



Universidade Federal
de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

KAL-EL BASÍLIO BRITO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Campina Grande, Paraíba
Fevereiro de 2015

KAL-EL BASÍLIO BRITO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado 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.*

Área de Concentração: Processamento de Energia

Orientador:

Professor Tarso Vilela Ferreira, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Fevereiro de 2015

KAL-EL BASÍLIO BRITO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado 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.*

Área de Concentração: Processamento de Energia

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

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

AGRADECIMENTOS

À minha família. Sem minha mãe e meu pai nada disso seria possível.

À minha namorada Laís, por estar ao meu lado diariamente.

Aos amigos que fiz nesse curso, pelo companheirismo.

Ao meu orientador Professor Tarso Vilela, pela paciência e orientação.

À Aeroespacial pelas imagens de satélites e pelo fornecimento de capacidade de processamento.

Ao contribuinte brasileiro, pelo investimento na Educação Superior.

RESUMO

Neste relatório serão apresentadas as atividades realizadas, bem como será elencada parte dos conhecimentos adquiridos durante o Estágio Supervisionado realizado no Laboratório de Alta Tensão da Universidade Federal de Campina Grande pelo aluno Kal-El Basílio Brito. Serão abordadas atividades relativas a ensaios de Equipamentos de Proteção Coletiva, Equipamentos de Proteção Individual e ensaios em isoladores poliméricos de alta tensão. Serão ainda abordadas atividades de processamento digital de imagens dedicado à detecção de regiões propícias a instalação de plantas de geração de energia solar. Esta última atividade foi realizada no âmbito da pesquisa de mestrado do pós-graduando Antônio Barbosa de Oliveira Neto.

Palavras-chave: Ensaios, equipamentos de proteção individual, equipamentos de proteção coletiva, isoladores poliméricos, processamento digital de imagens.

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introdução..... | 7 |
| 1.1 | Laboratório de Alta Tensão..... | 7 |
| 1.1.1 | Salão de Alta Tensão | 7 |
| 1.2 | Atividades e Objetivos | 8 |
| 1.3 | Estrutura do Trabalho | 9 |
| 2 | Embasamento Teórico | 10 |
| 2.1 | Equipamentos de Proteção Coletiva e Individual | 10 |
| 2.2 | Isoladores | 10 |
| 2.3 | Processamento Digital de Imagens | 11 |
| 3 | Atividades Realizadas | 13 |
| 3.1 | Ensaios de Equipamentos de Proteção Coletiva e Individual | 13 |
| 3.1.1 | Ensaio de Lança Isolante | 13 |
| 3.1.2 | Ensaio de Mangas Isolantes | 15 |
| 3.1.3 | Ensaio de Coberturas para Condutor | 16 |
| 3.1.4 | Ensaio de Lençol Isolante | 17 |
| 3.2 | Ensaios em Isoladores Poliméricos de Alta Tensão | 18 |
| 3.3 | PDI dedicado à Detecção de Regiões Propícias | 21 |
| 3.3.1 | Familiarização dos Algoritmos de PDI..... | 21 |
| 3.3.2 | Padronização das Imagens de Pernambuco | 21 |
| 3.3.3 | Mapa de Insolação | 22 |
| 3.3.4 | Mapa de Umidade..... | 24 |
| 3.3.5 | Mapa Hidrográfico | 25 |
| 3.3.6 | Mapa Eletrogeográfico | 27 |
| 3.3.7 | Produto Final | 28 |
| 4 | Conclusão | 30 |
| | Referências | 31 |

1 INTRODUÇÃO

Neste relatório serão apresentadas as atividades realizadas, bem como será elencada parte dos conhecimentos adquiridos durante o Estágio Supervisionado, o qual é requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O Estágio contou com uma carga horária de 180 horas que foram preenchidas em 30 horas semanais, tendo seu início 05 de novembro e término em 09 de fevereiro de 2015. O estágio foi realizado no Laboratório de Alta Tensão (LAT) da UFCG.

1.1 LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO

O Laboratório de Alta Tensão começou a ser implantado em 1974, graças a uma associação de recursos nacionais com os de algumas cooperações técnicas internacionais. Hoje é, na sua especialidade, o laboratório melhor equipado do Norte-Nordeste do país. O LAT possui equipamentos sofisticados e um corpo técnico formado por docentes-pesquisadores, engenheiros e técnicos qualificados e experientes.

O Grupo de Sistemas Elétricos (GSE) é resultado da fusão de antigos grupos de Sistemas de Potência e Alta Tensão, ocorrida em 1999. A fusão dos dois grupos resultou na incorporação de novas linhas de pesquisa, além da consolidação e fortalecimento das linhas de pesquisa existentes. O GSE tem como finalidade básica o desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão relacionadas à ênfase de eletrotécnica.

Nos últimos anos, o LAT desenvolveu várias pesquisas e realizou um grande número de ensaios. Várias empresas tais como, a PETROBRAS, Chesf, Energisa, CEAL, JPW, CEMEC, ALCACE, têm solicitado os serviços do laboratório.

1.1.1 SALÃO DE ALTA TENSÃO

O Salão de Alta Tensão foi o principal ambiente da realização do estágio. Neste ambiente são realizados os ensaios mais exigentes em termos de potência, visto que

possui equipamentos como transformadores de potencial em cascata, que permitem a geração de até 600 kV, e o gerador de impulsos de alta tensão (700 kV), com o qual se realizam ensaios em transformadores, isoladores, disjuntores e chaves. A cascata de transformadores pode suprir tensões de até 600 kV com uma corrente de 1 A. Dentre os ensaios realizados neste salão tem-se: ensaios de validação de modelos computacionais, ensaios de envelhecimento, ensaios de descargas, e ensaios de verificação de isolamento em equipamentos manutenção de linha viva. Além disso, há também nesse ambiente uma câmara de névoa, útil em ensaios envolvendo umidade ou névoa salina, a qual é utilizada em ensaios em isoladores.

1.2 ATIVIDADES E OBJETIVOS

O objetivo principal deste relatório é descrever as atividades realizadas pelo estagiário, a fim de, juntamente com sua defesa oral pública, comprovar a realização do mesmo junto à Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG, tornando o estagiário parcialmente apto à colação de grau.

As atividades realizadas durante o Estágio Supervisionado aqui relatado podem ser agrupadas em três grupos:

- i. Ensaios de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) e de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), cujo objetivo foi definir se os equipamentos ainda atendem as normas de segurança, assegurando proteção para os trabalhadores que os usarem.
- ii. Ensaios em isoladores poliméricos de alta tensão, cujo objetivo foi levantar características de interesse para a equipe visitante, como corrente de fuga, efeito corona, espectro de frequências e ruídos ultrassônicos.
- iii. Processamento digital de imagens dedicado à detecção de regiões propícias a instalação de plantas de geração de energia solar (PDIS), cujo objetivo foi processar imagens contendo informações relevantes para estas instalações no estado de Pernambuco, dessa forma auxiliando o desenvolvimento da dissertação do pós-graduando Antonio Barbosa de Oliveira Neto.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além do presente capítulo, de Introdução, este trabalho está estruturado com base em mais três capítulos, que serão apresentados a seguir.

No Capítulo 2, é apresentado o embasamento teórico das atividades realizadas. Serão tecidos alguns comentários sobre os EPI e EPC, sobre isoladores e sobre processamento digital de imagens. No Capítulo 3, são descritas as atividades realizadas, explicando-se a metodologia para realização das mesmas. Por fim, a Conclusão, no Capítulo 4, onde são elencados os aprendizados adquiridos e a impressão da realização desse estágio.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA E INDIVIDUAL

Serviços em linhas energizadas em média tensão são muitas vezes realizados por profissionais que entram em contato com condutores energizados. Tais serviços são de extrema importância no setor elétrico mundial e a segurança dos trabalhadores para a execução dessas atividades deve ser garantida através de equipamentos, ferramentas e dispositivos isolantes destinados ao trabalho em alta tensão. Os equipamentos devem ser submetidos a testes elétricos periódicos, feitos por empresas certificadoras especializadas e obedecendo-se as especificações do fabricante e a legislação vigente como as normas regulamentadoras, como a NR-10 (Segurança em instalações e serviços em eletricidade) e a NR-6 (Equipamentos de Proteção Individual - EPI).

O envelhecimento dos materiais dielétricos e o desgaste ou danificação durante o uso podem levar os equipamentos a condições insatisfatórias de trabalho, sobretudo com a diminuição da capacidade de isolamento. Os ensaios realizados com os EPI e EPC têm como objetivo verificar a integridade da isolamento do equipamento. O princípio dos métodos de ensaio é basicamente o mesmo para todos: aplica-se um determinado nível de tensão no equipamento e mede-se a corrente de fuga ou se avalia se a tensão aplicada causou-lhe algum dano visível. Os níveis de tensão aplicados e a intensidade da corrente de fuga dependem do equipamento e são definidos pelo fabricante e por suas respectivas normas (CRUZ, 2013).

2.2 ISOLADORES

Em qualquer sistema de distribuição e transmissão há a necessidade de segregar regiões com diferentes potenciais elétricos. Para esta função são empregados materiais isolantes de diversas naturezas, de acordo com a necessidade. São estes materiais que constituem as partes essenciais dos isolamentos elétricos. Entende-se por isolador o equipamento utilizado para isolar cabos energizados de regiões em outro potencial elétrico, bem como prover sustentação mecânica para o cabo. Isoladores de vários

formatos e constituídos de diversos materiais são encontrados atualmente nos sistemas elétricos. De maneira geral, podem ser divididos em orgânicos, que apresentam carbono em sua constituição, e cerâmicos que baseiam-se em materiais como vidro e porcelana. Comparados com outros equipamentos de um sistema elétrico, como transformadores, por exemplo, os isoladores apresentam um custo muito baixo, porém, os prejuízos acarretados devido à falha dos mesmos podem ser bastante significativos, sendo por isso necessário fazer ensaios que levantem suas características periodicamente. (VILAR, 2011)

Apesar de durante a primeira parte do século XX, cerâmica, vidro e porcelana terem sido estabelecidos como materiais confiáveis para isolamento de alta tensão, novas tecnologias de materiais poliméricos têm sido utilizadas (HOLZHAUSEN, 2014). A utilização dos isoladores poliméricos nos últimos anos cresce continuamente em virtude das seguintes vantagens (BEZERRA et al, 2010):

- Menor peso (facilidade de manuseio e transporte);
- Melhor desempenho em áreas de vandalismo;
- Melhor desempenho em áreas sob poluição industrial e marinha;
- Menor custo de instalação;

Abaixo são listadas algumas desvantagens:

- Tempo de vida útil de difícil determinação;
- Dificuldade de detecção de defeitos por inspeção visual;
- Baixa flexibilidade longitudinal, portanto não amortecem suficientemente as vibrações dos cabos.
- Mais suscetível a danos decorrentes de atividades elétricas (corona, descargas parciais e arcos de potência);
- Menor resistência aos raios ultravioleta.

2.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Por Processamento Digital de Imagens entende-se a manipulação de uma imagem por computador de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens,

tendo como objetivo dessa técnica melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos (SPRING, 1996).

A função primordial do processamento digital de imagens dedicado à detecção de regiões propícias a instalação de plantas de geração de energia solar, é a de fornecer ferramentas que facilitem a identificação e a extração da informação contida nas imagens obtidas por satélites, para sua posterior interpretação. Nesse sentido, sistemas dedicados de computação são utilizados para atividades interativas de análise e manipulação das imagens brutas. O resultado desse processo é a produção de outras imagens, estas já contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens brutas (CEPSRM, 2013). Assim, o processamento de imagens remove as barreiras, inerentes ao sistema visual humano, facilitando a extração de informações.

Várias etapas podem ser descritas ao longo do processamento digital de imagens. Listados abaixo são descritos alguns dos principais utilizados:

- **Realce da Imagem:** recuperando imagens que sofreram algum tipo de degradação devido à introdução de ruído, perda de contraste ou borramento.
- **Melhoramento de Contraste:** buscando melhorar a qualidade visual da imagem através de manipulação dos níveis de cinza.
- **Filtragem:** procurando extrair informações como as bordas da imagem ou corrigir algumas degradações na imagem, tais como: ruídos inseridos pelo processo de imageamento ou na transmissão da imagem.
- **Segmentação de Imagens:** extraindo ou identificando os objetos contidos na imagem, onde o objeto é toda característica com conteúdo semântico relevante para a aplicação desejada.

3 ATIVIDADES REALIZADAS

3.1 ENSAIOS DE EPC E EPI

Os ensaios descritos a seguir foram realizados no Salão de Alta Tensão do LAT e foram solicitados pela empresa Energisa Paraíba, responsável pela distribuição de energia elétrica no estado paraibano. Os equipamentos utilizados na execução dos ensaios foram:

- Gerador de Tensão CA, 120 kV – 1,0 A;
- Divisor de Tensão Capacitivo 7816/1;
- Voltímetro de Pico Hafelly;
- Multímetro Digital MINIPA;
- Termo-Higrômetro MINIPA.

As incertezas associadas as medições são:

- Incerteza na medição de Tensão: $\pm 0,05\%$
- Incerteza na medição de Corrente: $\pm 0,01\%$

As condições atmosféricas foram:

- Temperatura: 26,0 °C;
- Umidade relativa do ar: 62%;
- Pressão Atmosférica: 962 mbar.

3.1.1 ENSAIO DE LANÇA ISOLANTE

A lança isolante é utilizada para realizar a isolação entre o veículo e as caçambas isolantes (*liner*) que suportam os técnicos. Uma parte do braço de sustentação é feito de material isolante e deve ser ensaiado para medição da corrente de fuga, que não deve

ultrapassar 1000 μ A. O ensaio é realizado com aplicação de tensão de até 100 kV e as medições são realizadas a cada 10 kV.

Na Figura 1 são mostrados alguns detalhes da forma de realização do ensaio. Um eletrodo foi colocado na parte final da lança, próximo às caçambas isolantes, e nele serão aplicadas as tensões. Também na carcaça metálica do veículo foi realizado o aterramento, com isso, pôde-se medir a corrente de fuga total e determinar o correto funcionamento da isolação elétrica.

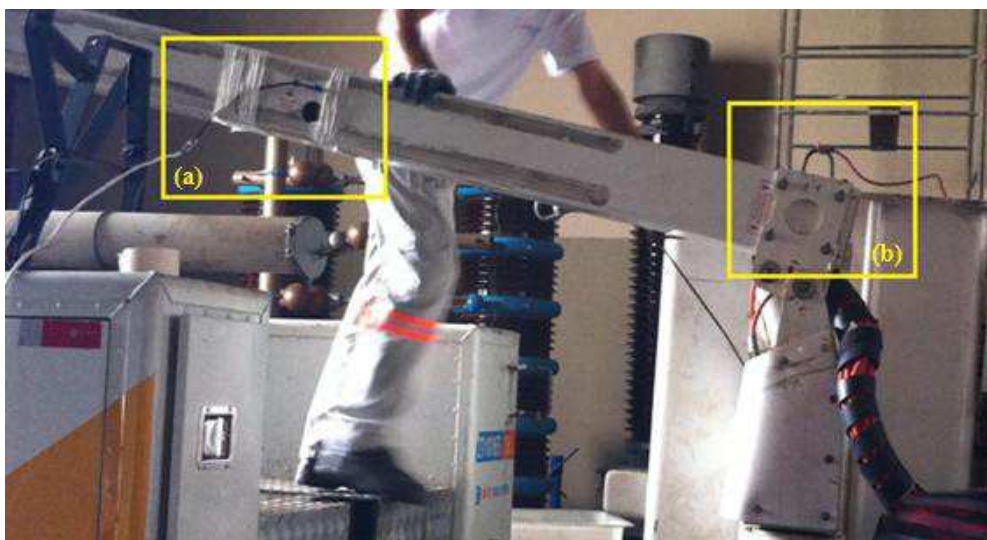


Figura 1: Ensaio de lança isolante (a) aterramento da lança isolante e (b) eletrodo na parte final da lança.

As informações referentes ao ensaio e as características da lança são detalhados na Tabela 1, onde se observou que a corrente de fuga não excedeu ao limite estipulado.

Tabela 1: Resultados do ensaio de lança isolante.

| Ferramenta: Lança Isolante | | Fabricante: VERSILIFT | | |
|---|----------------------|-------------------------------|---------------------|----------|
| Tensão nominal: 46 kV - CAT. C | | Mod.: - | FAB: 05/2013 | |
| Ensaio: Tensão Aplicada com, Medição da Corrente de Fuga. | | Nº DESÉRIE: SPOB1455, OD00917 | | |
| Corrente fuga máxima: 1000 μ A / 100 kV | | Norma: NBR 16092/2012 | | |
| RESULTADOS: | | | | |
| Item | Tensão Aplicada (kV) | Corrente de Fuga (μ A) | | Laudo |
| | | Isolamento Principal | Isolamento Auxiliar | |
| 01.01 | 10 | 5,4 | 7,5 | Aprovado |
| | 20 | 8,3 | 12,6 | |
| | 30 | 12,4 | 17,0 | |
| | 40 | 15,7 | 23,5 / 23,4* | |
| | 50 | 19,3 | - | |
| | 60 | 22,4 | - | |
| | 70 | 26,5 | - | |
| | 80 | 32,7 | - | |
| | 90 | 41,6 | - | |
| | 100 | 49,8 / 49,6* | - | |

* Medição efetuada após manutenção da tensão aplicada por um minuto;

3.1.2 ENSAIO DE MANGAS ISOLANTES

Para a realização do ensaio de tensão aplicada nas mangas isolantes, várias montagens são sugeridas em função da classe de isolamento da manga. Neste ensaio adotou-se a montagem invertida que consiste em inverter meia manga, puxando o punho através de sua parte interna, até formar uma cuba anular, como é mostrado na Figura 2.

O ensaio de manga isolante consiste em aplicar um determinado valor de tensão ao eletrodo que é introduzido na água contida no interior da manga. Este eletrodo deve ser colocado de modo que a tensão elétrica aplicada seja uniforme em toda a área ensaiada sem produzir efeito corona em qualquer ponto ou esforços mecânicos. O recipiente com água deve ser devidamente aterrado.

Iniciando em zero, a tensão deve ser elevada gradualmente, até atingir o valor da tensão de ensaio de 20 kV/60 Hz, o qual deve ser mantido por um minuto, e em seguida retornar a tensão ao valor zero, também gradualmente. A água deve estar isenta de bolhas de ar ou material em suspensão. O ensaio deve ser executado à temperatura ambiente (ABNT, 1989).

A ocorrência da disrupção elétrica do material ou a perfuração do mesmo reprovava a manga. Mede-se, também, a corrente de fuga na ferramenta para monitorar se a mesma está entre os limites aceitáveis, como são mostrados na Tabela 2.



Figura 2: Ensaio de mangas isolantes.

Foram ensaiadas um total de 6 mangas, os resultados destes ensaios, mostrando suas características, o total de mangas ensaiadas, assim como se foram aprovadas ou reprovadas, está mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados do ensaio de mangas isolantes de borracha.

| Ferramenta: Mangas Isolantes de borracha | | Fabricante: SALISBURY e LEAL | | |
|---|-------------|-------------------------------------|---------|----------|
| Tensão Nominal: 17 kV | | Classe: 2 – Tipo: I | | |
| Ensaio: Tensão Aplicada 20 kV/60Hz | | NORMA: NBR – 10623/89 | | |
| RESULTADOS: | | | | |
| Item | Nº de Série | Lado | Tamanho | Laudo |
| 09.01 | - | Direito | Médio | Aprovada |
| 09.02 | - | Esquerdo | Médio | Aprovada |
| 09.03 | - | Direito | Médio | Aprovada |
| 09.04 | - | Esquerdo | Médio | Aprovada |
| 09.05 | - | Direito | Médio | Aprovada |
| 09.06 | - | Esquerdo | Médio | Aprovada |

3.1.3 ENSAIO DE COBERTURAS PARA CONDUTOR

As coberturas protetoras para condutor são as que oferecem a maior área de proteção nas regiões energizadas e por isso são as mais utilizadas nos trabalhos em linha viva. São disponíveis em vários modelos para atender aos diversos tipos de instalações elétricas. Suas extremidades são dotadas de sistemas de encaixe macho/fêmea, que permitem a conexão de duas ou mais unidades, ou a sua conexão com outras coberturas (COPEL, 2006). O arranjo utilizado na realização neste ensaio está apresentado pela Figura 3.



Figura 3: Ensaio de coberturas isolantes.

O eletrodo interno à cobertura é aterrado e no eletrodo externo aplica-se uma tensão alternada que será elevada até o valor de 20 kV/60 Hz, mantendo esta tensão aplicada pelo tempo de um minuto. Após a realização do ensaio deve-se observar se o material não apresenta processos de degradação causados pelo ensaio como, por exemplo, perfurações ou desgastes. Em caso positivo deve-se reprovar o equipamento.

Foram ensaiadas um total de 16 coberturas rígidas cujos resultados está na Tabela 3, e 6 coberturas flexíveis cujos resultados está na Tabela 4.

Tabela 3: Resultados do ensaio de coberturas rígidas.

| Ferramenta: Cobertura Plástica para condutor (rígida) | | | Fabricante: RITZ e LEAL | | |
|--|-------------|----------|--------------------------------|-------------|----------|
| Tensão Nominal: 26,6 kV cat. C | | | Comprimento: 1500 mm | | |
| Ensaio: Tensão Aplicada - 20 kV/60 Hz. | | | NORMA: ASTM F 712 | | |
| RESULTADOS: | | | | | |
| Item | Nº de Série | Laudo | Item | Nº de Série | Laudo |
| 03.01 | 0904339 | Aprovada | 03.09 | - | Aprovada |
| 03.02 | 178351 | Aprovada | 03.10 | - | Aprovada |
| 03.03 | - | Aprovada | 03.11 | - | Aprovada |
| 03.04 | - | Aprovada | 03.12 | - | Aprovada |
| 03.05 | - | Aprovada | 03.13 | - | Aprovada |
| 03.06 | - | Aprovada | 03.14 | - | Aprovada |
| 03.07 | - | Aprovada | 03.15 | - | Aprovada |
| 03.08 | - | Aprovada | 03.16 | - | Aprovada |

Tabela 4: Resultados do ensaio de coberturas flexíveis

| Ferramenta: Cobertura de borracha para condutor | | | | Fabricante: SALISBURY | | | |
|--|-------------|------------------|----------|------------------------------|-------------|------------------|----------|
| Tensão Nominal: 17 kV | | | | Classe: 2 | | | |
| Ensaio: Tensão Aplicada - 20 kV / 60 Hz | | | | NORMA: ASTM D 1049. | | | |
| RESULTADOS: | | | | | | | |
| Item | Nº de Série | Comprimento (mm) | Laudo | Item | Nº de Série | Comprimento (mm) | Laudo |
| 04.01 | - | 1400 | Aprovada | 04.04 | - | 1400 | Aprovada |
| 04.02 | - | 1400 | Aprovada | 04.05 | - | 1400 | Aprovada |
| 04.03 | - | 1400 | Aprovada | 04.06 | - | 1400 | Aprovada |

3.1.4 ENSAIO DE LENÇOL ISOLANTE

Os procedimentos para a realização do ensaio de lençóis isolantes se resume em colocá-los sobre o eletrodo inferior que deve estar devidamente aterrado. Em seguida coloca-se o eletrodo superior sobre o lençol, neste eletrodo aplica-se a tensão exigida pela classe de isolamento durante o tempo de um minuto. Para a Classe 2 é 20 kV e para a Classe 4 é 35 kV, conforme a Figura 4.

Qualquer sinal visível de deterioração tais como rachaduras ou perfurações, deve ser considerado como evidência de falha acarretando na reprovação do equipamento (ASTM, 2005).



Figura 4: Ensaio de leñóis isolantes.

Foram ensaiados 5 leñóis de borracha conforme mostrado na Tabela 5, onde a reprovação do item 05.04 ocorreu devido à perfuração ocorrida.

Tabela 5: Resultados do ensaio de leñóis isolantes de borracha.

| Ferramenta: Leñol Isolante de borracha | | | | Fabricante: SALISBURY e RITZ | | | |
|---|-------------|--------|----------|-------------------------------------|-------------|--------|------------------|
| Tensão de Ensaio: Classe 2, 20kV e Classe 4, 35 kV | | | | Classe 4 / Tipo II | | | |
| | | | | NORMA: ASTM D 1048 | | | |
| RESULTADOS: | | | | | | | |
| Item | Nº de Série | Classe | Laudo | Item | Nº de Série | Classe | Laudo |
| 05.01 | 3134 | 2 | Aprovado | 05.04 | - | 2 | Reprovado |
| 05.02 | 3032 | 2 | Aprovado | 05.05 | - | 2 | Aprovado |
| 05.03 | 2132 | 4 | Aprovado | | | | |

3.2 ENSAIOS EM ISOLADORES POLIMÉRICOS DE ALTA TENSÃO

Uma equipe composta por dois professores e um estudante de graduação de Engenharia Elétrica do IFCE contrataram os serviços do LAT para a realização de ensaios em isoladores poliméricos de alta tensão, a fim de levantar características de corrente de fuga, de efeito corona, de espectro de frequência e de ruídos ultrassônicos.

Os ensaios foram idealizados pela própria equipe da IFCE, empregando a estrutura do Salão de Alta Tensão e o apoio operacional e de consultoria de especialistas do LAT. Os equipamentos utilizados na execução dos ensaios foram:

- Gerador de Tensão CA, 120 kV – 1,0 A;
- Divisor de Tensão Capacitivo 7816/1;
- 6 Isoladores Poliméricos (pertencentes à equipe do IFCE);
- Osciloscópio Digital (pertencente à equipe do IFCE);
- Analisador de Espectro(pertencente à equipe do IFCE);
- Medidor Ultravioleta DayCor II

Na Figura 5 pode ser visto como o Salão de Alta Tensão foi arranjado para estes ensaios.



Figura 5: Esquema de montagem para o ensaio em isoladores (a) divisor de tensão capacitivo, (b) gerador de tensão CA e (c) isolador polimérico de alta tensão.

Para levantar características em vários tipos de cenários possíveis, foram realizados os ensaios, respectivamente, de três formas.

- i. Ensaio com isoladores a seco: onde os isoladores foram limpos com um pano umidificado e logo em seguida secados para a realização do ensaio.

- ii. Ensaio com isoladores molhados com água destilada: onde os isoladores foram umidificados com um borrifador contendo água destilada.
- iii. Ensaio com isoladores molhados com solução salina: onde os isoladores foram umidificados com um borrifador contendo solução salina.

Para cada tipo de ensaio foi realizado medições para tensão nominal (40 kV), para 20% abaixo da nominal (32 kV), para 20% acima da nominal (48 kV) e para 50% acima da nominal (60 kV) das grandezas: corrente de fuga, descargas coronas e ruídos ultrassônicos. A coleta dos dados foi realizada pela própria equipe do IFCE.

Ressalta-se que para molhar os isoladores usou-se um borrifador a uma distância de 50 cm, conforme a Figura 6. Considerou-se três áreas do isolador com relação a altura (superior, mediana e inferior), e cada área foi borrifada entre 10 e 12 vezes a cada 90°.



Figura 6: Processo de umidificação do isolador.

Os dados coletados durante as medições são sigilosos e destinados à pesquisa da equipe visitante, logo não podem ser divulgados neste relatório.

3.3 PDI DEDICADO À DETECÇÃO DE REGIÕES PROPÍCIAS

3.3.1 FAMILIARIZAÇÃO DOS ALGORITMOS DE PDI

Para familiarizar-se com os algoritmos de PDI foi feito um treinamento com o aluno de mestrado Antônio Barbosa de Oliveira Neto, onde foram apresentados os conceitos das rotinas usadas para o tratamento de imagens. O objetivo geral do algoritmo consiste:

- Extrair atributos que relacione a legenda e a distribuição de intensidades de determinado parâmetro ao longo do mapa com valores numéricos;
- Organizar todos os mapas, um sobre o outro, como camadas;
- Realizar a adição transversal, ponto a ponto, do grau de favorabilidade de cada parâmetro em relação à instalação de plantas de geração de energia solar.

Assim, o objetivo final do método proposto é atingido realizando-se uma soma ponderada de matrizes bidimensionais, as quais foram geradas a partir das características presentes em cada tipo de mapa. Tais matrizes são versões simplificadas das imagens representadas nos mapas, e cada elemento de uma destas matrizes assume um valor dentro de uma escala de 0 a 100%, definido em função do quão favorável à instalação de plantas de geração de energia solar o parâmetro em questão se apresenta (OLIVEIRA NETO et al, 2014).

Uma vez familiarizado com os algoritmos, usaram-se imagens obtidas por satélite do estado de Pernambuco, as quais representam parâmetros importantes que influenciam na captação de energia fotovoltaica, como: insolação, umidade e hidrografia, além do mapa eletrogeográfico da região. A partir dessas imagens será gerado o produto final: um mapa de propiabilidade para instalação de plantas de geração de energia solar.

3.3.2 PADRONIZAÇÃO DAS IMAGENS DE PERNAMBUCO

Para cada subitem a seguir têm-se três imagens, a primeira figura é a imagem dita bruta, ou seja, que ainda não passou por nenhuma etapa de PDI. Esta primeira imagem normalmente vem com legendas, logotipos e outros elementos que não são de interesse para a geração do produto final. Na segunda figura tem-se a imagem após passar pela etapa de padronização de cores, eliminando da parte de interesse da figura contornos e borrachentos. A terceira figura consiste na imagem depois de todo o processamento para ela ter sido realizado, onde só resta a parte com informação relevante escalonada em tons de vermelho, quanto mais marcante for o tom de vermelho maior a sua favorabilidade a instalação.

3.3.2.1 Insolação

A insolação é a quantidade de horas durante as quais o sol brilhou em um dia, um mês ou um ano determinado. É importante ressaltar que para uma mesma quantidade de radiação solar recebida em diferentes pontos da terra, a insolação só irá depender da área sobre a qual essa radiação em forma de energia se distribui, ou seja, da inclinação com que os raios solares atingem a superfície da Terra no local e data considerados (BEZERRA, 1986). Conclui-se que quanto maior a insolação, mais propícia à geração de energia elétrica pela energia solar. Na Figura 7 tem-se a média diária tomada em um período de um ano do estado de Pernambuco.

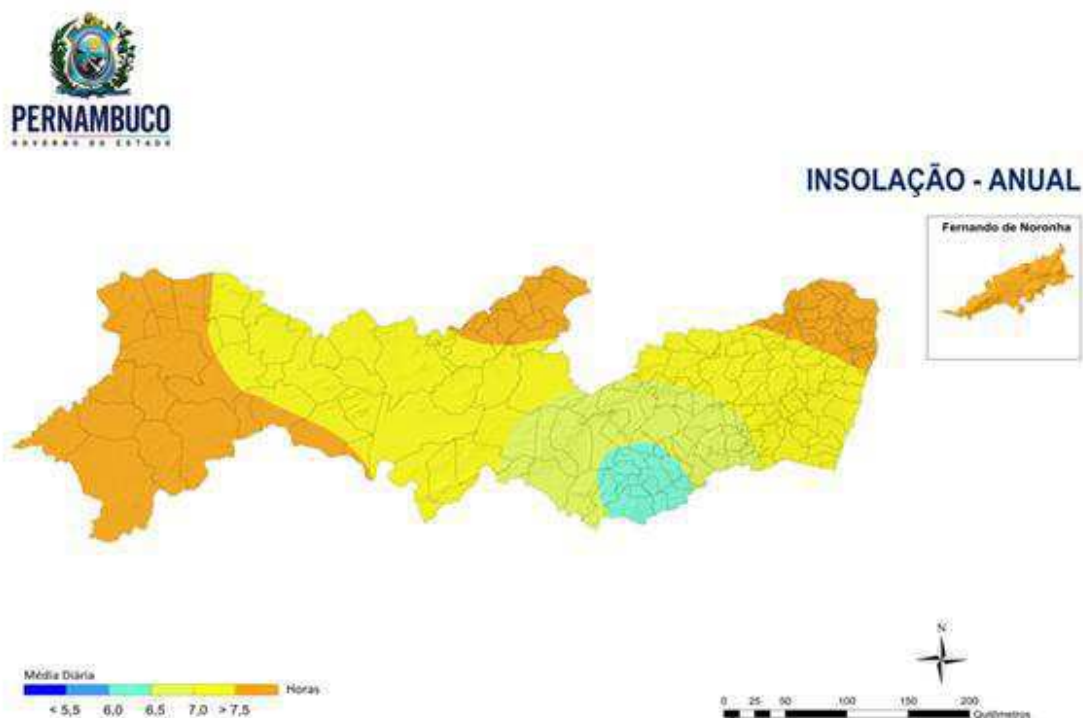


Figura 7: Média diária de insolação em um período de um ano.

Escolheram-se quatro cores para representar os valores de insolação existentes no mapa. Como no mapa não há azul escuro correspondente à faixa <5,5 horas diária e nem o azul intermediário correspondente à faixa entre 5,5 e 6,0 horas diária, essas cores não foram tomadas, obteve-se como resultado a Figura 8.



Figura 8: Média diária de insolação processada.

Como a insolação é um fator que age de maneira aditiva, os *pixels* das cores correspondentes a maior insolação vão receber maior peso, ou seja, a cor laranja correspondente à faixa >7,5 horas diária será 100%, a cor amarela (faixa entre 7,0 e 7,5) será 66%, a cor verde (faixa entre 6,5 e 7,0) será 33% e a cor azul claro (faixa entre 6,0 e 6,5) será 0%. A Figura 9 foi escalonada em tons de vermelho para ressaltar essa ponderação.



Figura 9: Média diária de insolação escalonada em tons de vermelho.

3.3.2.2 Umidade

A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) em um documental com propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz energética brasileira ressalta que um dos grandes problemas enfrentados na geração da energia solar é a umidade do ar. Esta afeta o funcionamento normal de alguns inversores (dispositivos usados no processo de conversão da energia elétrica), sendo necessária manutenção frequente, elevando em muito os custos de operação (ABINEE, 2012).

A umidade do ar, assume assim, um importante papel nos sistemas de geração de energia elétrica a partir da energia solar, de forma negativa, algo que está diretamente relacionado com a precipitação local da região.

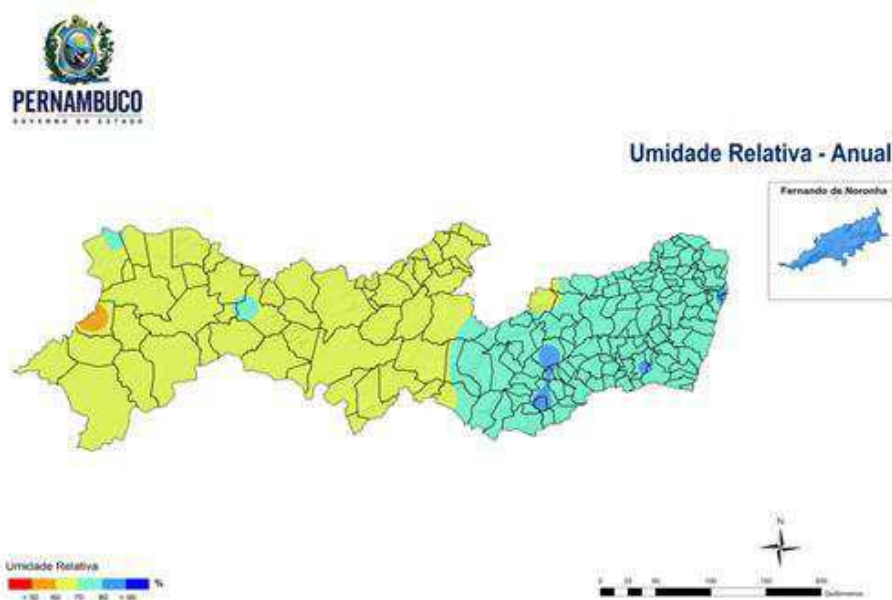


Figura 10: Umidade relativa anual.

Para essa imagem escolheram-se também quatro cores para representar os valores de umidade existentes. Como no mapa não há vermelho correspondente à faixa <50%, nem azul escuro correspondente à faixa >90% essas cores não entraram. O resultado pode ser observado na Figura 11.



Figura 11: Umidade relativa anual processada.

A umidade é um fator que age de maneira subtrativa, ou seja, os *pixels* correspondentes às cores de maior umidade vão receber menor peso. A cor laranja correspondente à faixa de 50% a 60% será 100%, a cor amarela (faixa entre 60 e 70%) será 66%, a cor azul turquesa (faixa entre 70 e 80%) será 33% e o azul claro (faixa entre 80 e 90%) será 0%. Conforme o escalonamento de tons vermelhos na Figura 12.



Figura 12: Umidade relativa anual escalonada em tons de vermelho.

3.3.2.3 Hidrografia

Observa-se que não há conveniência em se ter uma unidade geradora de energia fotovoltaica localizada geograficamente sobre um rio, açude, lago ou similares, devido à dificuldade para realizar a instalação, a manutenção e a operação em tal ambiente.

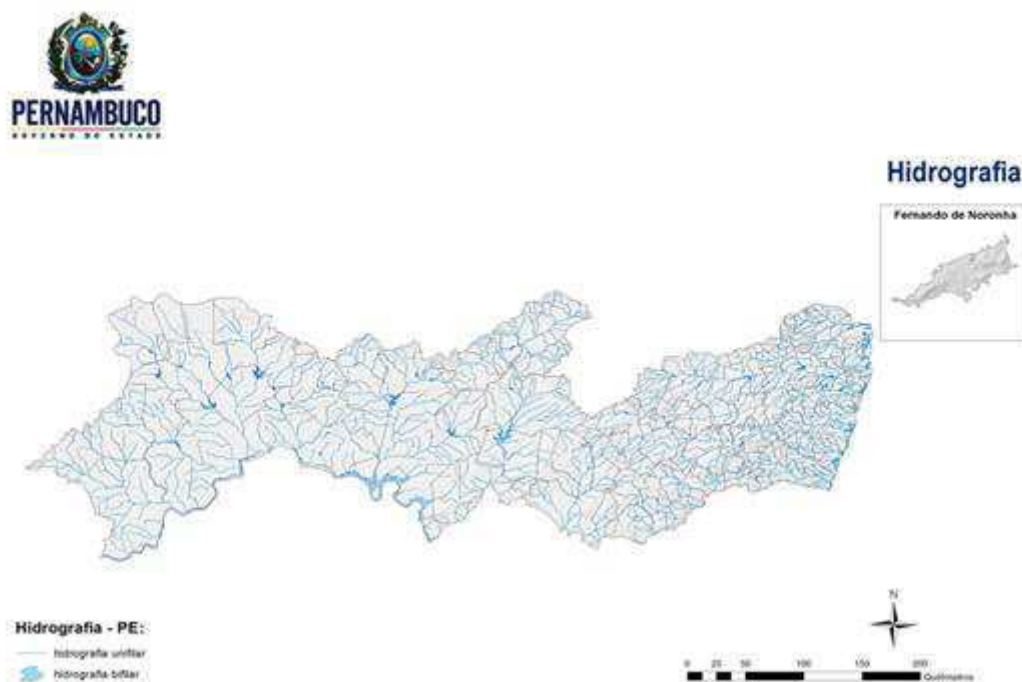


Figura 13: Hidrografia.

Escolheram-se duas cores que vão representar se há ou não volumes de água. Na cor amarela é indicado onde não há água, maior parte da área do estado, e na cor vermelha onde há.



Figura 14: Hidrografia processada.

Diferente dos dois mapas já citados, a hidrografia é um fator que não entrará na soma, ou seja, não terá um peso a ser considerado no somatório final. Trata-se de um fator de exclusão. Onde há presença de rios, açudes ou qualquer volume de água não será possível a instalação de uma planta solar, na Figura 15 é mostrado a imagem em tons de vermelho.



Figura 15: Hidrografia em tons de vermelho

3.3.2.4 Eletrogeografia

O sistema elétrico nacional está cada vez mais caro. O custo da rede de transmissão, responsável pela interligação de energia entre as cinco regiões brasileiras, teve um salto de mais de 500% de 1999 a 2009, de R\$ 1,7 bilhão para R\$ 10,5 bilhões, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (PERREIRA, 2009).

O transporte de energia é um dos itens que compõem a tarifa paga pelos brasileiros, ou seja, quem arca com os investimentos para a expansão, indiretamente, é o consumidor. É neste contexto que se observa a relevância da distância do ponto de geração ao ponto de consumo (cargas). É visível que regiões que tenham proximidades das linhas de transmissão ou das subestações apresentem aspectos economicamente positivos quanto à geração de energia elétrica. Segue na Figura 16 uma versão simplificada do mapa eletrogeográfico do estado de Pernambuco.



Figura 16: Eletrogeografia.

Diferente das outras imagens o mapa eletrogeográfico possui valores concentrados, sendo necessária uma rotina de distribuição de gradiente que será responsável pela geração de valores intermediários, distribuídos dentro de um intervalo definido na região (BRITO et al, 2014). No caso das Linhas de Transmissão (LT) a

meta da distribuição de gradiente é realizar uma suavização ao longo da extensão dos mapas, partindo de regiões de onde elas são presentes como valor de favorabilidade máxima e conforme a região for se distanciando valor de favorabilidade vai sendo decrescido. Na primeira etapa parametrizou-se a imagem definindo na cor preta os dados concentrados e em verde a região a ser distribuída, conforme a Figura 17.



Figura 17: Eletrogeografia processada.

Na rotina de distribuição de gradiente foi definido que os pixels onde se encontram os dados concentrados como mais favoráveis e os mais distantes como menos favoráveis, conforme Figura 18.



Figura 18: Eletrogeografia escalonada em tons de vermelho.

3.3.3 PRODUTO FINAL

Após o processamento das quatro imagens foi feita a soma das três primeiras, onde foi considerado que cada fator teria igual importância, ou seja, insolação, umidade e eletrogeografia contribuíram igualmente para o Mapa de Propriedade Solar, sendo insolação e a eletrogeografia diretamente proporcionais a propriedade solar e umidade inversamente proporcional, conforme a Figura 19.



Figura 19: Produto Final sem o fator de exclusão.

Serão adicionadas a este mapa as informações do mapa de hidrografia, que será um fator excludente, onde houver traços hidrográficos a proporcionalidade será nula, conforme a Figura 20.



Figura 20: Produto Final com a hidrografia como fator de exclusão.

Na Figura 21 é mostrada em escala de cores uma representação do produto final onde se podem constatar áreas de alta proporcionalidade a captação de energia fotovoltaica na microrregião do Pajeú e na mesorregião do São Francisco Pernambucano. A barra lateral direita (que varia de 0 a 100) indica quão favorável é a região, onde 100 seria o caso com maior valor para insolação, menor valor para umidade, localizado fora de volumes de água e onde há linhas de transmissão.

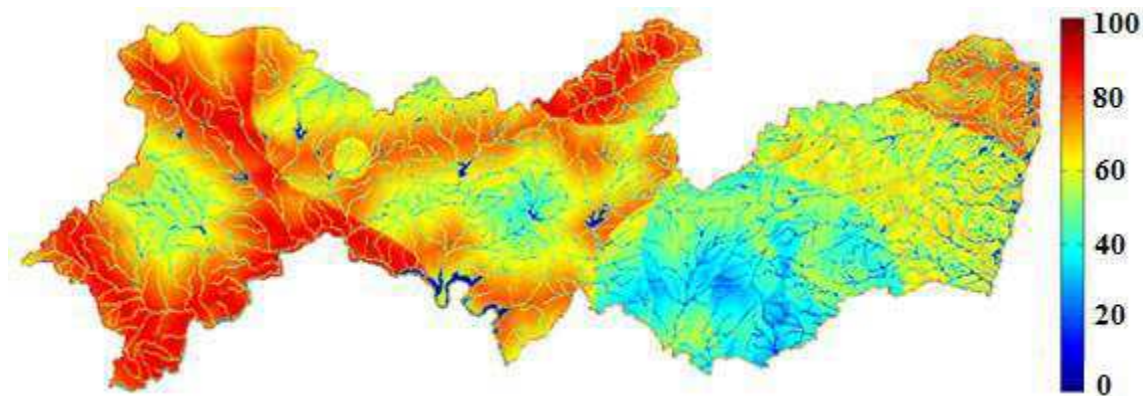


Figura 21: Representação em escala de cores do produto final.

4 CONCLUSÃO

Nas atividades de ensaios teve-se a oportunidade de se inteirar em montagens, tornando-se assim, capaz de coordenar ensaios do gênero (de EPI, de EPC e de isoladores) ao longo da vida profissional, além de adquirir conhecimentos em relação à organização das equipes de trabalho e do tempo de realização das tarefas. No período de estágio descrito neste relatório, foi adquirida proveitosa experiência de trabalho com a equipe de profissionais do próprio laboratório, da empresa contratante (no caso a Energisa Paraíba) e de profissionais de outras instituições (no caso a equipe do IFCE).

A atividade de PDI dedicado à detecção de regiões propícias a instalação de plantas de geração de energia solar teve como principal resultado a contribuição no desenvolvimento na dissertação do pós-graduando Antonio Barbosa de Oliveira Neto. Os resultados obtidos ao fim das atividades atenderam as expectativas, estando ainda em aberto à possibilidade para trabalhos futuros mais detalhados e em outras áreas do conhecimento. Foi notória ao longo das atividades realizadas a importância das disciplinas da graduação que ensinaram como manusear o Matlab, destacando-se Laboratório de Circuitos Elétricos II e Laboratório de Controle Digital. Associado a isso podem ser citadas as disciplinas de Introdução a Programação e Cálculo Numérico como sendo grande serventia quando se trata do processamento da informação, a primeira como porta de entrada da programação e a segunda como a responsável por fazer o mundo matemático presente em linhas de código.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Standard Specification for Rubber Insulating Blankets. ASTM-D1048/05. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE). Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira. Junho de 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 10623 - Mangas Isolantes de Borrachas. Fev. 1989.

BEZERRA, A.M. Energia Solar: Aquecedores de Água. Editora Universitária – UFPB. João Pessoa – PB, 1986.

BEZERRA, R. C.; TOSTES, J. A. S.; TEIXEIRA JR, J. M.T.; LEITE, R. C. Estudo para Aumento da Confiabilidade de Isoladores Poliméricos nas Linhas de Transmissão da Eletronorte. In: Anais do III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, Belém – PA, Brasil, 2010.

BRITO, K. B.; OLIVEIRA NETO, A. B.; FERREIRA, T. V. Algoritmo de Distribuição de Gradiente Aplicado ao Geoprocessamento. In: Anais do 4º Encontro do Grupo de Sistemas Elétricos da Universidade Federal de Campina Grande – PB, Brasil, 2014.

CENTRO ESTADUAL DE PESQUISA EM SENSORIAMENTO REMOTO E METEOROLOGIA (CEPSRM). Página dinâmica para aprendizado do sensoriamento remoto: processamento digital de imagens. Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/pdi.html>>. Acesso em: 10 fev. 2015, 13:15.

COPEL. Distribuição. Manual de Instruções Técnicas - Procedimentos de Ensaio de ferramentas e Equipamentos de Linha Viva. 2006.

CRUZ, R. F. A. Relatório de Estágio: Ensaio em Equipamentos para Trabalho com Linhas Vivas. UFCG, Campina Grande – PB, Brasil, 2014.

HOLZHAUSEN, J.P. High Voltage Insulators. Disponível em: <http://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/electrical_engineering/highvoltage.pdf>. Acesso em 14 fev. 2015, 17:30.

OLIVEIRA NETO, A. B.; ALVES, L. N. T.; DE LUCENA, M. D.; FERREIRA, T. V. Um Algoritmo Baseado em PDI para Localização de Regiões Propícias à Instalação de Usinas Solares. In: Anais do V Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, Foz do Iguaçu – PR, Brasil, 2014.

PEREIRA, René. Economia: Custo da Transmissão sobe 500 % em 10 Anos. Estadão, São Paulo, 23 Nov. 2009. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,custo-de-transmissao-sobe-500-em-10-anos,470601>> Acesso: em 09 fev. 2015, 08:55.

SPRING, G; CAMARA, R. C. M; SOUZA, U. M; FREITAS, J. G., Integrating Remote Sensing and GIS by Object Oriented Data Modeling. Computers & Graphics, 1996, pp. 395-403.

VILAR, P. B. Desenvolvimento de Redes Neurais Auto-Associativas Para Classificação de Ruídos Acústicos Emitidos por Isoladores Cerâmicos. Relatório de Trabalho de Conclusão de Curso, UFCG, Campina Grande – PB, Brasil, 2011.