontradas no decorrer da perfuração. É importante frisar que mesmo esses casos citados poderiam ser executados de outras maneiras dependendo da variação dos fatores apresentados na execução como: tempo, recursos, projeto, empresa, etc.

Um ponto interessante sobre essa pesquisa é que existem ainda muitos fatores a serem explorados na metodologia de execução como por exemplo a movimentação de maquinário e pessoal, outros métodos de correção de perfuração ou outros méto-

dos de perfuração em si. A metodologia de execução como foi dito no início deste trabalho é uma área muito grande e importante na construção civil e precisa ser melhor explorada.

Referências

- ALLEN J. H., Oil & Gas drilling large diameter holes, Smith Tool Co., Compton, Califórnia, 1976.
- ALONSO, U. R. Dimensionamento de fundações profundas. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.
- ATLAS Copco Exploration Products (2008). Craelius™ exploration drilling tools catalog. Märsta, Suécia.
- BAZZO, W. A. & PEREIRA, L. T. V. – Introdução à Engenharia. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996.
- CAMBEFORT, H. (1975) Perforaciones y Sondeos. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, Espanha. Tradução para o Espanhol do original Forages et Sondages por Angel Rodríguez Paradinas. 3ª edição.
- NOUH engenharia, Laudo técnico Bacia de Laguna-SC, São Paulo, 2014.
- OLAVO at. al., Reforço de fundação da Ponte Manoel Ribas, revista técnico científica do CREA-PR, 19ª edição, Curitiba – PR, 2017. issn 23585420.
- PABIS, T Inż. Fauck Albert (1842 – 1919) / Niemiec / Specjalista wiertniczy, twórca nowych metod wiertniczych < http://www.libuszamuzeum.iap.pl/index.html?id=51094&location=f&msg=1&lang_id=PL > Acesso em 27 de maio de 2019.
- PAC, Plano Aceleração do Crescimento <<http://www.pac.gov.br/noticia/e673a904>> Acesso 27 de maio de 2019.
- RAMOS, L. A. Fundações Especiais da Ponte Anita Garibaldi. 2019. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso –Universidade Ibirapuera, São Paulo, 2019.
- WIRTH Drilling Technique manual Copyright WIRTH maschinen- und Bohrgerate-Fabrik GmbH, Erkelenz, 8.ed. 1981.