

I-029 - ESTUDO DE CASO: TRANSPORTE DE CARGAS ESPECIAIS, IÇAMENTO E VERTICALIZAÇÃO DE ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO – RHO DA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DO SISTEMA SÃO LOURENÇO

Luiz Alberto Neves Alario

Engenheiro Civil pela Universidade Moura Lacerda, Especialista da Área de Auditoria da Garantia da Qualidade no contrato de Gestão e Supervisão do Sistema Produtor São Lourenço.

Endereço: Rua Charles Spencer Chaplin, 137 – Vila Andrade – São Paulo – SP – CEP: 05642-010 – Brasil – Tel: (11) 3507 – 5006 – e-mail: lalario.ccv@sabesp.com.br

RESUMO

Este trabalho trata das operações envolvidas, dificuldades e imprevistos que se apresentaram no transporte rodoviário de cinco Reservatórios Hidropneumáticos da Estação Elevatória de Água Bruta do Sistema Produtor São Lourenço. Experiência impar que enriqueceu o conhecimento de todos os profissionais envolvidos e motivou a elaboração deste trabalho, apresentando-o como este “Estudo de Caso” de forma a disseminar conhecimentos sobre o transporte de cargas especiais dos dispositivos (vasos de pressão) indivisíveis, adquiridos pelo Consórcio Construtor São Lourenço – CCSL, desde o traslado, içamento, verticalização e montagem dos dos mesmos, os quais foram fabricados em aço especialmente para o Sistema Produtor São Lourenço, com diâmetro de 3,0 metros, comprimento de 22,0 metros e peso aproximado de 75 toneladas cada um.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas de Proteção, Transporte de Cargas, Vasos de Pressão, Reservatório Hidropneumático.

INTRODUÇÃO

O Sistema Produtor São Lourenço (SPSL) objetiva aumentar a oferta de água tratada para reforço e regularização do abastecimento público das regiões oeste e sudoeste da grande São Paulo, bem como, ampliar a flexibilidade operacional e a garantia de disponibilidade hídrica do Sistema Integrado Metropolitano (SIM).

Dimensionado com capacidade de produzir uma vazão de água tratada da ordem de 6,4 m³/s, esta nova água irá beneficiar aproximadamente 2 milhões de moradores dos municípios de Barueri, Carapicuíba, Cotia, Itapevi, Jandira, Santana de Parnaíba, Vargem Grande Paulista, além de outras localidades por meio das interligações com o Sistema Integrado Metropolitano.

As principais unidades que compõem o SPSL, apresentadas no croqui abaixo, são: Captação; Estação Elevatória de Água Bruta (Baixa e Alta Carga), Unidade de Desarenação; Adutora de Água Bruta (Recalque e Gravidade); Chaminés de Equilíbrio de Água Bruta; Reservatórios de Compensação de Água Bruta; Estação de Tratamento de Água – ETA com suas Unidades Auxiliares; Estações Elevatória de Água Tratada; Adutora de Água Tratada, Reservatórios de Compensação para Água Tratada de Granja Carolina; Subestações Elétricas Principais da EEAB e ETA; Subestação Elétricas Secundárias e Booster Cotia Atalaia..

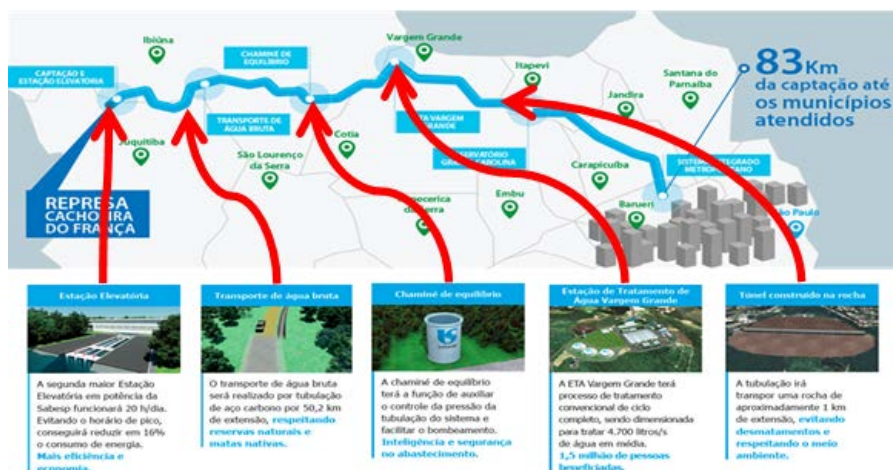


Figura 1 – Croqui esquemático do Sistema Produtor São Lourenço

CAPTAÇÃO, ESTAÇÃO ELEVATÓRIA, DESARENAÇÃO E ADUÇÃO DE AGUA BRUTA – TRECHO 1 POR RECALQUE

A Captação e Estações Elevatórias de Água Bruta estão situadas na margem direita do Reservatório Cachoeira do França, braço do Ribeirão das Laranjeiras, que faz divisa entre os Municípios de Ibiuna e Juquitiba, à Oeste da Região Metropolitana de São Paulo- RMSP, estando nesta mesma área implantada a Subestação Elétrica de 138 kV e dois transformadores rebaixadores para 13,8 kV com capacidade de 35 MVA cada um, as Unidades de Gradeamento Grosso Manual e Médio Mecanizado, a Estação Elevatória de Baixa Carga, Desarenadores com Leito de Secagem, Poço de Sucção, Estação Elevatória de Alta Carga e Unidades Auxiliares .

A Adutora de Água Bruta, dividida em dois trechos, sendo que o Trecho 1 por Recalque está localizada entre a Captação e Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) de Alta Carga e a Chaminé de Equilíbrio de Água Bruta – 1, CEQ-AB1, com extensão de aproximadamente 21,9 km, tem perfil íngreme, predominantemente sinuoso partindo da cota 636,900, a adutora alcança o alto da Serra de Paranapiacaba na cota 965,642 vencendo um desnível geométrico de 329,74 metros. A partir deste ponto, denominado Trecho 2, torna-se uma Adutora por Gravidade, com a implantação de duas Chaminés de Equilíbrio para não cortar a Linha Piezométrica do Sistema, até os 03 (três) Reservatórios de Compensação para Água Bruta (RCAB's), localizados na área de implantação da Estação para Tratamento de Água (ETA Vargem Grande Paulista), cuja vazão de adução é da ordem de 6,4 m³/s.

A Estação para Tratamento de Água (ETA Vargem Grande Paulista), é composta basicamente do Bloco Hidráulico, através do qual por intermédio de processos físicos e químicos, fará a potabilização da Água Bruta para armazenamento da mesma nos Reservatório de Água Tratada que por sua vez através das Elevatórias de Água Tratada, será recalçada para os Reservatórios de Compensação e Distribuição para o Sistema Integrado Metropolitano (SIM).

Fazem parte também das instalações de produção da ETA, as Unidades Auxiliares, composta de Sistema para os Produtos Químicos (Coagulante, Cal, Cloro, Flúor e Polímeros), Sistema para Água de Lavagem dos Filtros, Sistema para Recuperação da Água de Lavagem dos Filtros, Sistema para Adensamento e Desidratação mecânica de Lodo, Tanque de Emergência, Edifício da Administração, Prédio das Oficinas, Subestação Elétrica Principal e Subestação Unitárias.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DA ADUTORA

ADUTORA DE ÁGUA BRUTA - TRECHO I – RECALQUE COM ALTA PRESSÃO

Projetada e executada em tubulação em aço de 84” de diâmetro, ou seja 2.100mm e extensão aproximada de 22 Km., assentada em vala a céu aberto ou vala escorada com estacas pranchas metálicas em função dos métodos executivos para cada um dos trechos, apresentamos as características construtivas da adutora:

TUBOS HELICOIDAIS (Figuras 1e 2)

Tipo de Material: AÇO – chapa # 1 3/4 “ ASTM-A 516 – 70N

PI 5L PSL1 X65

Espessura: 5/8 “= 15,88 mm

Diâmetro: 84”= 2100,00 mm

PN 40

Extensão do Trecho I Recalque = 22 Km.

Extensão do Trecho II Gravidade = 28 Km.



Figura 2 - Estoque de Tubos



Figura 3- Estoque de Tubos

ESTRUTURAS AUXILIARES

Para o trecho em estudo, Trecho I da adutora de água bruta – recalque (AABR) com início na Captação até a Chaminé de Equilíbrio 1, extensão de 21,90 Km., foram projetadas Caixas de Descargas e de Ventosa com instalação de dispositivos para expulsão e admissão de ar, sendo adotadas três concepções pelo Projeto, sendo com apenas 1 ventosa, com duas ventosas e com 3 ventosas em função das necessidades e conforme detalhado no Projeto Hidráulico.

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÃO – FIBRA ÓTICA

Quando da execução da vala para o assentamento da tubulação, será instalada também a infraestrutura para o sistema de telecomunicação. A infraestrutura do sistema será um conjunto de tubo camisa em PEAD – DN 110 mm – PE 80 – SDR 13,60 (espessura 8,10mm) e 2 cabos de fibra ótica por tubo camisa, dielétrico para dutos e com proteção contra roedores. Para minimizar o esforço nos cabos quando da sua instalação e o efeito de curvas acentuadas foram previstas a instalação de caixas de passagem para fibra ótica.

SISTEMA DE PROTEÇÃO DA ADUTORA

RESERVATORIO HIDROPNEUMÁTICO – RHO

O resultado dos Estudos de Transientes Hidráulicos em Regime Permanente e Transitório definiu como dispositivos para Proteção do Sistema de Recalque, a necessidade de instalação de 05 (cinco) vasos de pressão do tipo Reservatórios Hidropneumáticos (RHO's) com volume total mínimo de 300 m³, suficiente para manter as oscilações de pressão dentro de limites toleráveis com a classe de pressão das instalações ou seja 40 bar. O controle do volume de ar dos RHOs é contínuo através do sistema supervisorío com alarmes e alternativas de operação para reposição do volume de ar, por intermédio de um Sistema para Ar Comprimido, devidamente dimensionados para uma pressão de descarga superior a 42 bar e convenientemente instalados na área da Captação e Estação Elevatória de Água Bruta.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO RHO

Devido às grandes dimensões da adutora e para atender as condições previamente estabelecidas, o dimensionamento do RHO resultou em peça gigantesca e indivisível (figura 3) com as características abaixo;

Tipo de Material: AÇO – chapa # 1 3/4 “ ASTM-A 516 – 70N
Comprimento total da peça: 21,54 metros
Diâmetro interno: 2,93 metros
Tipo de Tampo: TORISFERICO
Volume nominal: 120 m³
Peso vazio: 73.000 kgf. (73,0 tn)
Peso em teste: 193.700 kgf. (193,7 tn)
Peso em operação: 153.000 kgf (153,0 tn)
Pressão Máxima de Teste =.....: 60 kg/cm²
Pressão de Operação =: 40 kg/cm²
Temperatura Máxima de Operação = 40°C
Temperatura de Projeto = máx. 60°C, mínima de 10°C



Figura 4 – RHO

ESTUDO DE CASO

Apresentamos a seguir, o que vem a ser o objetivo deste “Estudo de Caso”, descrevendo no tempo os imprevistos e situações “sui generis” que ocorreram durante estas operações de Planejamento, Transporte. Verticalização e Instalação final dos RHOS.

PLANEJAMENTO PARA O TRANSPORTE

A movimentação de cargas pesadas, especiais ou excepcionais, além de equipamentos específicos, requer conhecimento da legislação pertinente e também de um profundo conhecimento da infraestrutura rodoviária, de frota adequada e da capacidade de gerenciamento do processo de obtenção da autorização especial de trânsito. A gigantesca dimensão dos equipamentos demandou um planejamento especial para que fosse realizado o transporte terrestre das peças (RHO) desde a saída da Fábrica no município de Lapa, no interior do estado do Paraná, através da Rodovia Federal BR-116 (Regis Bitencourt) até a estrutura de Captação do Sistema Produtor São Lourenço entre os Municípios de JQuitiba e Ibiúna. (Figura 5)

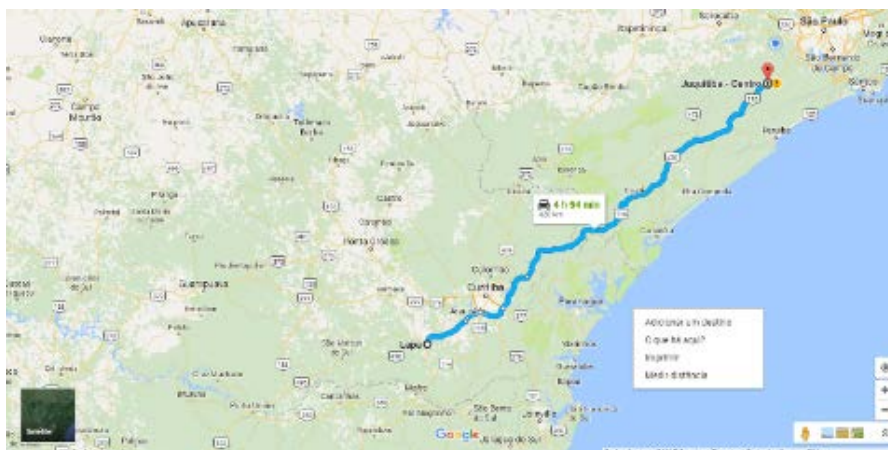


Figura 5 – Distância entre Lapa à Jujutiba

No processo de planejar, implementar e controlar eficientemente, ao custo correto, o fluxo desde o ponto de origem até o consumidor final, estiveram envolvidos mais de 30 profissionais representantes de: Fabricante ; CCSL, Projetista; Transportadora; Segurança do Trabalho, Sabesp e Consórcio TE – COBRAPE/VIZCA que após várias reuniões definiram os equipamentos e meios mais adequados para o transporte dos RHO's.(figura 5 e 6)e desenvolveram ações para obtenção das Licenças junto aos órgãos governamentais Federais, Estaduais e Municipais tais como DNIT; DER; ARTERIS(Concessionaria);POLICIA RODOVIARIA FEDERAL; POLICIA RODOVIARIA ESTADUAL (SP), Secretaria de Obras do Município; Órgãos de Transito e Meio Ambiente.



Figura 6 – Carreta de transporte



Figura 7 – RHO acondicionado para transporte

Muito embora o planejamento tenha sido feito com a participação de profissionais e empresas especializadas, experientes no assunto e plenamente capacitadas para executar a contento este transporte, a pratica demonstrou mais uma vez que a teoria não contempla aspectos peculiares e específicos para cada caso.

Neste capítulo cabe salientar e destacar a importância da elaboração da Logística de Transporte, considerando todos os aspectos e restrições das vias de acessos não somente para os Equipamentos Principais, mas também para os Auxiliares (Guindastes e Carretas para os Acessórios dos Guindastes e Operações para a Carga, Descarga e Verticalização), que tiveram que trafegar por Estradas e Caminhos alternativos (Estrada das Laranjeiras e Estrada da SAMA), que em muitas oportunidades requerem apoio das Equipes, Equipamentos e Materiais de Movimento de Terras, para viabilizar o tráfego.

TRECHO I : LAPA-PR À KM 326-SUL DA RODOVIA REGIS BITENCOURT

INTERFERENCIAS, IMPREVISTOS E DESAFIOS

De posse de toda as autorizações necessárias, teve início o transporte dos RHO's da Fábrica, localizada no Município de Lapa no Paraná, para o local da Captação entre os Municípios de Jujutiba/Ibiúna – SP. Vários

desafios, imprevistos e interferências inesperadas ocorreram durante todo o trajeto. Citamos como exemplo os horários restritos autorizados para trafegar nas rodovias, chuvas intermitentes acima do previsto; problemas de tração na subida da serra em função do piso molhado, impedimento da Prefeitura de Juitituba, Ministério Público, Mídia Local. Esta gama de assuntos, exigiram um trabalho intenso e urgente dos responsáveis com tomadas de decisões imediatas e preparação urgente de áreas de espera / estoques imprevistas. (figuras 8 e 9)



Figura 8 – Área de espera 1



Figura 9 – Área de espera 2

TRECHO II – KM 316 - PASSAGEM PELO CENTRO DE JUQUITIBA, ATÉ A ÁREA DE ESTOCAGEM INTERMEDIÁRIA (PORTARIA DA SAMA)

Neste trecho, o primeiro obstáculo encontrado pela Equipe de Produção do Consórcio Construtor São Lourenço, foi a reatividade por parte da sociedade Juititubense, levados por motivos técnicos e políticos quanto a passagem dos equipamentos sobre a ponte do Rio São Lourenço, devido ao excesso de peso dos Vasos de Pressão.

Para mitigar esta questão foram tomadas duas providências por parte do CCSL, sendo a Contratação de um Perito Técnico e Ensaio para a Garantia da capacidade de carga sobre a ponte, (figuras 10 e 11) e a contratação de Linhas de Eixo (carretas), para melhor distribuição da carga na passagem pela ponte e por todo o pavimento do Município (Ruas, Avenidas e Estradas Secundarias).(Figura 12).



Figura 10: Instrumentação para monitoramento da Ponte sobre o Rio São Lourenço



Figura 11: Extração de Corpo de Prova na Ponte



Figura 12: Linha de Eixo para maior distribuição da carga

Vencidas todas as interferências políticas e técnicas, finalmente obteve-se a autorização para passagem das carretas pelo centro urbano de Juitiba. Esta operação teve início na madrugada do dia 03 de dezembro de 2016, às 02:00 horas e envolveu aproximadamente 35 profissionais para apoio logístico, garantia da segurança durante o transporte com disponibilização de um Comboio completo, composto de máquina e equipamentos, tais como Caminhão Pipa, Retroescavadeira sobre pneus, Ambulância, batedores motorizados, acompanhamento da Polícia Militar, Apoio Técnico da Equipe de Elétrica para, através de Varas de Manobras Classe de Isolação de 15 kV, elevar a fiação elétrica e de telefonia e Equipe Administrativa, para o fornecimento de lanches, comidas, bebidas, banheiros químicos e Vigilância Patrimonial. (Figuras 13 , 14 e 15).



Figura 13 – Transporte RHO's



Figura 14 - Transporte RHO's



Figura 15 – Transporte RHO's

Em função da Logística das Obras Lineares da Adutora de Água Bruta por Recalque, o Consórcio Construtor São Lourenço, optou por mais uma parada intermediária entre o trajeto da cidade e a Captação, definindo-se uma área próxima a Portaria da Fazenda SAMA, na qual os RHO's poderiam ficar estocados aguardando o momento mais adequado estrategicamente para transportá-los até o local de aplicação e posteriormente verticalizá-los em suas respectivas bases. (Figura 16)



Figura 16: Área para Estocagem Intermediária

TRECHO III: TRANSPORTE ENTRE A ÁREA DE ESTOCAGEM INTERMEDIÁRIA (PORTARIA DA SAMA), ATÉ A CAPTAÇÃO E ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA

Uma vez decorrida as necessidades do CCSL, foi feita uma nova mobilização dos equipamentos de apoio (Guindastes, Linhas de Eixo e “Cavalos Pedra”), para a nova logística de complementação do transporte (trecho III), verticalização e montagem do RHO’s.

Nesta nova etapa, surgiram os novos desafios, além dos já conhecidos, ligados a utilização do caminho variante em área da Fazenda da Editora 3, conhecida como “Doritos”, que trata-se de uma subida íngreme seguida de um longo declive, com lombadas e curvas sinuosas, que poderiam comprometer a segurança do transporte e dos Colaboradores envolvidos, além da integridade dos vasos de pressão, o que demandou um novo estudo e dimensionamento adicional de Cavalos devidamente reforçados com um peso adicional, denominados “Cavalos Pedra”, para garantir o tracionamento das Linhas de Eixo na subida e o controle na descida da Variante Doritos, sendo que no trecho crítico foram engatados 04 (quatro) “Cavalos Pedra”, para garantir a segurança das Operações.(figuras 17 e 18)



Figuras 17 : Transporte dos RHO's com Linha de Eixo e 04 (quatro) Cavalos Pedra para subida da Variante Doritos



Figura 18 : Detalhe da frenagem para controle na descida da Variante Doritos

BASE DE APOIO DO RHO

Aproveitamos este momento para descrevermos um pouco sobre as bases dos equipamentos, que são as obras civis da fundação e estrutura para a instalação e fixação dos RHO's, tendo sido dimensionadas para suportar todas as cargas estáticas e dinâmicas em regime hidráulico permanente e estático, para a operação dos dispositivos de proteção do Sistema de Bombeamento.

A estrutura é composta da fundação através de 08 (oito) estacas do tipo hélice Ø 40cm, e uma base de concreto armado, tendo sido instalado 12 (doze) chumbadores do tipo “cabo de guarda-chuva”, Ø 1 ½”x 900mm, que foram inseridos nas bases e fixados na armação através de um gabarito metálico (Figuras 19 , 20, 21 e 22).

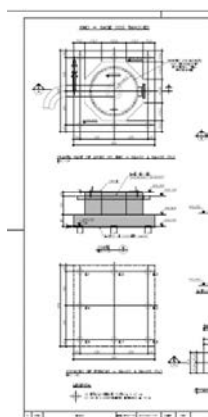


Figura 19 – Projeto Chumbadores

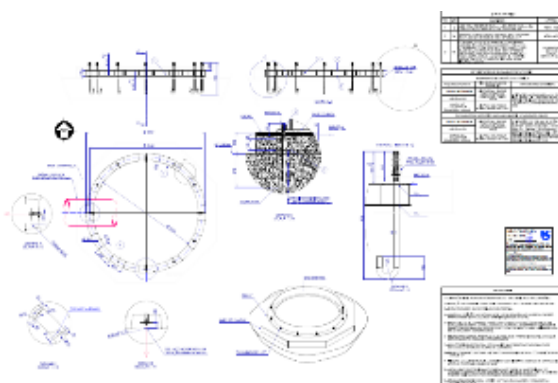


Figura 20 – Projeto Chumbadores



Figura 21 : Detalhe das Bases antes da concretagem e após a concretagem – observem os chumbadores e template



Figura 22 : Detalhe das Bases antes da concretagem e após a concretagem

VERTICALIZAÇÃO DO RHO's

Cada um dos Reservatórios Hidropneumático verticalizado e instalado na sua base, possui uma altura aproximada de 22,00 metros equivalentes à um Edifício de 7 andares. O desafio desta etapa, portanto, é bastante complexo e também demandou um planejamento detalhado, especialmente com relação às Normas de Segurança do Trabalho. Elaboração do PLANO DE RIGGING para içamento e verticalização dos RHO's. (Figuras 23 à 28)

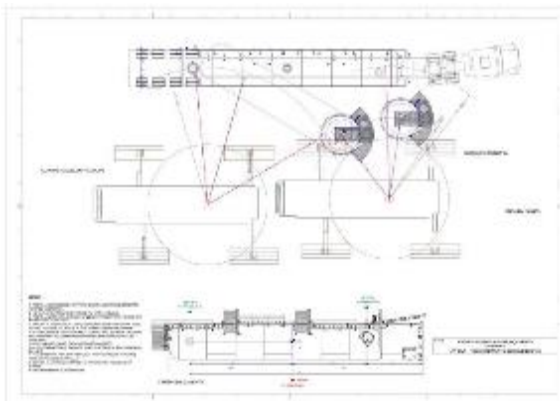


Figura 23 – Plano de Rigging

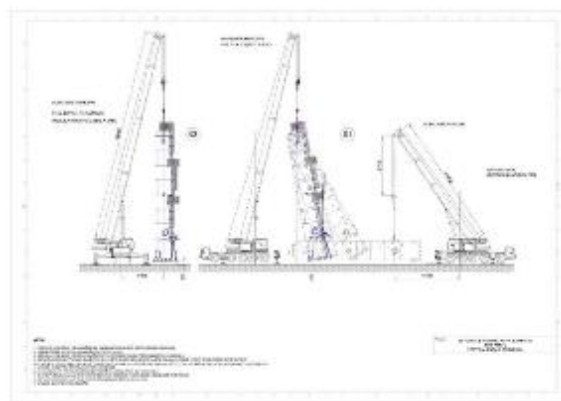


Figura 24 – Plano de Rigging

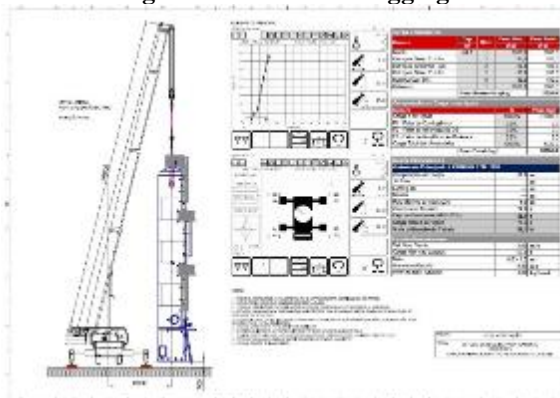


Figura 25– Plano de Rigging

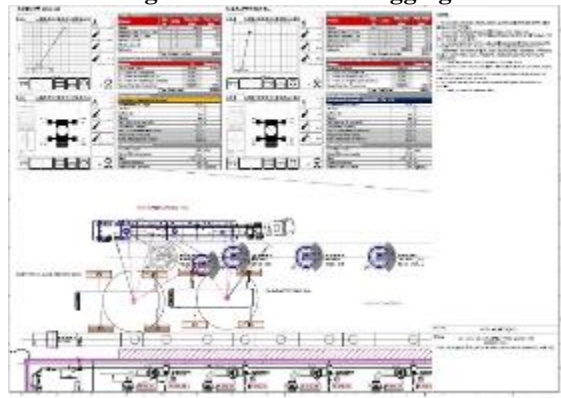


Figura 26– Plano de Rigging

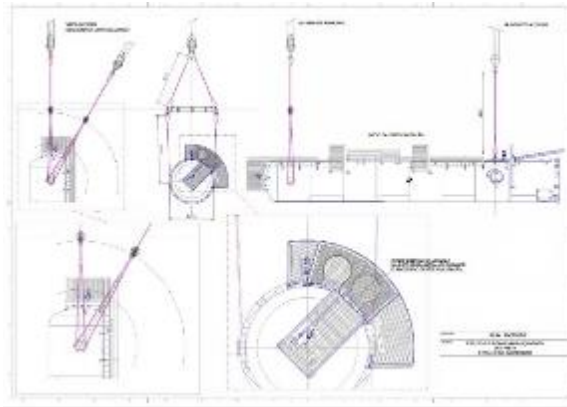


Figura 27– Plano de Rigging

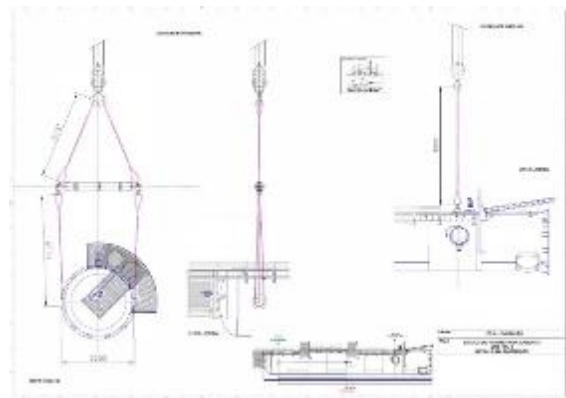


Figura 28– Plano de Rigging

IÇAMENTO E INSTALAÇÃO DO RHO



Figura 29 – Pega para início da Operação



Figura 30 – Início da Verticalização



Figura 31 – RHO Verticalizado



Figura 32 – Conferência da Verticalização

CUIDADOS ESPECIAIS

Em função da ação dos ventos ser um fator significativo durante a execução deste trabalho, profissionais especializados verificaram e avaliaram os Boletins Meteorológicos estudando as previsões das condições do tempo para um período de 7 dias. O resultado desta análise subsidiou a equipe para a escolha do dia e hora mais apropriada para executar o içamento e a verticalização de cada um dos RHO's.

A principal e mais delicada operação após o içamento e a verticalização dos RHO's, foi sem dúvida o posicionamento, alinhamento, nivelamento e acoplamento das bases dos vasos em seus respectivos chumbadores, num total de 08 unidades para cada base, com uma folga e tolerância milimétrica, para um manuseio preciso e seguro. Após o posicionamento, foi acionada a Topografia para a verificação da verticalidade dos RHO's, e somente após sua liberação, procede-se ao torqueamento dos chumbadores, em conformidades com as instruções e procedimentos do Fabricante/Fornecedor.

Liberados, por parte da equipe da Qualidade a montagem dos RHO's, procedeu-se ao Groutamento final da bases, (Figura 24) e em paralelo, foram instalados as Escadas, Plataformas e Escadas do tipo marinho para acesso ao Vaso quando da manutenção. (Figuras 33 e 34)



Figura 33 – Detalhe da base do RHO antes de grouteada



Figura 34-Detalhe da base do RHO depois de grouteada

Avaliações Geotécnicas foram consideradas desde o início até o final das Operações, atentando para as características de capacidade e suportação do terreno, vias, rodovias, pontes e viadutos, para que as cargas a serem transportas e verticalizadas estejam dentro dos limites e tolerâncias necessárias para a segurança, com as respectivas margens de segurança.

Para garantir a segurança e o sucesso do trabalho de verticalização, equipamentos, ferramentas, dispositivos e acessórios reservas estavam disponíveis e estrategicamente distribuídos para o caso de falhas e eventuais quebras dos equipamentos titulares durante a operação.



Figura 35 : Vista Final dos 05 (cinco) RHO's Verticalizados

LIÇÕES APRENDIDAS

- Sempre verificar, antes da fabricação, se é viável o transporte do equipamento projetado no trajeto Fabrica/Obra.
- Conhecer as Legislações vigentes para autorizações de transportes especiais.
- Comunicar com antecedência todas as Autoridades Federais, Estaduais e Municipais.
- Sempre estar alinhado e nivelado com as Entidades Cíveis e de Classes;
- Estudar um, ou mais, Plano Alternativo
- Convocar a imprensa local como parceira.
- Informe e divulgue junto as comunidades da área de influência direta das Operações;
- Envolve e convida sempre pessoas e empresas especialistas para participar do Planejamento das etapas.
- Disponibilizar unidades reserva de equipamentos, ferramentas, materiais, acessórios de apoio para substituição imediata se necessário. .
- Nunca desprezar a previsão Meteorológica.
- Ver e rever intensamente todas as normas e Procedimentos de Segurança do trabalho vigentes.
- Verificar sempre as normas e legislações em vigor dos órgãos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SABESP: Relatório Síntese abrangendo o “Estudo de Concepção e o Projeto Básico do SPSL, publicado em 15 de setembro de 2011.
2. Consórcio CONCREMAT/JNS: Projeto Executivo da Captação e Adução de Água Bruta- SPSL-1.
3. ENCIBRA S.A.: Consolidação do Projeto Básico.
4. CCV - Consórcio COBRAPE-VIZCA: áreas de Garantia da Qualidade e Supervisão da Obra, registros de evidências, ATAs de Reuniões e acompanhamento “in loco”.
5. CCSL - Consorcio Construtor São Lourenço, áreas de Produção, Qualidade, Topografia.
6. GARJA Comercial e Industrial Ltda.
7. TOMÉ – Equipamentos e Transportes Ltda.