



Grupo de Estudo de Linhas de Transmissão-GLT

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE TÉCNICA ECONÔMICA EM OBRAS DE RECAPACITAÇÃO DE LINHAS. A EXPERIÊNCIA DA CEMIG D COM A TÉCNICA DE RECONDUTORAMENTO.

IGOR LUIZ DE MELLO MOTTA (1); SANDRO DE CASTRO ASSIS (1); VALERIO OSCAR ALBUQUERQUE (2); BRENO SERGIO LESSA MOREIRA (2); WESLEY EDNEY DE SOUSA (1); Cemig D (1); Consultor (2)

RESUMO

O trabalho apresenta a experiência recente da CEMIG D em obras de recapacitação de linhas de distribuição, utilizando a técnica de recondutoramento. Esta técnica consiste na substituição total dos condutores da linha visando o incremento da sua potência de transmissão. São abordados três casos reais cujas implantações ocorreram ao longo da última década. Foram analisadas as relações de favorabilidade de cada uma, aspectos específicos, relações de custos e justificativas para adoção desta técnica. Adicionalmente, são propostos dois indicadores que auxiliam na tomada de decisão para recapacitação de uma linha de distribuição/transmissão, frente a possibilidade de sua substituição.

PALAVRAS-CHAVE

Linhas de Distribuição, Recapacitação, Recondutoramento, Cabos não convencionais, Viabilidade técnica

1.0 - INTRODUÇÃO

A recapacitação de Linhas de Distribuição de Alta Tensão é uma técnica utilizada para se obter o aumento da capacidade de transmissão da mesma, com o conseqüente ganho na vida útil dos ativos já depreciados física e contabilmente. A necessidade de expansão do sistema elétrico em ambiente de escassez de recursos financeiros e a dificuldade de obtenção de novas faixas de passagem justificam um estudo de viabilidade para se “reformatar” estes ativos. Com o surgimento de novas tecnologias, via de regra, além da extensão da vida útil, torna-se viável o aumento da capacidade de transmissão transmissora da linha. Com a revisão do PRORET em 2015 [1], o reconhecimento dos investimentos feitos pelas distribuidoras neste tipo de obra passou a ser remunerado pelo seu Valor Original Contábil (VOC). Sendo assim, seria sumário admitir a favorabilidade absoluta de sua execução. Entretanto, as situações práticas impõem, além das verificações em relação a prudência do investimento, outras análises pertinentes aos requisitos técnicos tais como:

- ✓ Estado geral de conservação das estruturas e de suas fundações;
- ✓ Estado geral de conservação dos arranjos de cadeias e demais acessórios;
- ✓ Suportabilidade mecânica das torres para novas condições de tracionamento;
- ✓ Condição operativa da linha;
- ✓ Formas de ocupação da faixa de servidão, bem como do seu entorno;
- ✓ Possibilidade de aproveitamento dos cabos (no caso da técnica de reestricamento);
- ✓ Desempenho dos cabos para raios frente a incidência de descargas atmosféricas ou nível de curto circuito.

Este informe técnico é dividido em duas partes. Na primeira, são apresentados dois indicadores propostos para a análise de viabilidade com vistas a tomada de decisão para se recapacitar ou não uma linha de transmissão. São apresentados os cálculos destes indicadores para três casos de recapacitações de linhas, ocorridos no sistema elétrico da CEMIG Distribuição. Na segunda, são apresentados três estudos de casos de recapacitações de linhas, ocorridos no sistema elétrico da CEMIG Distribuição na última década. De forma mais detalhada, é abordada somente a técnica de reconduzimento das linhas, as quais tiveram todos os seus cabos condutores substituídos por outros de maior capacidade de condução. Este tipo de solução demanda verificações mais abrangentes em relação aos requisitos citados anteriormente.

2.0 - INDICADORES DE VIABILIDADE PARA RECAPACITAÇÕES DE LINHAS

2.1 Desenvolvimento Teórico

Do ponto de vista do planejamento da expansão, são sugeridos dois critérios para avaliação da viabilidade técnica-econômica deste tipo de obra:

1 – Relação entre o custo estimado da obra de recapacitação e o custo de uma nova linha que viesse a substituir o ativo em estudo.

$$\%LD_{recap} = \frac{R \$ \text{Custo estimado da obra}}{R \$ \text{Custo LD nova}} * 100$$

Este indicador de aspecto simples pode fornecer um indicativo sobre a viabilidade da obra. Satisfeitos os requisitos técnicos citados anteriormente, pode-se afirmar com segurança sobre a favorabilidade do investimento caso “% \$LDrecap < 30%”. Em outras palavras, se a expectativa do custo total da recapacitação representar até 30% do custo de uma nova linha, então a obra de reforma é viável.

2 – Relação entre o acréscimo de potência agregado a linha com a recapacitação e o indicador % LDrecap.

$$\text{Índice de favorabilidade} = \frac{\text{Nova potencia esperada}}{\text{Pot nominal LD em estudo}} * (LDrecap)^{-1}$$

$$\text{Índice de favorabilidade} = \frac{\text{Nova potencia esperada}}{\text{Potência nominal da LD em estudo}} * \frac{R \$ \text{Custo LD nova}}{R \$ \text{Custo estimado da obra}}$$

Considerando que a fórmula aborda de maneira adimensional o ganho do ponto de vista técnico sobre o financeiro, este indicador é mais completo. Por isto mesmo, fornece uma percepção melhor sobre a viabilidade do empreendimento quando existem alternativas em estudo para a proposta de recapacitação. Sua avaliação é do tipo “quanto maior, melhor”. Resultados compreendidos entre 0 e 1 indicam que a obra não é recomendada.

Não obstante a sugestão dos indicadores acima, é possível ainda que se depare com situações onde as relações calculadas se mostrem totalmente desfavoráveis. Entretanto, devido a falta de opções ou a exigência de necessidade extrema, o planejador/projetista pode ser obrigado a optar pela execução da obra. Pode-se exemplificar esta situação nos casos de indisponibilidade de faixas de servidão que permitam a construção de uma nova linha. Pelo lado inverso, os indicadores podem recomendar a obra, porém ela pode ser inviável devido a condição operativa da linha, que não permite o seu desligamento.

2.2 Estudo de Casos Frente aos Indicadores Propostos

A CEMIG D implementou entre os anos de 2007 a 2018, o recondutoramento de três linhas:

Obra 1 – LD2 BARREIRO – NOVA LIMA, 138kV – 14,1 km, circuito duplo com a LD BONSUCESSO - NOVA LIMA 138 kV - 11,8 km;

Obra 2 – LD NOVA GRANJA – VESPASIANO 138 kV – 1,8 km;

Obra 3 – LD ITURAMA – CARNEIRINHO – DERIVAÇÃO UTE CORURIFE 69 kV – 2,8 km

As tabelas 1 e 2 abaixo apresentam a avaliação prévia de viabilidade das mesmas segundo os indicadores sugeridos.

Tabela 1 – Resultados do indicador LD_{recap} para as obras em análise. Valores previstos em viabilidade e apurados após a finalização da obra.

Indicador 1 - LD _{recap}		
Obra	Previsto	Realizado
1	42%	70%
2	54%	86%
3	60%	53%

Tabela 2 – Resultados do índice de favorabilidade para as obras em análise. Valores previstos em viabilidade e apurados após a finalização da obra.

Indicador 2 – Ind Fav		
Obra	Previsto	Realizado
1	5,57	3,34
2	2,67	1,67
3	2,36	2,67

As tabelas 3 e 4 abaixo apresentam os custos totais dos empreendimentos referenciados à época de sua implantação [2].

Tabela 3 – Custos relacionados aos empreendimentos. Valores não corrigidos para moeda corrente.

Obra	Previsto R\$	Realizado R\$	Real/Previsto	Relação \$Serviços/\$Materiais	Ano
1	12.741.000	20.910.000	164%	202%	2017
2	544.000	858.000	158%	225%	2011
3	676.000	594.000	88%	542%	2018

Tabela 4 – Relação do custo da obra por potência acrescida na recapitação da linha. Custos relacionados aos empreendimentos não corrigidos para moeda corrente.

Obra	R\$/MVA acrescido
1	83.000
2	15.600



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

4321
AB/XXX/YY

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

3	54.000
---	--------

2.3 Conclusões Primeira Parte

- ✓ Todos os empreendimentos tiveram avaliação favorável em relação aos dois indicadores. Apesar de apresentarem para o indicador 1, relação superior a 30%, o indicador 2 ratificou a favorabilidade para implantação.
- ✓ Via de regra, os custos deste tipo de obra superaram a previsão orçamentária inicial em função de fatores diversos, tais como: serviços adicionais que surgiram com o detalhamento do projeto, variações de custos de aquisições de materiais e contratações de serviços em relação ao orçamento original. Ainda assim, os indicadores mantiveram-se favoráveis mesmo quando apurados através dos custos efetivamente realizados.
- ✓ É esperado para este tipo de obra que os gastos com serviços sejam muito maiores do que os feitos com as aquisições de materiais. Na metodologia de avaliação da Aneel anterior a revisão do Proret/2015, estas obras seriam classificadas como investimentos imprudentes.

3.0 - EXPERIÊNCIA DA CEMIG DISTRIBUIÇÃO EM RECAPACITAÇÕES DE LINHAS COM A TÉCNICA DE RECONDUTORAMENTO

3.1 - OBRA 1: LD2 Barreiro – Nova Lima 138 kV, Circuito Duplo com a LD BH Bonsucesso - Nova Lima, 138 kV.

3.1.1 – Características do Empreendimento [3]

- LD ORIGINAL: Estruturas metálicas, 11,7 km, Cabo CAA 170,5mm² “Linnet”, Potência: 94 MVA. Implantada no início da década de 1970;
- LD RECAPACITADA: Trecho de 11,7 km de circuito duplo recapitado e construção de novo trecho de 2,6 km de circuito simples. Estruturas metálicas, 26,0 km Cabo HTLS ACCC 218,1 mm², Dn 18,29mm, alma de compósito, Potência: 220 MVA.
- Resumos dos serviços:
Substituição de todos os cabos condutores em circuito duplo com inserção de torres e construção de 2,6 km de circuito simples.
- Empreendimento realizado de 2011 a 2017, envolvendo desde a concepção de planejamento até a sua energização.

3.1.2 – Aspectos Particulares

- Obra implantada em região impossível de se obter nova faixa de servidão.
- Para que fossem aproveitadas as mesmas estruturas, mantendo-se as mesmas flechas do cabo original com tração de esticamento semelhante e se obter o acréscimo de potência desejado, a única alternativa técnica viável foi se valer do uso de cabos que trabalham a altas temperaturas e baixa flecha. Neste sentido buscou-se especificar um cabo condutor HTLS com características dimensionais e flechas compatíveis ao cabo condutor CAA 336,6MCM Linnet existente, entretanto com ampacidade para atender ao requisito de potência 220MVA.
- LD de circuito duplo com um dos cabos para raios do tipo OPGW que foi mantido. Devido aos novos valores de curto circuito, o cabo existente de aço galvanizado foi substituído por um CAA.



XXV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

4321
AB/XXX/YY

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

- O fornecimento contemplava além do cabo condutor HTLS, acessórios e ferragens específicas para o cabo, treinamento e supervisão da instalação.
- Não houve necessidade de se promover reforços estruturais nas torres que permaneceram, bem como trabalhos de recuperação de fundações, ou de nova galvanização da parte aérea.
- Lançamento do cabo novo com o uso do conjunto guincho-freio por exigência do fabricante. O condutor existente foi utilizado como piloto do novo cabo. Outro requisito que obrigou o uso do conjunto guincho-

freio com lançamento sob tensão, foi o fato do traçado ter trechos em área urbana com travessias sobre rodovias, ruas, avenidas e redes de média tensão.

- Foram necessárias a inserção/substituição de 09 estruturas no trecho de recapitação devido as novas condições de carregamento mecânico e principalmente para atendimento a requisitos de alturas em travessias já que as distâncias de segurança do projeto original consideravam a linha de distribuição com potência de 94 MVA.
- Implantados 06 arranjos de aterramento com arranjos em anéis destinados a segurança de terceiros nas torres localizadas em áreas urbanizadas.
- Troca dos cabos com a LD desenergizada.
- Obra do ciclo tarifário 2013-2017. Considerada prudente, segundo os critérios da Aneel.

3.2 - OBRA 2: LD Nova Granja – Vespasiano 1, 138 kV.

3.2.1 – Características do Empreendimento [4]

- LD ORIGINAL: Estruturas metálicas, 1,8 km, Cabo CAA 170,7mm² “Linnet”, Potência: 94 MVA. Implantada no início da década de 1980;
- LD RECAPACITADA: Estruturas metálicas, 1,8 km, Cabo Linnet TAL-TW, termorresistente compacto 205,2 mm², Dn 18,14mm, Potência: 180 MVA.
- Resumos dos serviços:
 - Substituição de todos os cabos condutores com inserção de torres.
- Empreendimento realizado de 2007 a 2011, envolvendo desde a concepção de planejamento até a sua energização.

3.2.2 – Aspectos Particulares

- Para que fossem aproveitadas as torres e atendessem aos requisitos da nova potência com a tecnologia disponível da época, foram usados cabos termorresistentes adquiridos no mercado nacional. Neste sentido buscou-se especificar um cabo condutor com fios de alumínio-liga termorresistente com características dimensionais, diâmetro externo, peso próprio e carga de ruptura, similares ao cabo condutor CAA 336,6MCM Linnet existente, entretanto com ampacidade para atender ao requisito de potência 180MVA.
- Ainda assim, das oito torres da linha original, três foram substituídas para atendimento de requisitos de altura cabo solo, pois o cabo termorresistente utilizado, trabalhando a altas temperaturas, tem flechas maiores do que as dos cabos CAA.
- O cabo condutor Linnet termorresistente compacto com fios trapezoidais-TW utilizado na linha de distribuição é fruto do P&D 285 “Otimização de condutores compactos desenvolvidos no Brasil” em parceria com o fabricante.
- Foram utilizadas ferragens convencionais do cabo CAA Linnet.
- O cabo para raios existente foi mantido e não foi retensionado.
- Não houve necessidade de se promover reforços estruturais nas torres que permaneceram, bem como trabalhos de recuperação de fundações, ou de nova galvanização da parte aérea.
- Devido a pequena extensão e características do local, o lançamento foi feito de maneira convencional (“arrasto, com proteção controlada ao longo do solo”).
- Troca dos cabos com a LD desenergizada.
- Custo final representou 86% de uma linha nova. Relação aparentemente desfavorável, porém houve ganho com a absorção do emprego de nova tecnologia.



XXV SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

4321
AB/XXX/YY

- Obra considerada como investimento imprudente segundo os critérios vigentes no ciclo tarifário 2008-2012. Com a revisão do Proret, ela seria reconhecida.

3.3 - OBRA 3: LD Iturama – Carneirinho – Derivação UTE Coruripe 69 kV.

3.3.1 – Características do Empreendimento [5]

- LD ORIGINAL: Estruturas metálicas, 2,8 km, Cabo CAA “Raven”, Potência: 24 MVA. Implantada no início dos anos 2000;
- LD RECAPACITADA: Estruturas metálicas, 2,8 km, Cabo alumínio-liga 6201 CAL 78,55mm², Dn 11,34mm “Anaheim”, Potência: 35 MVA.
- Resumos dos serviços:
 - Substituição de todos os cabos condutores sem inserção de torres.
- Empreendimento realizado de 2015 a 2018, envolvendo desde a concepção de planejamento até a sua energização.

3.3.2 – Aspectos Particulares

- Para que fossem aproveitadas as torres e atender aos requisitos da nova potência, foram usados cabos alumínio-liga 6201 adquiridos no mercado nacional. Neste sentido buscou-se especificar um cabo condutor de alumínio-liga 6201 com características dimensionais e de flecha o mais próximo possível ao cabo condutor CAA 1/0 AWG Raven existente, entretanto com ampacidade para atender ao requisito de potência 35MVA.
- A aquisição de quantidade pequena dos cabos foi um dificultador no processo licitatório.
- Aproveitamento total das torres existentes. O novo cabo teve condição de tracionamento semelhante ao dos cabos existentes.
- O cabo para raios existente foi mantido e não foi retensionado.
- Foram utilizadas ferragens convencionais dos cabos CAA.
- Não houve necessidade de se promover reforços estruturais nas torres que permaneceram, bem como trabalhos de recuperação de fundações, ou de nova galvanização da parte aérea.
- Devido a pequena extensão e características do local, o lançamento foi feito de maneira convencional (“arrasto, com proteção controlada ao longo do solo”).
- Troca dos cabos com a LD desenergizada.
- Custo final representou 53% do de uma linha nova. Considerando o estado de conservação das torres que foram mantidas, a obra pode ser considerada bem sucedida. Obra prudente segundo os critérios da Aneel.

3.4 – Quadros Resumo

Tabela 5 – Resumo Potência, Custos e Prudência

Obra	Acréscimo % Potência	Custo %LD Nova	Prudência Aneel
1	134	70%	Sim
2	44	86%	Não
3	46	53%	Sim



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

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

4321
AB/XXX/YY

Tabela 6 – Resumo das obras

Obra	Novo cabo	Lançamento	Troca de cabo para-raios ?	Ferragens	Aterramento em área urbana com controle de potenciais?	Recuperação de fundações ou parte aérea?	Substituição de torres?
1	ACCC HTLS 218 mm ² com alma de compósito	Guincho-freio	Sim	Especiais	Sim	Não	Sim (30%)
2	CAAA-TAL Compacto Aero-Z de 205 mm ²	Arrasto	Não	Convencionais	Não	Não	Sim (38%)
3	CAL Liga Anaheim	Arrasto	Não	Convencionais	Não	Não	Não

Tabela 7 – Resumo – Detalhamento das características dos cabos [6]

Obra	Cabo original				Novo cabo			
	Tipo	“EDS” (kgf) %Carga de ruptura	Diam (mm)	Carga de ruptura (kgf)	Tipo	“EDS” (kgf) %Carga de ruptura	Diam. (mm)	Carga de ruptura (kgf)
1	CAA Linnet	1182 18,5 %	18,3	6.390	ACCC HTLS 218,1 mm ² alma de compósito	1.332 18,0%	18,29	7.392
2	CAA Linnet	1182 18,5 %	18,3	6.390	CCAA-TAL TW Compacto 205,2mm ²	1.182 18,5%	18,14	6.393
3	CAA Raven	368 18,5 %	10,11	1.990	CAL Liga 6201 “Anaheim”	443,6 18,5%	11,34	2.398

4.0 - CONCLUSÕES

- A técnica de recondutoramento em obras de recapacitações de linhas é altamente recomendada quando for possível de ser implementada. As relações de custos normalmente alcançadas são favoráveis e verificam-se ganhos significativos de acréscimo da capacidade de potência transmissora a custos muito inferiores aos da implantação de uma nova linha;
- Nas obras de recondutoramento, os gastos com serviços são muito maiores do que os feitos com as aquisições de materiais;
- Em relação aos requisitos de projeto, o que deve ser buscado é a preservação do maior número possível de estruturas da linha existente. Para isto, os cabos existentes e os propostos devem possuir características mecânicas bem semelhantes. Eletricamente, os novos devem ter maior capacidade de condução, o que é conseguido com o uso de ligas especiais;
- Os projetos de recapacitação são customizados e consideram diversos aspectos tais como: natureza construtiva, cabos e acessórios empregados, região geográfica, etc... Em resumo: “cada caso é um caso”;
- Apesar do modelo tarifário favorecer o reconhecimento de ativos novos, os planejadores devem sempre levar em conta a possibilidade da extensão da vida útil dos ativos existentes. Um projeto de recapacitação propicia menor desembolso financeiro. A economia gerada permite ampliar o número de obras a serem feitas num portfólio previsto para um ciclo tarifário. Além disto, regulatoriamente são investimentos reconhecidos. São casos práticos de se “fazer mais com menos”.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ANEEL - Proret – Submódulo 2.3
- (2) Relatórios de custos SAP/R3 CEMIG D
- (3) LD 2 Barreiro – Nova Lima 138 kV. Projetos CEMIG D, código de aplicação 31.058.
- (4) LD Nova Granja – Vespasiano 1 138 kV. Projetos CEMIG D, código de aplicação 30.638.
- (5) LD Carneirinho – Iturama, derivação para UTE Coruripe 69 kV. Projetos CEMIG D, código de aplicação 30.525.
- (6) Catálogo de cabos Nexans.
- (7) ABNT - NBR 5422/1985 – Projetos das linhas aéreas de transmissão

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Igor Luiz de Mello Motta, nascido em Belo Horizonte em 16/07/1962, graduado em Engenharia Elétrica pelo CEFET-MG com especialização em Engenharia de Segurança pela FEAMIG. Trabalha há mais de 30 anos no setor elétrico, nas áreas de subestações, linhas de transmissão aéreas e subterrâneas de alta tensão até 500 kV, com atuação nas atividades de construção, projeto e planejamento.



Sandro de Castro Assis possui graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil, em 2004, 2006 e 2017, respectivamente. Atualmente é engenheiro sênior de projetos de sistemas elétricos de linhas de transmissão e subestações da CEMIG Distribuição e professor do IEC PucMinas no curso de Transmissão e Distribuição. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Transmissão de Energia Elétrica, Estudos Elétricos em SEP, inclusive em área industrial. É membro dos comitês de estudo CE-C4 – Desempenho de Sistemas Elétricos, CE-B3 – Subestações, CE-B2 – Linhas de Transmissão do Cigré Brasil.



Valério Oscar Albuquerque, nascido em 1963 em Urucânia, MG, possui graduação em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC - MG) em 1989, especialização no Curso de Especialização de Sistema Elétricos - CESE pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em 1996 e mestrado em Engenharia Elétrica pela UNIFEI em 2002. Foi durante 31 anos Engenheiro de Planejamento Elétrico da Distribuição de Alta Tensão da CEMIG Distribuição S.A. Atualmente é consultor técnico e professor de Engenharia Elétrica da Estácio de Sá campus Floresta Belo Horizonte – MG.



Breno Sergio Lessa Moreira, graduado em Engenharia Elétrica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET-MG, em 1984. Pós-graduação em Engenharia de Telecomunicações pelo Instituto de Educação Tecnológica – IETEC. Pós-graduação em Gestão de Projetos pelo Instituto de Educação Tecnológica – IETEC. Especialização em Liderança de Equipes pela Fundação Dom Cabral – FDC. Experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em projetos e construção de linhas de transmissão, implantação de empreendimentos de transmissão, gestão ambiental de empreendimentos de distribuição e transmissão e manutenção de redes, subestações e linhas de transmissão.



Wesley Edney de Sousa possui graduação em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), Belo Horizonte, Brasil, em 2002. Especialização em Gestão, ênfase em projetos, pela Fundação Dom Cabral (FDC), Belo Horizonte, Brasil, em 2010 e mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFMG (PPGEE/UFMG) em 2017. É técnico especialista de projetos do sistema elétrico da CEMIG Distribuição. Atua na área de



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

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

4321
AB/XXX/YY

Engenharia Elétrica, com ênfase em projetos de linhas de transmissão de energia, estudos e projetos de cabos condutores especiais aplicados a linhas de transmissão e distribuição de energia.