



**XXII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GLT/27
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO – III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

LT 69 kV RAMAL SÃO JOSÉ DO NORTE – TRAVESSIA SUBAQUÁTICA

Carlos A. V. Granata(*)	Woong. J. Lee	Luiz. A. M. Conceição	Roberto Arpini	Fábio Oliveira	André. P. Bom
Lig Global	Prysmian	Lig Global	CEEE-D	Prysmian	Lig Global

RESUMO

Este trabalho apresenta os aspectos técnico-econômicos do projeto e construção de uma linha de transmissão submarina em 69 kV no canal do porto de Rio Grande, em Rio Grande do Sul.

PALAVRAS-CHAVE

Cabo submarino, travessia subaquática, hidro-jateamento, transição aéreo subterrâneo

1.0 - INTRODUÇÃO

A cidade de Rio Grande tem se destacado em âmbito estadual e nacional ao longo dos últimos anos. Com a ampliação do canal no porto da cidade, novos investimentos deram novo fôlego à economia do município. Um pólo naval está se desenvolvendo em Rio Grande, sendo a plataforma petrolífera P-53, da Petrobras, a primeira grande operação na cidade. Além disso, Rio Grande tem uma economia extremamente competitiva e diversificada, sendo bem abastecida de bens e serviços em qualquer área.

Esse desenvolvimento da região fez com que a CEEE-D construísse a Travessia Rio Grande - São José do Norte, em 69kV, com cabos submarinos. Essa linha subaquática substitui a antiga aérea com finalidade de desobstrução do canal permitindo tráfego de grandes embarcações. Com esse empreendimento já trafegam embarcações de 125 metros, no passado era limitada a 70 metros. Outro benefício foi o ganho na qualidade de energia, pois as antigas linhas aéreas sofriam frequentemente com intempéries (ventos e descargas atmosféricas).

O projeto consiste na implantação de trecho subterrâneo de 800 m e travessia subaquática de 1.400 m, aproximadamente, de 4 (3 fases + 1 reserva) cabos isolados monofásicos de tensão 69 kV ($U_{max}=72,5$ kV) e 2 (1 serviço + 1 reserva) cabos ópticos de 24 FO.

2.0 - PROJETO EXECUTIVO

2.1 Dados do sistema

Os dados do sistema elétrico para início do detalhamento do projeto encontram-se descritos na tabela abaixo:

Tabela 1: Dados do sistema

Descrição	Especificação
Município	Rio Grande e São José do Norte (RS)
Origem	Rio Grande próximo a estrutura 01 da antiga LT 69 kV Ramal SJN
Destino	São José do Norte próximo a estrutura 04 da antiga LT 69 kV Ramal SJN
Extensão	2,4 km
Trecho submarino	1,4 km
Trecho subterrâneo	0,8 km
Tensão de operação	69 kV
Tensão máxima	72,5 kV
Nível básico de impulso	325 kV
Sistema de aterramento	Aterrado nas extremidades
Corrente de curto circuito monofásico e duração	9,5 kA por 1 segundo
Corrente de curto circuito trifásico e duração	9,5 kA por 1 segundo
Potência máxima em regime permanente de cada circuito	50 MVA
Terminais dos cabos nas extremidades	Externo ao tempo

2.2 Dados do cabo de potência

Com o conhecimento adquirido pelo levantamento do fundo do mar e das margens, foi realizada a definição do cabo isolado a ser utilizado [1] [2] [3]. Previamente havia sido definido que o isolamento do cabo seria em Polietileno Reticulado (XLPE) com condutor de cobre tamponado e proteção contra penetração radial de água em chumbo extrudado, que também é a blindagem do campo elétrico. A espessura do chumbo foi dimensionada para suportar a corrente de curto circuito fase terra do sistema.

O cabo foi definido em ser fabricado com capa interna de Polietileno sobre a blindagem metálica em chumbo, com armação em fios de cobre duro de 4mm de diâmetro, recoberto com acolchoamento e uma capa de Polietileno de alta densidade (HDPE) como proteção externa.

Tanto as blindagens como as armações dos cabos foram previstas de serem aterradas em ambas as extremidades do trecho submarino e terrestres. Resultou uma seção para o condutor de cobre de 400mm², já considerando o dimensionamento térmico e os esforços previstos para o lançamento.

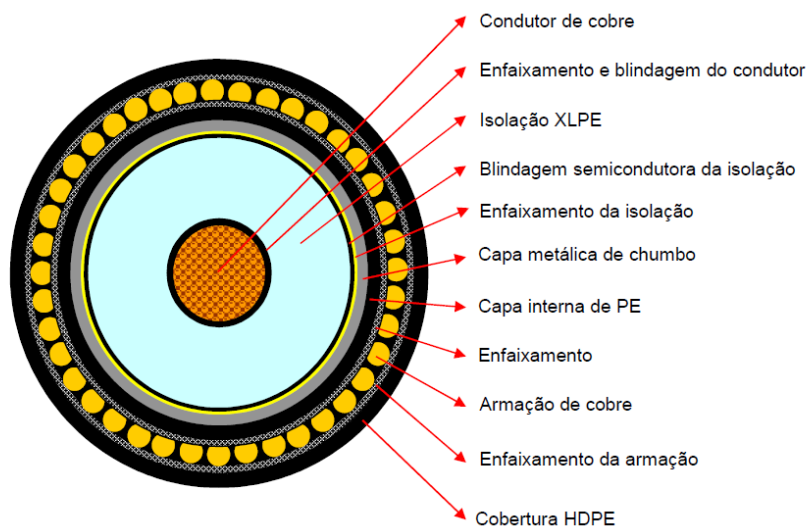


Figura 1: Corte do cabo submarino 69 kV

2.3 Definição do traçado e formas de instalação

A definição do traçado desta linha de transmissão submarina foi feita pela CEEE-D considerando a faixa de servidão da linha aérea existente.

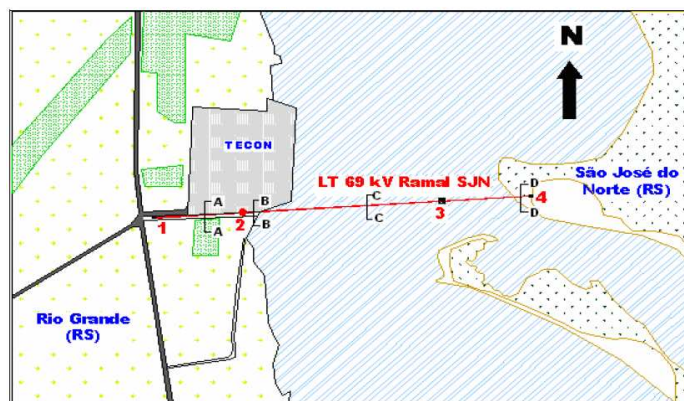


Figura 2: Traçado da LT 69 kV Ramal SJN

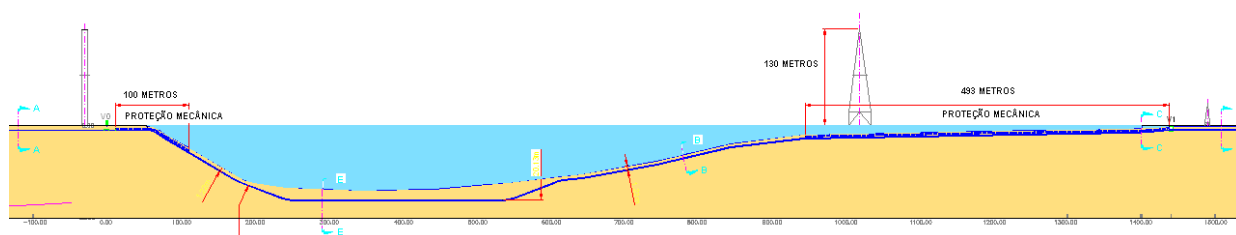


Figura 3: Perfil batimétrico

Após coletar todas as informações necessárias, o projeto definiu que a proteção final do cabo no fundo do mar seja feita através do enterramento, a 1,22m de profundidade em toda sua extensão, com exceção do trecho no canal navegável onde o cabo seria enterrado a uma profundidade de até 3,0 m do perfil batimétrico projetado, que prevê profundidade futura de 18m no canal, e através de proteção mecânica em alguns trechos específicos, canal e proximidades das margens.

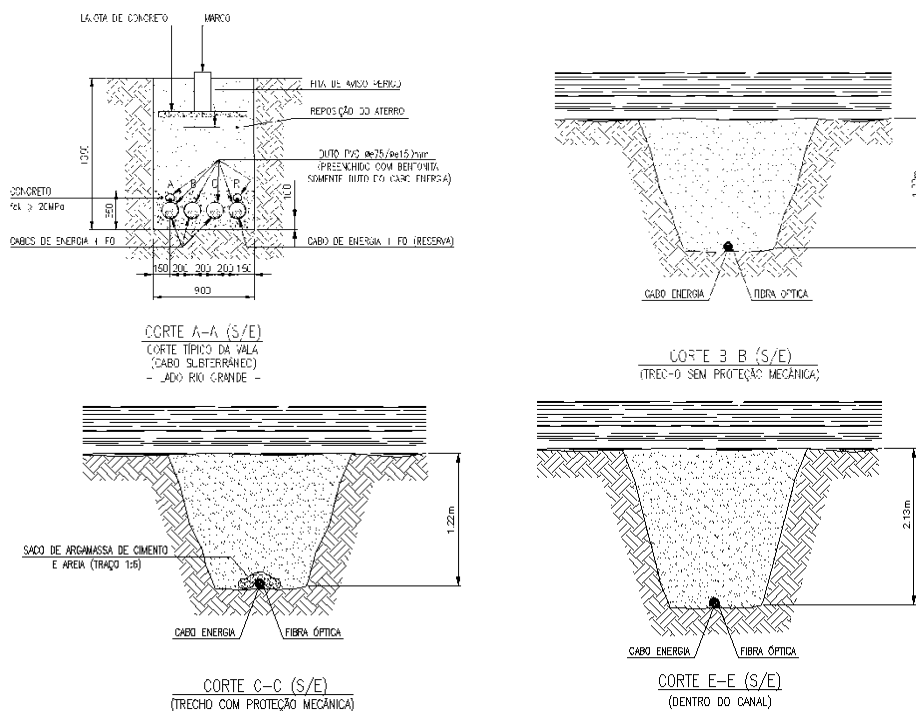


Figura 4: Cortes típicos de instalação

3.0 - SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO

3.1 Lançamento dos cabos submarinos

A metodologia de lançamento utilizada foi de bobina instalada em um cavalete motorizado, do lado de São José do Norte e o cabo sendo levado fluando até o lado de Rio Grande.

As atividades relacionadas ao lançamento foram:

3.1.1 Puxamento preliminar

Este puxamento consistiu na condução da extremidade do cabo a ser lançado até a posição da estrutura ETD3 em uma primeira fase e até próximo do canal em uma segunda fase. Esta atividade tinha por objetivo aguardar o período de liberação previamente combinado com o Porto.

Todos os barcos e equipes atuaram durante essa fase do lançamento, pois com o puxamento do cabo, havia a necessidade de conservar seu posicionamento transversal, aplicação de flutuadores e de fitas de amarração quando for o caso. Estas duas etapas do puxamento preliminar foram executadas buscando-se o melhor aproveitamento das condições da corrente.

3.1.2 Travessia

A travessia do canal teve início após a confirmação da liberação pelo Porto e para o melhor aproveitamento do período disponibilizado. Esta etapa envolveu todas as equipes em seu máximo empenho, pois completava todo o trabalho de lançamento. Envolveu a atuação também das equipes do lado de RG, que lançaram o cabo de aço a partir de terra, com seus respectivos flutuadores.

O final dessa etapa ocorreu quando a extremidade do cabo lançado alcançou o ponto previsto em terra no lado de RG.

3.1.3 Chegada em RG

Antes da chegada do cabo de energia ao canal de navegação, o cabo de aço partindo de RG foi puxado para a água e flutuadores menores foram instalados à medida que o cabo de aço avançava para a água para atingir um comprimento de cerca de 150 m.

Na chegada dos cabos lançados ao ponto de conexão com o cabo de aço de RG, os cabos foram conectados e o guincho em terra passou a ter a maior carga no puxamento ao recolher seu cabo de aço. Enquanto o cabo de aço era recolhido, seus flutuadores eram continuamente retirados ao chegarem aos cavaletes. Posteriormente, a partir do momento em que as extremidades dos cabos lançados chegarem a RG, seus flutuadores também foram continuamente retirados e recolhidos.



Figura 5: Etapa de lançamento do cabo

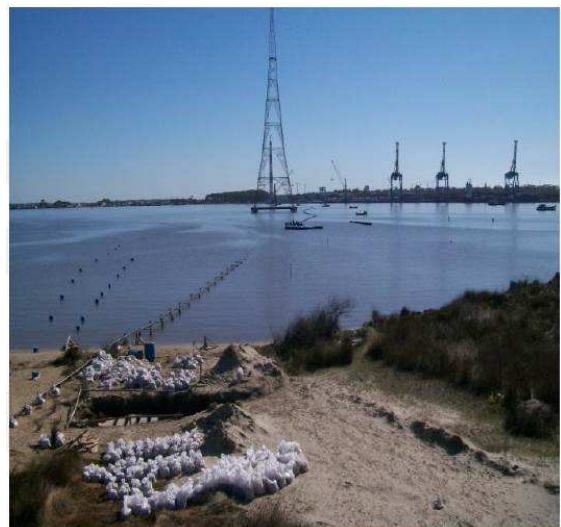


Figura 6: Etapa de lançamento do cabo

3.1.4 Alinhamento e afundamento do cabo lançado

A partir da confirmação de que a extremidade do cabo lançado alcançou a posição projetada em terra no lado de RG, teve início a operação de alinhamento do cabo lançado conforme rota definida em projeto e com o apoio da topografia em terra. Esta operação se valeu das referências em terra, de bóias de sinalização previamente lançadas e de um GPS no barco de apoio para confirmação dos vértices das rotas.

3.2 Enterramento dos cabos

O enterramento dos cabos lançados foi realizado através de sucção e recalque, onde o material retirado da frente ia recobrimo o trecho descoberto inicialmente.

Nas áreas da partida e da chegada foi instalada a proteção mecânica do cabo em um comprimento de 200 m do lado de Rio Grande e 50 m do lado de São José do Norte.

Além destes pontos, foi instalada a proteção mecânica nas áreas dos canais de navegação existentes, previsto uma extensão de 300 m. Essa proteção mecânica foi executada através de equipe de mergulho, equipamentos e embarcações apropriadas para o trabalho. A proteção mecânica foi executada através da colocação sobre os cabos de sacos com argamassa de cimento e areia.

Dada as condições ambientais adversas, tais como ventos fortes predominantes, dinâmica das correntezas, intensidade alta de chuvas e, durante o inverno, um frio muito rigoroso, bem como também o elevado fluxo de embarcações utilizando o canal de acesso ao Porto de Rio Grande, a produtividade desta atividade foi muito baixa, ocasionando a necessidade de solicitação de aditivos de prazo, junto a contratante, passando o prazo contratual de 20 meses, para 45 meses.



Figura 7: Etapa de enterramento lado SJN



Figura 8: Etapa de enterramento lado RG

2.4.5 Lançamento dos cabos subterrâneo

Na margem de São José do Norte, foi executado um bloco de concreto armado para ancoragem e aterramento da armação dos cabos subaquáticos. O aterramento da armação foi interligado com a malha de terra da área de transição através de uma caixa de aterramento, construída ao lado do bloco de ancoragem.

O trecho subterrâneo para passagem dos cabos, do bloco de ancoragem até a área de transição, foi executado através do sistema “diretamente enterrado” em vala de 0,90 x 1,35 m, com reaterro em back fill e a colocação de placas pré-moldadas de concreto para proteção mecânica. Para localização da rota de caminhamento dos cabos foi instalados marcos de concreto de 50 em 50 m.



Figura 9: Detalhe do bloco de ancoragem e armação do cabo



Figura 10: Detalhe do lançamento dos cabos no trecho subterrâneo

3.3 Transição aérea-subterrânea

Os pontos de transição direta aéreo-subterrâneo foram definidos, em ambas as margens, na posição das primeiras estruturas existentes. Esta área é destinada a fazer a passagem dos cabos subterrâneos para cabos aéreos e foi executada com dimensões de 10 x10 m, onde foram instalados chave seccionadora, terminais e pára-raios adequadamente dimensionados através de estudo de coordenação de isolamentos [5]. A área foi cercada com muro pré-moldado de concreto de 3,0m de altura e com portão de acesso em tubo de aço galvanizado. Por medida de segurança foram instaladas placas de advertência nos quatro lados da área.



Figura 11: Transição da parte SJN



Figura 12: Transição da parte RG

3.4 Teste após instalação

Após completada a instalação dos terminais e demais acessórios previstos, e terminadas todas as obras civis referentes a instalação, a mesma foi testada de acordo com a norma IEC60840 [6] com a utilização de fonte independente.

4.0 - CONCLUSÃO

O crescimento de investimento na construção de plataformas de petróleo impulsionaram ações de atendimento às necessidades. Assim, na impossibilidade de manutenção da antiga linha aérea na rota integral do circuito, o enterramento do trecho marítimo de sua rota viabiliza os investimentos, contribuindo para o desenvolvimento e melhorias da cidade.

Foram encontradas características importantes neste projeto como condições climáticas adversas (ventos, correntezas, ondas e baixas temperaturas) e tráfego intenso de embarcações que tiveram ser superadas para o sucesso do empreendimento. Essas circunstâncias ocasionaram ampliação do prazo contratual de 20 para 45 meses.

Essa experiência gerou conhecimentos importantes para implantação de novas linhas subaquáticas sob condições ambientais severas. Entendemos que esse projeto pela suas particularidades seja uma boa oportunidade para divulgação do conhecimento e experiência aos profissionais envolvidos com linhas de transmissão submarina e subterrânea.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Pirelli High Voltage Cable Standards – Volume I e II

[2] “Veritec RP E305: On-Bottom Stability Design of Submarine Pipelines”. Veritec Recommended Practice. October, 1988.

[3] IEC 60287 – “Electric cables – Calculation of the current rating”

[4] W.J.Lee, A.J.O.Lima, J.F.Dutra, J.M. Pinheiro, F.F. Lago, C.A.V.Granata – “Projeto de linha de transmissão submarina Biguaçu – Desterro em 230 kV” – ERIAC 2009

[5] A. Morello – “I CAVI PER ALTISSIME TENSIONI E LE RIFLESSIONI A IMPULSO - (ESTRATTO DA L ELETROTECNICA N°12 VOL. XLII - 1955)”

[6] IEC60840 “Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) – Test methods and requirements”

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Carlos Augusto Vergani Granata(*) nasceu em Novo Horizonte, São Paulo, em 1959. Graduado em engenharia de eletricidade pela Faculdade de Engenharia de Barretos em 1981. Possui mestrado em engenharia de eletricidade pelo Istituto di Elettrotecnica dell'Università di Padova, Itália, em 1987. Possui MBA em conhecimento, tecnologia e inovação pela Fundação Instituto de Administração em 2000. Atualmente é o diretor técnico e comercial da LIG Global Service.



Woong Jin Lee nasceu em Seul, Coréia do Sul, em 1972. Graduado em engenharia de eletricidade com ênfase em eletrotécnica pela Escola de Engenharia Mauá em 1993. Possui MBA em administração de projetos e MBA em conhecimento, tecnologia e inovação ambos pela Fundação Instituto de Administração em 2003 e 2004, respectivamente. Atualmente é gerente de engenharia de sistema alta tensão da Prysmian Energia Cabos e Sistemas do Brasil.



Luiz Alberto Marcolin Conceição nasceu em Santo André, São Paulo, em 1957. Graduado em engenharia civil pela Escola de engenharia Mauá em 1980. Possui especialização em engenharia de segurança de trabalho. Atualmente é gerente de operação da LIG Global Service.



Fábio Gabriel de Oliveira nasceu em São Paulo em 1979. Graduado em engenharia elétrica pelo Centro Universitário da FEI. Possui mestrado em engenharia de eletricidade pela Escola Politécnica da USP em 2010. Atualmente é engenheiro de sistema alta tensão sênior da Prysmian Energia Cabos e Sistemas do Brasil.



Roberto Arpini nasceu na cidade de Erechim, Rio Grande do Sul, em 1953. Graduado em engenharia mecânica pela PUC-RS em 1980. Possui especialização em Centrais técnicas e utilização dos carvões fósseis pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 1982. Atualmente é engenheiro chefe da divisão de obras e de linhas de transmissão da Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica



André Pedro Bom nasceu na cidade de Taubaté, São Paulo, em 1972. Graduado em engenharia mecânica pela UNICAMP em 1995. Possui MBA em conhecimento, tecnologia e inovação pela Fundação Instituto de Administração em 2003. Atualmente é consultor de Gestão de Projetos e Consultor Técnico em Instalação de cabos subaquáticos.