

## I-145 - INTERLIGAÇÃO ENTRE AS REPRESAS JAGUARI E ATIBAINHA METODOLOGIA EXECUTIVA DAS FUNDAÇÕES E DOS POÇOS DE SUÇÃO DA EEAB JAGUARI

### Marcelo Gonçalves de Jesus<sup>(1)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade de Taubaté (UNITAU). Licenciatura em Matemática e Física pela Universidade Bandeirantes de São Paulo (UNIBAN). Pós Graduação em Metodologia do ensino de Matemática e Física pela UNINTER.

### Petronio Viana Torres<sup>(2)</sup>

Tecnólogo pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo. Engenheiro Civil pela Universidade Nove de Julho.

### Larissa Nunes<sup>(3)</sup>

Engenheira Civil pela Faculdade de Engenharia Industrial (FEI). Pós-Graduada em Gestão Ambiental Empresarial pela Faculdade de Engenharia Industrial (FEI).

### Cassio Santos de Mello<sup>(m)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade de Taubaté. *Master of Business Administration (MBA)* em gerenciamento de projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Pedro Zolczak, 200 – Condomínio San Marco, Rua 05, nº 49 - Quiririm - Taubaté - SP - CEP: 12043-520 - Brasil - Tel: +55 (12) 3624-1279 – Cel: +55 (11) 99880-5238 - e-mail: [mgjesus@sabesp.com.br](mailto:mgjesus@sabesp.com.br)

### RESUMO

A Estação Elevatória de Água Bruta Jaguari (EEAB Jaguari) trata-se de um sistema formado de estrutura civil e hidromecânica composto por 6 bombas de sucção posicionadas sobre 6 blocos de fundação submersos (G-01 a G-06 na figura abaixo) cujos diâmetros variam entre 4,2m na base até 3,8m no topo. Este sistema será utilizado na interligação entre as represas Jaguari, inserida na Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, e Atibainha, inserida na área de abrangência das Bacias hidrográficas PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá), com capacidade de captação de até 8,5 m<sup>3</sup> de água bruta por segundo e média anula de 5,13 m<sup>3</sup>/s.

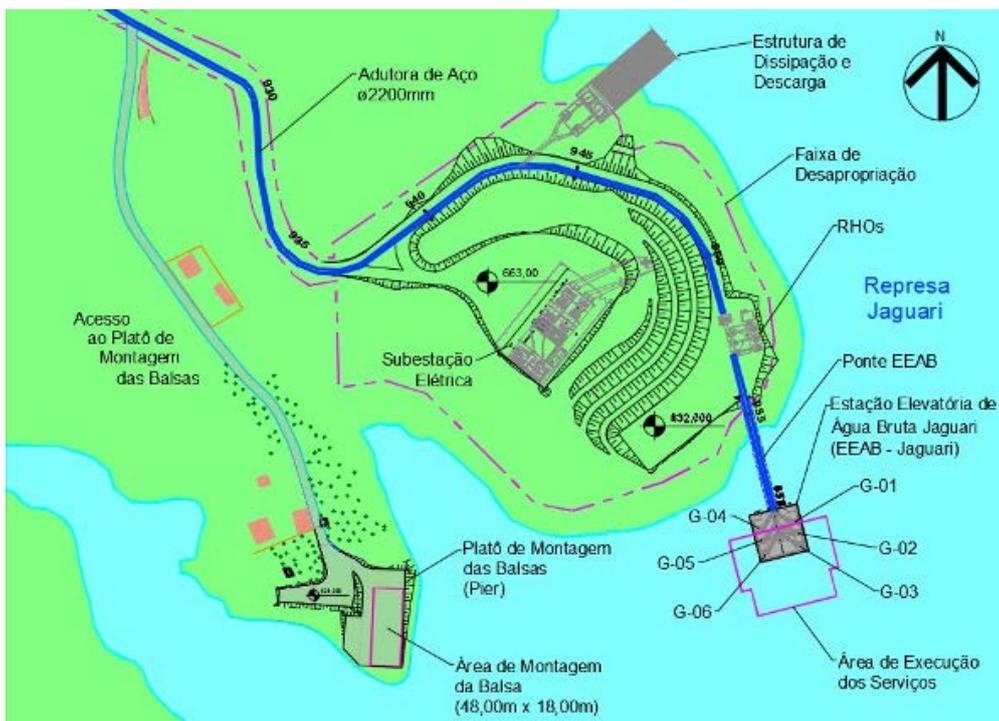


Figura 1: Planta esquemática da EEAB Jaguari, Subestação Elétrica e Dissipação

**PALAVRAS-CHAVE:** Montagem, Fundações, Poços de Sucção, EEAB Jaguari, Metodologia Executiva.

## OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo apresentar a metodologia utilizada para os processos executivos das fundações e poços de sucção da EEAB Jaguari, inédito do ponto de vista executivo para obras de saneamento e inclusive inédito pelas proporções em fundações subaquáticas.

Quando se trata em execução de fundações e poços de sucção para bombas verticais em cursos d'água (para obras de saneamento), logo se pensa em se preparar a área a ser trabalhada utilizando-se o método de isolamento por enscadeiras de modo a se conseguir uma área "seca" para a realização das atividades, porém, para as fundações da EEAB Jaguari, este método não se mostrou viável devido à declividade muito acentuada do terreno submerso onde estas fundações serão executadas, por este motivo, escolheu-se por executá-las utilizando-se métodos consagrados para fundação de pontes. Trata-se da utilização de camisas metálicas, as quais servirão de revestimento no trecho de lâmina d'água e solo, cravadas até a rocha através de martelo de impacto içado por guindaste e posicionado em balsa devidamente estabilizada de modo a garantir com que as estacas sejam executadas exatamente nas coordenadas onde foram projetadas.

## ESCLARECIMENTO E DEFINIÇÕES

- **Camisa Metálica:**

Tubo metálico que serve de revestimento da estaca no trecho em lâmina d'água e solo, com comprimento suficiente para atravessar a lâmina d'água e penetrar no solo até o topo da rocha.

- **Gabarito de cravação:**

É uma estrutura auxiliar rígida utilizada para o posicionamento e guia da camisa metálica a ser cravada.

- **Vibrador:**

Equipamento de transferência de energia cinética por vibração, utilizado na cravação ou extração da camisa metálica.

- **Martelo de Impacto:**

Equipamento de transferência de energia cinética por queda de um peso, em queda livre acionado pelo guincho auxiliar de guindaste, ou de modo automático (hidráulico).

- **Capacete de cravação:**

Elemento metálico, instalado no topo da camisa metálica a ser cravada, cuja função é distribuir uniformemente as tensões dinâmicas que surgem em decorrência do impacto do martelo sobre a camisa metálica.

- **Guincho de Fundeio:**

Equipamento elétrico ou hidráulico que deve ser fixo ao convés das embarcações e que, através de cabos de aço, estabelece a amarração da balsa nas poitas de concreto ou âncoras metálicas.

- **Poita de Concreto:**

Estrutura de concreto com alças de cabos de aço, corrente ou vergalhões que são construídas com a finalidade de segurar os cabos de aço das embarcações e servir como ponto fixo para amarração de estruturas flutuantes.

- **Perfuratriz Hidráulica:**

Equipamento de perfuração, com torque compatível ao diâmetro da estaca e do tipo de rocha a ser perfurada. Possui hastes flangeadas que deverão ser suficientes para atingir as profundidades do projeto. O material perfurado é retirado através de "Air lift". A composição (haste) é complementada com pesos, e centralizadores.

- **Composição de Perfuração:**

Conjunto de hastes flangeadas, pesos flangeados e centralizadores que possibilitam atingir as profundidades de projeto.

- **Air-Lift**

O *Air-Lift* consiste na injeção de ar comprimido por uma tubulação paralela as hastes da composição de perfuração, descarregando o ar em um ponto próximo à extremidade inferior (broca de perfuração) causando uma redução do peso específico do fluido dentro das hastes devido às bolhas de ar, fazendo com que o material seja bombeado para fora da composição na parte superior.

**Tubo Tremonha:**

Tubulação montada em módulos, através de roscas, que atuam no transporte vertical do concreto da parte superior da estaca até a parte inferior. O concreto percorre a tubulação através do peso próprio, ou seja, não é empregado a utilização de bombeamento em seu interior.

- **Boia de Arinque:**

Estrutura metálica flutuante que possui um tubo passante no seu interior.

**FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSO EXECUTIVO**

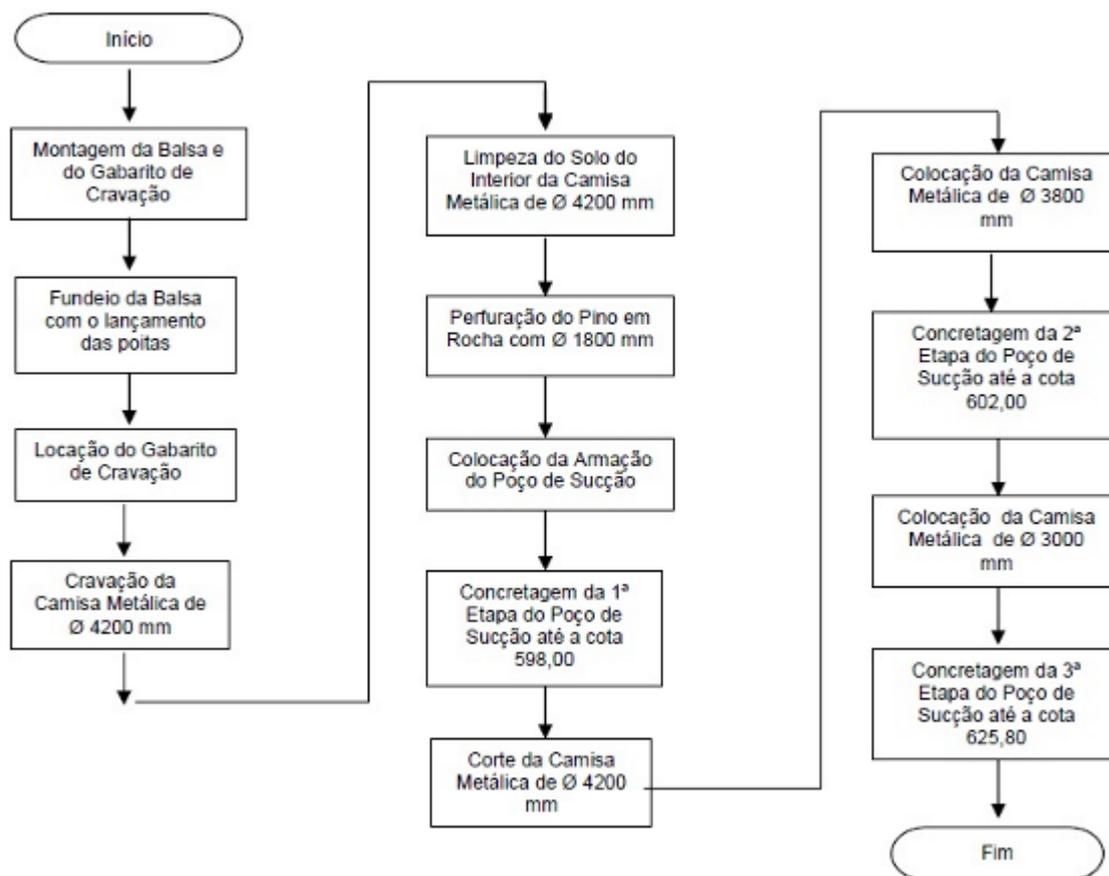


Figura 2: Fluxograma geral do processo executivo

### MONTAGEM DA BALSA

A balsa deverá ser preparada com a execução dos possíveis reforços estruturais e com o embarque e fixação dos equipamentos que serão utilizados na execução das fundações: guinchos de fundeio, guindaste, martelo de impacto, perfuratriz hidráulica e etc.

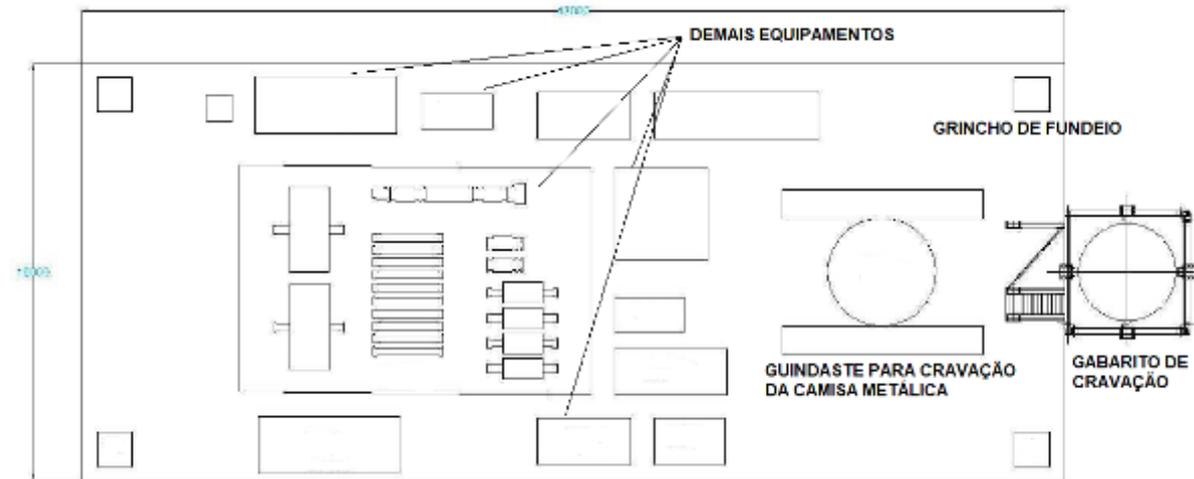


Figura 3: Disposição esquemática dos equipamentos sobre a balsa



Figura 4: Balsa posicionada na execução do Poço G6 – Data: 11/05/2017

## LOCAÇÃO DO GABARITO DE CRAVAÇÃO

Posterior ao embarque dos equipamentos, deverá ser montado e locado um gabarito de cravação devidamente calculado para suportar os esforços envolvidos no processo de cravação da camisa metálica. Tal gabarito será utilizado no processo de locação da camisa metálica, sendo responsável pelo posicionamento e guia durante a cravação e como suporte para a solda das camisas metálicas durante o processo de emenda das camisas metálicas.

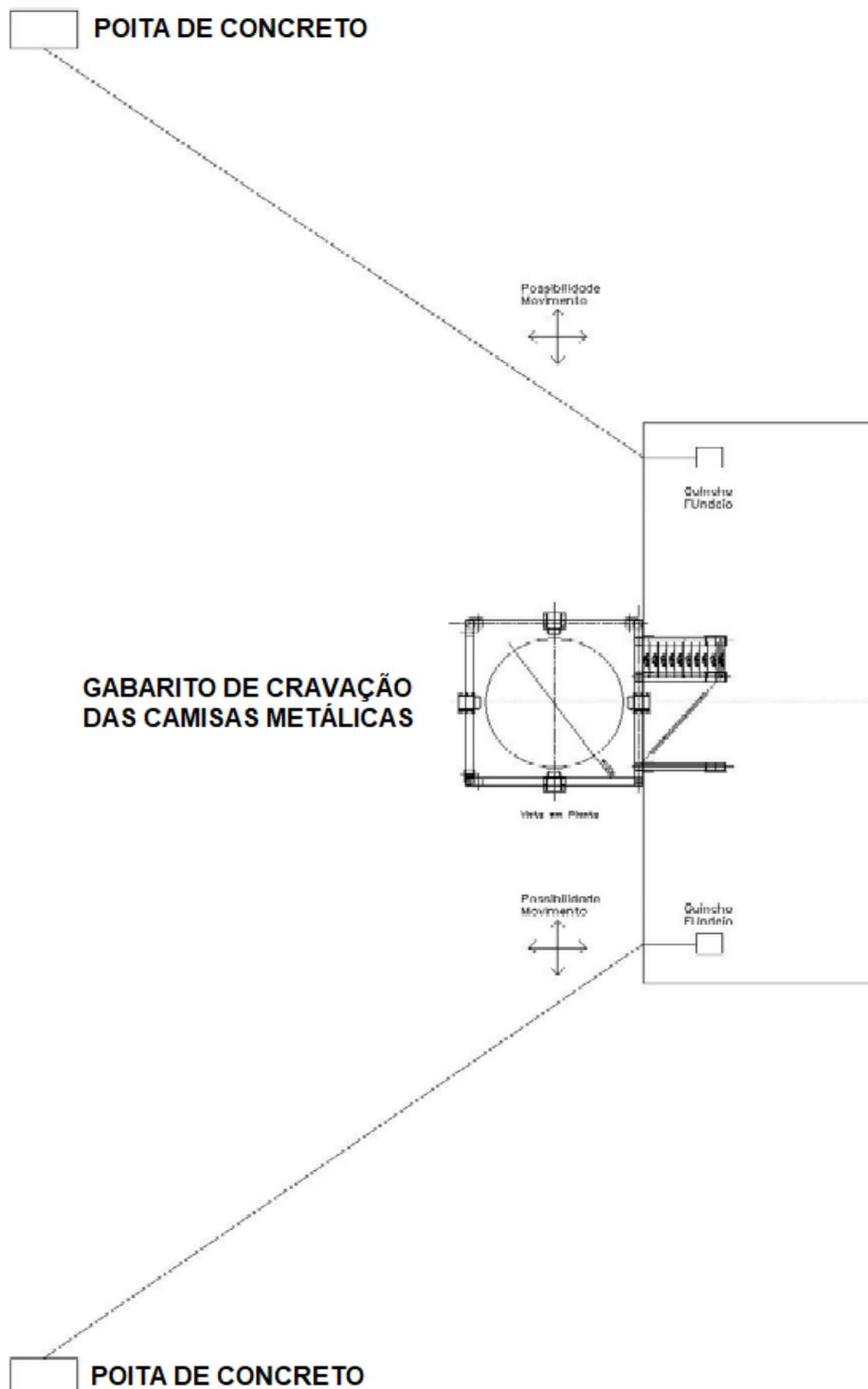


Figura 5: Gabarito de cravação das camisas metálicas e poitas dianteiras

## FUNDEIO DA BALSA

A balsa será amarrada às poitas através dos guinchos de fundeio nas extremidades do casco flutuante.

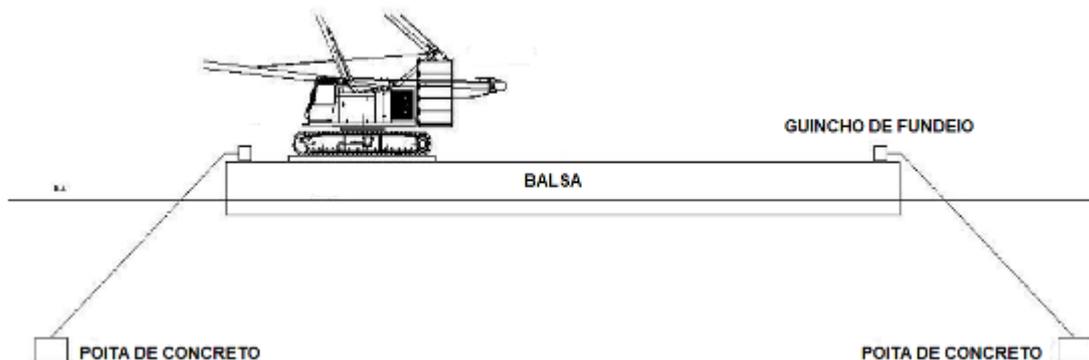


Figura 6: Disposição das poitas e dos guinchos de fundeio em corte

## CRAVAÇÃO DA CAMISA METÁLICA Ø4200 mm

A camisa metálica Ø4200 mm será cravada em 03 módulos com comprimentos variando de 9,00 m a 18,00 m devido às suas dimensões e pesos consideráveis.

Com o posicionamento das camisas metálica junto ao raio do guindaste, o próximo passo é o içamento e a verticalização do 1º módulo da camisa metálica de Ø 4200 mm. O içamento será realizado conforme detalhamento descrito no Plano de *Rigging* desenvolvido por profissional habilitado.

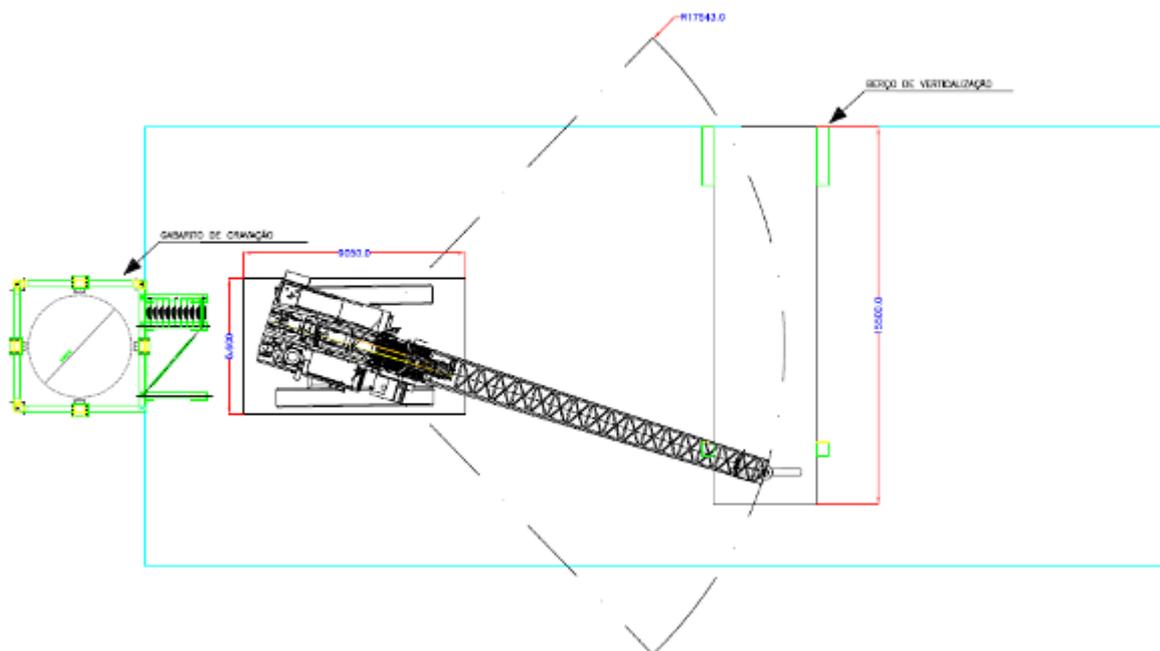
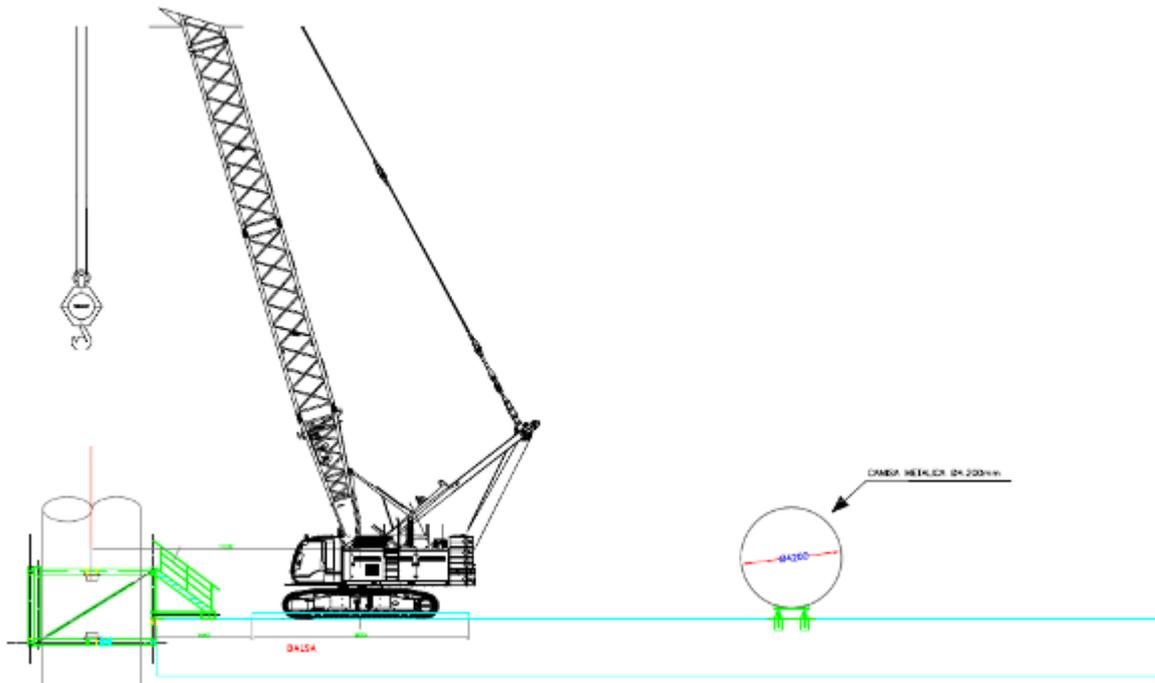
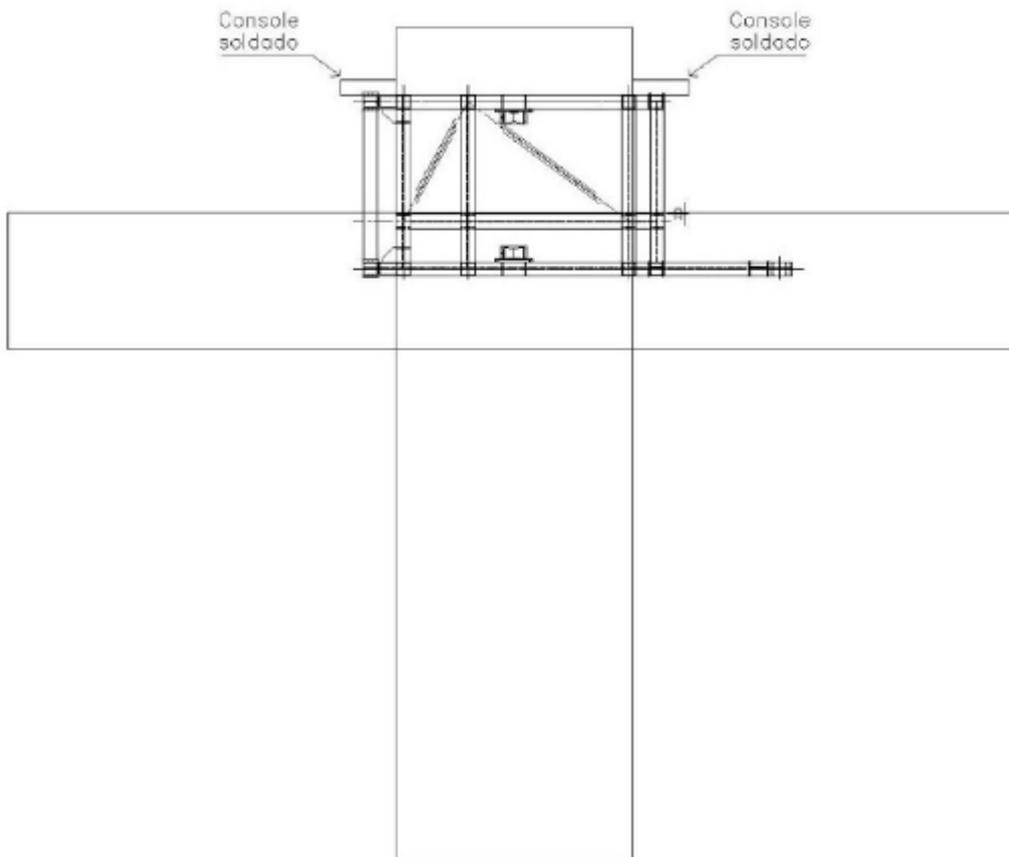


Figura 7: Planta dos posicionamentos do tubo e do guindaste no plano de içamento



**Figura 8: Perfil dos posicionamentos do tubo e do guindaste no plano de içamento**

O primeiro módulo verticalizado deverá ser travado no interior do gabarito de cravação através da solda de perfis metálicos (consolos) na face da camisa e que ficarão apoiados sobre a estrutura do gabarito de cravação.



**Figura 9: Posição dos consolos sobre o gabarito de cravação.**

Após esta etapa, o 2º módulo deverá ser posicionado e soldado no topo do 1º módulo fixado no gabarito de cravação, em seguida, o conjunto (1º + 2º módulos) deverá ser içado na vertical para a realização dos cortes dos consoles soldados na face da camisa.

### POSICIONAMENTOS DAS BALSAS PARA CRAVAÇÃO DAS ESTACAS

Para execução das fundações e dos poços da EEAB Jaguari, as balsas serão posicionadas conforme exemplo abaixo para execução do Poço G2. Neste caso, os Poços G1 e G4 já foram executados.

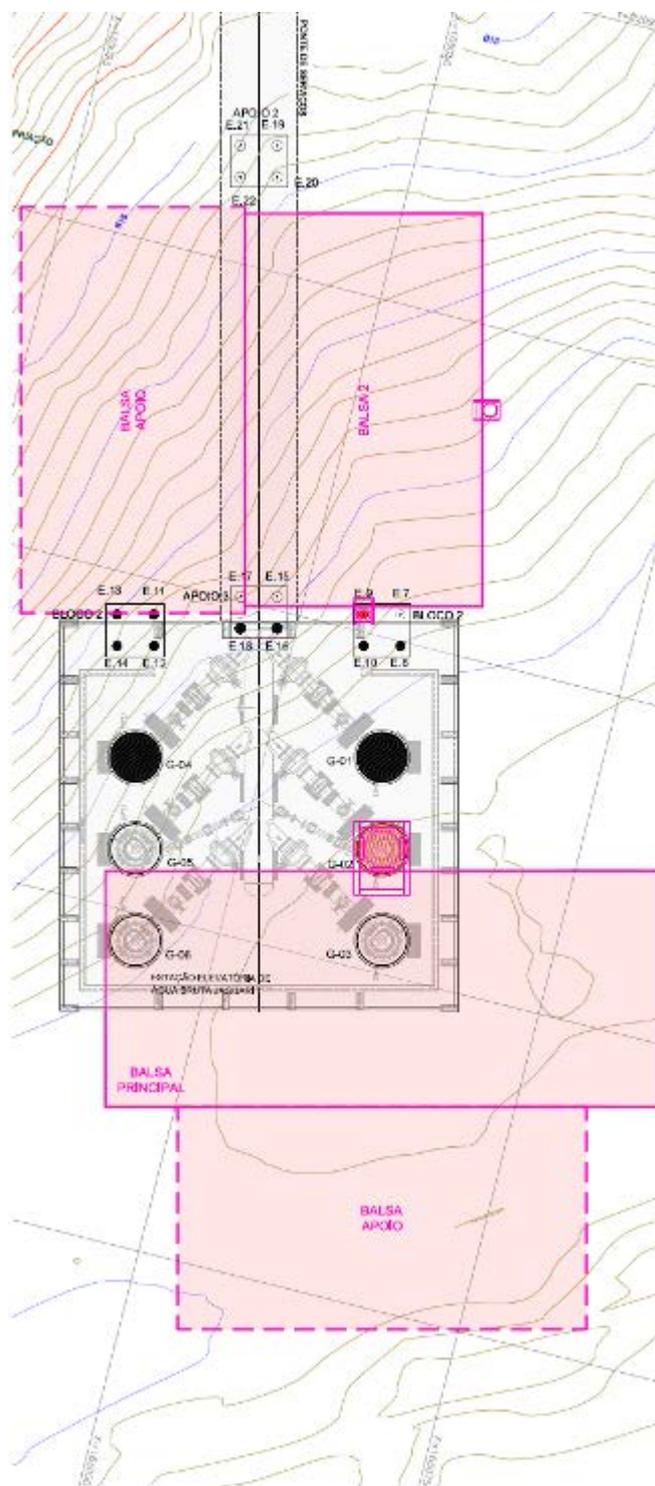


Figura 10: Posicionamento das Balsas na execução do Poço G2

## **LIMPESA DO SOLO NO INTERIOR DA CAMISA METÁLICA Ø4200 mm**

A limpeza do solo no interior da camisa metálica se dará através da perfuratriz hidráulica pelo processo de circulação reversa, que consiste na sucção do material a ser escavado junto com água pela parte inferior da composição de perfuração com broca de Ø 4000 mm com bits fresados que deverá ser acoplada à perfuratriz. Após a limpeza, a composição deverá ser substituída pela broca de Ø 1800 mm com *roller bits* para a perfuração da rocha para perfuração do pino em rocha com Ø 1800 mm.

## **PERFURAÇÃO DO PINO EM ROCHA COM Ø 1800 mm**

Após acrescentar a composição de perfuração com a broca de Ø 1800 mm na perfuratriz, a perfuração deverá ser iniciada através do processo de circulação reversa com monitoramento da velocidade de avanço e do tipo de material escavado a cada metro até atingir a cota definida em projeto.

## **COLOCAÇÃO DA ARMAÇÃO**

A armação dos poços de sucção está dividida em dois elementos, o primeiro, que corresponde ao pino de Ø 1800 mm e à estaca de Ø 4200 mm, deverão ser inseridas e posicionadas no poço até que as alças de içamento estejam na mesma cota de travamento no topo da camisa metálica, o segundo, que corresponde à transição entre os diâmetros de 4200 mm e 3800 mm e que contém a janela da comporta, deverá ser realizada a emenda com o traspasse do primeiro elemento. Com os dois elementos soldados, o conjunto deverá ser içado para a retirada do travamento do primeiro módulo e, posteriormente, ser suspenso pelo guindaste. O próximo passo é abaixar o conjunto até a parte superior atingir o topo da camisa metálica para o próximo travamento do conjunto. Por fim, deve-se repetir o processo de emenda dos módulos de armação até atingir as profundidades de projeto, atentando para o posicionamento da janela da comporta, do extravasor e do volume morto.

## **CONCRETAGEM**

A concretagem das fundações será executada em 3 etapas, a primeira etapa será até a cota 598,00m, a segunda etapa será até a cota 602,00m e a terceira etapa será até a cota 625,80m.

### **• Concretagem da 1ª Etapa do Poço de Sucção até a cota 598,00m**

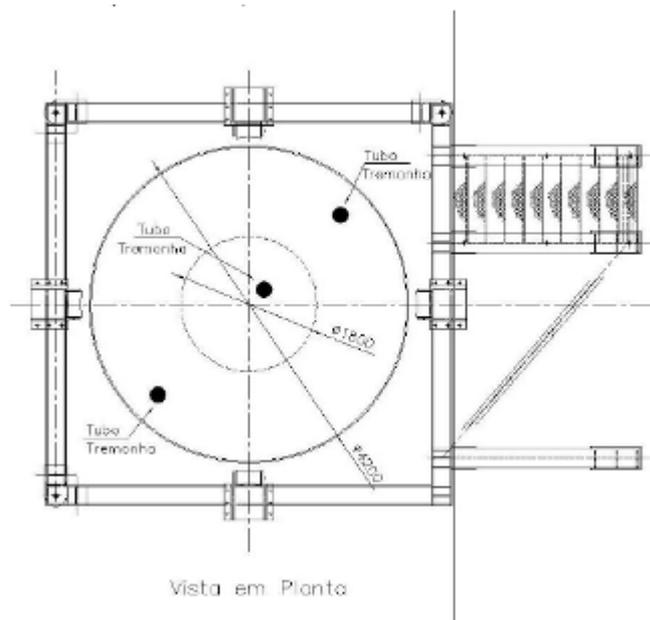
Na primeira etapa, após instalar e posicionar a plataforma de concretagem junto ao topo da camisa metálica Ø4200mm, monta-se o conjunto de tubo tremonha na parte central do diâmetro da estaca, descendo-o ao longo de todo o comprimento da estaca, o tubo central deverá ser posicionado de modo que a extremidade inferior fique entre 20 e 30 cm do fundo da perfuração.

Deverá ser montado mais dois conjuntos de tremonha que deverão estar localizados junto à face externa da camisa metálica. Esses dois conjuntos estarão posicionados ao longo do comprimento da estaca partindo da parte superior da camisa até a parte superior da armadura de fretagem localizada junto à cota de face da camisa metálica (a aproximadamente 1,10 m do topo rochoso).

Deverá ser disponibilizado auxílio à equipe de operação da bomba que realizará a montagem da tubulação entre a bomba de concreto e a estaca em execução. No final da linha da tubulação da bomba, deverá ser utilizado um mangote que será içado pelo guindaste da balsa e posicionado no interior do tubo tremonha.

O lançamento deverá iniciar-se através da tubulação tremonha localizado na parte central da estaca. O concreto deverá ser aplicado até preencher todo o comprimento do pino perfurado na rocha atentando para a imersão mínima de 1,50 m no concreto.

Os níveis de concreto deverão ser acompanhados e medidos de modo a atenderem aos volumes estabelecidos em projeto. No momento em que o nível do concreto atingir a base dos tubos tremonhas das extremidades, deverá ser realizado um escalonamento do lançamento através das três colunas de tremonha localizadas no interior da camisa metálica garantindo, desta maneira, o completo preenchimento da estaca até a cota 598,00m.



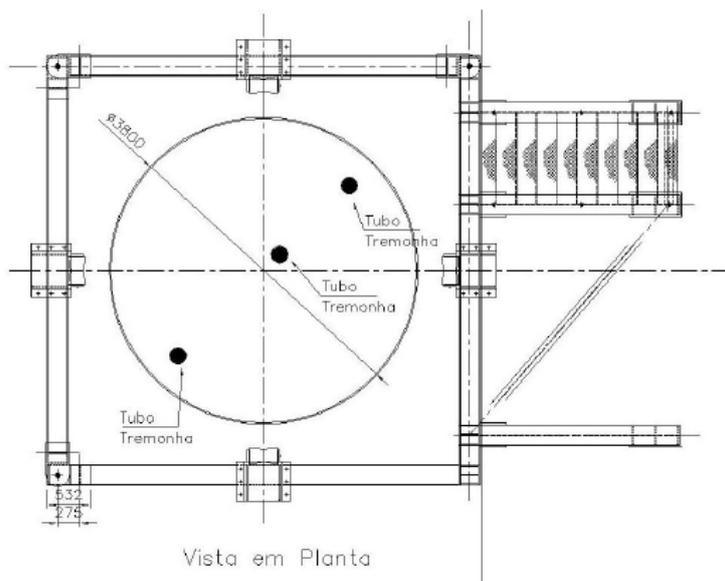
**Figura 11: Disposição dos tubos tremonha na estaca para camisa de Ø 4200 mm**

Após esta etapa de concretagem, a camisa metálica de Ø4200mm deverá ser cortada na cota 600,00 m e deverá ser colocada a camisa metálica de Ø3800 mm.

- **Concretagem da 2ª Etapa do Poço de Sucção até a cota 602,00m**

Nesta etapa, deverá ser instalada e posicionada a plataforma de concretagem junto ao topo da camisa metálica de Ø3800mm.

Três conjuntos de tremonha deverão ser posicionados exatamente na mesma configuração, ou seja, do mesmo modo da etapa anterior, um conjunto central e dois próximos à face da camisa metálica, bem como o processo de lançamento e controle do concreto.



**Figura 12: Disposição dos tubos tremonha na estaca para camisa de Ø 3800 mm**

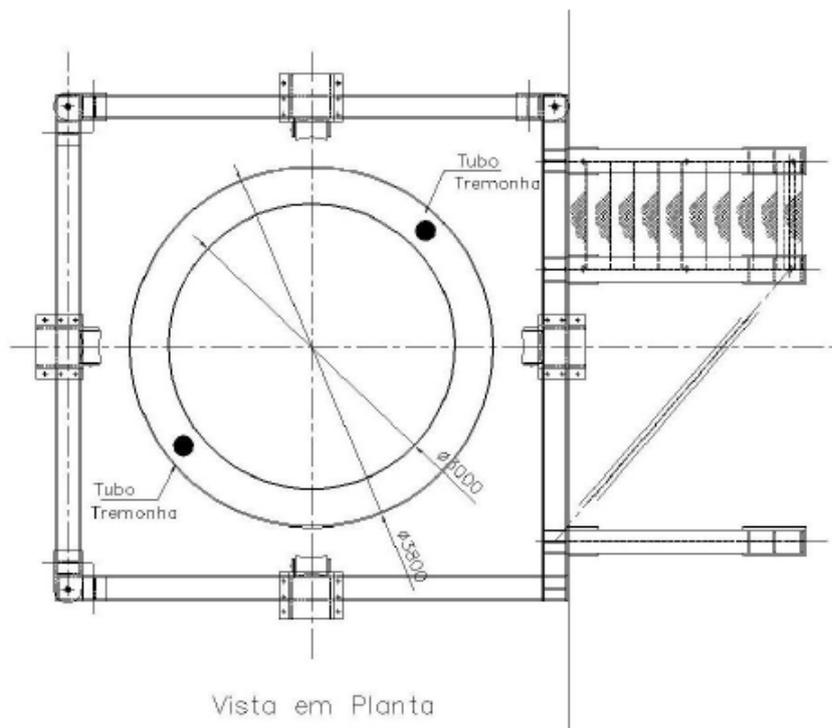
Após esta etapa de concretagem, deverá ser colocada a camisa metálica de Ø3000mm e comprimento de 25,60m sobre a cota 602,00m da estaca. A camisa metálica deverá ser introduzida no interior da armação fixada ao concreto de modo que as duas camisas constituam uma forma para esta armação.

- **Concretagem da 3ª Etapa do Poço de Sucção até a cota 625,80m**

Nesta etapa, deverá ser instalada e posicionada a plataforma de concretagem junto ao topo da camisa metálica de Ø3800mm, conforme 2ª etapa.

O diferencial desta etapa em relação às duas etapas anteriores é que o trecho a ser concretado não será maciço pois o preenchimento de concreto se dará entre as camisas metálicas de Ø3800mm e Ø3000mm, ou seja, a estrutura resultante será vazada e formada apenas com uma parede de 800mm de espessura onde será instalada a bomba de sucção.

Para esta etapa, serão montados dois conjuntos de tubo tremonha na posição interna à armação da parede onde o concreto será lançado de maneira escalonada até a cota 625,80m.



**Figura 13: Disposição dos tubos tremonha para as paredes do poço de sucção**

## RESULTADOS ESPERADOS

Com a escolha deste método de execução das fundações da EEAB Jaguari, espera-se garantir e viabilizar da melhor maneira possível, com qualidade técnica e total segurança a implementação deste plano de obra de modo a obter o resultado desejado em projeto, conforme mostrado no Anexo I.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

As estacas de fundação da EEAB Jaguari encontram-se em processo inicial de execução, sendo mostrados, até o momento, resultados satisfatórios e esperados quando comparados à esta solução de projeto.

## CONCLUSÃO

Esta solução de projeto para execução das estacas de fundação das bombas e dos poços de sucção da EEAB Jaguari se mostrou satisfatória pelo ponto de vista geológico e de logística, pois, como dito logo no objetivo deste trabalho, a solução mais comum para este tipo de trabalho, que seria o isolamento por ensecadeiras, se mostrou inviável, tornando-se esta, assim, a solução mais palpável para a realização dos trabalhos.







**Figura 16: Poços das bombas de sucção da EEAB Jaguari em execução**

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Plano de Concretagem da EEAB Jaguari.
2. Projetos Executivos de Estrutura e Fundação da EEAB Jaguari.