



**Universidade Federal de Campina Grande**  
**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**  
**Curso de Graduação em Engenharia Elétrica**

FÁBIO DIEGO DA SILVA BRITO  
MATRÍCULA: 20621636

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

Campina Grande, Paraíba  
Fevereiro de 2012

FÁBIO DIEGO DA SILVA BRITO

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado submetido à  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Professor Tarso Vilela Ferreira, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba  
Fevereiro de 2012

FÁBIO DIEGO DA SILVA BRITO

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Julgado em        /        /

**George Rossany Soares de Lira**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Tarso Vilela Ferreira, D. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pela minha vida e pelo dom da perseverança, que me permitiu concluir este trabalho, superando todas as adversidades ao longo desta caminhada.

Agradeço também à minha mãe, Maria Edilma, e meu Pai, Manoel Flávio, por terem se esforçado tanto para me proporcionar uma boa educação, por terem me alimentado com saúde, força e coragem, as quais que foram essenciais para superação de todas as adversidades.

A secretária Adail e o secretário Tchaikowsky, pelos incentivos e apoios constantes.

A PROENGE, em especial aos engenheiros Claudio Maciel e Kayo Souza, por todo o conhecimento transmitido e espaço proporcionado durante o tempo de estudo no desenvolvimento desse trabalho.

Ao professor Tarso Vilela pela paciência na orientação, o apoio e a inspiração no amadurecimento dos meus conhecimentos e conceitos que me levaram a execução e conclusão desse relatório.

Agradeço também a toda minha família, em especial a Negrita e Flávia, que com todo carinho e apoio, não mediu esforços para eu chegar a esta etapa da minha vida.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Estrutura hierárquica da empresa PROENGE (PROENGE, 2008) .....	3
FIGURA 2 - Estrutura hierárquica da empresa PROENGE no setor de Obras (PROENGE, 2008) .....	3
FIGURA 3 - Interface SISMED <www.sismed.petrobras.com.br, 2012> .....	5
FIGURA 4 - Lista de ASP .....	6
FIGURA 5 - Programação diária das equipes .....	6
FIGURA 6 - Controle dos projetos da SE de Canto do Amaro .....	8
FIGURA 7 - Controle dos projetos da SE de Alto da Pedra.....	8
FIGURA 8 - Método utilizado Para medição de resistência da malha de aterramento .....	12
FIGURA 9- Esquema de posicionamento do guincho, ferramentas e acessórios para o puxamento dos cabos.....	24
FIGURA 10 - Layout dos trechos onde foram lançados os cabos .....	29
FIGURA 11 - Projeção Geográfica .....	36
FIGURA 12 - Poligonal da Rota .....	38
FIGURA 13 - Diagrama Base do Sistema .....	39
FIGURA 14 - Resultado final com o mapa de elevação.....	41
FIGURA 15 - Resultado final com o mapa de elevação mostrando o alinhamento entre as antenas localizadas em AP e CAM central.....	42
FIGURA 16 - Tela final de simulação.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Medição de Resistência de Terra (Área de Produção) .....	12
Tabela 2 Medição de Resistência de Terra (Ferramentaria) .....	13
Tabela 3 Medição de Resistência de Terra (Almoxarifado) .....	13
Tabela 4 Medição de Resistência de Terra (Pintura) .....	13
Tabela 5 Medição de Resistência de Terra (Ferragem) .....	14
Tabela 6 Tabela que relaciona a área interna do eletroduto, número de condutores e taxa de ocupação definido na norma NBR-14039 .....	27
Tabela 7 Coordenadas Geográficas das Antenas .....	35
Tabela 8 Informações sobre os pontos onde ficarão localizadas as antenas .....	36

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OP-CAM .....	Operação Canto do Amaro
ATP-MO.....	Ativo de Produção Terrestre de Mossoró
PROENGE .....	Projetos e Engenharia LTDA
ASP .....	Autorização de Serviços Parciais
SISMED .....	Sistema de Medição
SE .....	Subestação
GRD .....	Guia de Remessa de Documentos
RO .....	Relatório de Ocorrências
ETAP.....	Estação de Tratamento de Água Potável
ANP.....	Análise Preliminar de Nível
EPI .....	Equipamento de Proteção Individual

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b> .....	Erro! Indicador não definido.
<b>2</b>	<b>A empresa</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>O Estágio</b> .....	<b>4</b>
	<b>3.1</b> Realização de um serviço .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Atividades Realizadas</b> .....	<b>7</b>
	<b>4.1</b> Organização, atualização e revisão dos projetos da obra 279 .....	<b>7</b>
	<b>4.1.1</b> Objetivos.....	<b>7</b>
	<b>4.1.2</b> Modelo de Organização .....	<b>7</b>
	<b>4.2</b> Procedimento do lançamento de cabo elétrico de potência do alimentador subterrâneo compreendido entre a SE de 69 KV e sala de painéis da ETAP OP-CAM .....	<b>9</b>
	<b>4.2.1</b> Objetivos.....	<b>9</b>
	<b>4.2.2</b> Atividade Desempenhada .....	<b>9</b>
	<b>4.3</b> Projeto de Rádio Enlace entre a Subestação de Alto da Pedra e a sala de comunicação em CAM Central .....	<b>9</b>
	<b>4.3.1</b> Objetivos.....	<b>9</b>
	<b>4.3.2</b> Atividade Desempenhada .....	<b>10</b>
	<b>4.4</b> Procedimento de medição da resistência de terra da malha de aterramento .....	<b>10</b>
	<b>4.4.1</b> Objetivos.....	<b>10</b>
	<b>4.4.2</b> Atividade Desempenhada .....	<b>10</b>
	<b>4.4.3</b> Método Utilizado .....	<b>10</b>
	<b>4.4.4</b> Sistema de medição de aterramento da Norteng - Mossoró.....	<b>12</b>
	<b>4.4.5</b> Considerações técnicas .....	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Conclusão</b> .....	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>16</b>
	<b>ANEXO A – Cursos Realizados</b> .....	<b>17</b>
	<b>ANEXO B – Procedimento do lançamento de cabo elétrico de potência do alimentador subterrâneo compreendido entre a SE de 69 KV e sala de painéis da ETAP OP-CAM</b> .....	<b>20</b>
	<b>ANEXO C – Projeto de Rádio Enlace entre a Subestação de Alto da Pedra e a sala de comunicação em CAM Central</b> .....	<b>35</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O estágio integrado, como forma de complementação da grade curricular do curso de graduação de engenharia elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), foi realizado na empresa Projetos e Engenharia LTDA (PROENGE), em sua filial na cidade de Mossoró. As atividades desempenhadas foram supervisionadas, pelos engenheiros eletricitas, Cláudio Maciel e Kayo Souza.

Os trabalhos executados tiveram ênfase na elaboração e execução de projetos nas diversas áreas da Engenharia Elétrica. Foram desempenhadas atividades no setor de planejamento e execução de obras, supervisionando e acompanhando nas diversas instalações da empresa Petrobrás, situadas no Rio Grande do Norte, mais precisamente na cidade de Mossoró e redondezas. Dentre elas, destacam-se:

- Organização, atualização e revisão dos projetos da Obra 279 (Projeto, Construção, Montagem, Comissionamento, Pré-Operação e Operação assistida das subestações de 69/13,8KV da Operação Canto do Amaro (OP-CAM) do Ativo de Produção Terrestre de Mossoró (ATP-MO) de Alto da Pedra e Canto do Amaro;
- Procedimento de lançamento de cabo elétrico de potência do alimentador subterrâneo compreendido entre a SE 69kV e sala de painéis da Estação de Tratamento de Água Potável (ETAP) OP-CAM;
- Projeto de telecomunicação entre a subestação de Alto da Pedra e a sala de comunicação em Canto do Amaro (CAM) central;
- Procedimento de medição da resistência de terra da malha de aterramento.
- No âmbito prático: Análise, Leitura e Interpretação de Projetos, acompanhamento de obras elétricas, acompanhamento de Medições de Obras, acompanhamento de coordenação de equipes em trabalhos de campo e reuniões gerenciais.

## 2 A EMPRESA

A empresa PROENGE - Projetos e Engenharia Ltda., constituída em 07 de fevereiro de 1987, situada na BR 230, km 12,5, estrada de Cabedelo, Cabedelo/PB, com filial fornecida em 22 de setembro de 1992, situada na Rua Vicente Leite, 444, Planalto 13 de maio, Mossoró/RN, onde foi realizado o estágio. Ao longo de 25 anos de prestação de serviços, a empresa tem se destacado em diversos campos, com relevantes trabalhos nas áreas de petróleo e gás, construção civil, edificação, automação e instrumentação de processos industriais, obras de arte, obras de restauro e eletrificação.

Já são mais de duas décadas atuando nos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Pernambuco, Alagoas e Bahia, sempre em busca de firmar parcerias entre sua equipe de profissionais especializados e outras grandes empresas em favor do desenvolvimento desses estados. Com o objetivo de diversificar as atividades da empresa, a PROENGE esta executando obras em Pontos de Entrega de Gás, que fazem parte do Programa de Modernização da Malha Nordeste da Transpetro, com a fiscalização da Engenharia da Petrobras. No mercado imobiliário, existem dois projetos em andamento: O “Cidadella Mata Atlântica”, constituído de 196 apartamentos com 60m<sup>2</sup> de área privativa cada, divididos em sete blocos com 04 apartamentos por pavimento, localizado no bairro de Água Fria, em João Pessoa-PB, e, em Mossoró, na Nova Betânia, o “Porto Astúrias”, com 26 pavimentos, sendo 78 apartamentos, com área aproximada de 80m<sup>2</sup> cada. Este em parceria com a Unidade Engenharia Ltda.

A PROENGE tem como principais obras, projetos oriundos da PETROBRAS. Todos obtidos através de licitações. Os serviços são de ordem civil, mecânico, elétrico, instrumentação e automação. Entre os principais estão:

- Eletrificação de poços;
- Montagem das estações coletoras de petróleo;
- Manutenção das estações;
- Construção e modernização de pontos de entrega de Gás;
- Construção de Subestações de 69/13,8 kV;
- Obras civis de médio porte.

A Fig. 1 apresenta a estrutura hierárquica da empresa PROENGE. Subdividida em colunas destacando-se a Diretoria Superintendente ao topo, onde são tomadas todas as decisões da empresa, a diretoria técnica responsável pela supervisão e coordenação de todas as equipes ligadas a execução das obras, e os setores administrativos responsáveis pelas questões burocráticas e comerciais da empresa.

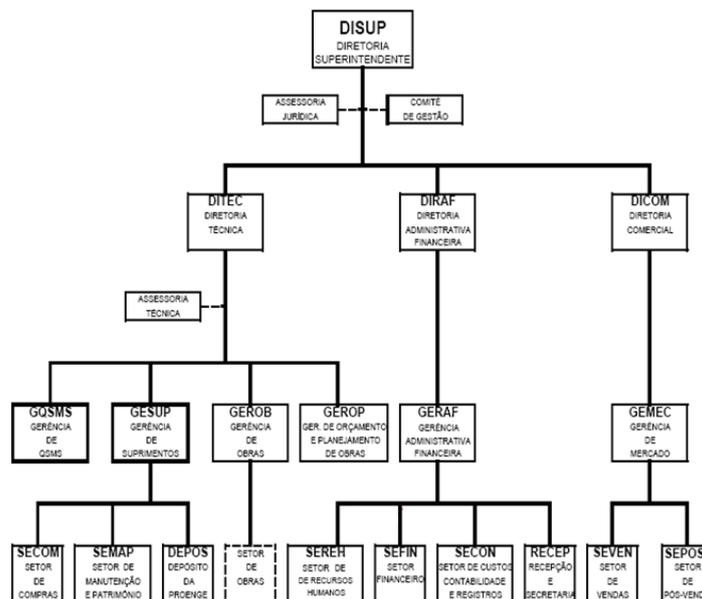


Figura 1. Estrutura hierárquica da empresa PROENGE (PROENGE, 2008).

A Fig. 2 apresenta toda estrutura da empresa no setor de obras. Este organograma pode ser modificado dependendo do tipo de obra. O papel do gerente de obras é coordenar sua equipe (técnicos, encarregados e equipe operacional) para a execução das atividades. O estagiário faz o papel intermediário entre a gerência de obras e a equipe técnica de forma a ter um aprendizado geral das atividades desempenhadas.

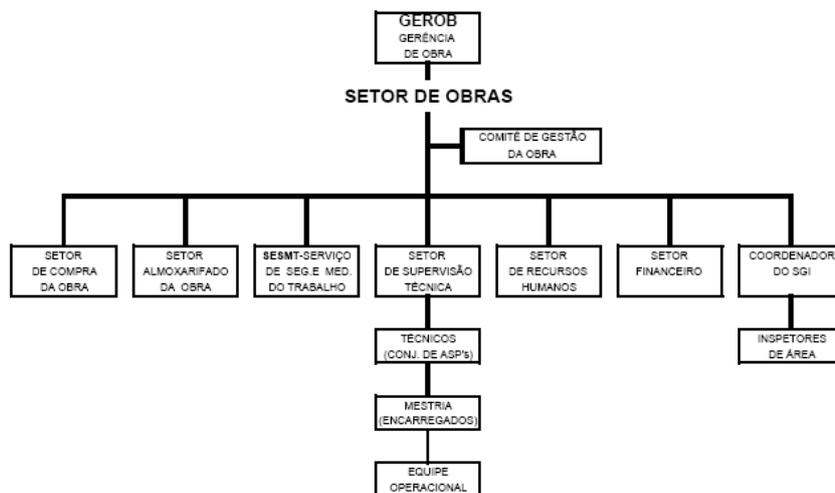


Figura 2. Estrutura hierárquica da empresa PROENGE no setor de Obras (PROENGE, 2008).

## 3 O ESTÁGIO

Os engenheiros responsáveis pelas obras (gerentes de obras), explicam que a política da empresa com o estagiário de engenharia é de formar um profissional que esteja integrado em todos os setores da empresa. Assim, ao final do estágio, o estagiário deverá ter conhecimento do processo como um todo e desenvolver um espírito de liderança, relacionando-se com todas as equipes. Durante o período de estágio realizado na empresa PROENGE - Projetos e Engenharia foram realizados cinco cursos, listados e detalhados no ANEXO A.

### 3.1 REALIZAÇÃO DE UM SERVIÇO

O setor de planejamento, onde se iniciaram os serviços, costuma ser chamado de “coração da obra”, uma vez que ele está interligado com todos os outros setores. É neste setor que se estima quanto tempo irá durar cada serviço, realizam-se cronogramas de Autorização de Serviços Parciais (ASP), cronogramas de equipes (para se ter o controle de qual obra esta lotado cada funcionário) e questões orçamentárias. Cabe também ao setor de planejamento o acompanhamento diário em todas as obras e a cobrança das equipes para se evitar possíveis atrasos nos serviços. Este setor trabalha em conjunto com o setor de qualidade, responsável principalmente por adequar toda a documentação da empresa aos padrões ou normas atualizadas.

O setor de compras é responsável pela cotação e compra de todos os bens e serviços adquiridos pela empresa, seguindo um orçamento pré-determinado em licitação ou contrato. Leva-se em conta um fator estratégico nos negócios, focalizando o volume de recursos, sobretudo, financeiros, compactuando com todos os departamentos, promovendo eficiência a obtenção dos materiais certos, das quantidades corretas e dos preços mais vantajosos. Este setor atua diretamente com os setores de recursos humanos e financeiro. O setor de recursos humanos tem por finalidade selecionar, gerir e nortear os colaboradores na direção dos objetivos e metas da empresa. O setor financeiro controla os gastos da empresa, decidindo o que será comprado e quando será comprado, de forma a eficientizar os gastos e manter a saúde econômica da empresa.

A princípio, quando surge a necessidade de um determinado serviço, este é encaminhado para o setor de projetos da Petrobrás, onde dimensionará qual projeto irá atender a necessidade do local. Em seguida, o projeto irá para o setor de montagem da Petrobrás onde será feito um orçamento prévio e ocorrerá uma seleção de uma empresa terceirizada de acordo com o seu contrato, que se encaixe na obra em questão. Daí é solicitado da empresa um cronograma e um orçamento do projeto em questão, logo, estando tudo em conviência com a Petrobrás, será aberto por um fiscal uma Autorização de Serviço Parcial (ASP), dando inicio a obra.

Como é de responsabilidade da Petrobrás a criação da ASP, o técnico de planejamento da PROENGE deve acompanhar todos os dias, no site do Sistema de Medição SISMED, se houve a abertura de alguma nova ASP. É responsabilidade deste setor organizar todas as ASP numa planilha e disponibilizá-la em um setor público da empresa, para que todos os supervisores tenham acesso e saibam se há algum serviço do qual são responsáveis. A interface do SISMED é apresentada na Fig. 3.



Figura 3. Interface SISMED (PETROBRÁS, 2012)

A cobrança dos serviços à Petrobrás é feita da seguinte forma: após execução do serviço é feito um Relatório de Ocorrências (RO ), nele é descrito tudo que ocorreu na execução do serviço, a forma que será cobrada, a hora de início, do fim, o tempo para pausa de almoço e o executante. Então uma cópia é enviada para o Gerente da Obra, e outra para o fiscal, que aprova ou não se tudo que foi descrito foi realmente feito.

Chegando o dia 20 de cada mês é entregue ao fiscal toda a documentação necessária para medição (memória de cálculo e a folha de medição), além do RO que já foi descrito. A lista de ASP organizadas em planilha está na Fig. 4:

## LISTA DE AUTORIZAÇÃO DE SERVIÇOS PARCIAIS (ASP) CONTRATO: 4600286160

ASP	RC	DESCRIÇÃO DAS AUTORIZAÇÕES DE SERVIÇO PARCIAL	INÍCIO	TÉRMINO	NOVO PRATO	VALOR DO ORÇAMENTO	VALOR MEDIC	STATUS	FISCAL	TÉCNICO
1110/11	RC3179A	RC3179A, IN-3400-09-011, DR-1000507057, OP-0190. Adequação das bombas de transferência A e B da ECIII. O serviço consiste em Escavação, recobrimento, compactação, lançamento de eletroduto, lançamento de cabo e instalação de unidade seladora com selos.	7/7/11	18/7/30				Andamento	ÉRICO RODRIGO	IOGO BERNARDINO
1109/11	RC9000A	CAM-0770 RC-9000-ORDEM=EN19PWPCAE. Serviço: Infraestrutura: escavação de valas, lançamento de eletroduto e cabos para instalação de painel VSD no poço. Conforme DE-3400-01-1243-700-PAR-007.	5/7/11	30/7/11				Andamento	JOÃO FALCÃO	JOSÉ CARLOS
1108/11	RC9000A	CAM-0770 RC-9000-ORDEM=EN19PWPCAE. Serviço: Infraestrutura: escavação de valas, lançamento de eletroduto e cabos para instalação de painel VSD no poço. Conforme DE-3400-01-1243-700-PAR-007.	4/7/11	18/7/11				Andamento	JOÃO FALCÃO	JOSÉ CARLOS
1107/11	RC1526C	EC-CAM-CENTRAL RC1526C - PEP: IN-3443-08-002-FO41 - DR/OP: 1000317150/0810 - Lançamento de eletrodutos, cabos e acessórios para instalação de radar no TQ-05 da estação.	1/7/11	13/7/11				Andamento	HENRIQUE DE SOUZA	JOSEMAR SILVA

Figura 4. Lista de ASP

Para ilustrar o que foi dito anteriormente, apresenta-se na Fig.5 um exemplo de uma programação diária das equipes:

PROJETO, CONSTRUÇÃO, MONTAGEM, COMISSIONAMENTO, PRÉ-OPERAÇÃO E OPERAÇÃO AS SISTIDA DA SUBESTAÇÃO E EL DE 69/13,8 KV DO CANTO DO AMARO CONTRATO 2500.0044378.08.2																				
PROGRAMAÇÃO DIÁRIA DAS EQUIPES																				
Data: Quarta Feira 07 de Dezembro de 2011																				
TELEFONE	ESPECIALIDADE	ENCARREGADO	LÍDER	QTDE TOTAL	RECURSOS		LOCAL	HORÁRIO	SERVIÇO	FISCAL	COORDENADOR	ASP	INÍCIO	TÉRMINO	PT/PTT	INÍCIO	TÉRMINO			
					FUNÇÃO	VEÍCULOS														
9819 0883	ELÉTRICA			6	01ELETRICISTA 01 PEDREIRO 01 OP-PAVICK 01 MONT. ANDAIME 02 SERVENTES											2113 2115	10/11/2011	10/12/2011		
	CIVIL					FIAT UNO 9830	EC-CAM	INÍCIO: 07:30 SAÍDA: 17:00	SERVÍCIO DE DRENAGEM DA SUBESTAÇÃO, INSTALAÇÃO DE TFS E TCS DA SUBESTAÇÃO.	ULYSSES	NILSON									
	ELÉTRICA	NAZARENO	ANTONIO INÁCIO	14	01MOTORISTA 03 ELETRICISTAS 01 PEDREIRO 01 MONT. ANDAIME 02 PINTORES 06 SERVENTES															
	CIVIL		JOÃO BATISTA			YANMASTER-MYY 22H SAVERIO NQI8340	EC-AP	INÍCIO: 07:20 SAÍDA: 17:00	PINTURA DA SALA DE PAINEL, MONT. DE ANDEIME, ESCAVAÇÃO DE VALA MANUAL E MECANIZADA, LANÇAMENTO DE ELETRODUTO.							2114 2112	10/11/2011	10/12/2011		
				TOTAL DE PESSOAS EM CAMPO:														20		

Figura 5. Programação Diária das Equipes

A programação diária das equipes é uma planilha feita tendo como base os relatórios deixados pelos supervisores de obras antes de saírem para o campo. Estes relatórios devem conter todos os funcionários que estão sob responsabilidade do encarregado e suas respectivas profissões, com os veículos que estão sendo usados na obra em questão. Tal programação é exigida pela diretoria para que se possa manter um acompanhamento de onde se encontram as equipes.

## 4 ATIVIDADES REALIZADAS

### 4.1 ORGANIZAÇÃO, ATUALIZAÇÃO E REVISÃO DOS PROJETOS DA OBRA 279

#### 4.1.1 OBJETIVOS

O contrato da obra 279, visa o Projeto, Construção, Montagem, Comissionamento, Pré-Operação e Operação assistida das subestações de 69/13,8 kV da OP-CAM do ATP-MO de Alto da Pedra e Canto do Amaro. No âmbito dessa obra o estagiário desempenhou, durante os 5 meses de estágio, a organização de todos os projetos das duas subestações, bem como a atualização e revisão de todos os projetos ligados a área de Engenharia Elétrica, sendo 3 destes detalhados no decorrer desse relatório.

#### 4.1.2 MODELO DE ORGANIZAÇÃO:

A organização dos projetos é feita através de planilhas subdivididas em Subestação Canto do Amaro e Subestação Alto da Pedra, nas quais consta o número de documento (ou projeto), título, revisão, emissão (se foi ou não emitido), data de emissão, data de retorno e o status do documento. Apresenta-se na Fig.6 e Fig.7 exemplos das planilhas.

CONTRATO		Nº	2500.0044378.08.2			PÁGINA	
SUBESTAÇÃO DE CANTO DO AMARO					DATA ATUALIZAÇÃO:	11/11/2011	
CONTROLE DE DOCUMENTAÇÃO DE PROJETOS DA SE DE CANTO DO AMARO							
Nº DE DOCUMENTO	TÍTULO	REVISÃO DOC.	EMIÇÃO	DATA ENTREGA PROENGE	DATA RETORNO PETROBRAS	Status (em andamento / Aprovado / obsoleto)	OBSERVAÇÃO
DE-3443.76-5142-946-XPG-004	DIAGRAMA UNIFILAR - SERVIÇOS DE SISTEMAS AUXILIARES	B	EMITIDO	12/2/2010	12/2/2010	OBSOLETO	
<a href="#">DE-3443.76-5142-946-XPG-004</a>	DIAGRAMA UNIFILAR - SERVIÇOS DE SISTEMAS AUXILIARES	C	EMITIDO	24/8/2010	24/8/2010	APROVADO	
DE-3443.76-5142-946-XPG-005	DIAGRAMA TRIFILAR	0	EMITIDO	21/6/2010	26/7/2010	OBSOLETO	
DE-3443.76-5142-946-XPG-006	DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, AUTOMAÇÃO E DIAGRAMA UNIFILAR	0	EMITIDO	10/6/2010	26/7/2010	OBSOLETO	
<a href="#">DE-3443.76-5142-946-XPG-006</a>	DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, AUTOMAÇÃO E DIAGRAMA UNIFILAR	A	EMITIDO	09/11/2011 GRD 32/11		APROVADO	
<a href="#">DE-3443.76-5142-946-XPG-007</a>	DIAGRAMA TRIFILAR GERAL	A	EMITIDO			APROVADO C/ COMENTÁRIOS	NECESSITANDO DE INFORMAÇÕES PETROBRAS INDICADAS NO EMAIL EM 27/07/2011

Figura 6. Controle de Projetos da Subestação de Canto do Amaro

CONTRATO		Nº	2500.0044378.08.2			PÁGINA	
SUBESTAÇÃO DE ALTO DA PEDRA					DATA ATUALIZAÇÃO:	11/11/2011	
CONTROLE DE DOCUMENTAÇÃO DE PROJETOS DA SE DE ALTO DA PEDRA							
Nº DE DOCUMENTO	TÍTULO	REVISÃO DOC.	EMIÇÃO	DATA ENTREGA PROENGE	DATA RETORNO PETROBRAS	Status (em andamento / Aprovado / obsoleto)	OBSERVAÇÃO
<a href="#">DE-3446.10-5142-946-XPG-005</a>	DIAGRAMA TRIFILAR	0	EMITIDO		22/07/2011 GRD CM-504-11	REPROVADO EM ANDAMENTO	ATENDER COMENTARIO C/ PROENGE
<a href="#">DE-3446.10-5142-946-XPG-006</a>	DIAGRAMA FUNCIONAL	0	EMITIDO	21/6/2010	22/7/2010	EM ANDAMENTO	C/ PROENGE
<a href="#">DE-3446.10-5142-946-XPG-007</a>	DIAGRAMA TRIFILAR GERAL	0	EMITIDO	7/12/2010	22/7/2011	REPROVADO EM	ATENDER COMENTARIOS C/ PROENGE
DE-3446.10-5142-946-XPG-008	DIAGRAMA DE FIAÇÃO					À FAZER	C/ PROENGE
DE-3446.10-5142-946-XPG-009	DIAGRAMA UNIFILAR - QUADRO DE CORRENTE CONTINUA	0	EMITIDO	21/6/2010	26/7/2010	OBSOLETO	
DE-3446.10-5142-946-XPG-009	DIAGRAMA UNIFILAR - QUADRO DE CORRENTE CONTINUA	A	EMITIDO	9/8/2010	8/7/2011 GRD CM-419-11	OBSOLETO	
<a href="#">DE-3446.10-5142-946-XPG-009</a>	DIAGRAMA UNIFILAR - QUADRO DE CORRENTE CONTINUA	B	EMITIDO	21/07/2011 GRD 05/11 (ELE/AP)	27/07/2011 GRD CM-596-11	APROVADO	

Figura 7. Controle de Projetos da Subestação de Alto da Pedra

Esses documentos são enviados a Petrobrás, e é mantido o controle dos mesmos através de Guia de Remessa de Documentos GRD assinadas pelo emissor PROENGE e o receptor Petrobrás.

## 4.2 PROCEDIMENTO DE LANÇAMENTO DE CABO ELÉTRICO DE POTÊNCIA DO ALIMENTADOR SUBTERRÂNEO COMPREENDIDO ENTRE A SUBESTAÇÃO SE 69 kV E SALA DE PAINÉIS DA ETAP OP-CAM.

### 4.2.1 OBJETIVOS

O procedimento teve por objetivo estabelecer as condições a serem seguidos nos serviços de lançamento de cabo elétrico de potência, isolamento 8,7/15 kV - 1x500 mm<sup>2</sup>, que foram realizados pela PROENGE nos trechos do alimentador subterrâneo compreendido entre a SE 69 kV e a sala de painéis da ETAP OP-CAM.

### 4.2.2 ATIVIDADE DESEMPENHADA

Através da supervisão dos Engenheiros Eletricistas da empresa PROENGE foi desenvolvido o procedimento de lançamento dos cabos elétricos, visando a aprovação por parte da Petrobrás. Procedimento este detalhado no ANEXO B.

## 4.3 PROJETO DE RÁDIO ENLACE ENTRE A SUBESTAÇÃO DE ALTO DA PEDRA E A SALA DE COMUNICAÇÃO EM CAM CENTRAL.

### 4.3.1 OBJETIVO

O projeto desenvolvido teve como finalidade descrever o sistema de comunicação Ethernet por rádio entre as subestações de Alto da Pedra (AP) e a sala de telecomunicações em CAM Central. Onde na SE-AP haverá um rádio modem Ethernet 5.8 GHz, 54 Mbps interligado ao switch. O sistema de AP se comunicará com a sala de telecomunicações de CAM Central.

#### 4.3.2 ATIVIDADE DESEMPENHADA

Através da supervisão dos Engenheiros Eletricistas da empresa PROENGE foi desenvolvido a revisão do projeto de comunicação da SE de Alto da Pedra, visando a aprovação por parte da Petrobrás. Procedimento este detalhado no ANEXO C.

### 4.4 PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE TERRA DA MALHA DE ATERRAMENTO

#### 4.4.1 OBJETIVO

A medição da resistência de terra da malha de aterramento dos Canteiros de Obras: Mossoró (Região de Piquiri), pertencentes à Norteng – Engenharia Ltda. tem como objetivo verificar se a mesma atende satisfatoriamente a suas finalidades. Isto implica em dizer que as resistências de terra onde os mesmos estão construídos devem estar dentro dos valores recomendados por normas, são baseados nos valores máximos da corrente de curto-circuito que escoará através do sistema de aterramento e na distribuição dos níveis de tensão de passo e de toque limitando a valores seguros para o ser humano.

#### 4.4.2 ATIVIDADE DESEMPENHADA

Através da supervisão do Engenheiro Eletricista Claudio Maciel da empresa PROENGE, foi realizada as medições em loco, e confeccionado o relatório conforme exigido pela empresa NORTENG, que passaria por auditoria.

#### 4.4.3 MÉTODO UTILIZADO

Para medição de resistência da malha de aterramento, foram seguidos os princípios e recomendações do Anexo J, item J.1.1 da NBR-5410. A medição de toda malha do aterramento foi efetuada no dia 20/12/2011 utilizando um terrômetro digital modelo MTD20 KWe da Megabras, conforme certificado de calibração em anexo.

Para verificação da resistência de terra foi utilizado o método da queda de tensão, ou seja, a verificação da distribuição das tensões ao longo de um caminho

predeterminado no interior da unidade, com a finalidade de encontrar valores aproximadamente constantes nas tensões e daí encontrar um valor para a “resistência de terra”, conforme Fig.8.

Uma corrente alternada de valor constante liberada pelo equipamento de medição (terrômetro) circula entre o eletrodo de aterramento sob ensaio T e o eletrodo auxiliar T1.

Um segundo eletrodo auxiliar, T2, que é uma pequena haste metálica cravada no solo, foi inserido a meio caminho entre T e T1. A queda de tensão entre T e T2 é medida pelo equipamento.

A resistência de aterramento do eletrodo T é igual à tensão entre T e T2 dividida pela corrente que circula entre T e T1, presumindo-se que não haja influência mútua entre os eletrodos.

Para verificar a coerência no valor de resistência, duas novas medições foram realizadas, deslocando-se T2 cerca de 6 m na direção de T e, depois, 6 m na direção de T1. Como os três resultados na maioria das medições foram substancialmente semelhantes, a média das três leituras foi tomada como sendo a resistência de aterramento do eletrodo T. Quando contrário, o ensaio foi repetido com um espaçamento maior entre T e T1.

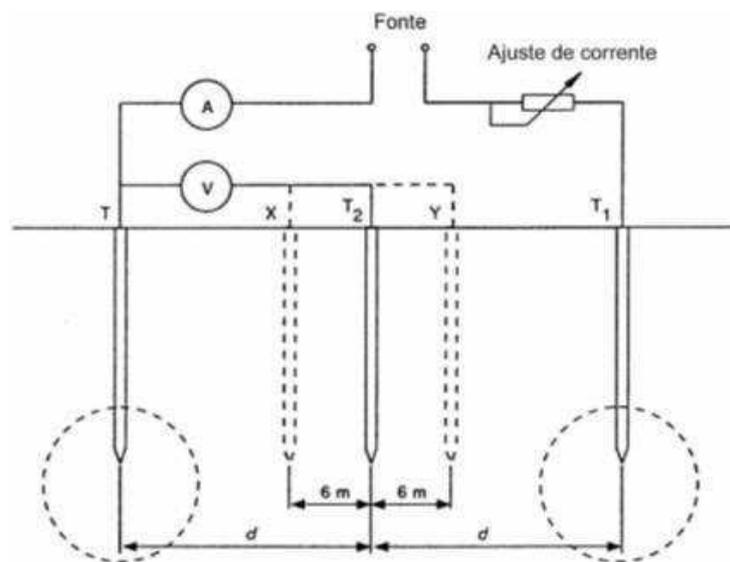


Figura 8. Método utilizado para medição de resistência da malha de aterramento

#### 4.4.4 SISTEMA DE MEDIÇÃO DE ATERRAMENTO DA NORTENG – MOSSORÓ

Para as tabelas enumeradas de 1 a 5, organizou-se a ordem das medições (três medições) realizadas de A a C, variando-se seus valores (XC e XB) entre 3m e 18m, valores estes que definem as distâncias dos eletrodos de tensão e de corrente do eletrodo de referência. Utilizou-se durante as medições hastes de cobre de 2,5mm<sup>2</sup>, obtendo-se assim a Resistência Rx ( $\Omega$ ) da terra.

Tabela 1 Medição de Resistência de Terra (Área de Produção)

Medição de Resistência de Terra	Norteng - Local da Medição: Área de Produção			
	Ordem das medições Feitas	Distância em Metros		Condutor de Cobre mm <sup>2</sup>
	XC	XB		
A	9,0	18,0	2,5	1,95
B	15,0	18,0	2,5	2,80
C	3,0	18,0	2,5	2,70

Tabela 2 Medição de Resistência de Terra (Ferramentaria)

Medição de Resistência de Terra	Norteng - Local da Medição: Ferramentaria			
	Ordem das medições Feitas	Distância em Metros		Condutor de Cobre mm <sup>2</sup>
	XC	XB		
A	9,0	18,0	2,5	2,20
B	15,0	18,0	2,5	2,90
C	3,0	18,0	2,5	3,00

Tabela 3 Medição de Resistência de Terra (Almoxarifado)

Medição de Resistência de Terra	Norteng - Local da Medição: Almoxarifado			
	Ordem das medições Feitas	Distância em Metros		Condutor de Cobre mm <sup>2</sup>
	XC	XB		
A	9,0	18,0	2,5	2,50
B	15,0	18,0	2,5	1,90
C	3,0	18,0	2,5	3,20

Tabela 4 Medição de Resistência de Terra (Pintura)

<b>Medição de Resistência de Terra</b>		<b>Norteng - Local da Medição: Pintura</b>		
Ordem das medições Feitas		Distância em Metros	Condutor de Cobre mm <sup>2</sup>	Resistência Rx (Ω)
	XC	XB		
A	9,0	18,0	2,5	2,70
B	15,0	18,0	2,5	2,80
C	3,0	18,0	2,5	2,20

Tabela 5 Medição de Resistência de Terra (Ferragem)

<b>Medição de Resistência de Terra</b>		<b>Norteng - Local da Medição: Ferragem</b>		
Ordem das medições Feitas		Distância em Metros	Condutor de Cobre mm <sup>2</sup>	Resistência Rx (Ω)
	XC	XB		
A	9,0	18,0	2,5	3,00
B	15,0	18,0	2,5	2,80
C	3,0	18,0	2,5	2,60

#### 4.4.5 CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS

Não existem normas definindo um valor para a resistência de terra de cada instalação, o que existe é uma indicação de ordem de grandeza dos valores que são aceitos ou não para aquele tipo de instalação. Porém, o que se sabe é que quanto menor for a resistência de aterramento maior será a sua contribuição para um bom aterramento, dentro deste princípio alguns autores classificam os aterramento nas seguintes categorias.

- Excelentes, os aterramentos com resistências inferiores a 5 Ohms;
- Bons, os aterramentos com resistências entre 5 e 15 Ohms;
- Razoáveis, os aterramentos com resistências entre 15 e 30 Ohms;
- Condenáveis, os aterramentos com resistências superiores a 30 Ohms;

- A NEC (National Electrical Code) considera que a resistência de aterramento da malha de terra não deve exceder de 25 Ohms.

Considerando esses princípios e de acordo com a tabela de medições efetuadas no canteiro da Norteng vista anteriormente, vimos que toda malha de aterramento instalado na Norteng, estão com valores inferiores a 5 Ohms, podendo ser considerada com uma excelente eficiência para:

- Permitir o escoamento para terra de cargas ou correntes de descarga.
- Possibilitar o uso da terra como condutor de retorno num circuito elétrico.
- Limitar os níveis de potenciais de toque e passo a patamares seguros.

## 5 CONCLUSÃO

As atividades desenvolvidas durante o período de estágio, iniciado em agosto de 2011, contribuíram de forma concisa para o aumento do aprendizado. Possibilitou-se integrar grande parte dos conhecimentos do estagiário, de caráter teórico, às diversas práticas realizadas. Além dos conhecimentos teóricos, outros ganhos também foram inegáveis, no campo pessoal, proporcionando um aprendizado único e excepcional.

O grande conhecimento adquirido ajudou a cobrir algumas lacunas deixadas durante a graduação, principalmente nos assuntos referentes às atividades desenvolvidas, que abrangeram as principais áreas de formação de um engenheiro eletricista.

Podemos citar algumas limitações do curso de graduação da UFCG, como por exemplo, a ausência de uma disciplina que contemple o *software* AutoCad e MicroStation, amplamente utilizado em empresas na confecção de projetos. A leitura e interpretação de projetos deveriam ser mais cobradas, visto a necessidade diária nas obras.

No contexto geral, toda a equipe PROENGE possui um elevado espírito de companheirismo, auxiliando e ensinando com todas as dúvidas que surgiram nesse período.

Assim, percebe-se que o estágio vem cumprindo seu papel, de ser um período de experiência para um futuro engenheiro, agregando tanto informações técnicas, como também o desenvolvimento das relações interpessoais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Empresa PRYSMIAM. Manual de Instalações Elétricas – 1º Edição, ano 2005.
- [2] H. Creder. Instalações Elétricas – 14º Edição, ano 2006.
- [3] J. Mamede Filho. Instalações Elétricas Industriais – 7º Edição, ano 2006
- [4] ABNT. **NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão** - Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2004. p. 26.
- [5] ABNT. **NBR 9511 - Raios Mínimos de Curvaturas para instalação e diâmetros mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 1997. p. 20.
- [6] ABNT. **NBR 9511 - Instalações Elétricas de Média Tensão**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 1997. p. 20.
- [7] Sistema de Medição da Petrobrás. Disponível em: <[www.sismed.petrobras.com.br](http://www.sismed.petrobras.com.br)> Acesso em: 19 jan. 2012.
- [8] Cálculo de perdas em cabos POE (Power Over Ethernet). Disponível em: <<http://www.novanetwork.com.br/suporte/calculos/energia-poe.php>> Acesso em: 12 dez. 2011.

## ANEXO A – CURSOS REALIZADOS

Durante o período de estágio realizado na empresa PROENGE - Projetos e Engenharia foram realizados cinco cursos, listados abaixo, e detalhados nos sub-tópicos a seguir.

- Qualidade em Saúde, Meio Ambiente e Segurança (QSMS);
- Primeiros Socorros;
- Curso Básico de Segurança Industrial I (C-Basi-I);
- Gerenciamento de Projetos com utilização avançada do MS Project;
- Norma Regulamentadora 10 (NR-10).

### 1.0 QUALIDADE EM SAÚDE, MEIO AMBIENTE E SEGURANÇA

**Carga horária:** 16h

**Local:** SENAI – RN Mossoró

**Período:** 03/09/2011 a 04/09/2011

**Descrição:** O curso de Qualidade em Saúde, Meio Ambiente e Segurança (QSMS) abrange os temas de segurança de trabalho, saúde e meio ambiente. O principal objetivo do curso é a conscientização do trabalhador sobre os temas citados, expondo a importância de cada para a própria pessoa, a empresa e o planeta. Para trabalhar na “área Petrobrás” é necessária a realização do curso de QSMS, sem este o trabalhador fica impedido de desempenhar suas funções nos locais de obras.

### 2.0 PRIMEIROS SOCORROS

**Carga horária:** 8h

**Local:** SENAI – RN Mossoró

**Período:** 09/09/2011

**Descrição:** No dia 09/09/2011 foi realizado o curso de primeiros socorros, que possui como finalidade ensinar e orientar os funcionários da empresa a agir em situações de acidentes, tanto no local de trabalho quanto na vida pessoal.

### 3.0 CURSO BÁSICO DE SEGURANÇA INDUSTRIAL I

**Carga horária:** 8h

**Local:** NUTTEC – RN Mossoró

**Período:** 15/09/2011

**Descrição:** Realizado na NUTTEC, o Curso Básico de Segurança Industrial I (C-Basi-I) visa um treinamento de combate a incêndio, usando como escopo o curso oferecido a brigadas. O C-Basi-I faz parte do grupo de cursos que são obrigados a todos que irão desempenhar atividades na área Petrobrás.

### 4.0 GERENCIAMENTO DE PROJETOS COM UTILIZAÇÃO AVANÇADA DO MS PROJECT

**Carga horária:** 24h

**Local:** INQCE – RN Natal

**Período:** 25/11/2011 a 27/11/2011

**Descrição:** Curso realizado no INQCE que visa um treinamento no gerenciamento de projetos com utilização do programa da Microsoft, usado para fazer planejamentos em geral. O MS Project é atualmente o programa usado pela Petrobrás para fazer planejamentos e cronogramas das suas obras, sendo de grande importância um conhecido básico do mesmo.

### 5.0 NORMA REGULAMENTADORA 10 (NR-10):

**Carga horária:** 40h

**Local:** SENAI – RN Mossoró

**Período:** 17/10/2011 a 21/10/2011

**Descrição:** Curso realizado no SENAI, onde o participante é capacitado para atender às solicitações de serviços com eletricidade identificando os riscos inerentes e as medidas de controle cabíveis de forma a garantir a integridade das instalações, do meio ambiente e das pessoas que com elas interagem.

# ANEXO B – PROCEDIMENTO DE LANÇAMENTO DE CABO ELÉTRICO DE POTÊNCIA DO ALIMENTADOR SUBTERRÂNEO COMPREENDIDO ENTRE A SUBESTAÇÃO SE 69 kV E SALA DE PAINÉIS DA ETAP OP-CAM.

## 1.0 OBJETIVOS

Este procedimento tem por objetivo estabelecer as condições a ser seguido nos serviços de Lançamento de Cabo elétrico de potência, isolamento 8,7/15 kV - 1x500 mm<sup>2</sup>, que serão realizados pela PROENGE nos trechos do alimentador subterrâneo compreendido entre a SE 69 kV e a sala de painéis da ETAP OP-CAM.

## 1.1 CAMPO DE APLICAÇÃO

Serão aplicados no lançamento de cabos elétricos de potência, isolamento 8,7/15kV - 1x500mm<sup>2</sup>, nos trechos do alimentador subterrâneo compreendido entre a SE 69kV e a sala de painéis da ETAP OP-CAM.

## 1.2 MÉTODO EXECUTIVO

### 1.2.1 CONDIÇÕES PARA INÍCIO DOS SERVIÇOS

Iniciam-se os serviços somente após o levantamento de todos os riscos envolvidos Análise Preliminar de Nível (APN) como também efetuar os serviços somente após a limpeza, desobstrução, sinalização e demarcação da área de trabalho.

Antes de iniciar qualquer atividade, o responsável pelo serviço deve reunir os envolvidos na liberação e execução da atividade e:

- Certificar-se de que os empregados envolvidos na liberação e execução dos serviços estão munidos de todos os Equipamentos de Proteção Individuais (EPI) necessários;
- O técnico de segurança do trabalho deve transmitir claramente as normas de segurança aplicáveis a este serviço, dedicando especial atenção à percepção de riscos que possam existir nas possibilidades de execução das atividades dentro e fora da rotina deste procedimento.

### 1.2.2 MEMÓRIA DE CÁLCULO

O máximo lance de puxamento em linha reta é calculado da seguinte forma:

$$l = \frac{n * \varrho * S}{\mu * p} \quad (1)$$

em que:

$\mu$  :  $\mu_0 \times k_0$

$n$  : Número de cabos instalados simultaneamente;

$\varrho$  : Tensão máxima admissível (kg/mm<sup>2</sup>);

$S$  : Área total do condutor (mm<sup>2</sup>);

$\mu$  : Coeficiente de atrito efetivo entre cabo e duto;

$\mu_0$  : Coeficiente de atrito entre duto e cabo;

$k_0$  : Fator de correção para puxamento simultâneo;

$P$  : peso dos condutores (kg/m);

Seguindo a norma para o tipo de instalação, que será de 3 cabos com formação triangular inversa, têm-se:

$$k_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\phi_c}{\phi_e - \phi_c}\right)^2}} \quad (2)$$

em que:

$\phi_c$  : Diâmetro externo do cabo (m);

$\phi_e$  : Diâmetro interno do eletroduto (m);

Para o cabo em questão têm-se:

$\phi_c = 0,0437\text{m}$ ;  $\phi_e = 5'' = 0,127\text{m}$ ;  $S = 500\text{mm}^2$ ;  $n = 3$ ;  $\varrho = 4 \text{ Kg/mm}^2$ ;  $p = 5,524 \text{ Kg/m}$

$$k_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,0437}{0,127 - 0,0437}\right)^2}} = 1,175 \quad (3)$$

Consideremos o valor típico do coeficiente de atrito para a superfície do duto de aço galvanizado:  $\mu_0 = 0.5$ .

Portanto,

$$\mu_0 = 0,5 * 1,175 = 0,588 \quad (4)$$

$$l = \frac{3 * 4 * 500}{0,588 * 5,524} = 1847,23m \quad (5)$$

Acima se tem o valor do máximo lance de puxamento em linha reta. Como, para o lançamento em questão, o maior trecho de lançamento em linha reto considerado (trecho entre as Caixas de Passagem MH-03/MH-04 e MH-07/MH) é de 171.86 metros, consideramos garantido o atendimento a este limite máximo.

Segundo o fabricante o menor raio de curvatura a ser aplicado no cabo é de 8 vezes o seu diâmetro externo (ABNT: NBR 9511).

$$R_m = 8 * 0,0437 = 1847,23m \quad (6)$$

Todo o procedimento executivo em campo será acompanhado e inspecionado pelo encarregado de obras para garantir o atendimento à curvatura máxima a que o cabo deverá ficar submetido.

O puxamento do cabo será realizado com o auxílio de guincho, exceção feita aos trechos entre as Caixas de Passagem MH-07/MH-08 e MH-09/MH-10 e destas últimas para a entrada do porão de cabos do abrigo de painéis (nestes trechos o puxamento será manual).

Para o trecho de puxamento manual entre as MH-07 e MH-09, de comprimento igual a 8,94 metros, teremos:

$$n_H = \frac{p * \mu * l}{30} = \frac{5,524 * 0,588 * 8,94}{30} = 0,968 \quad (7)$$

Usa-se, portanto, no mínimo 01 homem posicionado no interior da MH-09, para o puxamento manual neste trecho.

Para o trecho de puxamento manual entre as MH-08 e MH-10, de comprimento igual a 9,95 metros, teremos:

$$n_{H=\frac{p*\mu*l}{30}} = \frac{5,524*0,588*9,95}{30} = 1,077 \quad (8)$$

Usa-se, portanto, no mínimo 02 homens posicionados no interior da MH-10, para o puxamento manual neste trecho.

Para o trecho entre a MH-09 e a entrada do porão de cabos do abrigo de painéis, de comprimento igual a 10,95 metros, teremos:

$$n_{H=\frac{p*\mu*l}{30}} = \frac{5,524*0,588*10,95}{30} = 1,185 \quad (9)$$

Usa-se, portanto, no mínimo 02 homens posicionados no interior da sala de painéis, para o puxamento manual neste trecho.

Para o trecho entre a MH-10 e a entrada do porão de cabos do abrigo de painéis, de comprimento igual a 13,35 metros, teremos:

$$n_{H=\frac{p*\mu*l}{30}} = \frac{5,524*0,588*13,35}{30} = 1,445 \quad (10)$$

Usa-se, portanto, no mínimo 02 homens posicionados no interior da sala de painéis, para o puxamento manual neste trecho.

Para os trechos onde o cabo será puxado com o auxílio de guincho, deverá ser determinada a força máxima permitida para o puxamento dos cabos. A leitura do dinamômetro deverá permanecer em constante inspeção durante o puxamento, a fim de garantir que a força de puxamento não ultrapasse o valor da força máxima suportada pelo cabo. Adicionalmente, será utilizado um suporte guia horizontal para controlar e garantir o ângulo correto de inclinação durante o puxamento.

A seguir é mostrado o esquema a ser instalado para puxamento do cabo com a utilização de guincho nos trechos entre as MH-03 e MH-07 (174,27m), entre as MH-04 e MH-08 (167,47m), entre as MH-01 e MH-03 (81,30m) e entre as MH-02 e MH-04 (72,63m):

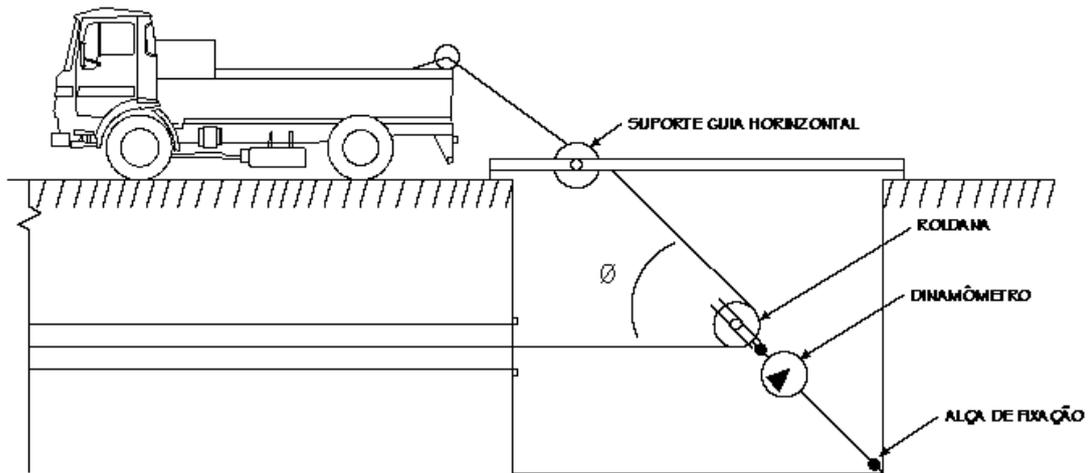


Figura 9. Esquema de posicionamento do guincho, ferramentas e acessórios para o puxamento dos cabos.

A força máxima de tração permitida para os cabos será:

$$F_{max} = \rho * S * n \quad (11)$$

Um valor universalmente aceito pela N-1600, para  $\rho$ , é de 4 Kg/mm<sup>2</sup>, fazendo as devidas substituições:

$$F_{max} = 4 * 500 * 3 = 6000 \text{ kgf} \quad (12)$$

Calculando a força de puxamento para o trecho entre as MH-03 e MH-07 ( $l = 174,27\text{m}$ ) e considerando que o suporte guia horizontal será ajustado para  $\phi = 45^\circ$ :

$$F_{pux} = p * l * (\text{sen}\phi + K_o * \mu_o * \text{cos}\phi) \quad (13)$$

$$F_{pux} = 5,524 * 174,27 * (\text{sen}45 + 0,588 * \text{cos}45) \quad (14)$$

$$F_{pux} = 1080,98 \text{ kgf} \quad (15)$$

em que:

$F_{pux}$  : Força de puxamento dos condutores;

$p$  : peso dos condutores (kg/m);

$l$  : comprimento do trecho entre as Caixas de Passagem (m);

$\phi$  : ângulo entre a força de puxamento e a horizontal;

$K_o$  : Fator de correção para puxamento simultâneo;

$\mu_o$  : Coeficiente de atrito entre duto e cabo

Calculando a força de puxamento para o trecho entre as MH-04 e MH-08 ( $l = 167,47\text{m}$ ) e considerando que o suporte guia horizontal será ajustado para  $\theta = 45^\circ$ :

$$F_{pux} = 5,524 * 167,47 * (\text{sen}45 + 0,588 * \text{cos}45) \quad (16)$$

$$F_{pux} = 1038,80 \text{ kgf} \quad (17)$$

Calculando a força de puxamento para o trecho entre as MH-01 e MH-03 ( $l = 81,30\text{m}$ ) e considerando que o suporte guia horizontal será ajustado para  $\theta = 45^\circ$ :

$$F_{pux} = 5,524 * 81,3 * (\text{sen}45 + 0,588 * \text{cos}45) \quad (18)$$

$$F_{pux} = 504,29 \text{ kgf} \quad (18)$$

Calculando a força de puxamento para o trecho entre as MH-02 e MH-04 ( $l = 72,63\text{m}$ ) e considerando que o suporte guia horizontal será ajustado para  $\theta = 45^\circ$ :

$$F_{pux} = 5,524 * 72,63 * (\text{sen}45 + 0,588 * \text{cos}45) \quad (19)$$

$$F_{pux} = 450,51 \text{ kgf} \quad (20)$$

### 1.2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE ESMAGAMENTO:

Quando os dutos foram projetados para a instalação de três cabos unipolares de mesma seção, o diâmetro do duto deve ser sempre maior que três vezes o diâmetro de um cabo. Isto para que seja evitado que um dos cabos se localize entre os outros dois, sofrendo um esmagamento.

Verificando se há risco de esmagamento quando os três condutores são instalados simultaneamente:

$$\frac{\phi_e}{\phi_c} < 3 \rightarrow \frac{\phi_e}{\phi_c} = \frac{0,127}{0,0437} = 2,906 < 3 \quad (21)$$

Portanto, pelo critério acima, não existiria possibilidade de esmagamento. Porém, na prática, recomenda-se que o diâmetro do duto seja sempre inferior a 2,8 vezes o diâmetro do cabo unipolar. Sendo assim, pode haver um pequeno risco de esmagamento conforme demonstrado a seguir:

$$\frac{\phi_e}{\phi_c} < 2,8 \rightarrow \frac{\phi_e}{\phi_c} = \frac{0,127}{0,0437} = 2,906 > 2,8 \quad (22)$$

Este risco de esmagamento será totalmente eliminado, pois é garantido que os 3 cabos unipolares serão lançados e organizados de forma triangular (triplexada).

#### 1.2.4 VERIFICANDO A OCUPAÇÃO REFERENTE À ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL ÚTIL DOS ELETRODUTOS:

Seguindo as prescrições da norma NBR-14039 (item 6.2.11.1.1), para tensões entre 1KV - 36,2 KV e para o caso de 3 condutores de mesma seção, a taxa de ocupação, dada pelo quociente entre a soma das áreas das seções transversais dos condutores previstos, calculadas com base no diâmetro externo, e a área útil da seção transversal do eletroduto, não deve ser superior a 40%.

Considerando as seguintes variáveis definidas abaixo:

$\Phi_c$  : Diâmetro externo do cabo unipolar;

$\Phi_e$  : Diâmetro interno do eletroduto;

$S_c$  : Área da seção transversal total do cabo (condutor + isolamento);

$ST$  : Somatório da área da seção cabos;

$S_e$  : Área da seção transversal interna do eletroduto;

$S_{ue}$  : Área útil do eletroduto atendendo a norma NBR-14039;

$k(n)$  : Taxa de ocupação definida pela NBR-14039;

$n$  - Número de condutores iguais utilizados.

Sejam os diâmetros externos dos cabos unipolares:  $\Phi c1$ ;  $\Phi c2$ ;... ;  $\Phi cn$ , podemos obter a sua área de seção transversal total (condutor + isolamento) através da seguinte expressão:

$$S_{cn} = \frac{\pi \cdot \phi^2 e}{4} \quad (23)$$

A somatória da área total de todos os condutores, por sua vez, é dada por:

$$S_t = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^n \phi^2 c_i \quad (24)$$

Enquanto que a área da seção transversal interna do eletroduto é obtida pela expressão:

$$S_{ue} = \frac{\pi \cdot \phi^2 e}{4} \quad (25)$$

A área útil do eletroduto, segundo a NBR-14039 é dada por:

$$S_{ue} = k(n) \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2 e}{4} \quad (26)$$

De posse dessas informações, podemos calcular o diâmetro do eletroduto necessário para atender a referida norma. Então:

$$S_t = S_{ue} \leftrightarrow \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^n \phi^2 c_i = \frac{k(n) \cdot \pi \cdot \phi^2 e}{4} \quad (27)$$

$$\phi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \phi^2 c_i}{k(n)} \quad (28)$$

Logo:

$$\phi e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \phi^2 c_i}{k(n)}} \quad (29)$$

Tabela 6. Tabela que relaciona a área interna do eletroduto, número de condutores e taxa de ocupação definido na norma NBR-14039

<b>n</b>	<b>K(n)</b>	<b><math>\phi e</math></b>	
1	0,53	$1,373 \cdot \phi c$	$1,373 \cdot \phi c$
2	0,31	$1,796 \cdot \sqrt{\Phi^2 c_1 + \Phi^2 c_2}$	$2,54 \cdot \phi c$
3	4	$1,58 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \phi^2 c_i}$	$2,739 \cdot \phi c$
3 ou mais	0,4	$1,58 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \phi^2 c_i}$	$1,58 \cdot \phi c \cdot \sqrt{n}$

Como se trata de 3 condutores de mesma seção transversal ocupando o eletroduto temos:

$$\phi_e = \phi_c * 2,739 = 0,0437 * 2,739 = 0,120 \text{ m} \quad (30)$$

Portanto, o eletroduto de 5 polegadas ( $\phi_e = 5'' = 0.127\text{m}$ ) atende às necessidades do projeto.

### 1.3 EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

#### 1.3.1 PRELIMINARES

Antes de ser iniciado o procedimento de lançamento do cabo, devem ser realizados alguns procedimentos preliminares:

- a. Ser feito o esgotamento e limpeza de todas as caixas de passagem.
- b. Os eletrodutos serão inspecionados para verificação da inexistência de obstáculos que possam danificar o cabo durante o puxamento:
  - i. Será realizada a limpeza interna dos eletrodutos com o uso de trapos de limpeza de uso geral através de guia;
  - ii. Passagem de gabarito de isopor (90% do diâmetro interno do eletroduto) com guia.
- c. Verificar se todas as buchas de aterramento estão instaladas;
- d. Verificar se a classe de tensão gravada no cabo a ser lançado é a solicitada no projeto;
- e. Verificar se a seção e a formação do cabo é a solicitada no projeto;
- f. Realizar a medição da resistência de isolamento do cabo antes do lançamento;
- g. Fixar pelo condutor a extremidade do cabo isolado ao guia, de forma bem firme para que, ao lançar, o mesmo não se desprenda, em seguida passar a fita isolante no local da emenda guia/cabo. Antes de inserir a extremidade do condutor ao eletroduto será aplicado talco ou gel passa cabo, para facilitar o deslizamento. No momento do lançamento dos cabos os colaboradores envolvidos devem ficar na extremidade do guia puxando suavemente, evitando puxões e choques. Outros colaboradores deverão ficar do lado da emenda para guiar o cabo na

passagem deste pela entrada do eletroduto, tomando o cuidado para que o mesmo não danifique por atrito ao passar pelas bordas do mesmo e os organizando de forma triplexada.

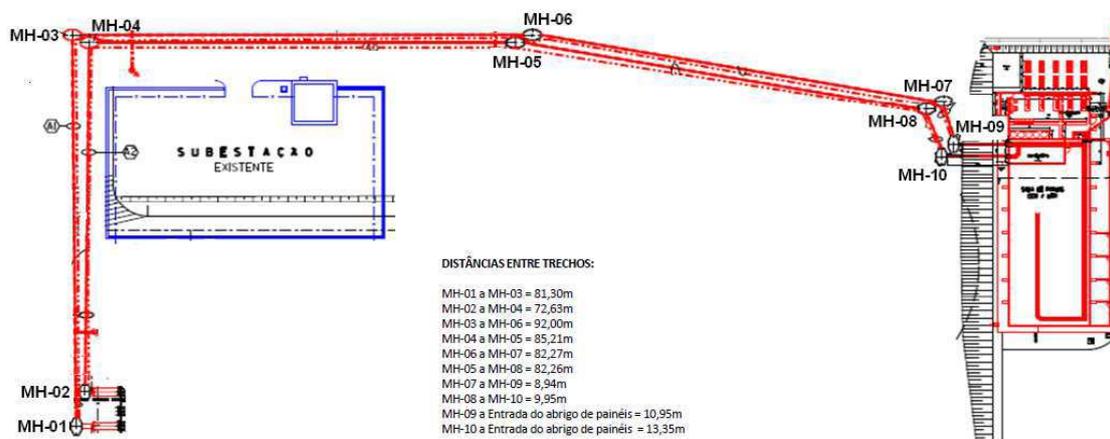


Figura 10. Layout dos trechos onde foram lançados os cabos.

### 1.3.2 LANÇAMENTO DE CABOS DO CIRCUITO 1

Figura 9. Layout mostrando as distâncias entre trechos que serão lançados os cabos

#### 1º Passo:

As bobinas serão depositadas próximas a MH-03 e postas sobre a desbobinadeira de cabos. Será liberada a extremidade de cada condutor e transpassada a parede da MH-03 através de um suporte equipado com roldanas, em seguida será efetuada a fixação de cada um dos condutores ao guia. Por consequência do peso e do comprimento do vão a ser lançado, utilizaremos o método de puxamento através do condutor. Para a fixação do condutor ao guia, será feito um orifício perpendicular ao eixo do condutor onde será inserido e fixado o cabo guia. O cabo guia, por sua vez, será conectado ao caminhão guincho através do sistema de roldanas e suportes, conforme mostrado na Fig9. Nesta conexão será feito o uso do destorcedor. O ponto da fixação entre o condutor e cabo guia será recoberto com fita isolante.

**2º Passo:**

Será fixado o dinamômetro ao sistema de roldanas e à parede da MH-07 através de alça de fixação, conforme mostrado na Fig. 10. Após todos os acessórios e conexões estarem devidamente inspecionados pelo encarregado, o guincho iniciará o puxamento de forma controlada. O dinamômetro ficará em constante inspeção. Adicionalmente, será alocado 1 colaborador no interior da MH-03 e mais 1 colaborador no interior da MH-06, guiando e posicionando os condutores e garantindo o arranjo correto, além disso, outro funcionário ficará observando o desbobinamento e as leituras do dinamômetro durante o puxamento.

**3º Passo:**

Serão posicionados 2 colaboradores no interior da MH-09 para efetuar a puxada dos condutores no trecho entre as MH-07 e MH-09 de forma manual (por conta da menor distância, não será necessário o uso do guincho).

Será posicionado 1 colaborador no interior da MH-03, 1 colaborador no interior da MH-06 e mais 5 colaboradores no interior da MH-07, puxando, guiando e posicionando os condutores para evitar sua torção e garantindo o arranjo correto. E ainda, cerca de 6 colaboradores posicionados nos arredores da MH-09 para o efetuar o transporte e posicionamento dos condutores que serão dispostos sobre o solo frontalmente a esta MH-09 à medida que forem sendo puxados.

**4º Passo**

Serão posicionados 3 colaboradores no interior do porão da sala de painéis para efetuar a puxada manual dos condutores a partir da MH-09. Ficarão posicionado 1 colaborador no interior desta MH-09, guiando e posicionando os condutores, além de, aproximadamente, 6 funcionários na área próxima a MH-09, fazendo o transporte e encaminhamento dos cabos (que neste momento estarão dispostos sobre o solo) para a posição adequada no interior desta.

### **5º Passo**

Os cabos a serem lançados no trecho entre a MH-01 e MH-03 serão desbobinados e dispostos sobre o solo, frontalmente à MH-03. Será liberada a extremidade de cada condutor e transpassada a parede da MH-03 através de um suporte equipado com roldanas, em seguida será efetuada a fixação de cada um dos condutores ao guia. Para esta fixação será feito um orifício perpendicular ao eixo do condutor onde será inserido e fixado o cabo guia. O cabo guia, por sua vez, será conectado ao guincho através de destorcedor. O ponto da fixação entre o condutor e cabo guia será recoberto com fita isolante.

### **6º Passo**

Será fixado o dinamômetro ao sistema de roldanas e à parede da MH-01 através de alça de fixação, conforme mostrado na Fig. 10. Será posicionado 1 colaborador no interior da MH-03 guiando e posicionando os condutores na passagem pelo eletroduto, organizando e garantindo o arranjo correto. Outros 6 colaboradores, posicionados nas proximidades desta MH-03, farão o transporte e encaminhamento dos cabos (que neste momento estarão dispostos sobre o solo) para a posição adequada no interior desta. Após todos os acessórios e conexões estarem devidamente inspecionados pelo encarregado, o guincho iniciará o puxamento de forma controlada. O dinamômetro ficará em constante inspeção.

### **7º Passo**

O lançamento dos condutores para subida nos postes de chegada da SE 69kV será realizado manualmente por 6 colaboradores utilizando o mesmo cabo guia. Para execução desta tarefa deverá ser considerado montagem de andaime tubo hall por profissional devidamente qualificado e sob pleno atendimento a norma NR-18.

### **8º Passo**

O lançamento dos condutores nos leitos dos dutos no interior do abrigo de painéis (porão de cabos) será realizado manualmente por 6 colaboradores.

Observação: Os passos de 1 a 8 acima serão repetidos para cada eletroduto com conjunto de três condutores.

### 1.3.3 LANÇAMENTO DE CABOS DO CIRCUITO 2

#### **1º Passo**

As bobinas serão depositadas próximas a MH-04 e postas sobre a desbobinadeira de cabos. Será liberada a extremidade de cada condutor e transpassada a parede da MH-04 através de um suporte equipado com roldanas, em seguida será efetuada a fixação de cada um dos condutores ao guia. Por consequência do peso e do comprimento do vão a ser lançado, utilizaremos o método de puxamento através do condutor. Para a fixação do condutor ao guia, será feito um orifício perpendicular ao eixo do condutor onde será inserido e fixado o cabo guia. O ponto da fixação entre o condutor e cabo guia será recoberto com fita isolante.

#### **2º Passo**

Será fixado o dinamômetro ao sistema de roldanas e à parede da MH-08 através de alça de fixação, conforme mostrado na Fig. 10. Após todos os acessórios e conexões estarem devidamente inspecionados pelo encarregado, o guincho iniciará o puxamento de forma controlada. O dinamômetro ficará em constante inspeção. Adicionalmente, será alocado 1 colaborador no interior da MH-04 e mais 1 colaborador no interior da MH-05, guiando e posicionando os condutores e garantindo o arranjo correto, além disso, outro funcionário ficará observando o desbobinamento e as leituras do dinamômetro durante o puxamento.

### **3º Passo**

Serão posicionados 2 colaboradores no interior da MH-10 para efetuar a puxada dos condutores no trecho entre as MH-08 e MH-10 de forma manual (por conta da menor distância, não será necessário o uso do guincho). Será posicionado 1 colaborador no interior da MH-04, 1 colaborador no interior da MH-05 e mais 5 colaboradores no interior da MH-08, puxando, guiando e posicionando os condutores para evitar sua torção e garantindo o arranjo correto. E ainda, cerca de 6 colaboradores posicionados nos arredores da MH-10 para o efetuar o transporte e posicionamento dos condutores que serão dispostos sobre o solo frontalmente a esta MH-10 à medida que forem sendo puxados.

### **4º Passo**

Serão posicionados 3 colaboradores no interior do porão da sala de painéis para efetuar a puxada manual dos condutores a partir da MH-10. Ficará posicionado 1 colaborador no interior desta MH-10, guiando e posicionando os condutores, além de, aproximadamente, 6 funcionários na área próxima a MH-10, fazendo o transporte e encaminhamento dos cabos (que neste momento estarão dispostos sobre o solo) para a posição adequada no interior desta.

### **5º Passo**

Os cabos a serem lançados no trecho entre a MH-02 e MH-04 (vide croqui anexo) serão desbobinados e dispostos sobre o solo, frontalmente à MH-04. Será liberada a extremidade de cada condutor e transpassada a parede da MH-04 através de um suporte equipado com roldanas, em seguida será efetuada a fixação de cada um dos condutores ao guia. Para esta fixação será feito um orifício perpendicular ao eixo do condutor onde será inserido e fixado o cabo guia. O cabo guia, por sua vez, será conectado ao guincho através de destorcedor. O ponto da fixação entre o condutor e cabo guia será recoberto com fita isolante.

### **6º Passo**

Será fixado o dinamômetro ao sistema de roldanas e à parede da MH-02 através de alça de fixação, conforme mostrado na figura 01. Será posicionado 1 colaborador no interior da MH-04 guiando e posicionando os condutores na passagem pelo eletroduto, organizando e garantindo o arranjo correto. Outros 6 colaboradores, posicionados nas proximidades desta MH-04, farão o transporte e encaminhamento dos cabos (que neste momento estarão dispostos sobre o solo) para a posição adequada no interior desta. Após todos os acessórios e conexões estarem devidamente inspecionados pelo encarregado, o guincho iniciará o puxamento de forma controlada. O dinamômetro ficará em constante inspeção.

### **7º Passo**

O lançamento dos condutores para subida nos postes de chegada da SE 69kV será realizado manualmente por 6 colaboradores utilizando o mesmo cabo guia. Para execução desta tarefa deverá ser considerado montagem de andaime tubo hall por profissional devidamente qualificado e sob pleno atendimento a norma NR-18.

### **8º Passo**

O lançamento dos condutores nos leitos dos dutos no interior do abrigo de painéis (porão de cabos) será realizado manualmente por 6 colaboradores.

Observação: Os passos de 1 a 8 acima serão repetidos para cada eletroduto com conjunto de três condutores.

## ANEXO C – PROJETO DE RÁDIO ENLACE ENTRE A SUBESTAÇÃO DE ALTO DA PEDRA E A SALA DE COMUNICAÇÃO EM CAM CENTRAL.

### 1.0 OBJETIVO

O presente memorial tem como finalidade descrever o sistema de comunicação Ethernet por rádio entre as subestações de Alto da Pedra e a sala de telecomunicações em CAM Central. Onde na SE-AP haverá um rádio modem Ethernet 5.8 GHz, 54 Mbps interligado ao switch. O sistema de AP se comunicará com a sala de telecomunicações de CAM Central.

### 1.1 LOCALIZAÇÃO

As coordenadas geográficas aproximadas de onde serão instaladas as antenas seguem na Tabela 2.

Tabela 7. Coordenadas Geográficas das Antenas

	<b>Alto da Pedra</b>	<b>Canto do Amaro</b>
Latitude	05°10'44.9" S	05°06'19.6" S
Longitude	37°15'47.8" W	37°11'17,1 W
Azimute (Graus)	45,6°	225,6°
Altura do solo em relação ao mar	32 m	40 m

### 1.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Com as coordenadas geográficas das subestações e o programa SIGAnatel, foi simulada a projeção Geográfica, dando assim o seguinte perfil do terreno.



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84

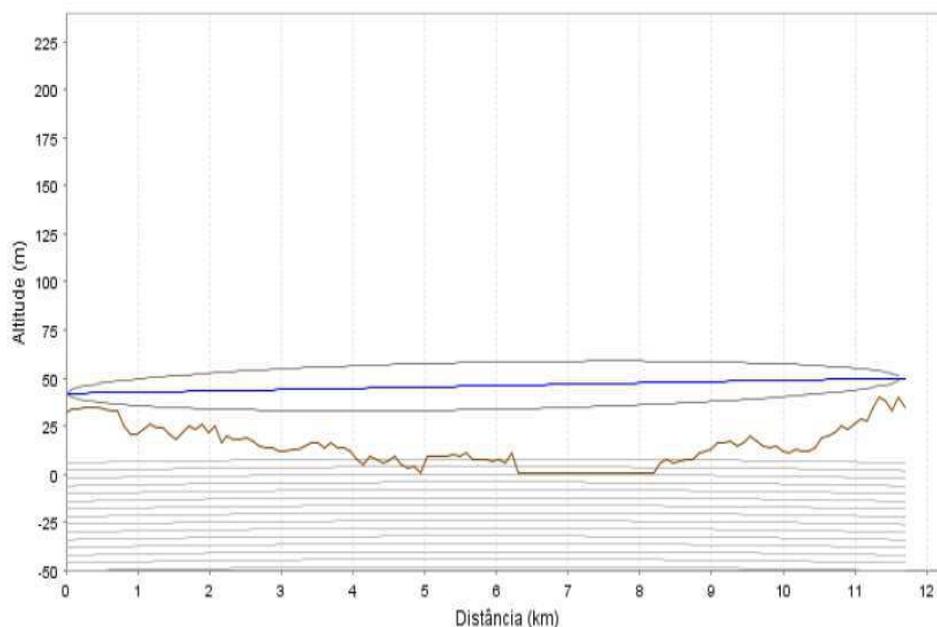


Figura 11. Projeção Geográfica

Tabela 8. Informações sobre os pontos onde ficarão localizadas as antenas

Ponto de Origem (SE-AP)	Ponto de Origem (SE-CAM)	Informações Extras
Latitude: 05°10'44,9"S	Latitude: 05°06'19,6"S	Passo(m): 90
Longitude: 37°15'47,8"W	Longitude: 37°11'17,1"W	Distância(m): 11,637
Azimute (Graus): 45,6°	Azimute (Graus): 225,6°	Fator K: 4/3
Altura do solo em relação ao mar: 32 m	Altura do solo em relação ao mar: 40 m	Frequência(GHz): 5,8
NMT(m) 14 HCI: 10	NMT(m) 20 HRX: 10	
Mossoró-RN	Mossoró-RN	

A conclusão da simulação está descrita nos seguintes pontos:

- Rádio-enlace com uma distância de 11,637 km;
- Enlace com visada direta;
- Antena situada a 15 m do solo,
- Altura da Antena em AP, em relação ao nível do mar: 47m;
- Antena situada 20 m do solo
- Altura da Antena em CAM, em relação ao nível do mar: 60m;
- Fator K: 1,3333333

O Fator K refere-se ao gradiente vertical do índice de refração e ao raio terrestre. O valor de  $K=4/3$  é definido para a atmosfera padrão como uma média no índice de refração na atmosfera.

#### 1.2.1 DESCRITIVO DA INSTALAÇÃO

➤ Subestação de Alto da Pedra:

Instalar poste 17x600 para servir como torre de comunicação;

Instalar 01 rádio OBT 5854 NF PLUS em 5.8 GHz (ou similar com CRCC);

Alimentação do rádio em 125 Vcc;

Instalar antena não integrada, modelo OIW-5833D, sendo está instalada em estrutura de concreto (conforme item 9 desta ET) e posicionada para a direção da antena de telecomunicações existente na sala de telecomunicações de Canto do Amaro.

➤ Sala de telecomunicações de CAM central:

Instalar 01 rádio OBT 5854 NF PLUS em 5.8 GHz (ou similar com CRCC);

Alimentar o rádio em 125VCC ou tensão existente;

Instalar o rádio e antena integrada na direção da Subestação de Alto da Pedra na torre de telecomunicação existente em CAM Central.

Instalar antena não integrada, modelo OIW-5833D,

No momento da instalação dos rádios poderá haver ajustes (Alinhamento).

## 1.3 POLIGONAL DA ROTA

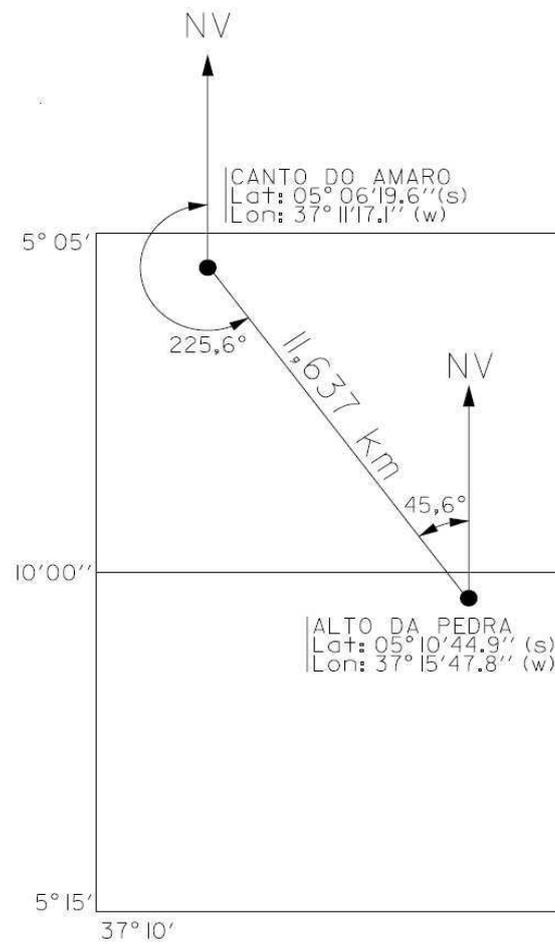


Figura 12. Poligonal da Rota

#### 1.4 DIAGRAMA BASE DO SISTEMA

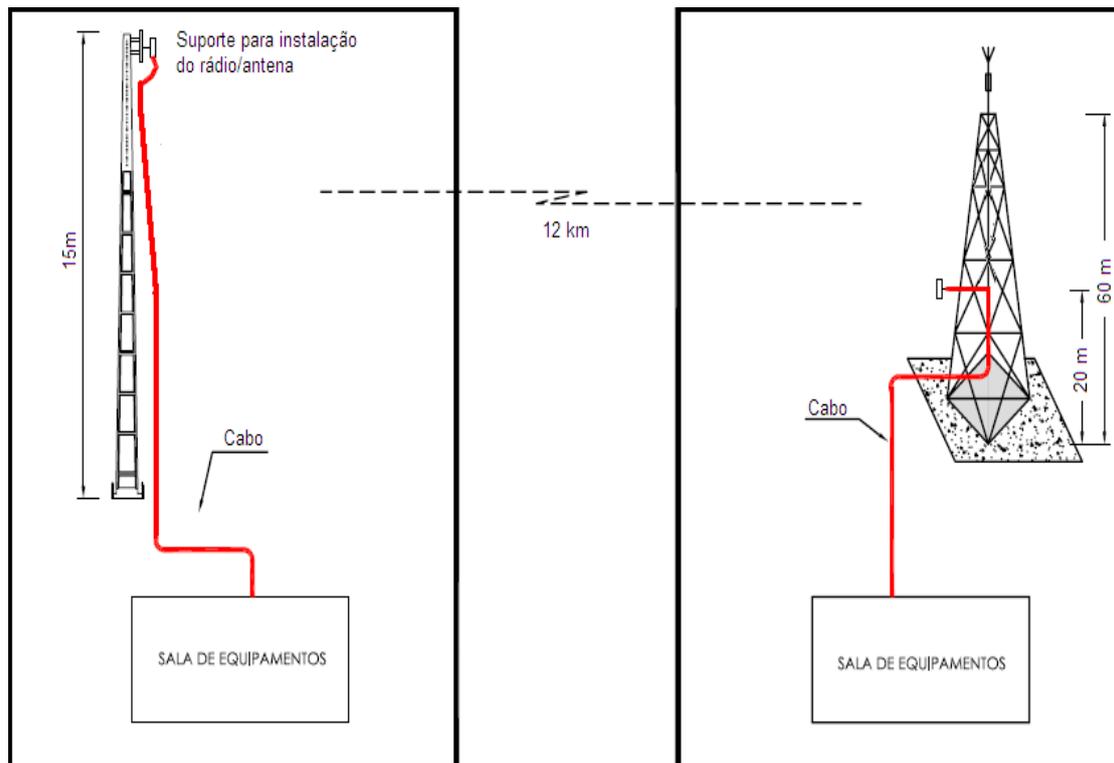


Figura 13. Diagrama Base do Sistema

As figuras acima esboçam o diagrama básico do sistema, o qual expõe que na SE de AP, a antena estará instalada em uma estrutura de concreto, a uma altura de 15 metros, com esta voltada para a sala de telecomunicações de CAM central, a uma distância de 12 km.

#### 1.5 CÁLCULO DAS PERDAS DE POTÊNCIA EM CABOS POE (POWER OVER ETHERNET):

A alimentação sobre cabo de rede ou POE (Power Over Ethernet) é usada para alimentar um equipamento através do cabo de rede. O equipamento usa 4 fios do cabo CAT.5E F/UTP 24AWGX4P para dados, e 4 para transportar energia. Neste caso, há uma degradação da tensão no decorrer do cabo, que deve ser compensada pela fonte.

O cálculo para determinamos a queda de tensão no cabo POE está descrito abaixo: (NOVANETWORK, 2011)

Onde, a partir dele, chegamos aos seguintes resultados:

- Para os cabos da SE de AP:

Entrada de Informações:

<b>Alto da Pedra</b>	
Distância do Cabo (m)	40
Tensão de Entrada(VDC)	18 volts
Corrente Consumida (mA)	1000
Pares com energia	2
Diâmetro do Condutor (AWG)	24

Resultado:

<b>Alto da Pedra</b>	
Queda de Tensão (VDC)	1,68
Tensão Mínima Fonte(VDC)	19,68
Diâmetro Efetivo (AWG)	21
Resistência Cabo	1,68
Dissipação de Potência	0,042

- Para os cabos da sala de telecomunicações de CAM Central:

Entrada de Informações:

<b>CAM Central</b>	
Distância do Cabo (m)	95
Tensão de Entrada(VDC)	18 volts
Corrente Consumida (mA)	1000
Pares com energia	2
Diâmetro do Condutor (AWG)	24

Resultado:

<b>CAM Central</b>	
Queda de Tensão (VDC)	3,99
Tensão Mínima Fonte(VDC)	21,99
Diâmetro Efetivo (AWG)	21
Resistência Cabo	3,99
Dissipação de Potência	0,042

\*Na alimentação PoE é comum que a tensão diminua após alguns metros de cabo. A Tensão mínima da fonte é a tensão mínima (quantidade de Volts) que a fonte deve gerar

para que o equipamento receba a quantidade de energia inserida no campo "Tensão de Entrada (VDC)".

#### 1.6 ATENUAÇÃO DE ESPAÇO LIVRE:

A atenuação ou perda de transmissão pode ser definida como a diminuição da intensidade de energia de um sinal ao propagar-se através de um meio de transmissão. Com as coordenadas geográficas das subestações, o programa RadioMobile e os seguintes parâmetros:

- Potência do rádio;
- Sensibilidade de recepção do rádio;
- Tipo de antena;
- Ganho da antena;
- Altura da antena;
- Distância entre Emissor/Receptor;
- Frequências Máximas/Mínimas;

Realizamos a simulação a fim de determinamos a atenuação de espaço livre. Seguem as imagens da simulação abaixo:

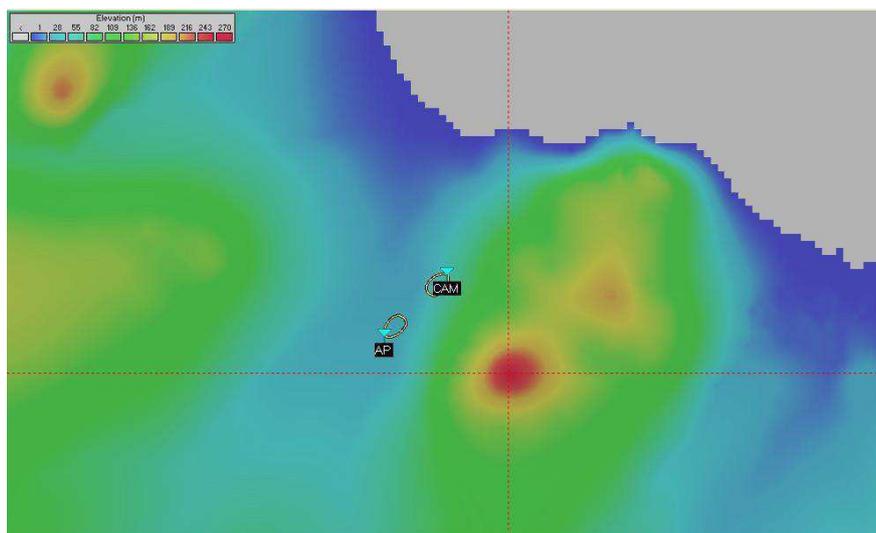


Figura 8 Resultado final com o mapa de elevação.

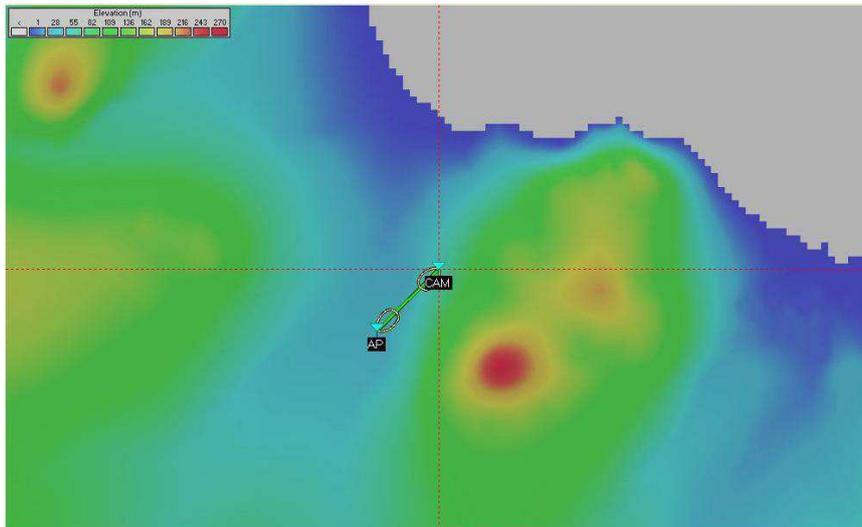


Figura 9. Resultado final com o mapa de elevação mostrando o alinhamento entre as antenas localizadas em AP e CAM central

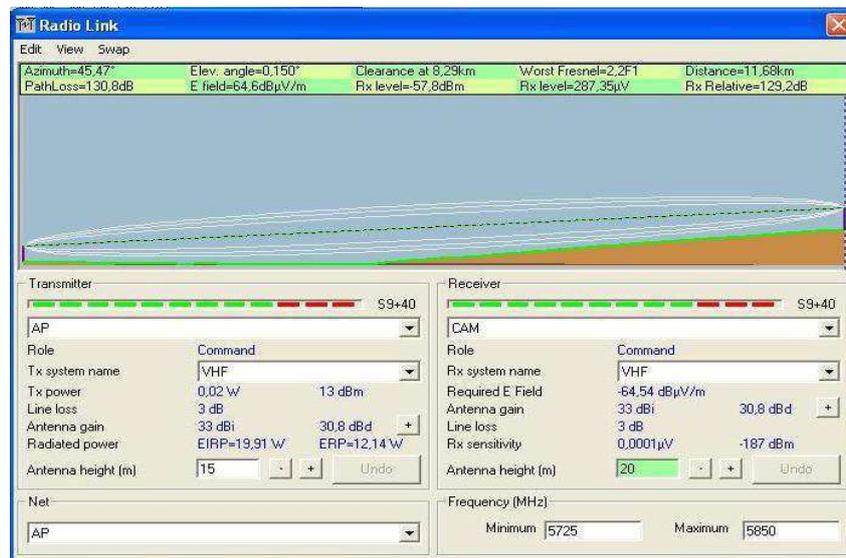


Figura 16. Tela final de simulação