

**Universidade Federal de Campina Grande**  
**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**  
**Departamento de Engenharia Elétrica**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO**  
**SUPERVISIONADO**

André Dantas Dias

Campina Grande, fevereiro de 2009.

**Universidade Federal de Campina Grande**  
**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**  
**Departamento de Engenharia Elétrica**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO**  
**SUPERVISIONADO**

*Relatório de Estágio Supervisionado apresentado à Coordenação do  
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade  
Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências  
para obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista.*

Orientador:

Prof. Edson Guedes da Costa, D. Sc.

Campina Grande, fevereiro de 2009.

## **APRESENTAÇÃO**

O presente relatório refere-se ao estágio supervisionado realizado pelo aluno do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), André Dantas Dias, no Laboratório de Alta Tensão (LAT), desta mesma universidade. O estágio teve vigência durante o período de 17/11/08 a 30/01/09 sob orientação e supervisão do Professor Edson Guedes da Costa.

O estágio supervisionado teve carga horária de 300 horas, e é uma disciplina integrante da grade curricular do curso de Engenharia Elétrica, indispensável para obtenção do diploma de Engenheiro Eletricista.

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b> .....	<b>5</b>
<b>2. O Laboratório de Alta tensão</b> .....	<b>6</b>
2.1. Salão de Alta Tensão.....	6
2.2. Laboratório de Materiais Elétricos.....	7
2.3. Laboratório de Sistemas Elétricos.....	7
2.4. Sala do Gerador de Impulso de Corrente.....	8
2.5. Sala do Kit de Alta Tensão.....	8
2.6. Sala do Laboratório de Instalações Elétricas.....	8
2.7. Sala do Laboratório de Sistemas de Potência.....	8
<b>3. Atividades Desenvolvidas</b> .....	<b>10</b>
3.1. Ensaio de Corrente de Fuga.....	11
3.1.1. Isoladores de pino.....	12
3.1.2. Laço plástico para isoladores de pino, modelo 01.....	13
3.1.3. Laço plástico para isoladores de pino, modelo 02.....	14
3.2. Ensaio de Tensão de Descarga Disruptiva a Seco.....	15
3.2.1. Isoladores de pino.....	16
3.2.2. Laço plástico para isoladores de pino, modelo 01.....	16
3.2.3. Laço plástico para isoladores de pino, modelo 02.....	17
3.3. Ensaio de Tensão de Descarga Disruptiva em Névoa Salina.....	18
3.3.1. Isoladores de pino.....	19
3.3.2. Laço plástico para isoladores de pino, modelo 01.....	19
3.3.3. Laço plástico para isoladores de pino, modelo 02.....	20
3.4. Inspeção Noturna na Subestação Campina Grande II.....	21
3.4.1. Descargas corona.....	21
3.4.2. Detector de radiação ultravioleta, o <i>DayCor</i> .....	21
<b>4. Conclusões</b> .....	<b>24</b>
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>25</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

No decorrer das últimas décadas, o setor elétrico tem sofrido grandes mudanças decorrentes do avanço tecnológico. Tal avanço é oriundo da competitividade gerada pela globalização e envolve os vários ramos do setor como a geração, a transmissão e a distribuição de energia elétrica. Dessa forma, cada vez mais se faz necessário que o profissional esteja preparado para enfrentar eficientemente esta nova realidade, sendo necessária uma postura de questionamento das soluções tradicionais, procurando, na medida do possível, inovar e simplificar processos, através do entendimento dos problemas e suas respectivas formulações apropriadas.

Durante a formação do engenheiro é visto um vasto conteúdo teórico com várias particularidades, o qual só é de fato assimilado e melhor compreendido quando se põe em prática tais conhecimentos. Sendo assim, percebe-se o quão importante é o estágio na formação deste profissional, visto que, à medida que as atividades práticas vão sendo executadas, ele terá suas habilidades cada vez mais estimuladas e aperfeiçoadas.

Neste contexto, este relatório apresenta as atividades desenvolvidas durante o estágio supervisionado, relatando as experiências adquiridas e as contribuições acadêmicas e práticas.

## **2. O LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO**

O Laboratório de Alta Tensão (LAT) começou a ser implementado em 1974, graças a uma associação de recursos nacionais com os de algumas cooperações técnicas internacionais. Com uma área construída de 1.350 m<sup>2</sup>, é hoje o laboratório mais bem equipado do Norte-Nordeste na sua especialidade. Além de possuir equipamentos sofisticados, o LAT possui um corpo técnico formado por docentes-pesquisadores, engenheiros e técnicos qualificados e experientes.

No decorrer desses anos, foi realizado um grande número de ensaios elétricos, de recebimento e pós-reparos eletromecânicos, além de apoio às pesquisas de desenvolvimento de equipamentos. Várias empresas tais como, a PETROBRAS, CHESF, ENERGISA, CEAL, JPW, CEMEC, ALCACE, têm solicitado os serviços do LAT.

Atualmente o LAT é composto pelos seguintes ambientes: Salão de Alta Tensão, Laboratório de Materiais Elétricos, Laboratório de Sistemas Elétricos, Sala do Gerador de Impulso de Corrente, Sala do Kit de Alta Tensão, Sala do Laboratório de Instalações Elétricas e Sala do Laboratório de Sistemas de Potência.

### **2.1. Salão de Alta Tensão**

O Salão de Alta Tensão é o principal ambiente dentro do LAT. É nele onde são realizados os ensaios mais exigentes em termos de potência, visto que possui equipamentos como os transformadores de potencial em cascata, que permitem a geração de até 600 kV, e o gerador de impulsos de alta tensão (700 kV, 36 kJ), 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 temos: ensaios de validação de modelos computacionais, ensaios de tensão suportável, ensaios de envelhecimento, ensaios de descargas e ensaios de verificação de isolamento em equipamentos de manutenção de linha viva.

Além disso, há também neste ambiente uma câmara de névoa, útil em ensaios envolvendo umidade ou névoa salina, a qual é utilizada em ensaios em isoladores.

A Figura 2.1 abaixo mostra uma fotografia do Salão de Alta Tensão.



Figura 2.1 – Salão de Alta Tensão (FERREIRA, 2005).

## 2.2. Laboratório de Materiais Elétricos

Este laboratório tem como finalidade básica a sedimentação dos conhecimentos adquiridos na disciplina de Materiais Elétricos, porém, muitas vezes, seus experimentos também auxiliam linhas de pesquisa. Dentre os principais experimentos realizados neste laboratório podemos citar:

- Medição de capacitância, permissividade e perdas em dielétricos;
- Determinação da rigidez dielétrica de óleos isolantes;
- Estudo da distribuição de tensão em cadeia de isoladores;
- Curva de magnetização e ciclo de histerese para núcleo de transformadores;
- Introdução ao estudo de descargas em gases; e
- Caracterização elétrica de varistores.

O laboratório possui um Kit Didático para Alta Tensão (100 kV), uma Ponte *Schering* e capacitores padrão.

## 2.3. Laboratório de Sistemas Elétricos

O Laboratório de Sistemas Elétricos tem como finalidade básica a sedimentação dos conhecimentos adquiridos na disciplina Sistemas Elétricos. Nele são realizadas montagens e medições necessárias para as análises das grandezas elétricas, na forma de experimentos que tangem tensões e correntes de circuito indutivo, correção do fator de potência, tensões e correntes em um circuito trifásico equilibrado, medição da potência ativa e reativa nos circuitos trifásicos. Para a realização destes experimentos, o

laboratório possui bancadas munidas de motores, reatores, capacitores, resistências de carga e instrumentos de medição.

#### **2.4. Sala do Gerador de Impulso de Corrente**

O Gerador de Impulso de Corrente tem capacidade de até 160 kA, 100 kV com onda 8/20  $\mu$ s. Ele é utilizado em experimentos envolvendo pára-raios.

#### **2.5. Sala do Kit de Alta Tensão**

O Kit de Alta Tensão é ideal para ensaios de baixa potência. Ele possui dimensões compactas o que facilita a execução dos experimentos, sendo composto de uma mesa de controle, transformador de 220 V/100 kV–10 kA, capacitores e resistores de alta tensão, espinterômetros, tubos para descargas em gases ou vácuo, dentre outros componentes. O Kit é utilizado em várias disciplinas da Graduação e da Pós-graduação do curso de Engenharia Elétrica.

#### **2.6. Sala do Laboratório de Instalações Elétricas**

O Laboratório de Instalações Elétricas possui uma área de 25 m<sup>2</sup> e uma infraestrutura de rede elétrica em concordância com a NBR 5410. Ele dá suporte à disciplina Laboratório de Instalações Elétricas e tem como finalidade básica a sedimentação dos conhecimentos adquiridos na disciplina Instalações Elétricas do curso de graduação.

A disciplina Laboratório de Instalações Elétricas dispõe de experimentos como:

- Fotometria;
- Instalações prediais;
- Comandos elétricos;
- Introdução ao uso de Controladores Lógicos Programáveis (CLP's); e
- Instalação de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas.

#### **2.7. Sala do Laboratório de Sistemas de Potência**

O Laboratório de Sistemas de Potência (LSP) foi criado em 1986 com a instalação de um microcomputador VAX-750, doado pelo Governo Alemão. O LSP tem como finalidade básica o desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão com ênfase nos estudos de métodos para simulação de sistemas elétricos, modelagem digital de equipamentos elétricos, redes neurais, desenvolvimento de interfaces gráficas,



dentre outros. Atualmente as atividades desenvolvidas por ele são realizadas utilizando microcomputadores adquiridos de convênios com a ELETROBRAS e recursos próprios.

### 3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Vários ensaios elétricos foram realizados durante o estágio, os quais serão descritos neste trabalho. Os ensaios elétricos que serão apresentados são resultados parciais de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento da CELPE/CPqD/UFCG-PaqTcPB, que visa à realização de Ensaio Elétricos para Envelhecimento Acelerado e Ensaio Elétricos para Diagnóstico, com o objetivo de avaliar os efeitos elétricos da degradação de isolamentos poliméricos.

Entre os equipamentos ensaiados encontram-se isoladores poliméricos de suspensão e de pino, espaçadores em forma de losango para linhas trifásicas compactas, pára-raios e dois modelos de laços plásticos de topo para isoladores de pino. Neste trabalho serão mostrados os dados referentes apenas aos isoladores de pino e aos dois modelos de laços plásticos de topo para isoladores de pino.

Cada grupo de equipamentos disponibilizado havia sofrido um prévio envelhecimento acelerado e diferenciado. Os tipos de ensaios de envelhecimento por eles sofridos foram os seguintes:

- Envelhecimento em *Weather-ometer* (WO) por 6 meses;
- Envelhecimento térmico (T1 e T2) a 120 °C por 6 meses;
- Envelhecimento em água (H1 e H2) à temperatura ambiente por 6 meses;
- Envelhecimento por tensões elétricas;
- Envelhecimento por Névoa Salina mais Tensão Elétrica;

Também foram utilizadas amostras novas ( $T=0_1$  e  $T=0_2$ ), ou seja, sem terem passado por nenhum processo de envelhecimento.

Os ensaios elétricos para diagnóstico realizados durante o estágio foram:

- Ensaios de Corrente de Fuga;
- Ensaios de Descargas Parciais;
- Ensaios de Tensão de Descarga Disruptiva; e
- Ensaios de Tensão de Descarga Disruptiva em Névoa Salina.

Dentre os ensaios citados acima, neste trabalho será dada ênfase apenas aos ensaios de Corrente de Fuga, aos ensaios de Tensão de Descarga Disruptiva e aos ensaios de Tensão de Descarga Disruptiva em Névoa Salina.

Os ensaios foram realizados de acordo com a natureza dos equipamentos, uma vez que nem todos os ensaios podem ser executados em todos os equipamentos.

Além dos ensaios de laboratório, foi realizada uma visita técnica à Subestação Campina Grande II, de propriedade da CHESF, no intuito de se realizar uma inspeção nos equipamentos, através de um instrumento de inspeção à distância, o Detector de Radiação Ultravioleta (*OfilSystems DayCor II®*).

### 3.1. Ensaios de Corrente de Fuga

A corrente de fuga de um isolamento ou pára-raios fornece informações importantes acerca do estado de operação do equipamento.

No caso dos isoladores, uma elevada corrente de fuga pode indicar presença de poluição, perda da capacidade isolante do material polimérico, carbonização, etc. Um isolador em boas condições geralmente apresenta corrente de fuga da ordem de alguns microampère, quando exposto a sua tensão nominal de operação.

Nos pára-raios de óxido de zinco, que apresentam correntes típicas de alguns décimos de miliampère, a extração de informações pode ser realizada também em termos de componentes harmônicas da corrente. Este tipo de análise pode indicar o grau de deterioração dos elementos varistores, os quais são constituintes semicondutores fundamentais do pára-raios.

O ensaio para medição de corrente de fuga pode ser descrito como um arranjo experimental no qual o equipamento sob ensaio é submetido à alta tensão enquanto a corrente do circuito é medida. A Figura 3.1 apresenta um diagrama esquemático da montagem para medição de corrente de fuga.

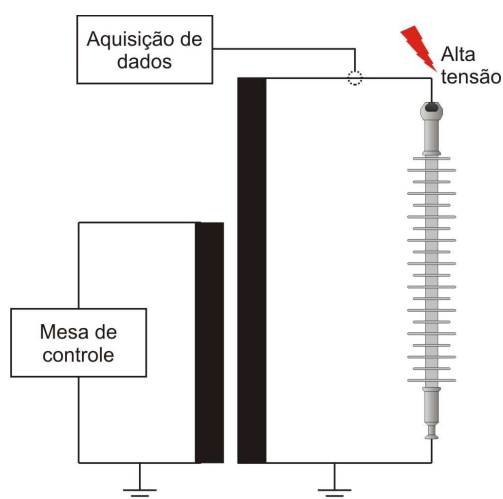


Figura 3.1 – Diagrama esquemático da montagem para medição de corrente de fuga

Os ensaios de corrente de fuga foram realizados para os seis produtos disponibilizados: isoladores de pino; isoladores de suspensão; espaçadores em forma de losango; os dois tipos de laços plásticos de topo para isoladores de pino; e os pára-raios. Neste relatório serão apresentados apenas os resultados referentes aos isoladores de pino e aos dois modelos de laços plásticos de topo para isoladores de pino.

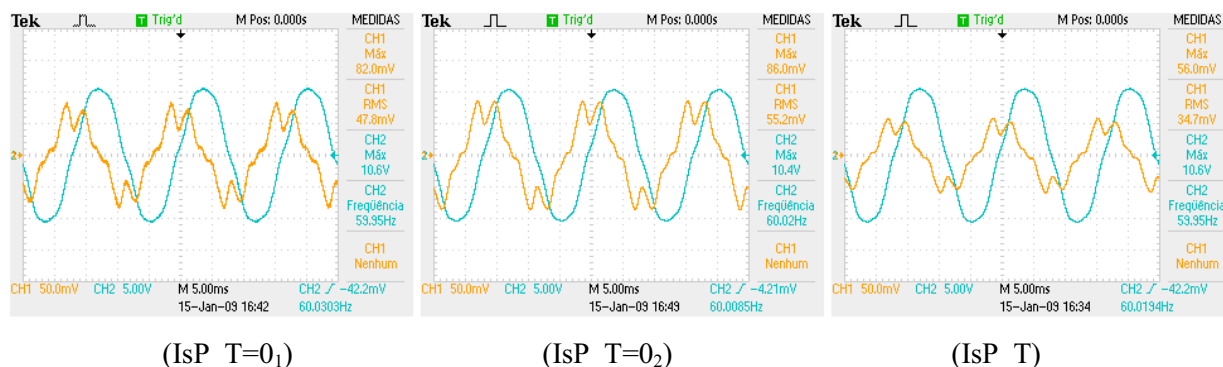
### 3.1.1. Isoladores de pino

Os isoladores poliméricos de pino da classe 15 kV, da marca Inael, tiveram suas correntes de fuga medidas a seco, numa temperatura ambiente de 27°C e umidade do ar de 64%. A tensão máxima de operação nominal do equipamento em regime (1.1 p.u.) é 12,39 kV. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.1.1.

Tabela 3.1.1 – Aferição da corrente de fuga dos isoladores de pino.

Amostra	Tensão aplicada (kV <sub>pico</sub> )	Corrente de fuga (μA <sub>pico</sub> )
IsP_T=0 <sub>1</sub>	13,26	56,34
IsP_T=0 <sub>2</sub>	13,01	57,68
IsP_T	13,26	46,95
IsP_W.O.	13,01	57,68
IsP_H 1	13,01	53,66
IsP_H 2	13,01	52,31

Na Figura 3.1.1 abaixo, estão apresentados os sinais de tensão aplicada e a corrente de fuga para todas as amostras ensaiadas. É importante observar que as grandezas apresentadas na Figura 3.1.1 representam sinais obtidos nos divisores de tensão e no resistor shunt.



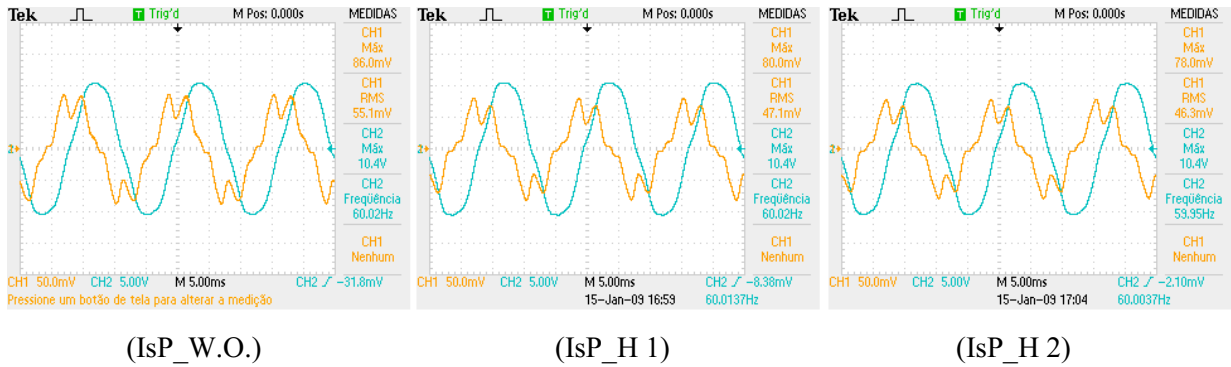


Figura 3.1.1 – Sinais de tens&#o227o aplicada e corrente de fuga dos isoladores de pino.

As distor&#o227es vis&#u00edveis nos sinais de corre&#o227&#o227o s&#o227o resultados da presen&#o227a de ru&#u00eddos externos &#o227 medi&#o227&#o227o, bem como &#o227 influ&#eancia de capacit&#e222ncias e indut&#e222ncias parasitas. Todos os isoladores apresentaram correntes de fuga t&#u00edpicas e coerentes com seu estado de conserva&#o227&#o227o e polui&#o227&#o227o.

### 3.1.2. La&#o227o pl&#e1;stico de topo para isoladores de pino, modelo 01

Os la&#o227os pl&#e1;sticos de topo para isoladores de pino, modelo 01, classe 15 kV, da marca PLP, tiveram suas correntes de fuga medidas a seco, numa temperatura ambiente de 28,5&#o227C e umidade do ar de 54%. Os resultados est&#o227o apresentados na Tabela 3.1.2.

Tabela 3.1.2 - Aferi&#o227&#o227o da corrente de fuga dos la&#o227os pl&#e1;sticos, modelo 01.

Amostra	Tens&#o227o aplicada (kV <sub>pico</sub> )	Corrente de fuga ( $\mu$ A <sub>pico</sub> )
Lp01_W.O.	13,51	10,46
Lp01_H 1	13,01	9,66
Lp01_H 2	13,51	9,39

Na Figura 3.1.2 abaixo, est&#o227o apresentados os sinais de tens&#o227o aplicada e a corrente de fuga para todas as amostras ensaiadas. &#eacute; importante observar que as grandezas apresentadas na Figura 3.1.2 representam sinais obtidos nos divisores de tens&#o227o e no resistor shunt.



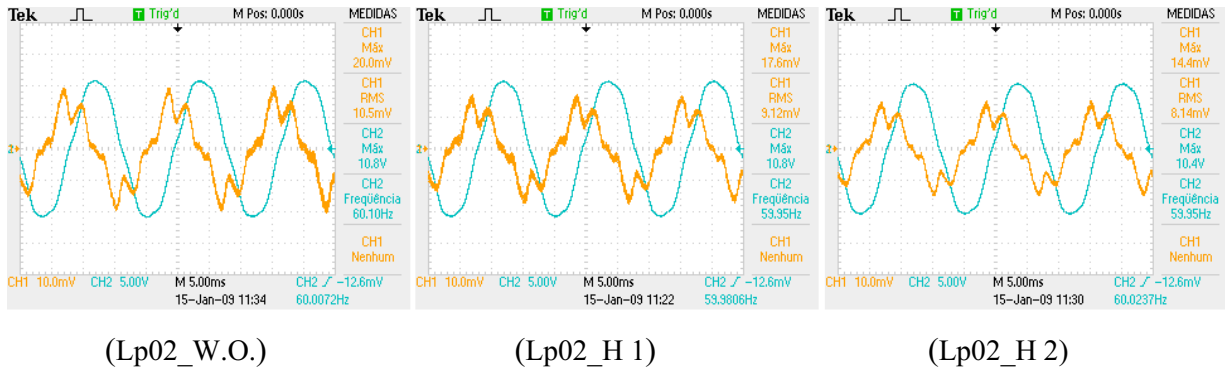


Figura 3.1.3 – Sinais de tensão aplicada e corrente de fuga dos laços plásticos de topo para isoladores de pino, modelo 02.

As distorções visíveis nos sinais de correção são resultados da presença de ruídos externos à medição, bem como à influência de capacitâncias e indutâncias parasitas. Todos os laços plásticos de topo para isoladores de pino, modelo 02, apresentaram correntes de fuga típicas e coerentes com seu estado de conservação e poluição.

### 3.2. Ensaio de Tensão de Descarga Disruptiva a Seco

O ensaio de Tensão de Descarga Disruptiva avalia se os equipamentos ensaiados suportam a tensão senoidal de operação para a qual foram construídos. Para isso é aplicada uma tensão, a qual é elevada continuamente até que ocorra descarga disruptiva do isolador. A ruptura do dielétrico é facilmente detectável visual e auditivamente, não requerendo o emprego de outros equipamentos.

O valor da tensão de ensaio alcançada no instante imediatamente anterior ao da descarga deve ser registrado. Cada um desses valores deve ser corrigido para condições atmosféricas normalizadas e o resultado final é a média entre cinco descargas consecutivas. De acordo com a NBR 5032, o isolador é aprovado se o valor da tensão de descarga a seco não for inferior a 95% do valor nominal de tensão disruptiva. O diagrama esquemático deste ensaio pode ser visto na Figura 3.2, abaixo.

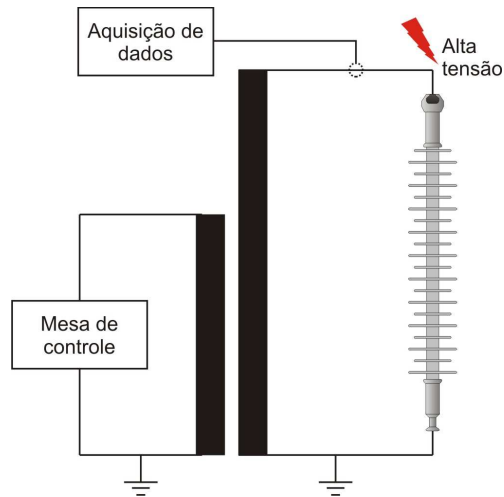


Figura 3.2 – Diagrama esquemático da montagem para medição de tensão de descarga disruptiva a seco.

### 3.2.1. Isoladores de pino

Estes isoladores poliméricos da classe 15 kV, da marca Inael, tiveram suas tensões de descargas disruptivas medidas a seco, numa temperatura ambiente em torno de 27,5°C e umidade do ar em torno de 66,7%. A tensão máxima de operação nominal do equipamento em regime (1.1 p.u.) é 12,39 kV. A Tabela 3.2.1 apresenta os resultados dos valores médios para cada tipo de isolador de pino ensaiado.

Tabela 3.2.1 – Resultados do ensaio de tensão disruptiva do isolador de pino.

Amostra	Tensão (kV <sub>pico</sub> )	Tensão Normalizada (kV <sub>pico</sub> )
IsP_T=0 <sub>1</sub>	93,90	101,44
IsP_T=0 <sub>2</sub>	94,90	102,55
IsP_T	93,60	101,15
IsP_W. O.	90,40	97,72
IsP_H 1	88,50	95,70
IsP_H 2	89,30	96,63

Todos os isoladores foram aprovados, tendo em vista que os valores de descarga disruptiva a seco não foram inferiores a 95% do valor nominal da tensão disruptiva. Os equipamentos não foram visivelmente danificados durante o ensaio.

### 3.2.2. Laço plástico de topo para isoladores de pino, modelo 01

Os laços plásticos de topo para isoladores de pino, modelo 01, classe 15 kV, da marca PLP, tiveram suas tensões de descargas disruptivas medidas a seco, numa



temperatura ambiente de 25,9°C e umidade do ar de 86%. A Tabela 3.2.2 apresenta os resultados dos valores médios para cada tipo de laço plástico, modelo 01, ensaiado.

Tabela 3.2.2 – Resultados do ensaio de tensão disruptiva dos laços plásticos, modelo 01.

Amostra	Tensão (kV <sub>pico</sub> )	Tensão Normalizada (kV <sub>pico</sub> )
Lp01_W.O.	139,24	148,74
Lp01_H 1	164,90	176,15
Lp01_H 2	204,60	218,56

Todos os laços plásticos de topo para isoladores de pino, modelo 01, foram aprovados, tendo em vista que os valores de descarga disruptiva a seco não foram inferiores a 95% do valor nominal. A Figura 3.2.2 apresenta uma região danificada durante o ensaio em um laço plástico de topo, modelo 01.



Figura 3.2.2 – Região danificada no laço plástico (Lp01\_H 1) após o ensaio.

### 3.2.3. Laço plástico de topo para isoladores de pino, modelo 02

Os laços plásticos de topo para isoladores de pino, modelo 02, classe 15 kV, da marca PLP, tiveram suas tensões de descargas disruptivas medidas a seco, numa temperatura ambiente de 25,9°C e umidade do ar de 86%. A Tabela 3.2.3 apresenta os resultados dos valores médios para cada tipo de laço plástico, modelo 02, ensaiado.

Tabela 3.2.3 – Resultados do ensaio de tensão disruptiva dos laços plásticos, modelo 02.

Amostra	Tensão (kV <sub>pico</sub> )	Tensão Normalizada (kV <sub>pico</sub> )
Lp02_W.O.	93,38	99,75
Lp02_H 1	123,88	132,33
Lp02_H 2	117,52	125,54

Todos os laços plásticos de topo para isoladores de pino, modelo 02, foram aprovados, tendo em vista que os valores de descarga disruptiva a seco não foram inferiores a 95% do valor nominal. A Figura 3.2.3 apresenta fotografias das regiões dos laços plásticos que foram danificadas pelo ensaio.



(Lp02\_W.O.)

(Lp02\_H 1)

(Lp02\_H 2)

Figura 3.2.3 – Regiões danificadas nos laços plásticos, modelo 02, após o ensaio.

### 3.3. Ensaio de Tensão de Descarga Disruptiva em Névoa Salina

Estes ensaios foram realizados utilizando uma metodologia similar à utilizada nos ensaios de tensão de descarga disruptiva a seco. A diferença significativa encontra-se no fato de os equipamentos estarem dentro de uma câmara fechada, sob forte presença de névoa. A Figura 3.3 apresenta o diagrama esquemático deste ensaio.

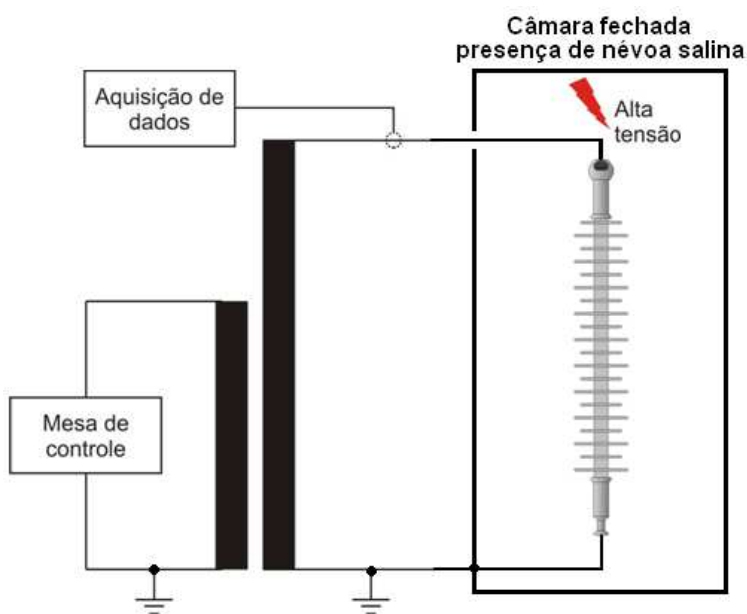


Figura 3.3 – Diagrama esquemático da montagem para medição de tensão de descarga disruptiva em névoa salina.

A névoa salina reduz significativamente a capacidade de isolamento do revestimento polimérico, uma vez que limita sua distância de escoamento, devido à

condutividade da solução salina aspergida no ambiente, e que se deposita na superfície polimérica.

### 3.3.1. Isoladores de pino

Estes isoladores poliméricos da classe 15 kV, da marca Inael, tiveram suas tensões de descargas disruptivas medidas em névoa salina, numa temperatura ambiente em torno de 28,6°C e umidade de 100%. A Tabela 3.3.1 apresenta os resultados dos valores médios para cada tipo de isolador de pino ensaiado.

Tabela 3.3.1 – Resultados do ensaio de tensão disruptiva do isolador de pino, em névoa.

<b>Amostra</b>	<b>Tensão (kV<sub>pico</sub>)</b>	<b>Tensão Normalizada (kV<sub>pico</sub>)</b>
IsP_T=0 <sub>1</sub>	65,74	71,27
IsP_T=0 <sub>2</sub>	69,20	75,02
IsP_T	60,00	65,05
IsP_W. O.	65,76	71,29
IsP_H 1	68,40	74,16
IsP_H 2	68,38	74,13

Todos os isoladores foram aprovados, tendo em vista que os valores de descarga disruptiva em névoa salina não foram inferiores a 95% do valor nominal. Os equipamentos não foram visivelmente danificados durante o ensaio.

### 3.3.2. Laço plástico de topo para isoladores de pino, modelo 01

Os laços plásticos de topo para isoladores de pino, modelo 01, classe 15 kV, da marca PLP, tiveram suas tensões de descargas disruptivas medidas em névoa salina, numa temperatura ambiente de 28,1°C e umidade de 100%. A Tabela 3.3.2 apresenta os resultados dos valores médios para cada tipo de laço plástico ensaiado.

Tabela 3.3.2 – Resultados do ensaio de tensão disruptiva dos laços plásticos, modelo 01, em névoa salina.

<b>Amostra</b>	<b>Tensão (kV<sub>pico</sub>)</b>	<b>Tensão Normalizada (kV<sub>pico</sub>)</b>
Lp01_W.O.	97,34	104,88
Lp01_H 1	105,96	114,16
Lp01_H 2	114,82	123,71

Todos os laços plásticos de topo para isoladores de pino, modelo 01, foram aprovados, tendo em vista que os valores de descarga disruptiva em névoa salina não foram inferiores a 95% do valor nominal. Não foi possível distinguir os danos causados por esse ensaio tendo em vista que o mesmo laço plástico já havia sido levemente danificado no ensaio anterior.

### 3.3.3. Laço plástico de topo para isoladores de pino, modelo 02

Os laços plásticos de topo para isoladores de pino, modelo 02, classe 15 kV, da marca PLP, tiveram suas tensões de descargas disruptivas medidas em névoa salina, numa temperatura ambiente de 26,4°C e umidade de 100%. A Tabela 3.3.3 apresenta os resultados dos valores médios para cada tipo de laço plástico ensaiado.

Tabela 3.3.3 – Resultados do ensaio de tensão disruptiva dos laços plásticos, modelo 02, em névoa salina.

Amostra	Tensão (kV <sub>pico</sub> )	Tensão Normalizada (kV <sub>pico</sub> )
Lp02_W.O.	93,38	100,33
Lp02_H 1	90,00	96,70
Lp02_H 2	96,60	103,69

Os laços plásticos de topo para isoladores de pino, modelo 02, foram aprovados, tendo em vista que os valores de descarga disruptiva em névoa salina não foram inferiores a 95% do valor nominal. A Figura 3.3.3 apresenta fotografias das regiões dos laços plásticos que foram danificadas pelo ensaio. A carbonização acentuada se deve ao fato destes laços já terem sofrido fortes danos no ensaio anterior.



Figura 3.3.3 – Regiões danificadas no laço plástico (Lp02\_W. O.) após o ensaio.

### **3.4. Inspeção Noturna na Subestação Campina Grande II**

A visita técnica à subestação da CHESF se deu no dia 18 de novembro de 2008 por volta das 20 horas e foi supervisionada por dois engenheiros da mesma empresa. O principal interesse dessa inspeção era identificar quais dos isolamentos apresentavam uma maior presença de efeito corona por estarem mais sujos, para que fossem limpos com urgência.

#### **3.4.1. Descargas corona**

As descargas corona ocorrem em torno de um eletrodo energizado, quando a energia do campo elétrico criado pelo mesmo ultrapassa a energia de ionização do meio isolante, no caso o ar. Elas geram ondas de ultra-som, radiação ultravioleta, ozônio, oxigênio, erosão mecânica da superfície, além de ondas eletromagnéticas na faixa de radio recepção.

Os locais onde ocorrem as descargas de corona podem ser identificados com exatidão, e sem uso de equipamentos detectores, através da emissão de luz e pelo seu ruído, entretanto, tal procedimento restringe-se a ambientes silenciosos e com pouca luminosidade, e a descargas relativamente intensas, o que não era o nosso caso. Para detectar visualmente descargas de pequena intensidade é necessário utilizar um equipamento especial, o detector de radiação ultravioleta, o *DayCor*.

#### **3.4.2. Detector de radiação ultravioleta, o *DayCor*.**

As descargas corona emitem radiação entre 230 nm e 405 nm no ar e podem ser detectadas utilizando-se o detector de corona mesmo durante o dia. Isto é possível porque a emissão solar, a qual se encontra na faixa de 240 nm a 280 nm, não consegue atingir a superfície da terra devido à camada de ozônio. Assim o detector de corona pode detectar descargas corona durante o dia nesta faixa. Entretanto, as medições de corona devem ser evitadas em ambientes chuvosos ou na presença de névoa, visto que são fortemente influenciadas.

O detector de corona possui duas câmeras acopladas, uma câmera comum e outra para captar as imagens na faixa de ultravioleta. Os sinais são processados separadamente por processadores digitais. As câmeras são alinhadas para que registrem a mesma imagem e gerem dois sinais de vídeo. Os sinais podem ser exibidos

separadamente ou de forma composta, permitindo a perfeita localização do ponto onde ocorre a corona (LINDNER et al., 1999).

Na Figura 3.4 é possível observar um diagrama esquemático que ilustra o princípio de funcionamento do detector de corona. A imagem ultravioleta passa por um filtro de radiação solar de faixa estreita e vai diretamente para o detector de ultravioleta, enquanto a imagem visível é refletida pelos espelhos  $E_1$  e  $E_2$  e finalmente captada pela câmera de vídeo convencional. O filtro de radiação solar é utilizado para assegurar que os sinais luminosos fora da faixa de 240 nm a 280 nm não serão detectados, eliminando assim a sensibilidade à radiação solar. A alta filtragem da luz visível permite intensificar a imagem ultravioleta até que se consiga observar individualmente os fótons (LINDNER et al., 1999).

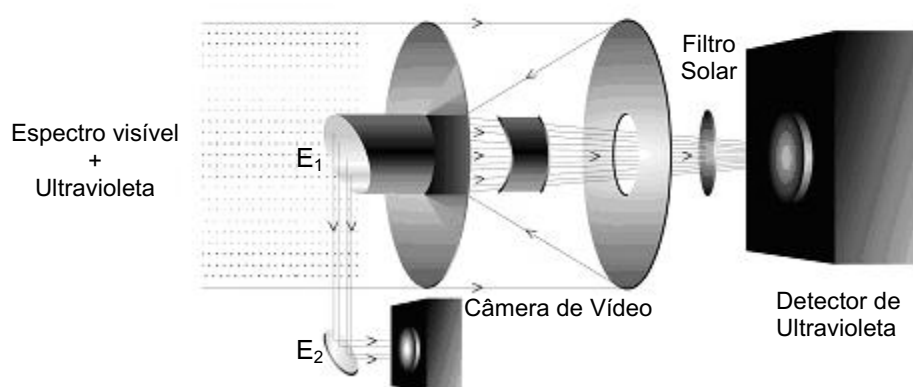


Figura 3.4 – Princípio de funcionamento do *DayCor* (LINDNER, 2004).

O *DayCor* dispõe de um sistema de contagem das ocorrências de descargas, podendo quantificar a ocorrência de fótons numa determinada região, fornecendo uma estimativa da intensidade das descargas.

Com o uso de tal equipamento, puderam-se identificar quais dos isolamentos estavam com maior presença de corona devido ao acúmulo de poluição, e que necessitavam de uma limpeza com maior urgência.

Como resultado da inspeção, pôde-se concluir que alguns fatores exercem maior influência com relação ao posicionamento do equipamento com maiores níveis de poluição. Notou-se que o primeiro conjunto de isoladores e chaves são os que sofrem mais com maior poluição, visto que servem de quebra-vento para os demais.

Além disso, notou-se claramente que a direção do vento é um fator importante, visto que as descargas corona se apresentaram em concentrações diferentes de um lado e de outro dos isolamentos. A parte que recebia o vento diretamente continha menos

poluição de que a parte posterior, sendo assim a concentração de descargas corona eram maiores na parte posterior do equipamento.

Durante a inspeção foram feitos vídeos que documentaram esta atividade.

#### **4. CONCLUSÕES**

O estágio realizado, além de indispensável para a formação acadêmica, contribuiu para o aumento da experiência do aluno. As atividades desenvolvidas abrangeram, mais especificamente, a área referente aos isoladores elétricos empregados em alta tensão, em que foram realizados vários ensaios elétricos para diagnóstico, além de inspeção em campo com a utilização de equipamentos adequados para uma melhor análise.

A partir dos resultados obtidos, nos ensaios elétricos para diagnóstico, chega-se à conclusão de que os equipamentos, a eles submetidos, foram aprovados, visto que atenderam aos limites estabelecidos pelas normas.

Apesar de ter sido realizado em ambiente acadêmico, o que certamente não é similar à experiência adquirida em uma empresa, o estágio proporcionou um aumento significativo dos conhecimentos de aplicação, atendendo às perspectivas do aluno que pretendia envolver-se na área de pesquisa no intuito de dar início a sua pós-graduação.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTNIKAS, R.; MCMAHON, E. J. **Engineering Dielectrics – Corona Measurement and Interpretation**. Philadelphia, v.1, ASTM Special Technical Publication STP 669, 1979.

GSE. **Grupo de Sistemas Elétricos**. Disponível em: <<http://www.dee.ufcg.edu.br/~gse>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2009.

LINDER, M.; ELSTEIN, S.; LINDNER, P.; TOPAZ, J. M.; PHILIPS A. J.; **Daylight Corona Discharge Imager**, 1999.

LINDNER, M. **Third UV Inspection User's Group Meeting**. Orlando, Florida, USA. February 11-13, 2004.

NBR 5032. **Isoladores de Porcelana ou Vidro, para Linhas Aéreas e Subestações de Alta Tensão**. ABNT, Novembro/1984.

NBR 6936. **Técnicas de Ensaio Elétricos de Alta Tensão**. ABNT, Abril/1992.

FERREIRA, T. V. Relatório de Estágio Supervisionado. Universidade Federal de Campina Grande. 2005.