Primeiro-Tenente (EN) Analucia Meyrelles Monteiro Piovezan
Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Civis relativas ao PROSUB.

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e Mestre em Engenharia de Transportes pelo Instituto Militar de Engenharia (IME).

Primeiro-Tenente (EN) Carolina Falcão Correia
Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Civis relativas ao PROSUB.

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

O *SHIPLIFT* COMO UMA SOLUÇÃO DE LANÇAMENTO AO MAR E ELEVAÇÃO DE SUBMARINOS NO ESTALEIRO NAVAL DO COMPLEXO DE ITAGUAÍ - PROSUB

1. INTRODUÇÃO

A indústria de construção naval no Brasil está presente desde o período colonial, tendo sido construídos muitos estaleiros na costa brasileira ao longo dos anos. A decisão da construção de um estaleiro especializado para os submarinos do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), que incluiu o submarino de propulsão nuclear, foi estratégica e a planta do referido estaleiro foi elaborada a partir de informações decorrentes de transferência de tecnologia da *Direction des Constructions Navales et Services* (DCNS), uma empresa estatal francesa contratada pela MB.

As obras civis do estaleiro do PROSUB estão sendo conduzidas pela Construtora Norberto Odebrecht (CNO). Os submarinos convencionais (S-BR), após o lançamento ao mar, realizarão atracados os testes finais dos diversos sistemas, enquanto o submarino de propulsão nuclear (SN-BR) será movimentado para o dique, onde serão realizados os testes dos sistemas e recebimento do combustível nuclear.

Para a Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN) vencer este desafio, foram efetuados estudos de viabilidade para escolha de uma estrutura que fosse capaz de realizar a transferência dos submarinos do estaleiro para o mar, ou vice-versa e como decorrência foi definida a construção de uma estrutura denominada *Shiplift*, que consiste em um grande elevador para as embarcações, em que cabos e guinchos elétricos movimentam verticalmente uma plataforma de aço estrutural.

Figura 1 - *Shiplift* - Fonte: RGA Global Solutions.

2. SISTEMAS DE LANÇAMENTO E ELEVAÇÃO

Os estaleiros, para desempenharem suas funções de construção e reparos de embarcações, precisam docá-las a partir de um sistema que as transfira da água para terra firme, permitindo executar os reparos necessários, e posteriormente realizar o lançamento ao mar.

Dique é uma obra de engenharia hidráulica com a finalidade de manter determinadas porções de terra secas. Sua estrutura pode ser de concreto, de terra ou de enrocamento. Existem basicamente três tipos de diques onde são efetuados os serviços: o seco, o flutuante e a plataforma.

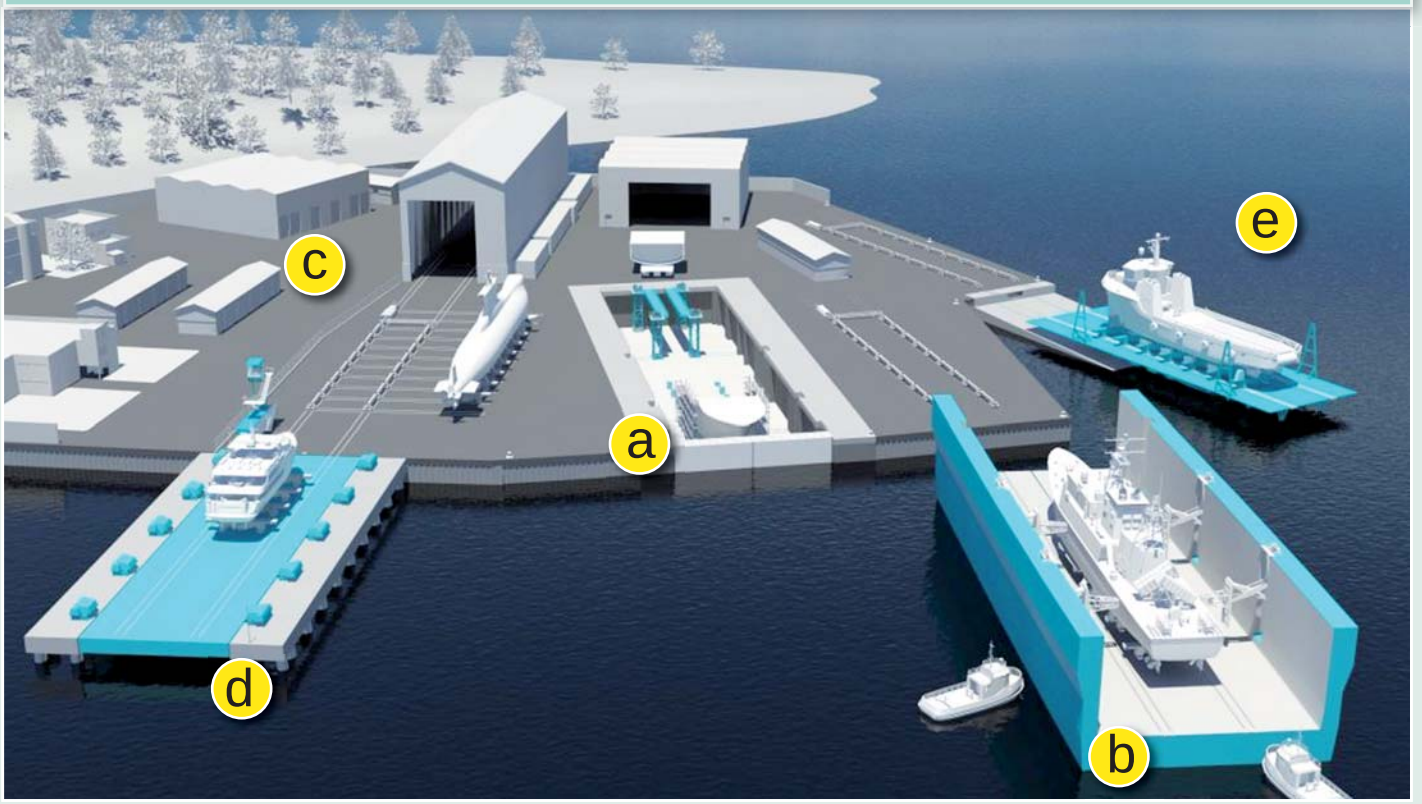

Figura 2 - Diferentes soluções de docagem. Fonte: Adaptado de TTS Group.

O **Dique Seco (a)** é uma estrutura formada por paredes e fundo de concreto, onde a embarcação entra para os devidos reparos, a porta batel se fecha garantindo a estanqueidade e o dique esvazia por bombeamento. O fundo encontra-se a vários metros abaixo da superfície e o navio se assenta nos picadeiros. Posteriormente, o dique se enche por gravidade até o nível da água exterior. Após o nível alcançado, a comporta é aberta admitindo a saída da embarcação.

A construção de um dique é de grande complexidade, exigindo estudos e cálculos de alto nível técnico que evite risco à segurança da operação, dentre os quais o correto dimensionamento da profundidade, da estrutura da zona de ancoragem, da porta batel e da estação de bombeamento.

O **Dique Flutuante (b)** permite a recuperação e o lançamento de embarcações sem conexão com terra, emerge ou submerge, eliminando a necessidade de movimentar o navio a um nível superior e a existência de uma comporta. Entretanto, esse tipo de dique fica suscetível às mudanças de maré e às intempéries. A operação desse dique não necessita de importantes obras de engenharia civil e um apoio de concreto estabiliza a doca flutuante, facilitando a transferência do submarino.

O **Dique Plataforma (c)** possui o fundo nivelado com o resto do terreno do estaleiro, facilitando a logística da área de trabalho. Contudo, é necessário que a embarcação seja elevada até o plano do estaleiro, sendo imprescindível uma estrutura de elevação, por rampa, por içamento através de cabos ou elevador com **Plataforma Fixa – *Shiplift* (d)** - ou **Articulada (e)**.

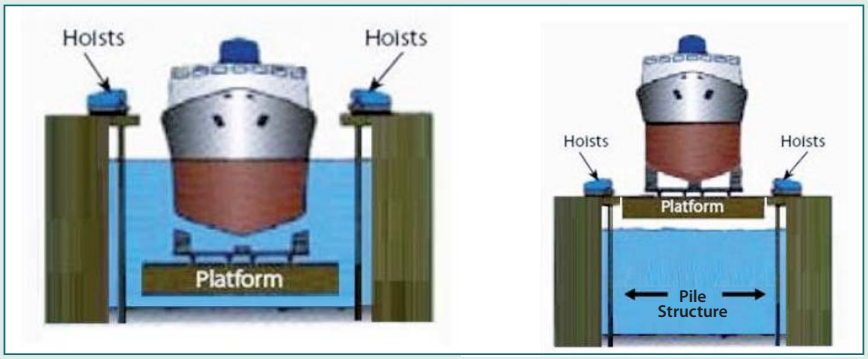

Figura 3 - Esquema de Operação de um *Shiplift*.
Fonte: Adaptado de RGA Global Solutions.

Ainda na fase de projeto do Estaleiro, a DCNS realizou um estudo de viabilidade para escolha da estrutura para a elevação e o lançamento no mar dos submarinos, dentre três soluções possíveis, comparando as principais vantagens e desvantagens do Dique Seco, *Shiplift* e Dique Flutuante, visando a melhor logística do manuseio das embarcações em terra, com o aumento da produtividade e operações.

Os critérios avaliados para a escolha da melhor solução para o Estaleiro, utilizados no estudo de viabilidade da DCNS, estão apresentados na Tabela 1, atribuindo coeficientes para indicar o grau de relevância do critério.

Tabela 1. Critérios analisados para escolha do sistema de lançamento.

ITEM	CRITÉRIO	PESO / COEFICIENTE
01	Atividades possíveis exceto função de elevação – Multifunção	8
02	Atividades possíveis exceto função de elevação – Operação "*through-life support*" (TLS)	6
03	Operação da função de elevação – Transferência do Submarino	8
04	Operação da função de elevação – Lançamento/ docagem	10
05	Operação da função de elevação – Meios relacionados / Equipamentos	4
06	Operação da função de elevação – Energia auxiliar	5
07	Instalação de manutenção – Tipos de trabalhos	-
08	Instalação de manutenção – Autonomia com respeito a fabricação	2
09	Engenharia civil – Obra	8
10	Engenharia civil – Croqui / profundidade	5
11	Engenharia civil – Localização MSY	5
12	Legislação – Certificação	2
13	Meio Ambiente – Sensibilidade do ambiente circunvizinho	4
14	Custo – Avaliação econômica (projeto, execução, utilização)	8

Fonte: Adaptado de DCNS - Technical Note Comparison Between 3 Launching Facilities.

A partir desta análise, observaram que a opção da doca oferece as mesmas capacidades que um dique flutuante, comporta maior número de submarinos para manutenção (manutenção preventiva e/ ou indisponibilidade acidental). A doca flutuante parece ser o ideal *trade-off*, não apresenta quaisquer limitações específicas e oferece a vantagem de minimizar obras de engenharia civil.

O *Shiplift* é o sistema que atende o maior número de critérios na função de elevação. Esta solução garante uma implementação simples, manutenção reduzida, desempenho eficiente, cujo tempo de transferência da embarcação de terra para o mar é até 50 % menor do que o processo de esvaziamento de uma doca seca e impacto ambiental reduzido frente a mesma doca.

3. *SHIPLIFT*

A plataforma do *Shiplift* é uma estrutura metálica de aproximadamente 110 m de comprimento e 20 m de largura, com vigas transversais e longitudinais, fixadas em guias laterais que se movimentam verticalmente.

Os submarinos serão transportados do *Main Hall* (Prédio Principal) do estaleiro de construção por meio de equipamentos sobre trilhos até a plataforma, onde serão posicionados sobre berços e o sistema *load in - load out* pode ser realizado, ou seja, são lançados ao mar ou elevados.

Foto 1- Construção do Shiplift do PROSUB.

A estrutura do *Shiplift* foi projetada para suportar cargas de até 8.000 t, permitindo que seja capaz de transferir submarinos de mais de 6.000 t de deslocamento.

Sobre as estruturas são montados os motores e guias que realizam a elevação e lançamento da plataforma do *Shiplift*, por meio de cabos de aço.

4. MÉTODO CONSTRUTIVO DO *SHIPLIFT* NAS OBRAS DO PROSUB

A plataforma do *Shiplift* é suportada por uma estrutura robusta em concreto armado, que avança pelo mar com 130 m de comprimento em dois ramos com 12 m de largura nos seus dois bordos, de forma a sustentar as guias que possibilitam seu movimento.

4.1. DRAGAGEM

Antes do início das obras civis do *Shiplift,* foi necessária a execução de uma atividade de dragagem na área de projeção da plataforma, a fim de atingir a cota de projeto -16,50 m, abaixo da cota de -12,00 m existente na bacia de evolução do complexo. Este serviço foi executado em um período de quatro meses, com uma draga do tipo escavadeira, que lançava o material dragado por recalque até uma área delimitada na Base Naval.

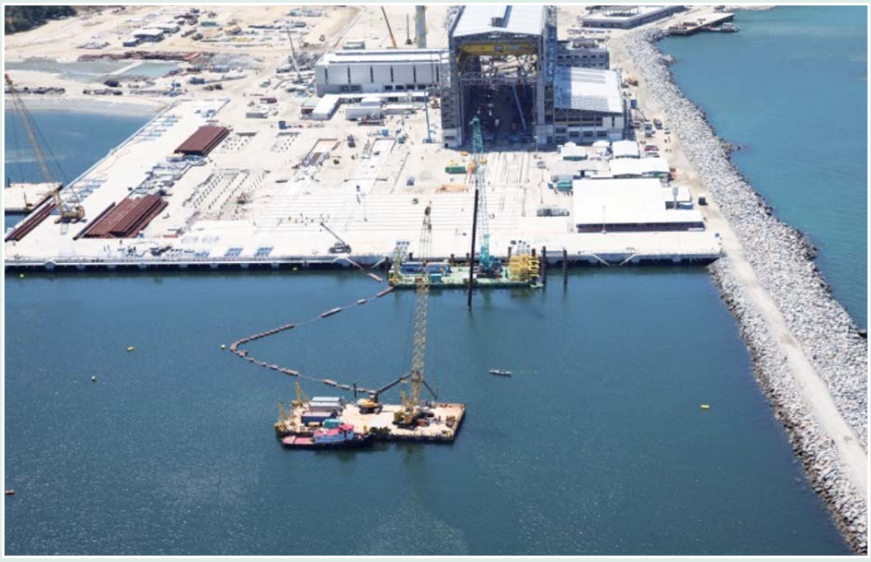

Foto 2 - Dragagem.

A cota final de projeto atende a exigência da TTS Group, empresa norueguesa contratada para fornecer e instalar a plataforma elevatória, considerando abaixo dos 12,00 m de lâmina d'água, a altura dos berços de apoio para o submarino, a dimensão transversal da viga da plataforma e mais um metro de folga, totalizando 4,50 m abaixo da cota padrão de toda a área marítima do empreendimento.

4.2. FUNDAÇÃO

O tipo de fundação escolhida para o *Shiplift* foi a mesma solução adotada para os cais do EBN do PROSUB, composta por camisas metálicas tubulares com diâmetro externo de 100 cm, com comprimento entre 38 e 52 m, tendo seu interior preenchido com concreto armado com fck ≥ 40 MPa somente até a profundidade necessária para resistir aos momentos fletores impostos. A utilização deste tipo de fundação permitiu o encaixe de guias longitudinais para a movimentação vertical da plataforma que transportará os submarinos.

Foto 3 - Fundação do *Shiplift* - Cravação das estacas.

A definição do tipo de fundação é baseada em uma série de fatores, como topografia, características geotécnicas, cargas do projeto bem como fatores econômicos. As estacas metálicas têm como características seu grande comprimento e a passagem de carga ser realizada através do atrito lateral e da base.

4.3. PRÉ-MOLDADOS

A escolha da estrutura pré-moldada para a execução do *Shiplift* foi adotada com base nas vantagens desta solução, tais como maior qualidade, menor preço, maior velocidade de execução, canteiro de obras mais limpo e maior longevidade para a estrutura. Para consolidar as peças pré-moldadas e tornar uma estrutura única e rígida foi executada concretagem *in loco*, cujo concreto atendeu aos mesmos requisitos de projeto com mesma resistência.

Foto 4 - Pré-moldados de concreto armado.

A execução dos pré-moldados atendeu a todos os critérios técnicos de concretagem convencionais e as peças foram fabricadas na central de pré-moldados e devidamente armazenadas até o momento de serem transportadas e lançadas no local. O lançamento das peças foi realizado através de máquinas, equipamentos e acessórios apropriados.

5. INTEGRAÇÃO DO *SHIPLIFT* COM OS ESTALEIROS

Após a construção no Estaleiro, o submarino será conduzido até o *Shiplift* e lançado ao mar, cujo transporte é efetuado através de um sistema de transferência dentre as opções disponíveis no mercado como, sistema de roda, *Trolley*, trilho ou dupla longarina.

O sistema de roda (PWT) é um sistema de transferência desenvolvido para movimento rápido e flexível de embarcações, com sofisticado sistema de controle que permite o movimento em todas as direções, tornando fácil sua operação. O *Trolley* é um manobrável para carga pesada de 500 a 5000 t, predominantemente concebido para o transporte de embarcações em torno de um estaleiro, sem a necessidade de um sistema ferroviário. As unidades de dupla longarina são máquinas de trabalho individuais, completamente autossuficientes. Elas são simultaneamente ou individualmente controladas por um operador, mas é um sistema para embarcações menores.

O sistema de transferência de embarcações sobre trilhos foi a opção escolhida para o empreendimento PROSUB, pois pode ser submerso e armazenado ao ar livre sem danos ou efeitos adversos, se move tanto em direções laterais quanto transversais em um leito fluidizado com total controle sobre as forças para o casco e as cargas de roda. O sistema consiste em carrinhos de transferência, cada um com a capacidade de elevação de até 350 toneladas.

Foto 5 - Equipamento do sistema de transferência sobre trilhos.

6. CERTIFICAÇÃO

O *Shiplift* é um equipamento que necessita ser certificado por uma sociedade classificadora como a Lloyd's Register, que verifica os cálculos de projeto das diversas disciplinas como estrutura, elétrica, mecânica, hidráulica e de controle das instalações, os quais devem indicar claramente a capacidade de carga e o arranjo do sistema de transferência.

Quanto aos projetos de infraestrutura civil do cais do *Shiplift,* também foram submetidos a um processo de conformidade conduzido pela DCNS, uma empresa estatal francesa contratada pela MB, que recebeu todas as informações da CNO e TTS sobre os projetos civis e os projetos do *Shiplift*, respectivamente.

7. CONCLUSÃO

Diante de todas as alternativas analisadas para a docagem dos submarinos, a escolha do *Shiplift* se faz acertada por demandar menor custo, permitir integração com os estaleiros de forma simples e eficiente, através de um sistema de trilhos, além de reduzir significativamente o tempo de transferência do mar para a terra firme e vice-versa, em relação ao mesmo procedimento na doca seca.

O *Shiplift* demanda menor custo frente a outras alternativas para a transferência dos submarinos do estaleiro para o mar. Além disso, permite integração com os estaleiros de forma simples e eficiente, reduzindo significativamente o tempo de transferência em relação ao mesmo procedimento em outras soluções.

A implantação do Estaleiro de Construção e Manutenção de Submarinos do PROSUB possui exigências internacionais quanto a prazos e certificações, exigindo que a construção do *Shiplift* fosse executada de maneira eficiente. Visando garantir a qualidade e os prazos estipulados pelos contratos, os projetos foram elaborados adotando o mesmo conceito praticado nos cais do empreendimento, tanto para os materiais empregados quanto para os serviços realizados.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKKERMANN, Jan. Ship lift at Three Gorges Dam, China – Design of steel structures. China, 2009.

- DA SILVA, Paulo Roberto Pereira – Método de implementação e certificação de um Sistema de Gestão da Qualidade no processo de docagem de navios [dissertação] - Rio de Janeiro, RJ, 2010.

- DCNS - Baía de Sepetiba Project - Technical Note Comparison Between 3 Launching Facilities. França, 2011.

- MASON, Jayme. Obras Portuárias. Rio de Janeiro, 1982.

- RODRIGUES, José M dos Santos Sousa. Simulador Interactivo de Docagem de Navios em Ambiente Tridimensional. Portugal, 2008.

- TTS Group - http://www.ttsgroup.com/About-TTS/ acessado em 10 de novembro de 2015.

- RGA Global Solutions - http://www.rgaquality.com/ acessado em 11 de novembro de 2015.