

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
GRUPO DE SISTEMAS ELÉTRICOS

ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório apresentado à coordenação de
estágios de Engenharia Elétrica da UFCG,
como parte dos requisitos à obtenção de título
de Engenheiro Eletricista.

ALUNO: George Rossany Soares de Lira

MATRICULA: 29821155

- Campina Grande -

Maio, 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
GRUPO DE SISTEMAS ELÉTRICOS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Estagiário: George Rossany Soares de Lira.

Local do Estágio: Laboratório de Alta Tensão – DEE/UFCG.

Período de Estágio: 12/12/2004 à 12/05/2005

Orientador: Edson Guedes da Costa, D. Sc

Campina Grande – Paraíba

Maio de 2005



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a DEUS por ser quem eu sou e pela vida que tenho. Agradeço o amor, a compreensão e formação pessoal que meus pais me concederam. A Cristiane e Clarice pelo o amor, compreensão e incentivo. A minha tia Socorro pelo amor e dedicação. A meus irmãos e tias pela força dada, e todos meus outros familiares.

Agradeço aos amigos Marcos, Max, Ítalo, Francelino, Dennis, Robson, Alessandro, Márcio, Georgeton e Flávio pela amizade e por todo o apoio fornecido durante minha vida acadêmica.

Aos professores Edson e Damásio pelo apoio e orientação dados. A Adail e Rosilda pela boa vontade em ajudar-me durante minha estadia na UFCG.

E finalmente, a todos aqueles que direta ou indiretamente me ajudaram e que por lapso não citei aqui.

APRESENTAÇÃO

O estágio integrado foi realizado no Laboratório de Alta Tensão (LAT) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com carga horária de 660 horas. O Estágio Integrado é uma disciplina integrante da grade curricular do curso de Engenharia Elétrica, é indispensável para obtenção do diploma de Engenheiro Eletricista.

Durante o estágio foram realizadas diversas atividades, contudo destacam-se Ensaios em Equipamentos de Alta Tensão, Desenvolvimento de Placas de Circuito Impresso e Desenvolvimento de Software.

SUMÁRIO

1. O GRUPO DE SISTEMAS ELÉTRICOS	5
1.1. Laboratório de Alta Tensão	6
1.2. Laboratório de Sistemas de Potência	7
1.3. Laboratório de Sistemas Elétricos	8
1.4. Laboratório de Materiais Elétricos	10
1.5. Laboratório de Instalações Elétricas	11
1.6. Laboratório de Equipamentos Elétricos	12
1.7. Laboratório de Descargas Parciais	13
2. ATIVIDADES REALIZADAS	13
2.1. Ensaio em Equipamentos de Alta Tensão	14
2.1.1. Ensaio para Obter a Região de Baixa Corrente	15
2.1.2. Ensaio para Obter a Região de Alta Não-Linearidade	17
2.2. Desenvolvimento de Placas de Circuito Impresso	19
2.3. Desenvolvimento de Software	22
2.3.1. O Projeto do Software	23
2.3.2. Funcionamento do Software	25
2.3.3. Resultados Obtidos	28
3. CONCLUSÃO	32
4. BIBLIOGRAFIA	33

1. O GRUPO DE SISTEMAS ELÉTRICOS

O Grupo de Sistemas Elétricos (GSE) do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Universidade Federal de Campina Grande é o resultado da fusão dos antigos grupos de Sistemas de Potência e Alta Tensão, ocorrido no início do ano 2000. 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 eletrotécnica. Na extensão oferecida pela área, vem sendo desenvolvidos projetos e ensaios em parceria com Empresas de Energia Elétrica da Região, como CHESF, SAELPA, CELB, PETROBRÁS, entre outras.

As linhas de pesquisa do GSE são:

- Análise de sistemas de potência;
- Dinâmica e controle de sistemas de potência;
- Dinâmica de mercado em sistemas de potência;
- Qualidade da energia;
- Transitórios eletromagnéticos;
- Fluxo de harmônicos;
- Equipamentos e técnicas de alta tensão;
- Cálculo de campos eletromagnéticos.

O GSE conta com a seguinte infra-estrutura:

- Laboratório de Alta Tensão;
- Laboratório de Sistemas de Potência (LSP);
- Laboratório de Sistemas Elétricos;
- Laboratório de Materiais Elétricos;
- Laboratório de Instalações Elétricas;
- Laboratório de Equipamentos Elétricos;
- Laboratório de Descargas Parciais.

1.1. Laboratório de Alta Tensão

O Laboratório de Alta Tensão (LAT) 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, com uma área construída de 1 050 m².

O LAT possui equipamentos sofisticados, cujos valores ultrapassam três milhões de dólares e um corpo técnico formado por docentes-pesquisadores, engenheiros e técnicos dos mais qualificados e experientes.

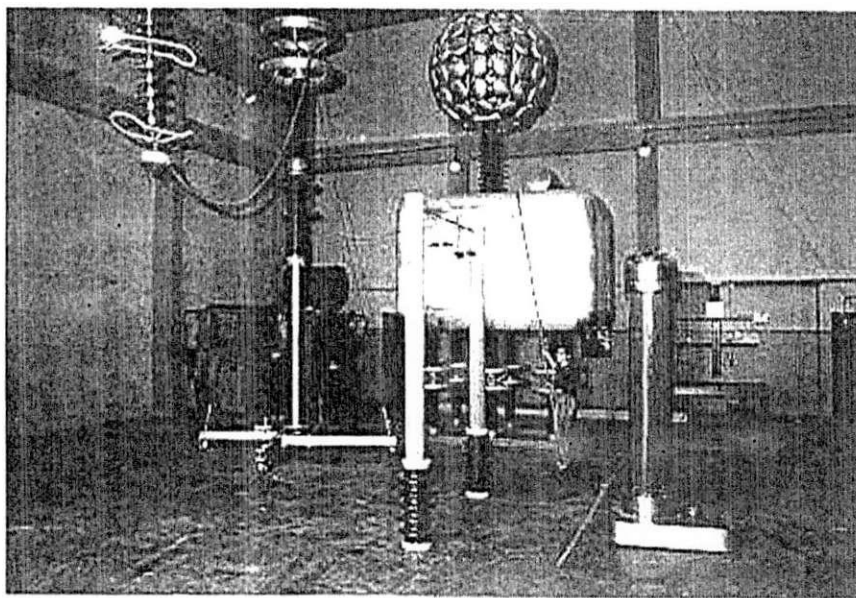


Figura 1 - Vista do Salão do Laboratório de Alta Tensão.

Nos últimos 25 anos, foi realizado um grande número de ensaios elétricos, de recebimentos e pós-reparos eletromecânicos, além de apoio às pesquisas de desenvolvimento de equipamentos. Várias empresas da região Nordeste, a exemplo da CHESF, PETROBRÁS, CELB, SAELPA, CEAL, JPW, CEMEC, ALCACE, entre outras, têm solicitado os serviços do LAT.

Atualmente o LAT é composto pelos seguintes ambientes de laboratório:

- Sala do Laboratório de Materiais Elétricos e Laboratório de Sistemas Elétricos;

- Salão de Alta Tensão;
- Sala do Gerador de Impulso de Corrente;
- Sala do Kit de Alta Tensão;
- Sala do Laboratório de Descargas Parciais;
- Sala do Laboratório de Instalações Elétricas.

Dentre os equipamentos mais importantes do LAT, estão:

- Transformadores de potencial ligados em cascata que permitem a geração de até 600 kV, em corrente alternada;
- Gerador de impulsos de alta tensão, 700 kV e 36 kJ.
- Gerador de impulsos de alta corrente, 160 kA, 100 kV, onda 8/20 μ s e 4/10 μ s;
- Kit didático para alta tensão, 100 kV;
- Digitalizador de formas de onda;
- Detector de descargas parciais;
- Ponte Schering e capacitores padrão.

O LAT está instalado no bloco CF da Universidade Federal de Campina Grande – Campus Campina Grande, sendo coordenado pelo professor Genoilton Carvalho Almeida.

1.2. Laboratório de Sistemas de Potência

O Laboratório de Sistemas de Potência (LSP) foi criado em 1986, com a instalação de um minicomputador VAX-750, doado pelo Governo Alemão. Com a chegada dos PC's aos ambientes educacionais, as atividades desenvolvidas no LSP passaram a ser realizadas por microcomputadores adquiridos através de convênios com a ELETROBRÁS, empresas do setor elétrico e recursos próprios.

O LSP tem como finalidade básica o desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão com ênfase no estudo e desenvolvimento de métodos para simulação digital do GSE. Os usuários do LSP constituem-se

de professores, alunos de pós-graduação e alunos de iniciação científica do GSE.

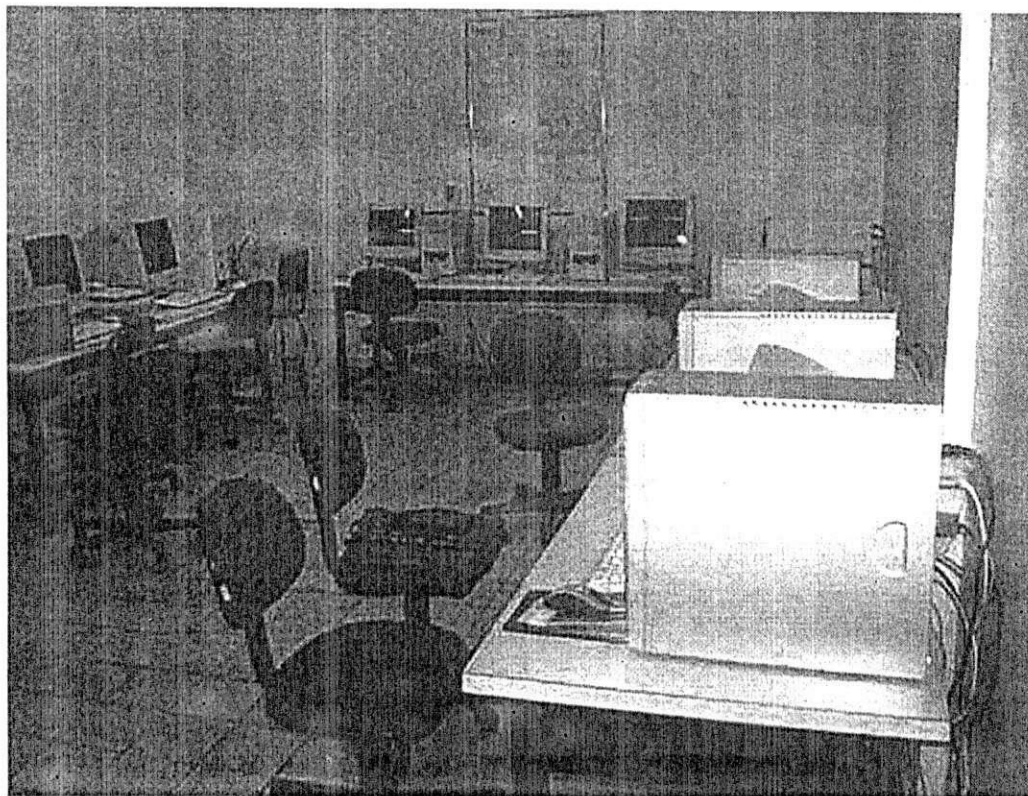


Figura 2 – Fotografia do Laboratório de Sistemas de Potência

O LSP está instalado nas dependências do Laboratório de Alta Tensão, no bloco CF, sob a coordenação da professora Núbia Silva Dantas Brito.

1.3. Laboratório de Sistemas Elétricos

O Laboratório de Sistemas Elétricos dá suporte à disciplina Laboratório de Sistemas Elétricos e tem como finalidade básica, a sedimentação dos conhecimentos adquiridos na disciplina Sistemas Elétricos do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica.



Figura 3 - Fotografia do Laboratório de Sistemas Elétricos.

No laboratório de Sistemas Elétricos é realizada a montagem dos experimentos abaixo relacionados, e efetuadas as medições e análises das grandezas elétricas envolvidas.

Circuitos monofásicos:

- Tensões e correntes em um circuito indutivo;
- Correção do fator de potência.

Circuitos trifásicos:

- Tensões e correntes em um circuito trifásico equilibrado;
- Medição da potência ativa e reativa nos circuitos trifásicos (Método dos dois e três wattímetros).

O Laboratório de Sistemas Elétricos está instalado nas dependências do Laboratório de Alta Tensão, no bloco CF, sob a coordenação do professor Antônio do Nascimento Epaminondas.

1.4. Laboratório de Materiais Elétricos

No Laboratório de Materiais Elétricos são realizados os experimentos da disciplina Laboratório de Materiais Elétricos. Ele tem como finalidade básica, a sedimentação dos conhecimentos adquiridos na disciplina Materiais Elétricos do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica.

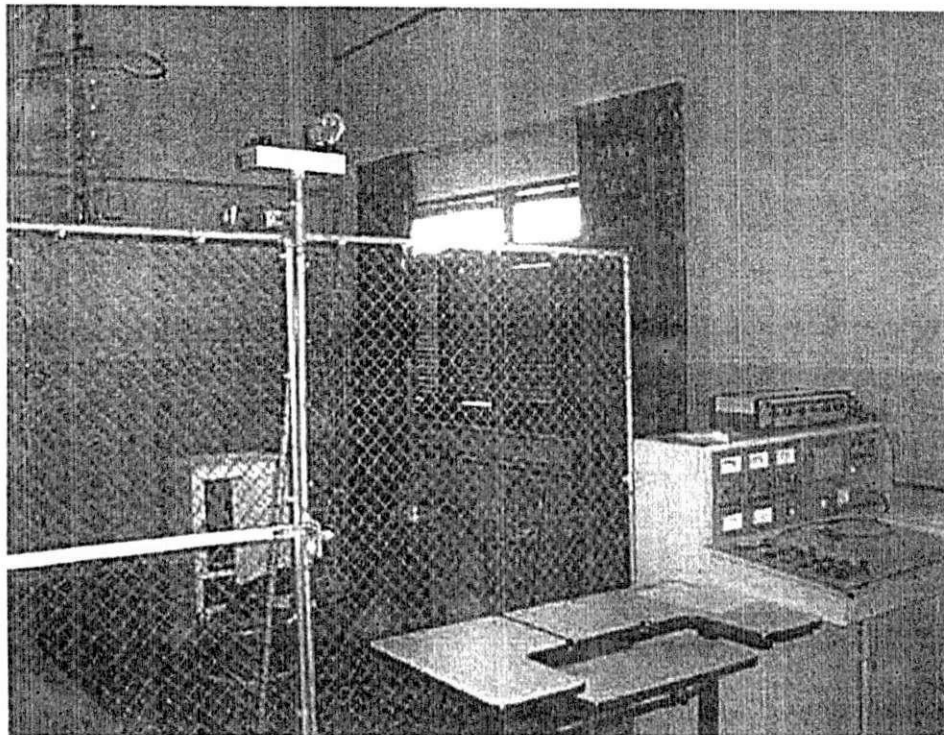


Figura 4 – Fotografia do Laboratório de Materiais Elétricos.

Atualmente, a disciplina Laboratório de Materiais Elétricos conta com os seguintes experimentos:

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

O Laboratório de Materiais Elétricos está instalado nas dependências do Laboratório de Alta Tensão, no bloco CF, sob a coordenação do professor Genoilton Carvalho Almeida.

1.5. Laboratório de Instalações Elétricas

No Laboratório de Instalações Elétricas são realizados os experimentos da disciplina Laboratório de Instalações Elétricas. Ele tem como finalidade básica, a sedimentação dos conhecimentos adquiridos na disciplina Instalações Elétricas do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica. O Laboratório de Instalações Elétricas também oferece cursos de extensão e de treinamento:

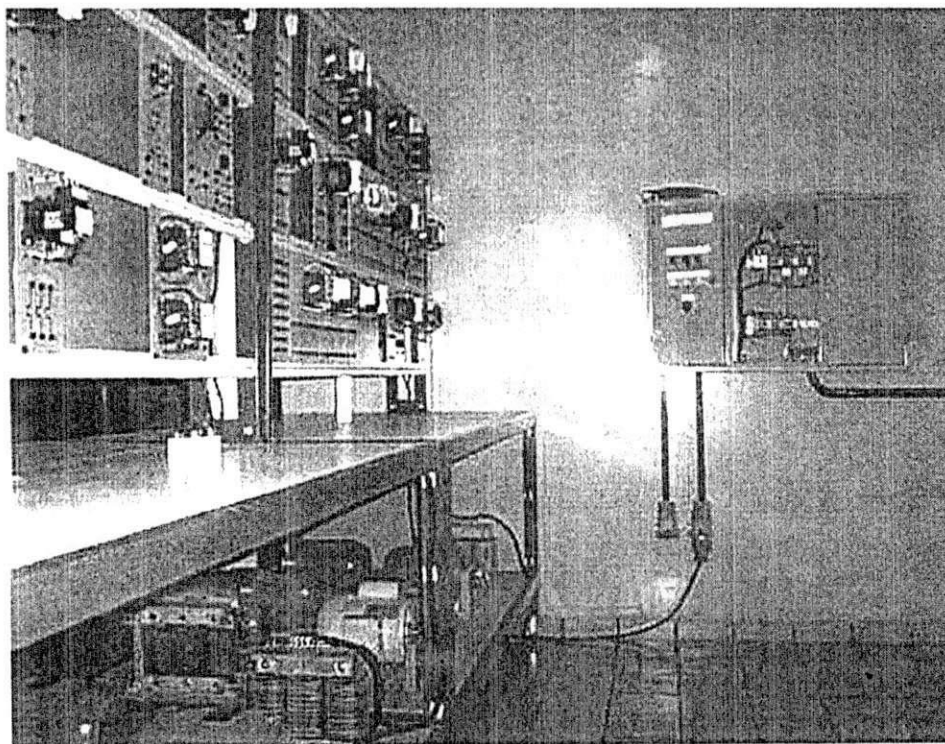


Figura 5 – Fotografia do Laboratório de Instalações Elétricas.

Atualmente, na disciplina Laboratório de Instalações Elétricas tem-se experimentos relacionados a fotometria, realização de instalações elétricas prediais e implementação de comandos elétricos. Normalmente, também são ministradas aulas práticas e experimentais abordando temas como: o uso de

controladores lógicos programáveis (CLPs) e a instalação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

O Laboratório de Instalações Elétricas possui infra-estrutura de rede elétrica, em concordância com a NBR 5410, com uma área exclusiva de 25 m², e está localizado nas dependências do Laboratório de Alta Tensão, no bloco CF, sob a coordenação do professor Edson Guedes da Costa. Recentemente o Laboratório de Instalações Elétricas foi ampliado com novas bancadas de instalações prediais e de comandos elétricos.

1.6. Laboratório de Equipamentos Elétricos

O Laboratório de Equipamentos Elétricos dá suporte à disciplina Laboratório de Equipamentos Elétricos e tem como finalidade básica, a sedimentação dos conhecimentos adquiridos na disciplina Equipamentos Elétricos do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica.

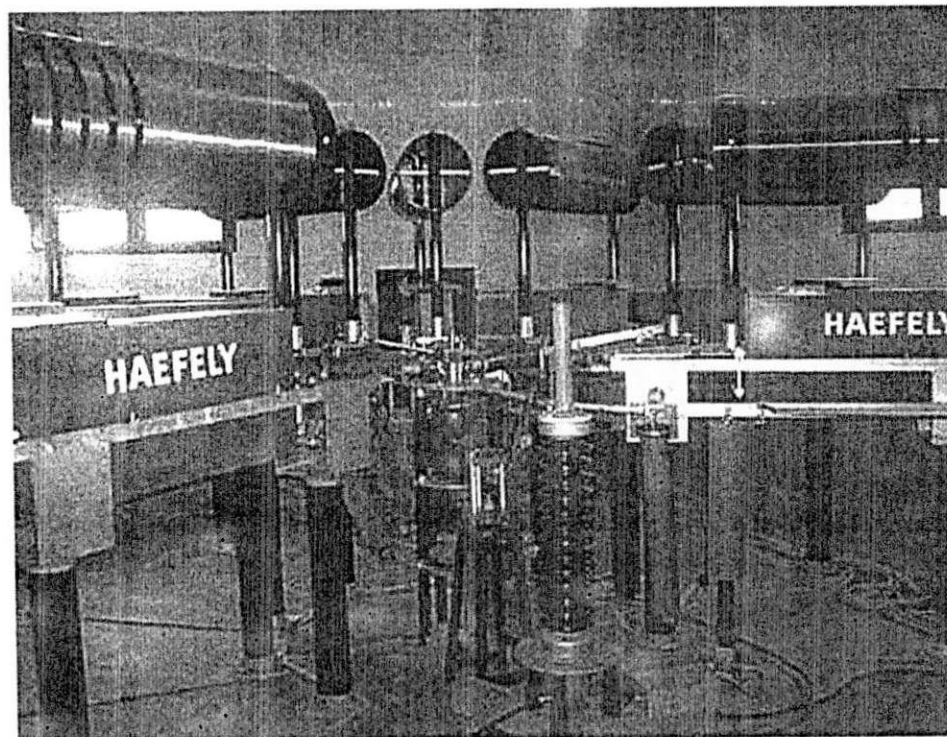


Figura 6 - Vista do gerador de impulso de alta corrente Haefely com capacidade para 160 kA.

Atualmente, a disciplina Laboratório de Equipamentos Elétricos conta com os seguintes experimentos:

- Experimentos em transformadores;
- Experimentos em pára-raios;
- Experimentos em chaves e isoladores;
- Experimentos em disjuntores.

O Laboratório de Equipamentos Elétricos está instalado nas dependências do Laboratório de Alta Tensão, no bloco CF, sob a coordenação do professor Genoilton Carvalho Almeida.

1.7. Laboratório de Descargas Parciais

O Laboratório de Descargas Parciais tem como objetivos o estudo, monitoramento de envelhecimento e diagnóstico de descargas parciais na identificação da natureza dos defeitos em isolamentos, causados por descargas internas aos isolamentos dos equipamentos utilizados nos sistemas de alta tensão. O laboratório é utilizado atualmente no desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão.

O Laboratório de Descargas está instalado nas dependências do Laboratório de Alta Tensão, no bloco CF, sob a responsabilidade do professor Edson Guedes da Costa.

2. ATIVIDADES REALIZADAS

Durante o estágio no Laboratório de Alta Tensão foram realizadas as seguintes atividades:

- Ensaios em equipamentos de alta tensão, realizados nos Laboratórios de Materiais Elétricos e Equipamentos Elétricos;
- Desenvolvimento de placas de circuito impresso, realizado no Laboratório de Sistemas de Potência;
- Desenvolvimento de software, realizado no Laboratório de Sistemas de Potência.

A seguir será feita uma breve descrição das atividades realizadas.

2.1. Ensaio em Equipamentos de Alta Tensão

Uma das atividades constantemente realizadas no LAT são os ensaios em equipamentos de alta tensão. Tais ensaios às vezes servem para verificar as condições de funcionamento de determinado equipamento, outras vezes servem para caracterizar determinado equipamento ou componente.

Durante a realização do estágio, podem-se destacar dois ensaios diferentes e complementares, que tinham por finalidade caracterizar um varistor de Óxido de Zinco.

Os varistores a base de óxido de zinco (ZnO) são semicondutores eletro-cerâmicos com características $V - I$ altamente não linear, constituindo-se portanto, a essência de um pára-raios. Na Figura 7 é mostrada uma fotografia de varistores típicos. Eles são fabricados pelo processo de sinterização e são compostos de óxido de zinco e outros dopantes. Como um dispositivo semicondutor, os varistores possuem uma forte dependência com a temperatura, a qual está associada a sua capacidade de absorção de energia.

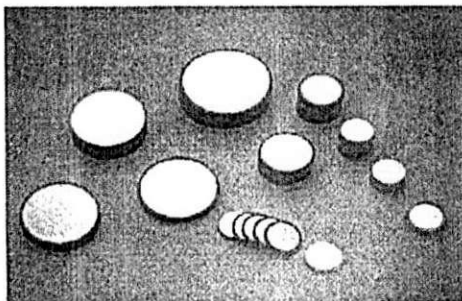


Figura 7. Fotografia de Pastilhas Típicas de Varistores.

2.1.1. Ensaio para Obter a Região de Baixa Corrente

Um varistor de ZnO com 3,83 cm de diâmetro e 4,58 cm de altura foi selecionado a fim de se obter a sua curva característica, $V - I$. O ensaio necessário à obtenção da primeira região linear (região de baixa corrente)

da curva $V - I$ do varistor foi realizado à temperatura ambiente, a 40°C , a 60°C , a 80°C , a 100°C e a 120°C . As temperaturas no varistor foram obtidas através da utilização de estufa com temperatura controlada. Adaptou-se a estufa, conforme pode ser visto na Figura 8, instalando-se uma bucha de passagem, que permite a aplicação de tensões de até 15 kV nos terminais do varistor; um suporte para o varistor que permite sua perfeita acomodação; um controle de temperatura baseado em controlador proporcional; e bornes de saída que permitem a aquisição da temperatura interna.

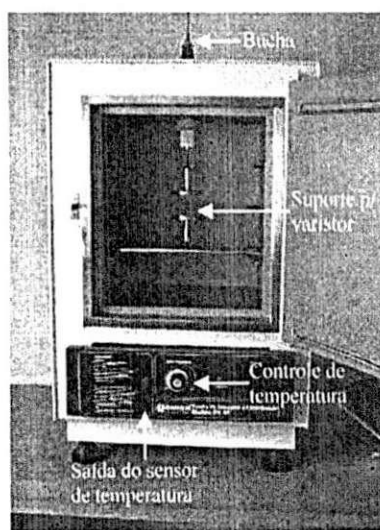


Figura 8. Fotografia da Estufa Modificada.

Na Figura 9 pode-se ver um diagrama esquemático do ensaio. A resistência de $282\text{ k}\Omega$ foi utilizada como proteção. Ela limita a corrente em caso de um curto-circuito.

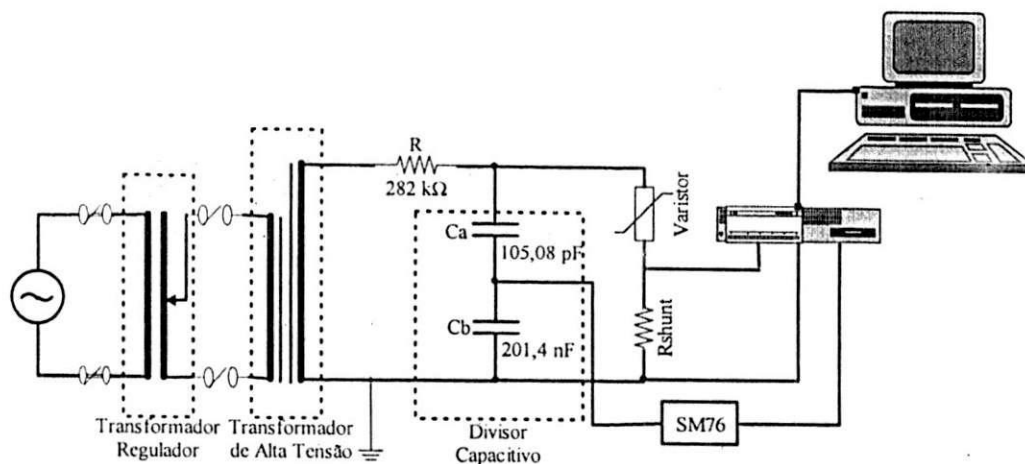


Figura 9. Montagem experimental para obtenção da primeira região linear da curva característica do varistor.

Utilizou-se um divisor capacitivo, conectando-o, ao módulo SM76 da mesa de controle do Kit de Alta Tensão, que possibilitava a medição e aquisição das tensões aplicadas no varistor (a Figura 10 mostra uma fotografia do Kit junto com o sistema de aquisição de dados). Adquiriu-se o sinal de corrente através da resistência shunt (R_{SHUNT}). O valor da corrente é obtido dividindo-se a queda de tensão sobre o R_{SHUNT} pela sua resistência. Para aperfeiçoar as medições da tensão e corrente, conectou-se à mesa de controle, o osciloscópio digital, TDS 2012 da Tektronix de quatro canais, que permitia visualizar e medir valores de pico e RMS das tensões e correntes. O osciloscópio possui uma interface serial que permite a conexão com um microcomputador. Um sistema de aquisição de dados mais elaborado foi implementado. Uma rotina foi desenvolvida no MATLAB para coletar todas as informações de corrente e tensão fornecidas pelo osciloscópio, armazenando-as no disco rígido para tratamento posterior.

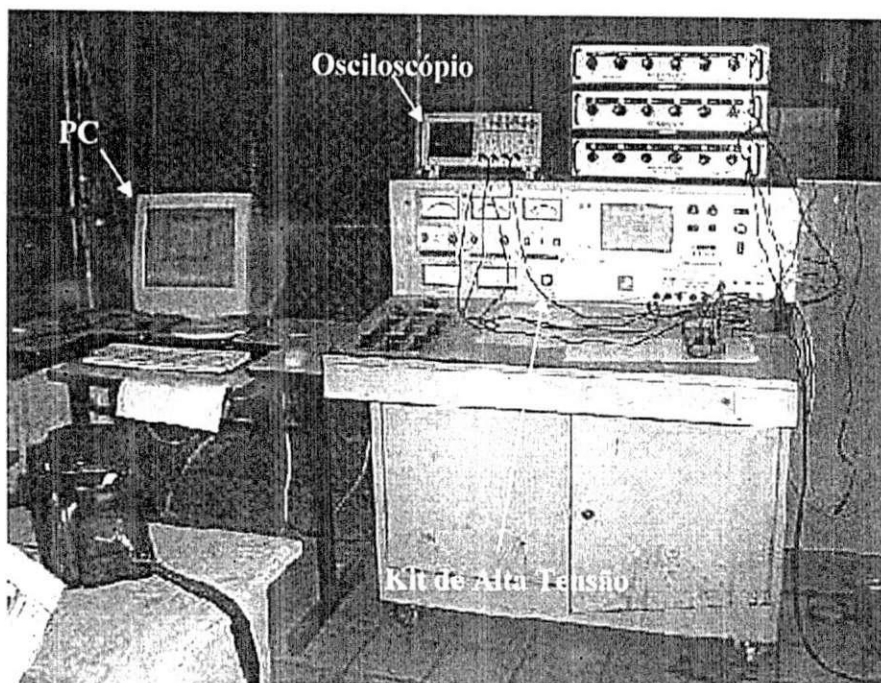


Figura 10. Fotografia do Kit de Alta Tensão.

2.1.2. Ensaio para Obter a Região de Alta Não-Linearidade

A obtenção das correntes e tensões que servirão para a construção da região de alta não-linearidade da curva característica do varistor foi realizada utilizando-se a montagem experimental ilustrada na Figura 11. O gerador de impulso de corrente é formado por uma mesa de controle, um banco de capacitores, indutores, resistores e um retificador. Basicamente, carrega-se o banco de capacitores com uma determinada tensão e através de um sistema de gatilhamento descarrega-se o banco de capacitor. Com isso, o varistor é submetido a uma forma de onda do tipo 4/10 μs ou 8/20 μs (impulso de corrente), dependendo dos valores do resistor e do indutor. A forma de onda da tensão é obtida a partir do divisor misto e a forma de onda da corrente é obtida sobre a resistência *shunt* ($R_{SHUNT} = 10,54 \text{ m}\Omega$). A aquisição dos valores de tensão e corrente é realizada através do sistema de aquisição de dados formado por: um osciloscópio digital, um microcomputador e uma rotina desenvolvida no MATLAB.

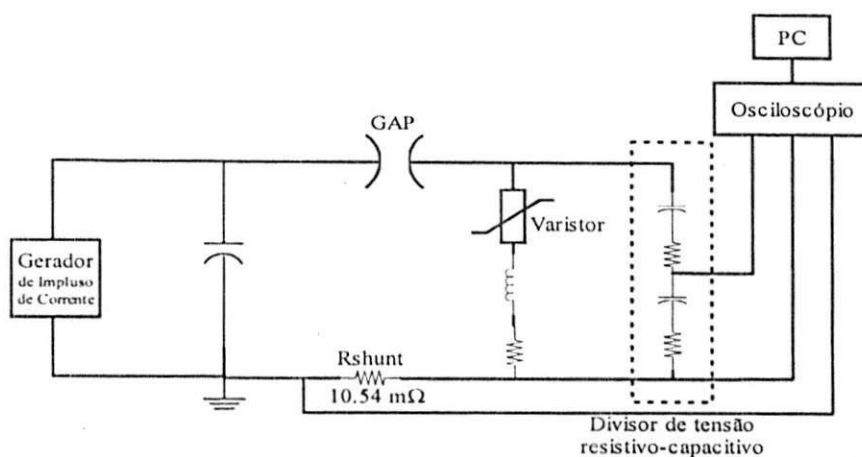


Figura 11 - Montagem experimental para obtenção da região de alta corrente da curva característica do varistor.

Na Figura 6 tem-se uma fotografia da montagem experimental implementada, enquanto que na Figura 12 pode-se ver uma fotografia do sistema de aquisição de dados descrito.



Figura 12 - Fotografia do sistema de aquisição de dados utilizado.

Uma rotina em MATLAB foi implementada para tratar os dados obtidos dos ensaios descritos anteriormente. Ao término da execução da rotina de tratamento de dados, obtiveram-se as curvas característica do varistor nas temperaturas preestabelecidas, conforme mostrado na Figura 13.

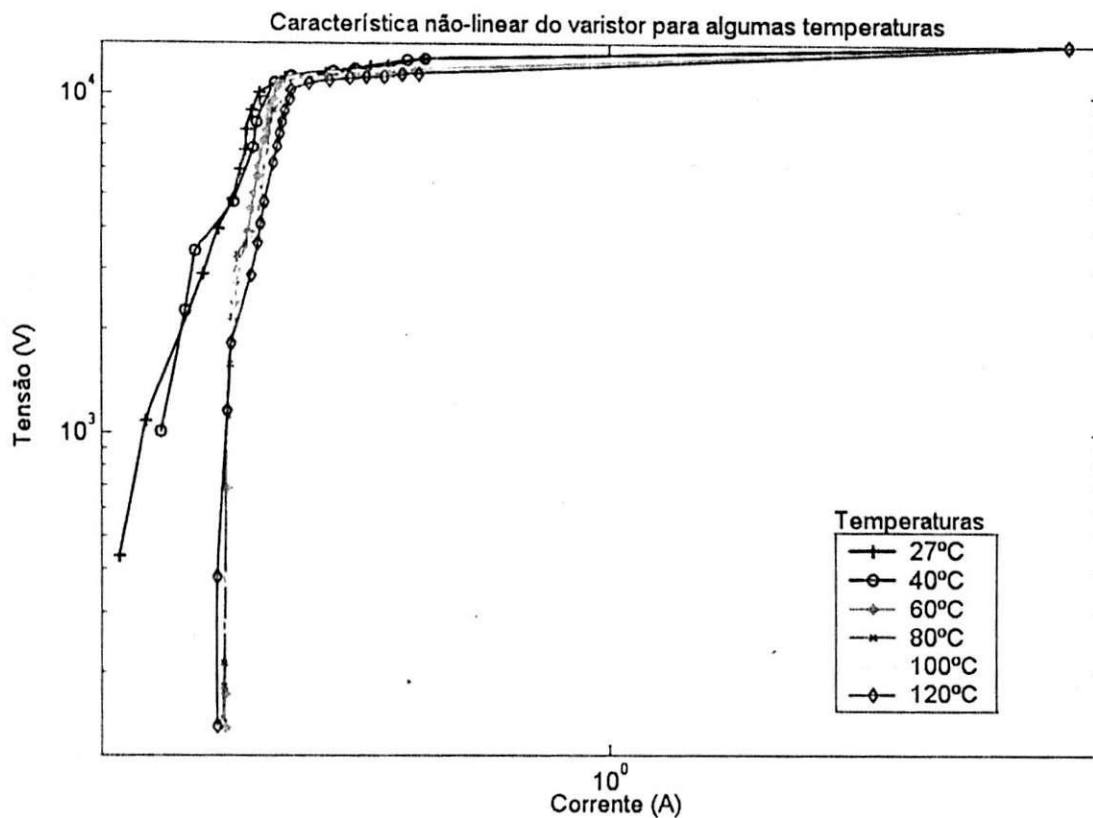


Figura 13 - Família de curvas característica do varistor em diversas temperaturas.

2.2. Desenvolvimento de Placas de Circuito Impresso

Uma outra tarefa realizada o Laboratório de Alta Tensão foi o desenvolvimento e confecção de placas de circuito impresso. Uma das placas solicitadas deveria comportar um sistema de aquisição de dados, que possibilitasse a aquisição dos sinais de tensão de um sistema trifásico (380 V), como por exemplo um motor, e transformá-los em sinais que variassem de 0,0 a 3,3 V, de tal ^{modo} que fosse possível tratar os sinais de 380 V em PCs ou Processadores Digitais de Sinais (DSP).

O projeto elétrico da placa foi realizado por professores e alunos de pós-graduação do laboratório. Enquanto que o desenvolvimento e confecção foram realizados pelo estagiário. A primeira tarefa realizada, após o projeto do circuito, foi a escolha do software que seria utilizado para desenhar e produzir os arquivos necessários à confecção da placa. O software escolhido foi o Protel DXP da Altium. O Protel é uma ferramenta CAD

(projeto auxiliado por computador) que permite: desenhar o esquema elétrico, simular o funcionamento, produzir o layout da placa, entre outras coisas.

Após a árdua tarefa de aprendizagem do software, conseguiu-se desenvolver o esquema elétrico do circuito, conforme mostrado na Figura 14. O circuito foi dividido em duas partes principais, o lado de alta tensão (marcado pela linha tracejada 1) e o lado de baixa tensão (marcado pela linha tracejada 2). No lado de alta, encontra-se o resistor para limitar a corrente, o sensor de tensão baseado no efeito Hall, LV20, e um transformador que isola eletricamente os dois lados. No lado de baixa, têm-se apenas circuitos condicionadores que visam adequar a saída do sensor aos níveis de tensão desejados na saída, ou seja, a tensão variando de 0,0 a 3,3V. O funcionamento do resto do circuito é similar. Os sinais de saída vão para o conector localizado no canto inferior direito da figura, para daí poderem ser utilizados em outras aplicações. Os conectores responsáveis pela chegada das tensões trifásicas e das tensões de alimentação dos circuitos integrados encontram-se no canto inferior esquerdo da figura.

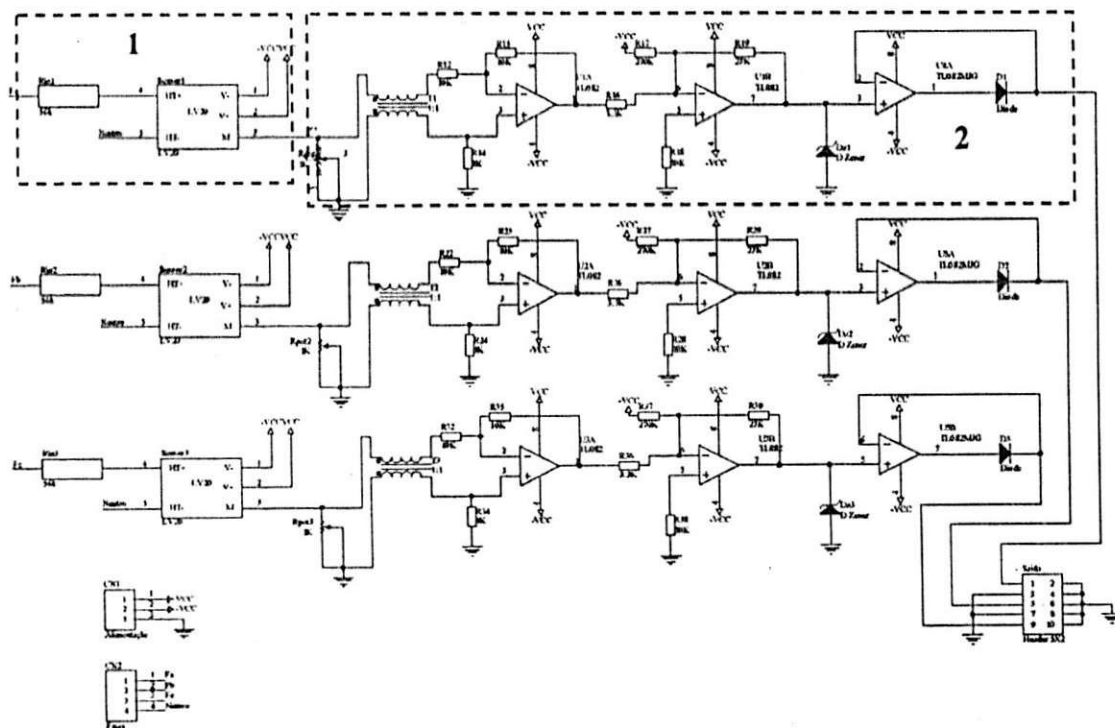


Figura 14 - Esquema elétrico do circuito de aquisição tensão trifásica.

Por fim, tem-se na Figura 16 uma visão em 3D da placa (uma das várias ferramentas do Protel) que permite ao projetista ter uma idéia de como ficará a placa após sua confecção.

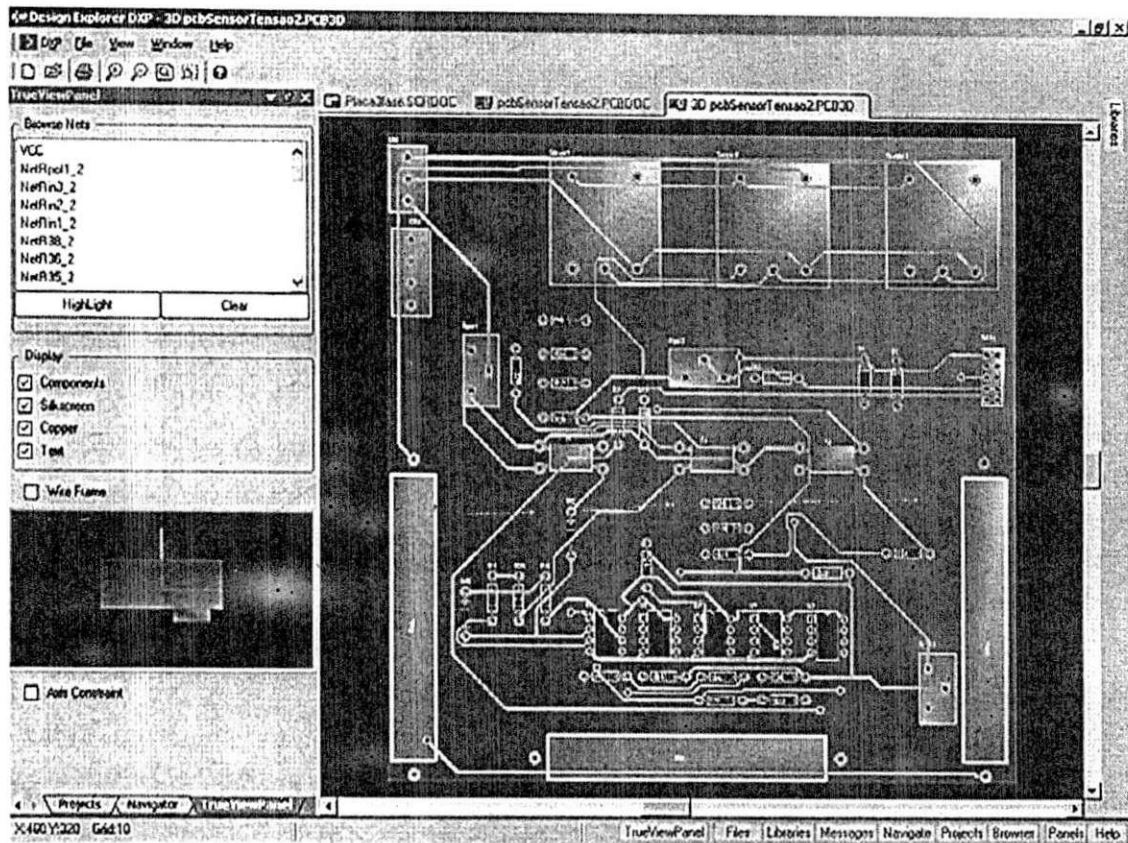


Figura 16 – Layout 3D da placa de aquisição tensão trifásica.

2.3. Desenvolvimento de Software

Rotinas computacionais são largamente utilizadas atualmente no estudo dos fenômenos relacionados à propagação de calor em pára-raios, pois a avaliação experimental do desempenho de um pára-raios completo, quando possível, apresenta um custo bastante elevado.

Costa (1999) desenvolveu um programa que implementava um modelo matemático/computacional baseado no Método das Diferenças Finitas através do cálculo implícito não estacionário de condução de calor, utilizando o princípio do balanço de energia que permite calcular de forma eficiente a energia absorvida pelos elementos não-lineares nas diversas formas de entrada de energia, possibilitando a reprodução de novas

configurações e a verificação de equivalência térmica entre pára-raios completo e o modelo de secção, com entrada de dados fácil e versátil, sem a necessidade do desenvolvimento ou adaptação do programa computacional.

Com o objetivo de facilitar a entrada de dados e a visualização dos resultados implementou-se uma interface gráfica, baseada na plataforma Windows, para a rotina computacional de modelagem e simulação de pára-raios desenvolvida por Costa (1999).

2.3.1. O Projeto do Software

O desenvolvimento de ambientes computacionais deve levar em consideração a facilidade de uso, iteratividade e facilidade de acesso. Pensando nisso, utilizou-se a plataforma Windows no desenvolvimento do trabalho, agregando assim, diversos recursos gráficos e tornando simples o uso da rotina.

Para a implementação da GUI (*Graphical User Interface*, Interface Gráfica com o Usuário), foi utilizado o ambiente de desenvolvimento C++ Builder® 6.0, da Borland®. A linguagem C++ tem se destacado na abordagem de problemas dessa natureza mostrando resultados satisfatórios para o nosso propósito, pois além de dar suporte à programação orientada a objetos, é segura, flexível, eficiente e permite o rápido desenvolvimento de softwares.

Foi adotada a abordagem de desenvolvimento *top-down*, ou seja, partiu-se do que se desejava em termos de interface gráfica, para só então dar funcionalidade aos diversos blocos constituintes da interface. Na Figura 17 está ilustrada a tela inicial do programa. Só após o desenvolvimento da tela é que se implementou todas as funcionalidades do programa.

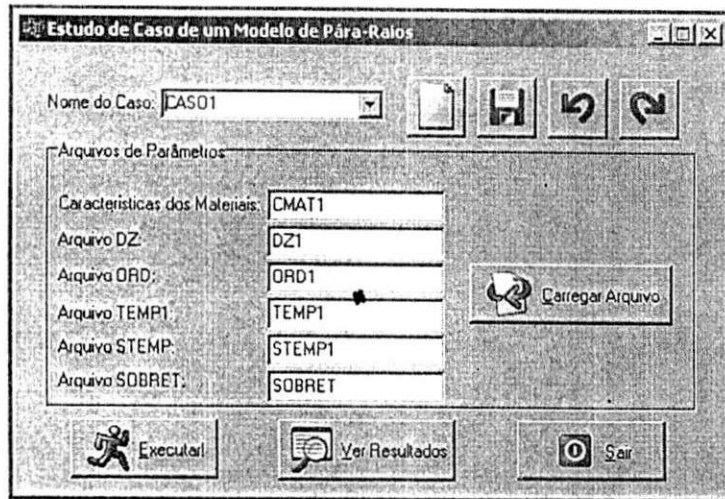


Figura 17 – Tela inicial do programa.

Após a construção da interface, iniciou-se o projeto e desenvolvimento do banco de dados utilizado no armazenamento de todas as informações necessárias ao perfeito funcionamento do programa. Um banco de dados do tipo Paradox® foi construído, utilizando-se o software Database Desktop® da Borland©. Ele é constituído de duas tabelas denominadas: “NomedoCaso.db” e “NomedaConfiguracao.db”.

A tabela “NomedoCaso.db”, ilustrada na Figura 18, é responsável por armazenar o nome do caso (campo “Nome do Caso” da tabela) em estudo e os nomes dos seus respectivos arquivos de configuração (CMAT, DZ, ORD, TEMP1, STEMP e SOBRET). Todos os campos da tabela “NomedoCaso.db” são do tipo caractere (type A) e podem conter, no máximo, 20 caracteres.

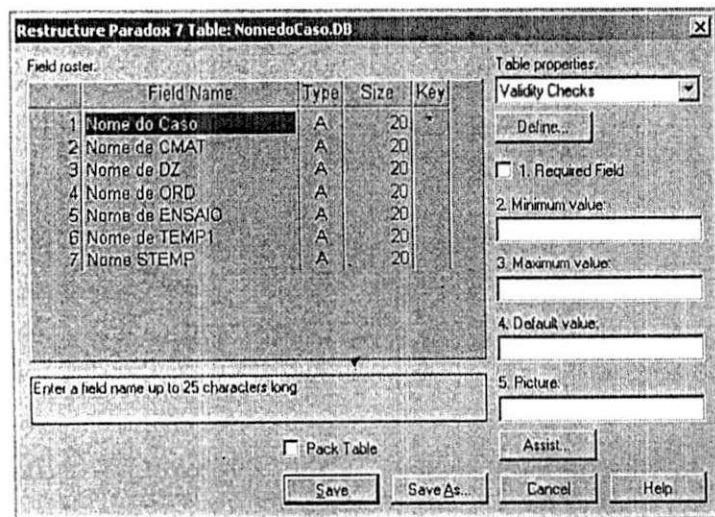


Figura 18 – Estrutura da tabela “NomedoCaso.db”.

A tabela "NomedConfiguracao.db", ilustrada na Figura 19, tem a finalidade de armazenar o arquivo de configuração no tipo de dado denominado MEMO (type M) que suporta arquivos de texto.

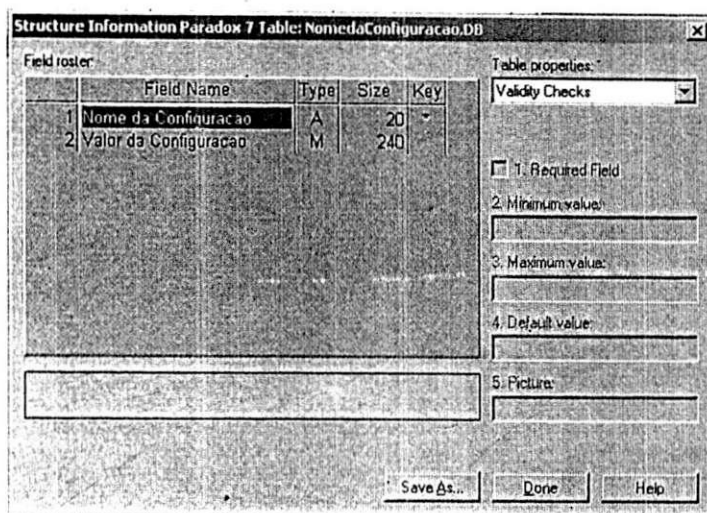




Figura 19 – Estrutura da tabela "NomedConfiguracao.db".


2.3.2. Funcionamento do Software


Na janela principal do programa, ilustrada na Figura 17, pode-se observar alguns campos e botões, os quais serão descritos a seguir:


- 1) Nome do Caso: CAS01 Neste campo o usuário deve informar o nome do caso em estudo, permitindo assim a sua análise em um momento futuro.
- 2) Características dos Materiais: CMAT1 Neste campo deve-se informar o nome do arquivo de configuração, CMAT, que contém o item de ordenação e os dados das características térmicas dos materiais. As características dos materiais são: a condutividade térmica, o calor específico e a densidade.
- 3) Arquivo DZ: DZ1 Neste campo deve-se informar o nome do arquivo de configuração, DZ, que possui os dados relativos à disposição e configuração do pára-raios na vertical. A primeira coluna representa a ordenação dos elementos ou divisões do pára-raios.


4)  O arquivo ORD contém os dados relativos à disposição e configuração dos na horizontal. Ele contém os raios dos componentes dos pára-raios (por exemplo, varistor, mola, espaçador, etc). Ele também contém a espessura da mola e do espaçador.



5)  Neste campo deve ser informado o nome do arquivo SOBRET, este arquivo conterá as informações sobre o tipo de ensaio a ser simulado. Os ensaios que podem ser simulados são: tensão aplicada na frequência industrial quer seja tensão nominal do sistema ou sobretensão; descarga de linha; onda retangular; impulso de atmosférico (8 x 20 μ s); impulso de alta corrente (4 x 10 μ s); curva de resfriamento; aquecimento ou resfriamento de um pára-raios completo para uma temperatura definida; determinação da temperatura interna aos varistores a partir do perfil térmico do invólucro de porcelana.

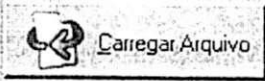
6)  Neste campo deve ser informado o nome do arquivo TEMP1. O arquivo deverá conter as informações das temperaturas de cada componente do pára-raios, inclusive a temperatura ambiente.

7)  Neste campo deve ser informado o nome do arquivo STEMP, este arquivo conterá informações relativas aos pontos do pára-raios que se desejar observar o comportamento térmico no decorrer do tempo. Os pontos de observação são obtidos e escolhidos a partir de uma simulação prévia tendo em vista que o programa é quem irá gerar a matriz de temperatura do pára-raios.

8)  Este botão permite ao usuário criar um novo caso de estudo a ser modelado e simulado.

9)  Este botão permite que usuário salve quaisquer alterações feitas no caso em estudo.

10)   Os botões “caso anterior” e “próximo caso” permitem ao usuário navegar por todos os casos armazenados no banco de dados.

11)  Este botão permite ao usuário carregar o arquivo de configuração cuja caixa de texto detenha o foco no momento. Por exemplo, se o foco do cursor estiver sobre a caixa de texto “Arquivo STEMP”, quando o usuário clicar no botão “Carregar Arquivo” a tela “Edite o arquivo de configuração correspondente!” aparecerá (ver Figura 20) possibilitando ao usuário efetuar as modificações necessárias.

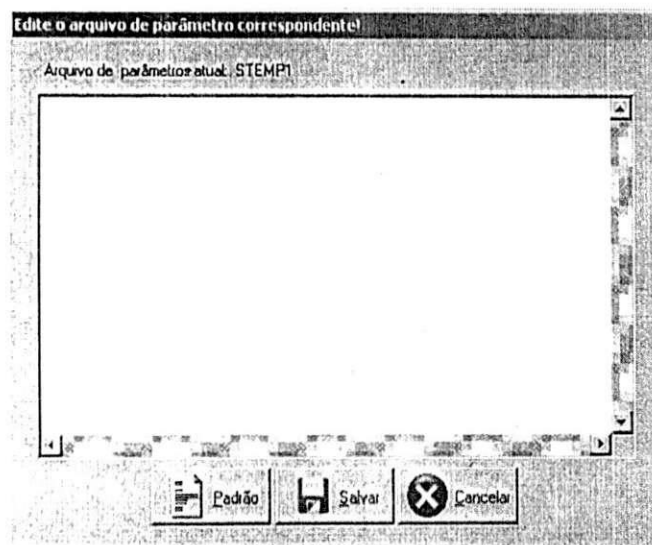

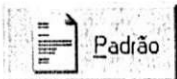


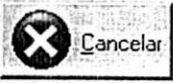
Figura 20 - Imagem da janela de edição dos arquivos de configuração.

12)  Este texto informa ao usuário que arquivo de parâmetro ou configuração está sendo editado no momento. Neste caso tem-se que o arquivo a ser editado é o STEMP1.


13)  O botão “Padrão” tem a finalidade de carregar na caixa de texto da Figura 20 o arquivo *default* correspondente, permitindo assim que usuário efetue apenas as modificações necessárias ao caso em estudo, ao invés de digitar o arquivo de configuração por completo.

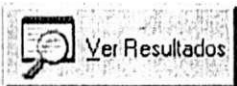



14) O botão “Salvar” serve para gravar quaisquer alterações realizadas no arquivo de configuração.

15)  Ao clicar no botão “Cancelar” o usuário fecha a janela “Edite o arquivo de configuração correspondente!” e retorna a janela principal.

Voltando a janela principal têm-se ainda os seguintes botões:

16)  Este botão permite ao usuário executar a rotina desenvolvida por Costa (1999), em segundo plano (de forma transparente ao usuário), de forma que o caso modelado seja simulado, e os arquivos de saída sejam gerados.

17)  O botão “Ver Resultados” possibilita ao usuário, ver os resultados da última simulação executada.

18)  Ao clicar neste botão o usuário encerra a execução do programa.

2.3.3. Resultados Obtidos

É possível visualizar a geometria do pára-raios que foi modelado, para isso, o usuário deve clicar no botão “Ver Resultados” após ter executado algum dos casos armazenados. A Figura 21 ilustra uma janela contendo a estrutura do pára-raios em um dos casos executados. Na parte central da janela tem-se o “pára-raios”, no canto direito inferior tem-se a legenda dos materiais constituintes do pára-raios, e no canto superior direito tem-se o controle de *zoom* da figura. Acionando o controle de *zoom* da janela pode-se ver com mais detalhes as partes do pára-raios simulado.

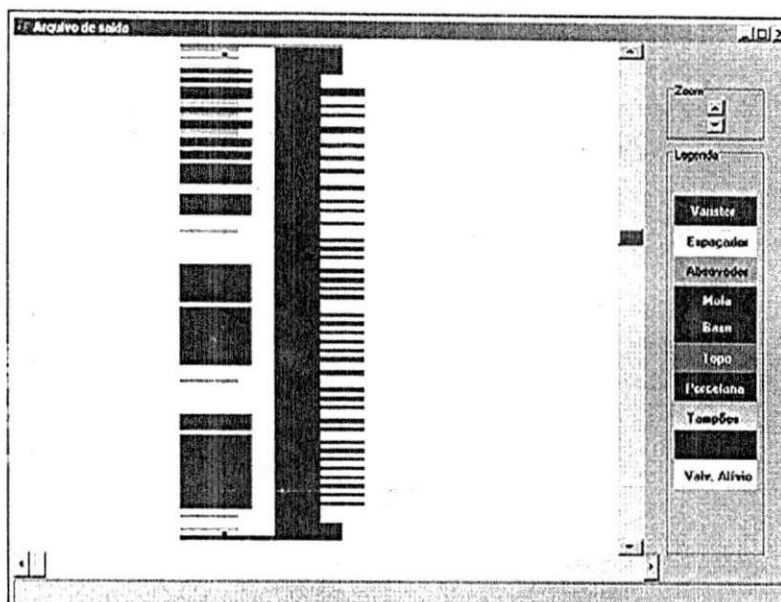


Figura 21 – Ilustração da estrutura do pára-raios em estudo.

Na Figura 22 é mostrada uma ilustração da janela de saída do programa, que contém a distribuição de calor no pára-raios simulado. Na barra inferior da janela pode-se ver que iteração é visualizada no momento (nesse caso “Iteração 1”). Logo acima se tem a barra de deslizamento que permite percorrer entre as diversas iterações realizadas pelo programa. No momento inicial o ponteiro dessa barra encontra-se totalmente deslocado à esquerda.

Na lateral esquerda pode ser visto o “termômetro” que fornece ao usuário informações sobre os valores das temperaturas na estrutura do pára-raios. Na situação mostrada (primeira iteração) o termômetro informa uma temperatura de 26,85°C em todo o pára-raios. A temperatura corresponde a um estado inicial do pára-raios, estado no qual o pára-raios ainda não estaria submetido à tensão. No canto superior direito tem-se o controle de *zoom* cujo funcionamento é idêntico aquele mostrado na Figura 21. Logo abaixo do controle de *zoom* encontra-se controle de escala, no qual o usuário pode escolher entre os modos automático e manual de ajustes. No modo automático o programa tenta ajustar, sozinho, a escala do termômetro. Já no modo manual o usuário ajustar a escala de forma que, as

cores correspondentes às temperaturas se tornem mais representativas para si.

Ao clicar no botão “Temperaturas” o usuário pode ver na caixa de texto localizada abaixo do botão todas as temperaturas calculadas, cuja quantidade é mostrada na legenda “Nº de pontos” (nesse caso, 3.126 pontos).

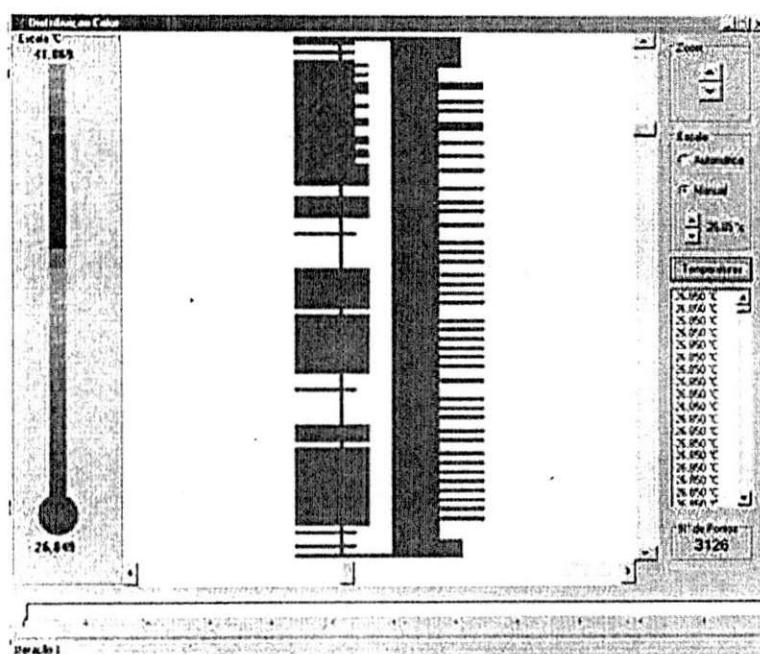


Figura 22 - Janela que mostra a distribuição de calor no pára-raios.

Na Figura 23 é mostrado o resultado da distribuição de calor no pára-raios após a 21ª iteração. Nesta figura pode-se notar como se dar a transferência de calor entre os elementos do pára-raios, notadamente os varistores e a porcelana.

3. CONCLUSÃO

O estágio realizado foi de grande valia para a formação técnica e pessoal do estagiário. Com relação ao critério formação técnica, possibilitou ao estagiário o contato com procedimentos e técnicas para realização de ensaios em equipamentos de alta tensão, além proporcionar, conjuntamente, a aprendizagem de softwares e manuseio de equipamentos. O desenvolvimento de placas de circuito impresso proporcionou ao estagiário a aprendizagem do software Protel, uma ferramenta extremamente poderosa que pode ajudar o estagiário em trabalhos futuros, tanto de cunho acadêmico quanto de cunho profissional. No que diz respeito ao desenvolvimento de software, o estágio foi de grande valia, pois permitiu ao estagiário a aprendizagem de estratégias de desenvolvimento de software e de banco de dados, além solidificar o conhecimento de linguagens de programação.

Com relação ao critério formação pessoal, o estágio proporcionou o contato com pessoas das mais variadas, com formações pessoais e técnicas diferentes, de forma ^{que} experiências das mais distintas puderam ser absorvidas.

4. BIBLIOGRAFIA

Altium, "Protel Learning Guides". 2002, Estados Unidos.

Costa, E. G., "Análise do Desempenho de Pára-Raios de Óxido de Zinco". Tese de Doutorado, COPELE/UFPB, 1999, Campina Grande, Brasil.

Costa, E. G., "Apostila de Materiais Elétricos", 2001, Campina Grande, Brasil.

D'Ajuz, A., Resende, F. M., Carvalho, F. M. S., Nunes, I. G., Amon Filho, J., Dias, L. E. N., Pereira, M. P., Kastrup Filho, O. e Moraes, S. A., "Equipamentos Elétricos; Especificação e Aplicação em Subestações de Alta Tensão". FURNAS, Rio de Janeiro, 1985.

Haefely, "Manuais do Kit de Alta Tensão e do Gerador de Impulso", 1895, Alemanha.

Leão, M., "Introdução ao Borland C++ Builder", Axcel Books, 1999, Rio de Janeiro, Brasil.

Mischel, J., "Borland C++ Builder", The Coriolis Group, 1997, Scottsdale, AZ, Estados Unidos.