



Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS

Departamento de Engenharia Elétrica – DEE

Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Área de Automação

“LABORATÓRIO REMOTO DE QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA”

“Dissertação submetida à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Engenharia Elétrica, junto ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica”.

Rogério Máximo Rapanello

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Origa de Oliveira

Ilha Solteira, Outubro de 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

- | | |
|-------|--|
| R216l | <p>Rapanello, Rogério Máximo.
Laboratório remoto de qualidade da energia elétrica / Rogério Máximo Rapanello.
Ilha Solteira : [s.n.], 2008.
82 f. : il., fots. color.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2008</p> <p>Orientador: Luís Carlos Origa de Oliveira
Bibliografia: p. 74</p> <p>1. Laboratório remoto. 2. Qualidade de energia elétrica. 3. Automação e controle.
4. Educação à distância.</p> |
|-------|--|

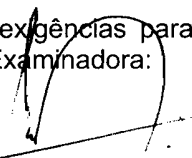
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Laboratório Remoto de Qualidade de Energia Elétrica

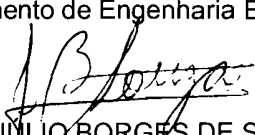
AUTOR: ROGÉRIO MÁXIMO RAPANELLO

ORIENTADOR: Prof. Dr. LUIS CARLOS ORIGA DE OLIVEIRA

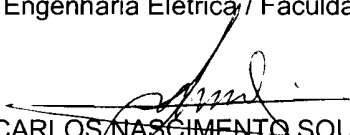
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em ENGENHARIA ELÉTRICA pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. LUIS CARLOS ORIGA DE OLIVEIRA

Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. JULIO BORGES DE SOUZA

Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. OLÍVIO CARLOS NASCIMENTO SOUTO

Curso de Engenharia Elétrica / Universidade do Estado de Minas Gerais - Campus de Ituiutaba

Data da realização: 17 de novembro de 2008.

Dedico aos meus pais, José da Silva Rapanello e Nercília Máximo Rapanello, pois sem esse alicerce de amor, apoio e incentivo, jamais seria possível essa conquista.

Agradeço sempre a Deus, porque ele é o caminho que nos sustenta e nos guia em todos os momentos.

À minha família, por estar sempre presente e me apoiando em todos os momentos dessa caminhada e em especial aos meus pais, José da Silva Rapanello e Nercília Máximo Rapanello e ao meu irmão Rodrigo Máximo Rapanello, pela educação e orientação que me deram, pela compreensão a minha ausência e pelo apoio nos momentos difíceis.

À minha namorada Andreza Camerro, pelo carinho, companheirismo nos momentos de dificuldade e compreensão nos momentos de distância, sempre incentivando para alcançar meus objetivos.

Ao professor Dr. Olívio Souto, por acreditar e incentivar a continuidade aos estudos após a conclusão do curso de engenharia elétrica.

Ao professor Dr. Luis Carlos Origa de Oliveira pela oportunidade oferecida, pela confiança depositada no desenvolvimento desta pesquisa, pela orientação competente e segura, e pela amizade que permanece e se estende muito além deste projeto.

Ao amigo e companheiro de laboratório, Rodrigo Nunes de Oliveira, pela ajuda constante em toda elaboração da parte prática do projeto, contribuindo muito com sua genialidade e experiência.

Aos professores Júlio Borges, José Carlos Rossi e Alexandre César Rodrigues da Silva pela participação nas bancas de Estudos Especiais e Exame Geral de Qualificação, e pelas observações importantes e sugestões indispensáveis que contribuíram para a conclusão deste trabalho, e a todos os mestres que participaram da minha formação acadêmica, pela dedicação e carinho.

Ao amigo Milton de Souza Brito, pela leitura e revisão ortográfica, contribuindo com suas correções e sugestões sempre pertinentes e de grande valia para apresentação deste trabalho.

À FEPIISA pelo apoio financeiro.

Aos muitos amigos que fiz em Ilha Solteira, em especial a Renan Kioshi Konishi, Henrique Miguel Cunha, Lucas de Mello Amorim, Vinicius Augusto Mazzuchelli, Eduardo Shigueo Hoji, Benvindo Rodrigues Pereira Júnior, Rogério Perego e Silva, Moacyr Brito, Castellane Silva Ferreira, Antônio Tavares, Acelino Cardoso de Sá, Angelo Fávaro, Lucas Saliba, Weslei Perin, que acompanharam passo-a-passo esta caminhada, me acolheram, se tornaram minha família durante o desenvolvimento do trabalho, e amigos eternos.

“Somente aqueles que arriscam ir mais longe,
saberão onde podem chegar.”

Marcos C. Pontes (Primeiro Astronauta Brasileiro)

Com a crescente importância do estudo da Qualidade da Energia Elétrica, o objetivo deste trabalho é disponibilizar um Laboratório Remoto de Qualidade da Energia para acionamento via Internet - LRQEE. Na sua concepção, o LRQEE destaca-se pelos vários recursos técnicos disponibilizados e pela agilidade na integração entre instituições de ensino, contribuindo em muito para a evolução do aprendizado e racionalização no uso dos recursos financeiros. Permite o acesso e controle a diversos equipamentos e cargas que possibilitam o apoio ao ensino prático à distância e um melhor entendimento do assunto em pauta.

No texto enfoca-se a utilização do ambiente laboratorial para o ensino da qualidade da energia, utilizando conhecimentos teóricos e implementações práticas. Propõe-se a montagem de simulações de diversos experimentos, cuja realização é conseguida utilizando-se como ferramenta principal o software LabVIEW da National Instruments para controle dos dispositivos e equipamentos e também programação PHP para controle do acesso via internet pelos usuários.

Com as diversas experiências de laboratório possíveis, e o controle dos equipamentos via internet, é fornecida, ao aluno ou pesquisador, a possibilidade de ampliar seus conhecimentos, proporcionada pelo fato de que eles têm a oportunidade de realizar experiências relevantes para o estudo da qualidade da energia elétrica, e colocar em prática os conhecimentos adquiridos nas disciplinas relacionadas ao tema.

With the increasing importance of the study of the Electric Power Quality, the objective of this work is to make available a Remote Laboratory of Electric Power Quality via Internet for electric drive - LRQEE. In its basic conception, the LRQEE stands out for the several made available technical resources and for the agility in the integration among teaching institutions, contributing a lot to the evolution of the learning as well to the rationalization in the use of the financial resources. It allows the access and control to several pieces of equipment and loads that make it possible the support to a long distance practical teaching and a better understanding of this subject.

In the text it is focused use of the laboratorial environment for the education of the quality of the power, using theoretical knowledge and practical implementations. It is considered assembly of simulation of diverse experiments, whose accomplishment is obtained using itself as main tool LabVIEW software of the National Instruments for control of the devices and equipment and also programming PHP for control of the access saw Internet for the users.

With the diverse experiences of laboratory proposals, and the control of the equipments way Internet, is supplied, to the pupil or researcher, the possibility to extend ours knowledge, proportionate for the fact of that they have the chance to make excellent experiences for the study of the quality of the electric power, and to place in practical the knowledge acquired in disciplines them related to the subject.

LISTA DE ABREVIATURAS

Apache	Um Software Livre de servidor para Web que interpreta páginas PHP
ASP	Active Server Pages (Servidor de Páginas Ativa)
CGI	Common Gateway Interface (Interface de Porta Comum)
DEE	Departamento de Engenharia Elétrica
EAD	Educação à Distância
FEIS	Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
FFT	Fast Fourier Transform (Transformada Rápida de Fourier)
FAQ	Frequently Asked Questions (Perguntas Frequentes)
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
HGA	Harmônic Generator Analyzer (Gerador e Analisador e Harmônicas)
HTML	Hyper Text Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol (Protocolo de Transferência de Hipertexto)
JSP	Java Server Pages (Páginas de Servidor Java)
LabVIEW	Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench
LQEE	Laboratório de Qualidade da Energia Elétrica
LRQEE	Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica
MySQL	Sistema de Gerenciamento para Banco de Dados que utilizam linguagem SQL
PID	Proporcional, Integral e Derivativo
PHP	Hypertext Preprocessor (Pré-processador de Hipertextos)
SGBD	Sistema de Gerencia de Banco de Dados
SQL	Structured Query Language (Linguagem de Consulta Estruturada)
TCP	Transmission Control Protocol (Protocolo de Controle de Transmissão)
Tomcat	Servidor de Aplicações Java
UNESP	Universidade Estadual Paulista
VIs	Virtual Instruments (Instrumentação Virtual)
WEB	Rede de Computadores na Internet
WWW	World Wide Web (Rede de Alcance Mundial)

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Visão Geral do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica	27
Figura 3-1: Foto da Fonte de Tensão Trifásica e do Gerador Analisador de Harmônicas	28
Figura 3-2: Foto do Equipamento para Aquisição de Dados, Modelo Daqbook/100.....	29
Figura 3-3: Foto do Equipamento para Aquisição de Sinais de Tensão, Modelo DBK50.....	29
Figura 3-4: Foto do Equipamento para Aquisição de Sinais de Corrente, Modelo DBK40.....	29
Figura 3-5: Foto do Transdutor de Corrente, Modelo AEMC MN114.....	30
Figura 3-6: Composição da Matriz de Chaveamentos.....	31
Figura 3-7: Foto de uma Placa da Matriz de Chaveamento	31
Figura 3-8: Foto do Conjunto Geral da Bancada de Experimentos	32
Figura 4-1: Tela de Configuração do Servidor LabVIEW.....	38
Figura 4-2: Tela do Painel de Gerenciamento de Conexões Remotas.....	39
Figura 5-1: Página do Cadastro de Usuários no LRQEE.....	41
Figura 5-2: Página do Login dos Usuários no LRQEE	42
Figura 5-3: Página da Criação de Grupos e Atribuição de Permissões.....	44
Figura 5-4: Página da Lista dos Grupos e Configuração do Status	45
Figura 5-5: Página da Lista de Usuários para Ativação no Sistema	45
Figura 5-6: Página da Edição e Liberação de Usuários	46
Figura 5-7: Fluxograma da Segurança para Acesso ao LRQEE	48
Figura 5-8: Página da Mensagem de Acesso Negado	49
Figura 5-9: Fluxograma da Segurança para Controle Único e Acesso Simultâneo	50
Figura 5-10: Página da Lista de Meses Disponíveis para Agendamento.....	51
Figura 5-11: Página do Calendário para Escolha do Dia a ser Configurado.....	51
Figura 5-12: Página da Configuração dos Horários Disponíveis para Agendamento	52
Figura 5-13: Página da Lista dos Anos e Meses Disponíveis para Agendamento.....	53
Figura 5-14: Página da Escolha dos Horários para Efetivação do Agendamento.....	54
Figura 5-15: Página do Relatório de Acesso ao Sistema do LRQEE.....	55
Figura 5-16: Detalhe de Registro do Relatório com Acesso Liberado	56
Figura 5-17: Detalhe de Registro do Relatório com Acesso Bloqueado	56
Figura 5-18: Relação de Placas da Matriz de Chaveamento.....	58
Figura 5-19: Cadastro de Cargas Especiais.....	59
Figura 5-20: Lista de Cargas Especiais.....	59
Figura 6-1: Tela do Software LabVIEW para Controle da Fonte de Tensão	61
Figura 6-2: Tela do Software LabVIEW para Formas de Onda	62
Figura 6-3: Tela do Software LabVIEW para Escolha e Configuração das Cargas	64
Figura 6-4: Tela do Software LabVIEW Exemplificando a Configuração das Cargas	65
Figura 6-5: Tela do Software LabVIEW para Aquisição dos Sinais	67

Figura 6-6: Diagrama do Ambiente para Educação à Distância Disponível.....	69
Figura 7-1: Sinais de Corrente no Domínio do Tempo do Experimento Proposto.....	70
Figura 7-2: Sinais de Corrente no Domínio da Frequência do Experimento Proposto.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação entre Laboratórios Virtual, Remoto e Real [5].....	26
Tabela 2: Comparativo entre os recursos disponíveis entre as principais tecnologias Web	34
Tabela 3: Prós e Contras da Utilização de Navegador Padrão ou Software Dedicado	36
Tabela 4: Lista dos arquivos PHP com suas principais funções.....	75
Tabela 5: Estrutura do Banco de Dados MySQL.....	78
Tabela 6: Resumo dos Comandos da Fonte de Tensão	80

CAPÍTULO 1 – Estado da Arte, Proposição e Organização	13
1.1 Estado da Arte.....	13
1.2 Proposta do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica	18
1.3 Organização do Trabalho	19
CAPÍTULO 2 – Introdução	21
2.1 Importância do Estudo da Qualidade da Energia Elétrica	22
2.2 Importância do Laboratório como Opção à Pesquisa e Aprendizado.....	23
2.3 Educação à Distância e a Evolução da Internet.....	24
2.4 Apresentação do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica	26
CAPÍTULO 3 – Equipamentos e Dispositivos Controlados.....	28
3.1 Fonte de Tensão	28
3.2 Equipamento de Aquisição de Dados	29
3.3 Matriz de Chaveamento.....	30
3.4 Bancada de Experimentos.....	32
CAPÍTULO 4 – Definição das Tecnologias Utilizadas	33
4.1 Tecnologias para Desenvolvimento Web.....	33
4.2 Tecnologias para Acionamento dos Equipamentos	35
4.3 Especificação da Arquitetura Cliente-Servidor	37
CAPÍTULO 5 – Software de Controle de Acesso Via Internet com PHP	40
5.1 Controle de Acesso ao Sistema Via Internet.....	40
5.2 Diretivas de Permissão por Usuário.....	43
5.3 Validação de Segurança, Controle Único e Acessos Simultâneos.....	47
5.4 Agenda para Utilização do LRQEE.....	50
5.5 Relatório de Acesso ao Sistema.....	54
5.6 Matriz de Chaveamento e Cargas Especiais	56
CAPÍTULO 6 – Software de Controle do Laboratório com LabVIEW.....	60
6.1 Controle da Fonte de Tensão	60
6.2 Formas de Onda.....	62
6.3 Escolha das Cargas (Bancada de Experimentos).....	63
6.4 Aquisição de Dados.....	66
6.5 Configuração do Sistema	68
6.6 Integração com outras Ferramentas para Educação à Distância.....	68
CAPÍTULO 7 – Experimentos e Resultados Obtidos.....	70
CAPÍTULO 8 – Conclusão e Trabalhos Futuros.....	72

CAPÍTULO 9 – Referências	74
Anexo 1 – Estrutura do Programa em PHP	75
Anexo 2 – Estrutura do Programa em LabVIEW	77
Anexo 3 – Estrutura do Banco de Dados MySQL	78
Anexo 4 – Resumo dos Comandos da Fonte de Tensão	80
Anexo 5 – Endereços da Matriz de Chaveamento	81
Anexo 6 – Trabalho Publicado	82

ESTADO DA ARTE, PROPOSIÇÃO E ORGANIZAÇÃO

1.1 Estado da Arte

Para o desenvolvimento deste trabalho foram pesquisados e estudados vários laboratórios remotos acessíveis pela Internet, principalmente em artigos publicados em congressos e periódicos. A seguir são apresentados, alguns dos laboratórios pesquisados, ferramentas utilizadas, metodologia que seguem e outros fatores relevantes.

Projeto:	Laboratório Remoto para Ensino a Distância de Sistemas de Controle Distribuído
Instituição:	Escola de Engenharia de São Carlos – EESC - USP
Localização:	Brasil – São Paulo – São Carlos
Autores:	Eduardo André Mossin, Luis Carlos Passarini
Ano:	2007
Ambiente:	LabVIEW, PHP e Moddle.
Resumo:	Frente a abrangente presença da internet no ambiente acadêmico e residencial, a literatura relata, na última década, um número crescente de experiências de ensino a distância na área de automação e controle industrial, nas quais desde procedimentos teóricos até aulas práticas podem ser realizados através de acesso remoto. Neste contexto, este trabalho apresenta experiências acadêmicas no emprego de laboratórios on-line relacionados à teoria de controle e introduz uma nova proposta de arquitetura de acesso remoto, que será aplicada ao ensino de sistemas de controle distribuídos via rede de campo no protocolo Foundation Fieldbus em ambiente simulado.

Projeto:	Laboratório de Ensino de Automação Remoto da UnB
Instituição:	Universidade de Brasília
Localização:	Brasil – Distrito Federal – Brasília
Autores:	Alfredo A. Freitas, Adolfo Bauchspiess, Geovany A. Borges
Ano:	2006
Ambiente:	JAVA
Resumo:	Este projeto apresenta o Laboratório de Ensino de Automação Remoto (LEARn-UnB) que é utilizado como ferramenta de ensino de controle e

automação para estudantes de Engenharia Elétrica e de Engenharia Mecatrônica da Universidade de Brasília. A opção pela experimentação remota considerou a conveniência do compartilhamento de experimentos com outras universidades, o compartilhamento de experimentos com a mesma infra-estrutura de software e a necessidade de atender aproximadamente 60 alunos em cada semestre. Os experimentos atualmente oferecidos são: linearização experimental em ponto de operação, projeto de controlador PID (Proporcional, Integral e Derivativo), compensador em avanço-atraso e espaço de estados.

Projeto: **Instrumentação Virtual para Analisador de Potência**
Instituição: Escola Superior de Tecnologia e de Gestão Instituto Politécnico
Localização: Portugal – Bragança
Autores: José Batista, Júlio S. Martins, João L. Afonso.
Ano: 2006
Ambiente: LabVIEW 7.1
Resumo: Desenvolvimento de um sistema modular e flexível de baixo custo para a monitoração da qualidade da energia elétrica e gestão da energia consumida. O sistema, funcionando em aquisição contínua, registam em arquivo os eventos que resultam da detecção de anomalias relacionadas com a qualidade da energia elétrica. A informação adquirida pode ser visualizada em tabelas e/ou em gráficos, e a partir daí gerar relatórios no formato HTML.

Projeto: **Laboratório Remoto de Automação Predial**
Instituição: Universidade de Brasília
Localização: Brasil – Distrito Federal – Brasília
Autores: Ronaldo J. Santos, Adolfo Bauchspiess, Geovany A. Borges
Ano: 2005
Ambiente: JAVA
Resumo: Este projeto apresenta um laboratório remoto de automação predial o qual representa um conjunto de escritórios composto por cinco salas, sendo que cada uma delas possui uma porta e uma janela. Este ambiente predial tem dois aparelhos de ar-condicionado os quais estão estrategicamente posicionados de forma a atender todo o ambiente. Construiu-se uma maquete inspirada no ambiente mencionado, de forma a reproduzir problemas inerentes ao controle de sistemas prediais reais.

Projeto: Laboratório Remoto para Múltiplos Experimentos de Eletrônica
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Localização: Brasil – Paraná – Curitiba
Autores: Leitão, Fonseca, Araújo.
Ano: 2005
Ambiente: Programação C
Resumo: A proposta desse trabalho é apresentar uma metodologia para a implementação de laboratórios de medições remotas, com o objetivo de apoiar as aulas práticas de laboratórios de eletrônica e facilitar o acesso por parte dos estudantes com relação às restrições de tempo e horários.

Projeto: Laboratório Remoto Aplicado ao Ensino de Engenharia Eletrônica
Instituição: Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)
Localização: Brasil – São Paulo – Campinas
Autores: Marchezan, Chella, Ferreira
Ano: 2005
Ambiente: LabVIEW 6.1
Resumo: A proposta que esse trabalho apresenta é uma plataforma de suporte a multi-experimentos na área de eletrônica, onde seja possível realizar, à distância e localmente, vários experimentos distintos concebidos e implementados em laboratórios reais.

Projeto: Laboratório Virtual Aplicado à Educação à Distância
Instituição: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).
Localização: Brasil – São Paulo – São Paulo
Autores: Fernandez, Borges, Perez-Lisboa.
Ano: 2005
Ambiente: LabVIEW 6.1
Resumo: Um ambiente de ensaio virtual, onde o aluno acompanha e controla os experimentos e ensaios remotamente. Ele também pode alterar os parâmetros a ser usados em um experimento real montado no Laboratório Virtual do Grupo de Sensores Integráveis e Microsistemas (SIM) do Laboratório de Microeletrônica (LME).

Projeto: Laboratório Remoto de Eletrônica de Potência
Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Localização: Brasil – Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
Autores: Fernandes, Roln, Suemitsy.

Ano: 2003
Ambiente: Java e Real Time Linux
Resumo: Nesse trabalho desenvolveu-se um ambiente remoto baseado na bancada didática de Eletrônica de Potência da UFRJ, onde os alunos podem realizar, remotamente, experiências reais e obter, graficamente, os resultados das medições efetuadas.

Projeto: **REAL - Remotely Accessible Laboratory**
Instituição: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Localização: Brasil – São Paulo – Campinas
Autores: Guimarães, Maffeis, Pinto.
Ano: 2003
Ambiente: JAVA
Resumo: Permite a um usuário remoto manipular um robô móvel dentro de um modo de Interação. O REAL tem sido avaliado por instituições participantes do desenvolvimento e pretende-se disponibilizar uma versão menos sofisticada, com interface em Java mais apropriada para fins educacionais, para apoiar projetos universitários nas áreas de robótica e inteligência artificial.

Projeto: **Laboratório Remoto de Eletricidade / Eletrônica Básica**
Instituição: Florida Atlantic University (FAU)
Localização: Estados Unidos – Flórida – Boca Raton
Autores: Sam, Bassen, Ilyas
Ano: 2000
Ambiente: LabVIEW 5.0
Resumo: Através de uma interface gráfica, escolhe o experimento, fornece dados de intensidade de corrente elétrica e observa as medidas resultantes do experimento remoto real com o auxílio de uma câmera de vídeo controlada por comandos disponíveis numa janela associada ao próprio browser.

Projeto: **Laboratório Remoto de Física**
Instituição: Florida Atlantic University (FAU)
Localização: Estados Unidos – Flórida – Boca Raton
Autores: Bassen, Marcovitz, Hamza, Petrie
Ano: 2000
Ambiente: LabVIEW 5.0
Resumo: São disponibilizados experimentos da área de física, nos quais o estudante controla remotamente um dispositivo contendo uma rampa inclinada com diversos sensores de posição e uma massa ajustável que proporcionam

diversos tipos de medição e cálculos tais como velocidade de deslocamento do corpo e coeficientes de atrito.

Projeto:	Laboratório Virtual de Visão Computacional e Robótica
Instituição:	Revista Brasileira de Informática na Educação
Localização:	Brasil – Santa Catarina - Florianópolis
Autores:	Queiroz, Bergerman, Machado.
Ano:	1998
Ambiente:	JAVA
Resumo:	Para prover o acesso aos equipamentos de robótica e visão computacional, surgiu o primeiro laboratório virtual brasileiro de visão computacional e robótica. Com o uso de laboratórios virtuais ocorreram grandes contribuições para as áreas de robótica e visão computacional, isso porque os resultados das experiências realizadas através de laboratórios virtuais são de fundamental importância para a investigação científica. Este laboratório é baseado em técnicas de teleoperação e telemonitoramento.

Após a pesquisa e análise dos laboratórios acessíveis via Internet, foi possível verificar que a maioria deles tem objetivos semelhantes, tais como:

- diminuição de custos;
- compartilhamento de equipamentos entre universidades;
- flexibilização de horários para execução dos experimentos para os alunos,

Um fator que difere entre os laboratórios são as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento da arquitetura. Enquanto alguns laboratórios utilizam softwares comerciais como o LabVIEW outros utilizam ferramentas gratuitas.

Embora não seja possível substituir todo o trabalho que o aluno realiza durante uma prática em um laboratório real, os laboratórios remotos e virtuais contribuem muito para a realização de experimentos.

Outro fator apresentado por alguns dos autores, é que muitos dos equipamentos não disponibilizam de forma remota todos os comandos que podem ser acessados localmente, como configuração do equipamento, por exemplo.

Uma limitação encontrada em laboratórios remotos é a velocidade na transmissão de dados, já que muitos deles dependem de imagens capturadas ao vivo através de câmeras de vídeo. A transmissão deste tipo de dados requer uma largura de banda da rede muito maior se

comparada com a transmissão de dados do tipo texto. Além disso, o fato de ser imagens transmitidas em tempo real, atrasos podem ocorrer devido ao aumento do tráfego na rede.

Este levantamento do Estado da Arte, possibilitou uma visão mais abrangente do assunto em questão, permitindo evitar alguns erros já enfrentados por outros autores. Também o modo como cada tecnologia foi empregada no desenvolvimento ajudaram a definir quais os melhores caminhos para desenvolvimento do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica, descritos a seguir.

1.2 Proposta do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica

A estrutura básica de um laboratório remoto é formada por um conjunto de instrumentos interfaceados a um computador conectado à internet. Esse computador tem como função o controle dos equipamentos a ele interfaceados e pode ser acessado remotamente a partir de outros computadores ligados à Internet. O usuário remoto acessa e controla o computador do laboratório e, a partir daí, aciona equipamentos, faz configurações de cargas, implementa condições harmônicas e coleta dados.

O alcance desse tipo de tecnologia é vasto, indo desde uma simples aplicação experimental para entendimento de conceitos do tema de qualidade da energia elétrica, até estudos mais aprofundados para pesquisadores e estudantes de pós-graduação. Isto é possível, devido a existência de recursos instrumentais sofisticados, via de regra não acessíveis para todas as instituições. Podem também, ser usados no treinamento de alunos em cursos de educação à distância.

Este projeto desenvolvido no Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia Elétrica de Ilha Solteira (FEIS) tem como meta a disponibilização do Laboratório de Qualidade da Energia Elétrica (LQEE) de forma remota, assim como toda estrutura de materiais teóricos e práticos para o estudo do assunto em pauta.

Devido às necessidades de experimentação laboratorial nas instituições de ensino e para atenuar as dificuldades existentes nesse sentido, difundindo o conhecimento através de práticas laboratoriais, a utilização de laboratórios remotos vem se tornando uma opção. Neste caso, o acompanhamento e controle de experimentos ocorrem à distância, pois permite o uso de equipamentos físicos por meio de softwares.

O emprego de laboratórios remotos permite que os custos com equipamentos possam ser minimizados, devido aos instrumentos estarem à disposição por um espaço de tempo maior para realização das práticas. Desta forma, há um melhor aproveitamento do instrumento devido à distribuição dos horários para sua utilização. Um laboratório remoto oferece uma operação mais flexível do que os modelos de laboratórios tradicionais, pois o usuário pode se

conectar ao computador onde estão os experimentos, de qualquer lugar e a qualquer hora, para utilizar os recursos disponíveis.

Outra vantagem é o compartilhamento de equipamentos entre universidades. Elas podem possuir diferentes equipamentos, e disponibilizá-los para utilização em conjunto através do laboratório remoto.

Remotamente, o acesso dos alunos aos equipamentos pode ser restrito a determinadas funções, bloqueando-se comandos que não devem ser executados pelo aluno. Assim, evita-se o risco de danificar os instrumentos devido à má utilização. Além da segurança para que não haja ações indesejadas, também é feita a validação para que, somente usuários permitidos tenham acesso ao laboratório e também há possibilidade de agendamento para utilização do mesmo, facilitando assim a organização dos horários de estudo.

Apesar dos grandes benefícios que laboratórios remotos trazem, muitos deles ainda não permitem uma boa comunicação do usuário com o equipamento, devido a sua interface ser pouca interativa. A função da interface é promover a conexão entre os usuários e os instrumentos disponíveis de forma amigável, e esta também é a proposta do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica (LRQEE), disponibilizando para a realização de experimentos uma interface com apresentação de imagens, gráficos e formas de onda.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em 9 (nove) capítulos, como segue:

Capítulo 1: Descreve-se o Estado da Arte, relatando-se alguns estudos de caso de laboratórios remotos. Também apresenta-se a proposta do laboratório remoto de qualidade da energia elétrica e propõe a organização em que será apresentado o trabalho.

Capítulo 2: Descreve-se a importância do estudo da qualidade da energia elétrica, bem como a relevância do laboratório como opção à pesquisa e ao aprendizado. Analisa os avanços da educação à distância e da internet como ferramenta para estudo, e ainda apresenta o funcionamento do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica.

Capítulo 3: Descreve-se os equipamentos e dispositivos controlados, demonstrando as características de cada hardware, assim como sua relevância no estudo do tema.

Capítulo 4: Define-se as tecnologias utilizadas neste projeto e também os motivos que levaram à sua escolha, comparando com outras tecnologias similares.

Capítulo 5: Descreve-se como é realizado o controle de acessos via internet utilizando linguagem de programação PHP, apresentando-se a segurança do sistema, as diretivas de permissão para acesso, relatórios e agendamento de utilização do laboratório.

Capítulo 6: Descreve-se o Software do laboratório remoto em ambiente LabVIEW, que permite o controle dos equipamentos e instrumentos. As funcionalidades de controle da fonte, aquisição de dados e escolha das cargas, que possibilitam a realização dos experimentos propostos. Também são apresentadas as possibilidades de evolução do ambiente proposto e integração com demais plataformas de educação à distância.

Capítulo 7: Propõe-se e exemplifica uma sugestão realizada para o estudo da qualidade da energia elétrica, que pode ser facilmente experimentada no LRQEE. Esta experiência e tantas outras que podem ser realizadas no LRQEE visam à oportunidade dos estudantes de aplicarem os conhecimentos obtidos com estudos das disciplinas relacionadas ao tema.

Capítulo 8: Apresenta-se as conclusões e observações finais, discutindo a relevância do projeto e se os objetivos propostos foram alcançados, além de propor sugestões para continuidade deste projeto através de trabalhos futuros.

Capítulo 9: Bibliografia utilizada para elaboração deste trabalho e estudos sobre o assunto.

Anexos: Alguns anexos complementam este trabalho, facilitando o entendimento dos códigos desenvolvidos e a estrutura de programação realizada para a implementação do projeto.

INTRODUÇÃO

O estudo da Qualidade da Energia Elétrica é, atualmente, um tema de grande importância para os profissionais da área de Engenharia Elétrica. Esta área de conhecimento tem sido sistematicamente enriquecida com novos estudos na medida em que mais equipamentos sensíveis são instalados nas redes de distribuição de energia [1].

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é disponibilizar um laboratório qualificado e acionado à distância via Internet, com vistas ao ensino prático e apoio à pesquisa, envolvendo fenômenos relacionados com a qualidade da energia elétrica.

O laboratório acessível pela internet é um conceito recente, desenvolvido a partir da generalização do uso das novas tecnologias da informação e comunicação na educação. Esta classe de laboratórios pode ser dividida fundamentalmente em dois tipos: Laboratórios Remotos e Laboratórios Virtuais. Ambos podem ser acessados remotamente, via internet, mas apresentam diferenças claras na estrutura e na forma como são implementados. Um Laboratório Remoto existe fisicamente em algum lugar, é real, enquanto que o Laboratório Virtual reside exclusivamente na utilização de aplicativos computacionais associados a uma base de dados [5].

Destaca-se como uma grande contribuição deste trabalho a disponibilização de recursos técnicos, tais como cargas especiais, fonte geradora de distorção harmônica, instrumentos de medida e aquisição de dados, entre outros, para uso compartilhado. Com esta importante iniciativa, cria-se uma maior integração entre as instituições de ensino, alunos e pesquisadores, os quais podem fazer uso de materiais, aplicativos computacionais e equipamentos à distância, racionalizando recursos e evitando a duplicidade de itens de alto custo.

Relacionam-se abaixo alguns aspectos motivadores para a elaboração deste projeto:

- Permitir a interação com outras instituições de ensino e pesquisa;
- Diminuir períodos de ociosidade de um laboratório de alto custo;
- Facilitar o acesso aos recursos laboratoriais muitas vezes distantes;
- Disseminar a idéia de utilização da internet como ferramenta de educação à distância em aplicações práticas;
- Reduzir custos de deslocamento e racionalização dos investimentos com ensino e pesquisa;
- Motivar para o estudo da área de qualidade da energia;

2.1 Importância do Estudo da Qualidade da Energia Elétrica

A disponibilidade da energia elétrica representa um incremento na qualidade de vida das populações. Num primeiro momento em que se implanta um sistema de distribuição de energia elétrica, a população local imediatamente passa a contar com inúmeros benefícios, tanto do ponto de vista de maior conforto doméstico como de melhores possibilidades de emprego e produção.

À medida que os benefícios da energia elétrica passam a fazer parte do dia-a-dia das pessoas, é natural que se inicie um processo de discussão quanto à qualidade daquele produto.

Numa análise inicial preocupa-se com a continuidade do serviço, já que fica evidente que qualquer interrupção do fornecimento implicará em transtornos de toda ordem. Não tão evidente, no entanto, é a questão da qualidade da energia elétrica como um produto comercial, mesmo que não ocorram interrupções. Isso normalmente só é percebido quando há falhas de funcionamento em alguns equipamentos.

A questão da qualidade da energia elétrica aparece, portanto, a partir do momento em que os consumidores constatarem interrupções no fornecimento, mas à medida que tais consumidores tornam-se mais sofisticados sob o ponto de vista tecnológico, outros fatores começam a ser considerados.

Até final da década de 70, vivia-se uma situação bastante diferente da atual no Brasil, no que diz respeito ao consumo de energia elétrica. Podia-se claramente generalizar três tipos de consumidores: o consumidor residencial (urbano e rural), o de comércio e/ou serviços e o consumidor industrial. Naquela época o consumidor residencial, por exemplo, possuía uma carga plenamente resistiva, salvo raras exceções. Numa residência típica daquela época, encontravam-se como grandes cargas os chuveiros elétricos, e os ferros de passar roupas, ambos a resistência elétrica. O número de equipamentos eletrônicos resumia-se, na maioria das residências, a um aparelho de televisão. Apesar da existência nas residências de uma carga indutiva resistiva (o motor do refrigerador), a demanda por energia elétrica era consumida por uma carga considerada resistiva.

Atualmente, uma realidade bastante diferente, onde se encontra comumente consumidores (de diversas classes), também residenciais, com cargas comandadas eletronicamente, tais como fornos de microondas, computadores e periféricos, diversos aparelhos de televisão e de áudio, em uma gama bastante vasta de eletrodomésticos. Tornou-se comum, portanto, a existência de cargas eletrônicas, que está cada dia mais presente em nossas vidas. Um claro exemplo do emprego da eletrônica em uma área anteriormente dominada por cargas resistivas, são as lâmpadas fluorescentes econômicas, que hoje em dia estão substituindo gradualmente as lâmpadas incandescentes tradicionais.

As cargas elétricas comandadas eletronicamente possuem uma característica intrínseca que é a não-linearidade das mesmas, ou seja, não requerem a corrente elétrica constantemente, mas solicitam apenas picos de energia em determinados momentos, utilizando-se de conversores eletrônicos. Com isto, as cargas eletrônicas acabam por distorcer a forma de onda (tensão e corrente) que lhe é entregue e como consequência gerando uma "poluição" na rede de energia elétrica.

Esta poluição é traduzida por diversos tipos de problemas ou distúrbios, entre eles pode-se citar a continuidade do fornecimento, nível de tensão, oscilações de tensão, desequilíbrios, distorções harmônicas de tensão e interferência em sistemas de comunicações. Dentro dos distúrbios referentes às oscilações de tensão, têm-se os distúrbios tipo impulso, oscilações transitórias, variações no valor eficaz (de curta ou longa duração), desequilíbrio de tensão e distorções na forma de onda. Estes distúrbios representam desvios em regime da forma de onda, em relação à onda que deveria ser puramente senoidal [3].

Torna-se claro, então, que o estudo da qualidade da energia elétrica é um fator importante nos dias atuais. Assim como a eletrônica de potência tem evoluído, e traz vários benefícios, o estudo da qualidade da energia deve andar em paralelo e se possível adiante dessa evolução, antecipando-se aos problemas que possam ser causados por esta evolução, e garantindo assim, que o fornecimento de energia elétrica seja de qualidade.

2.2 Importância do Laboratório como Opção à Pesquisa e Aprendizado

Um dos grandes obstáculos enfrentados pelos alunos de graduação em engenharia elétrica é o elevado grau de abstração com o qual são solicitados a trabalhar. Alguns conceitos fundamentais para a sua formação, somente podem ser visualizados através de práticas laboratoriais. No intuito de reduzir o impacto dessa situação, os professores na área de formação de engenheiros eletricitas são levados, continuamente, a procurar formas de representação desses conceitos abstratos. Nesse contexto ganham importância as atividades didáticas voltadas para a modelagem, visualização, simulação e experimentação, pois é através delas que se consegue quebrar a barreira que separa o conceito teórico e abstrato da sua aplicação prática [1].

Entende-se então que as práticas laboratoriais são de suma importância para a pesquisa e para o aprendizado, logo, as dificuldades estão em garantir aos alunos e pesquisadores o fácil acesso a esses laboratórios.

Seria interessante que o alcance das atividades experimentais pudesse ser expandido e enfatizado a todos os alunos, permitindo maior tempo de acesso aos laboratórios de sua instituição, dentro e fora dos horários convencionais, para repetir, sem a limitação de tempo como em uma aula convencional, as partes de um procedimento experimental cujos conceitos não tenham sido adequadamente aprendidos.

Essas expectativas podem ser supridas, pelo menos parcialmente, através de um conceito relativamente novo, que é a utilização dos laboratórios remotos acessíveis via internet.

Assim como a educação à distância fornece uma opção de acesso à informação, mesmo aos alunos mais distantes, os laboratórios remotos reforçam o aprendizado melhorando o acesso a experimentações práticas.

2.3 Educação à Distância e a Evolução da Internet

Sabe-se das enormes transformações que a Internet vem causando nas comunicações, no trabalho, no comércio, no entretenimento. Essa rede de computadores descentralizada, quase desordenada, é um verdadeiro fenômeno mundial, e o Brasil não está alheio a essa revolução, ao contrário, está entre os países que mais utilizam a Internet.

No campo da educação também ocorrem mudanças em ritmo acelerado. Os professores assim como os alunos devem estar preparados para absorver essas transformações, no mesmo ritmo que elas ocorrem, principalmente nos dias de hoje, de um mundo virtual e interativo.

Dentre os incontáveis benefícios resultantes do crescente aperfeiçoamento dos computadores pessoais, da expansão do mundo digital e do desenvolvimento da Internet, destaca-se a educação à distância (EaD). Graças a estas ferramentas, a divulgação de conhecimentos tem se tornado cada vez mais fácil.

Há um alto percentual de adultos sem graduação e de jovens sem acesso à universidade no Brasil, problemas sociais que a EaD poderia ajudar a corrigir. Neste sentido, a EaD seria mais democrática que a educação presencial, já que o aluno não precisaria residir em um grande centro para ser educado. Traria também facilidades para os alunos adultos que trabalham. Para muitas pessoas, não apenas no Brasil como no mundo todo, não há professores suficientes para educar as pessoas que desejam estudar; assim, a EaD poderia ajudar a oferecer educação a partes da população que, pelo esquema presencial, não teriam acesso à educação de qualidade, ou nem mesmo a qualquer tipo de ensino. [12]

Dentro da proposta da Instituição de estar sempre em compasso com as inovações, visando o desenvolvimento do discente e do docente, a discussão que se abre aqui é sobre a prática da educação à distância, relativamente antiga, se levarmos em conta cursos por correspondência, hoje largamente auxiliados pelo advento da Internet, e de vídeo conferências, que permitem alcances quase que em tempo real.

No caso particular da Internet, a forma predominante para esta divulgação de conhecimentos tem sido a disponibilização de textos. Não basta, entretanto, somente o acesso à informação, há ramos da atividade humana nos quais parte do aprendizado requer o exercício de tarefas experimentais. É o caso, por exemplo, da Engenharia.

Com toda essa transformação recente, pode-se afirmar que na internet há informações de todas as áreas, como política, economia, saúde, informática, tecnologia, entretenimento, diversão, jornais, revistas, rádio, televisão, empregos, esportes, segurança, previsão do tempo, trânsito, comércio, suporte técnico, comunicação de dados, vídeo e voz, entre muitas outras. Também é possível afirmar que a internet está presente em praticamente todos os setores da sociedade, como residências, escolas, bancos, shoppings, aeroportos, hotéis, cinemas, celulares e até mesmo em táxis, ou seja, está presente no dia-a-dia de todas as pessoas e em todos os setores do desenvolvimento humano.

Devido a esta grande abrangência, talvez a forma mais simples de expor a presença da internet na vida das pessoas, seria ver exatamente de forma contrária à exposta, analisando onde ela não está presente, ou que tipo de informação não é possível disponibilizar ou encontrar na internet. É claro que a tendência dessa abrangência é crescer ainda mais, e chegar a pessoas, lugares e áreas do conhecimento a números cada vez maiores.

Diante de todas essas observações levantadas nos parágrafos anteriores, pretende-se mostrar que implementações para estudos de ordem experimental são possíveis e até mesmo necessários, auxiliando e enriquecendo assim o processo de ensino-aprendizagem.

A idéia deste projeto é exatamente criar um laboratório de qualidade da energia que possa ser utilizado por qualquer aluno que esteja conectado à Internet, de tal forma que o mesmo possa executar a experiência e receber os resultados, sem que para isto necessite estar fisicamente no laboratório. Esta proposta estará sendo apresentada em detalhes nos capítulos seguintes.

A tecnologia de laboratórios remotos trouxe à educação à distância a experimentação prática remota, sem as limitações dos softwares de simulação. A tabela a seguir apresenta um resumo das principais vantagens e desvantagens dos três conceitos de laboratórios existentes.

Tabela 1: Comparação entre Laboratórios Virtual, Remoto e Real [5]

Tipo de Laboratório	Vantagens	Desvantagens
Virtual	Não existem restrições de tempo de acesso e local; Baixo custo; Acesso simultâneo por vários usuários.	Dados e situações idealizados; Usualmente não há interação com o operador da plataforma; Não há interação real com o equipamento.
Remoto	Conhecimento de sinais reais; Melhor conhecimento de instrumentação de medida; Interação real com o equipamento; Não há restrições de tempo e local.	Somente presença virtual no laboratório; Custo médio/alto; Pode haver restrições de tempo no acesso à plataforma.
Real	Dados reais; Interação real com equipamento; Presença real no laboratório.	Restrições de tempo e local; Custo médio/alto; Requer supervisão.

2.4 Apresentação do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica

O Laboratório Remoto de Qualidade da Energia (LRQEE) está disponível no endereço <http://www.dee.feis.unesp.br/lqee/> através do qual, alunos e pesquisadores, podem ter acesso aos recursos propostos.

Para ter acesso ao laboratório, é necessário um cadastro de usuário, realizado no próprio site do laboratório no endereço mencionando. Este cadastro é submetido à coordenação do laboratório que providencia a ativação e as devidas permissões hierárquicas de acesso. Após esta ativação, o usuário recebe a confirmação por e-mail, com as informações necessárias para acesso ao LRQEE.

Este controle de usuários e permissões é feito através de programação PHP (Hypertext Preprocessor) com banco de dados MySQL (Sistema de Gerenciamento para Banco de Dados) que garantem a segurança do sistema, evitando que ações indesejadas venham a comprometer a integridade dos materiais e equipamentos do laboratório.

O controle efetivo dos equipamentos é realizado através de um software desenvolvido em ambiente LabVIEW (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) da National Instruments.

A Figura 2-1 ilustra a estrutura física do LRQEE, visualizando o fluxo das informações e a forma de controle dos dispositivos instalados.

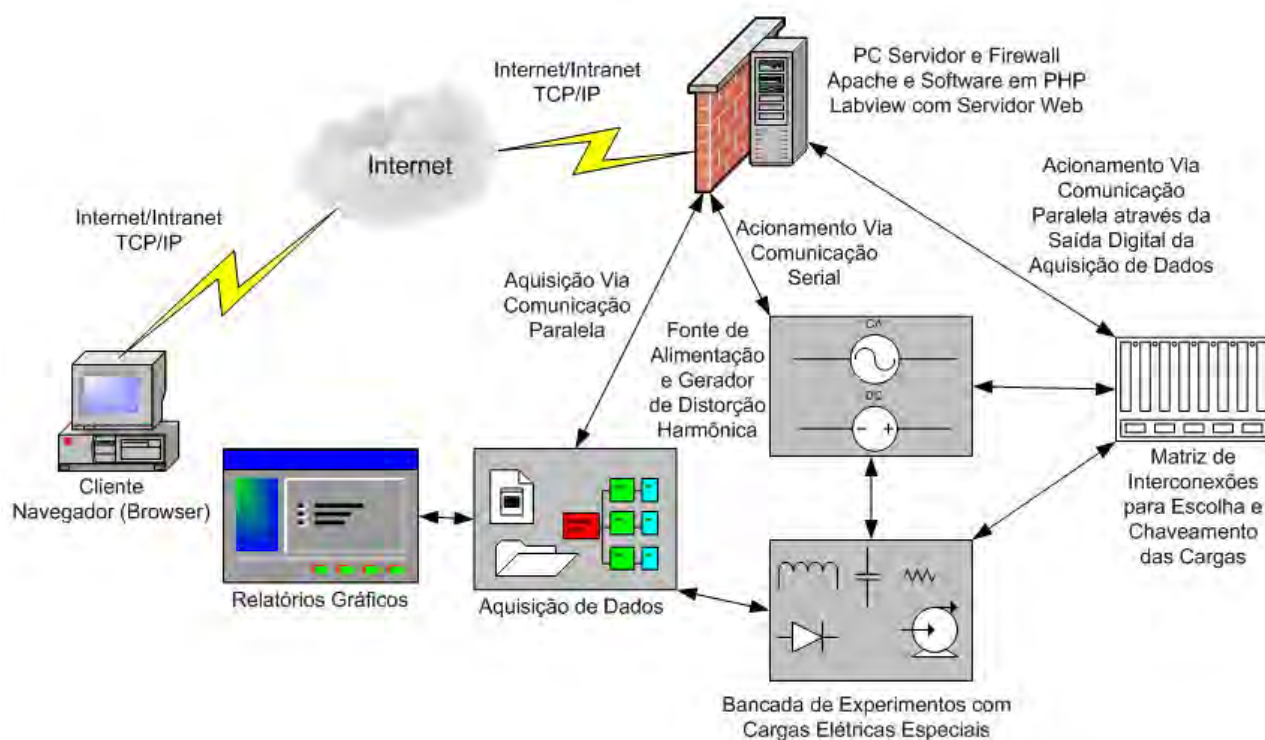


FIGURA 2-1: VISÃO GERAL DO LABORATÓRIO REMOTO DE QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

Existem basicamente três equipamentos conectados a este servidor os quais podem ser controlados pelos usuários através da internet, utilizando-se do software LabVIEW:

- Fonte de Tensão: conectada ao servidor através de comunicação serial;
- Sistema de Aquisição de Dados: conectada ao servidor através de comunicação paralela;
- Matriz de Interconexões: conectada ao servidor através da saída digital do sistema de aquisição de dados. Esta matriz é responsável pela configuração das cargas elétricas especiais, de acordo com a escolha do usuário.

EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS CONTROLADOS

O LRQEE disponibiliza alguns equipamentos para controle através do software desenvolvido em ambiente LabVIEW. Estes equipamentos possibilitam a realização de diversos experimentos que serão apresentados posteriormente.

Nos parágrafos a seguir, apresenta-se as características de cada equipamento e a aplicação exercida no laboratório remoto.

3.1 Fonte de Tensão

A Fonte de Tensão Trifásica é um equipamento da Califórnia Instruments, modelo 6000L acoplada e controlada pelo equipamento Gerador e Analisador de Harmônicas (HGA- Harmonic Generator Analyzer) como mostra a Figura 3-1. Esta fonte possui potência nominal de 6 kVA, frequência base ajustável de 47 a 66 Hz e variação da tensão terminal de 0 à 600V.

O dispositivo HGA é capaz de gerar formas de onda de referência para a fonte de alimentação a partir das informações das componentes harmônicas (amplitudes e fases) da forma de onda desejada. Considerando a componente fundamental com frequência de 60 Hz, o dispositivo é capaz de representar formas de onda com componentes harmônicas até a quinquagésima ordem.



FIGURA 3-1: FOTO DA FONTE DE TENSÃO TRIFÁSICA E DO GERADOR ANALISADOR DE HARMÔNICAS

3.2 Equipamento de Aquisição de Dados

O equipamento de aquisição de dados, mostrado na Figura 3-2, é o modelo Daqbook/100, da Iotech, com taxa de aquisição máxima de 8 KHz. Este equipamento possui ainda uma saída digital de 24 bits que será utilizada para controlar a matriz de chaveamento.



FIGURA 3-2: FOTO DO EQUIPAMENTO PARA AQUISIÇÃO DE DADOS, MODELO DAQBOOK/100

Acoplado ao Daqbook/100 existem dois módulos auxiliares, o DBK50 mostrado na Figura 3-3 com 8 canais individuais de tensão e isolamento para 300V e o DBK40 mostrado na Figura 3-4 com 16 canais de corrente.



FIGURA 3-3: FOTO DO EQUIPAMENTO PARA AQUISIÇÃO DE SINAIS DE TENSÃO, MODELO DBK50



FIGURA 3-4: FOTO DO EQUIPAMENTO PARA AQUISIÇÃO DE SINAIS DE CORRENTE, MODELO DBK40

Os sinais de corrente são condicionados pelos transdutores modelo AEMC MN114 mostrado na Figura 3-5 com entrada de 1 a 10 Ampères e saída de 100 mili-volts, podendo trabalhar com tensões de até 600 volts. Esses transdutores estão conectados ao DBK40 e distribuídos em pontos estratégicos da bancada de experimentos.



FIGURA 3-5: FOTO DO TRANSDUTOR DE CORRENTE, MODELO AEMC MN114

3.3 Matriz de Chaveamento

A matriz de chaveamento é o equipamento responsável por interligar as cargas escolhidas ao sistema elétrico na bancada de experimentos. Esta matriz foi construída inicialmente com 4 (quatro) módulos de chaves eletrônicas, compostos por 8 (oito) tiristores cada. Estes módulos podem ser expandidos na medida em que forem implantadas novas opções e/ou configurações de cargas.

O controle desses tiristores é feito através da saída digital da aquisição de dados que é de 24 (vinte e quatro) bits. Nesta palavra digital, 4 (quatro) bits são utilizados para acionamento dos tiristores e os demais 20 (vinte) bits são utilizados para seleção do módulo desejado.

Com esta palavra digital, pode-se chegar a uma matriz com 20 módulos de 8 tiristores cada, o que representa um número muito significativo de acionamentos possíveis, permitindo que o laboratório agregue cada vez mais cargas para experimentação.

A matriz de chaveamento tem em sua composição um conversor ABCD para 16 (dezesesseis) bits, que é o responsável pela codificação da palavra binária, flip-flops tipo R-S, que são os responsáveis por manter o estado atual dos tiristores até que um novo comando seja recebido, acopladores ópticos para proteção, além dos tiristores que fazem a função de chaves, realizando o efetivo acionamento das cargas.

Esta composição é apresentada em cada módulo, montando assim nossa matriz de chaveamentos, como mostra a imagem a seguir.

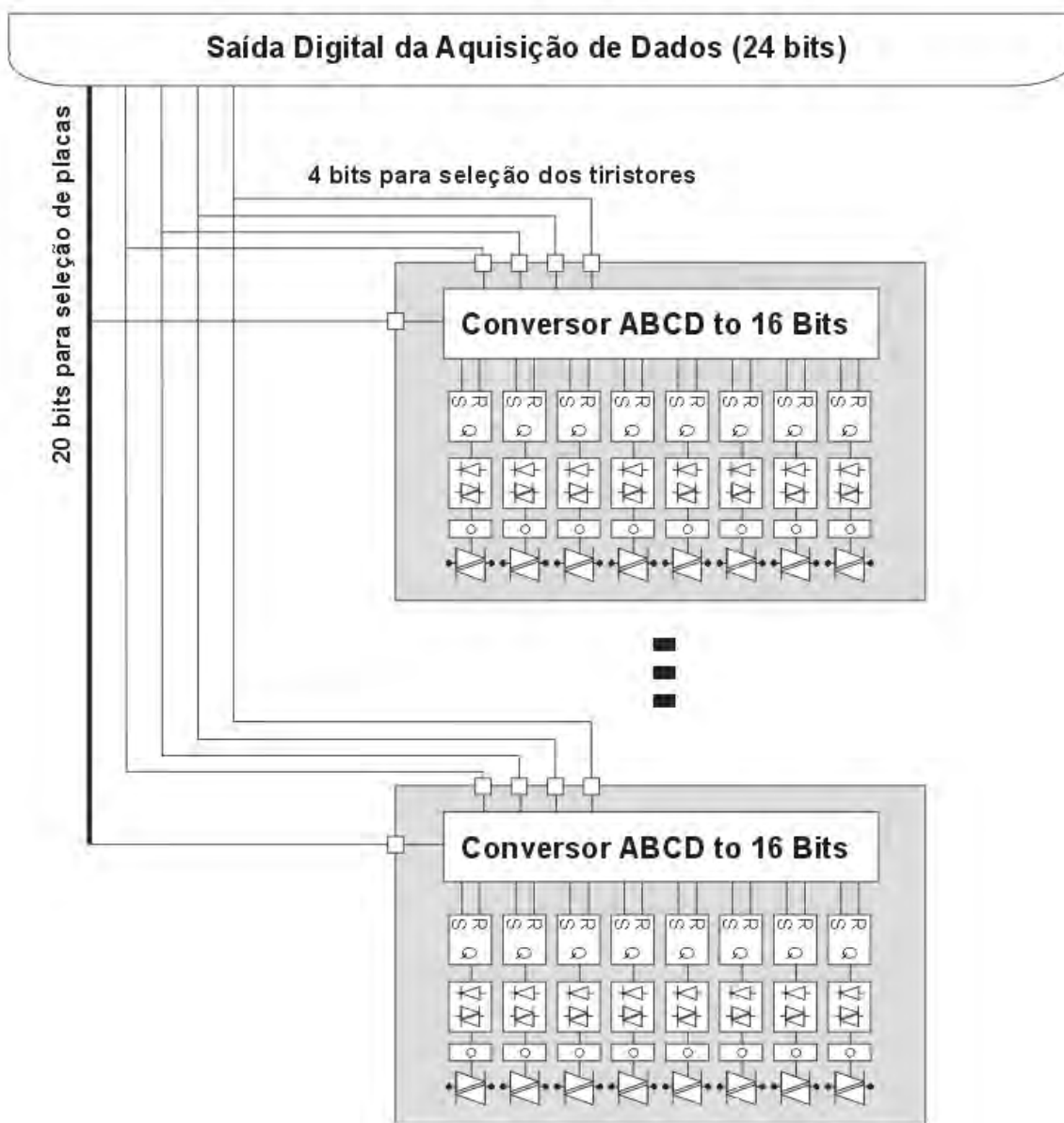


FIGURA 3-6: COMPOSIÇÃO DA MATRIZ DE CHAVEAMENTOS

A seguir a Figura 3-8 mostra a foto de uma placa da matriz de chaveamentos.



FIGURA 3-7: FOTO DE UMA PLACA DA MATRIZ DE CHAVEAMENTO

3.4 Bancada de Experimentos

A Bancada de Experimentos é onde estão fisicamente os equipamentos e cargas instaladas. Quando a matriz de chaveamento é acionada, esta faz as ligações necessárias para o acoplamento das cargas à rede elétrica da bancada através dos tiristores, além das configurações necessárias para cada carga.

A disposição dos equipamentos e a relação das cargas disponíveis na bancada está detalhada no item 6.3 Escolha das Cargas (Bancada de Experimentos).

O layout da bancada possibilita a fácil instalação física de novas cargas, de forma prática e rápida, já que possui locais de fixação e também um barramento de alimentação distribuído ao longo de toda bancada, além de sensores de corrente e de tensão em pontos estratégicos da bancada.

A Figura 3-8 é uma foto do Conjunto Geral da Banca de Experimentos, com algumas cargas, mas que pode ser expandido a qualquer momento.

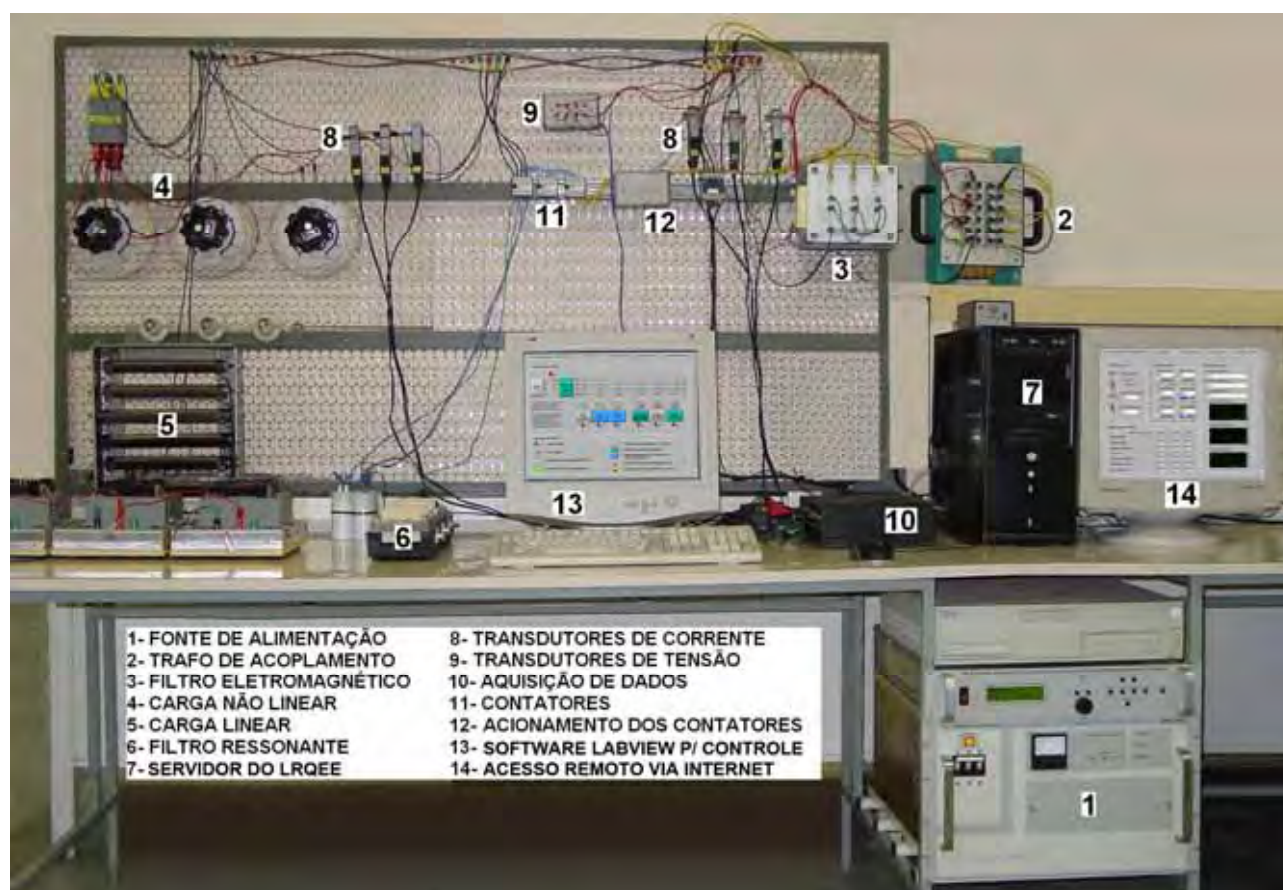


FIGURA 3-8: FOTO DO CONJUNTO GERAL DA BANCADA DE EXPERIMENTOS

DEFINIÇÃO DAS TECNOLOGIAS UTILIZADAS

A escolha adequada das tecnologias de desenvolvimento do software, principalmente tecnologias que permitam a interação com diversas outras, e que possam garantir a segurança e confiabilidade no sistema, foram fundamentais para que o trabalho pudesse ser realizado com a maior segurança e tranquilidade, e também para que os resultados esperados fossem alcançados de forma fiel à proposta.

As tecnologias utilizadas neste trabalho se resumem em duas principais. A primeira delas é a linguagem voltada a programação Web, sendo escolhida a PHP 5 com Banco de Dados MySQL 5 para o controle de acesso ao sistema e desenvolvimento do site. A segunda é a plataforma de desenvolvimento LabVIEW 8.5 da National Instruments, que realiza o efetivo controle e acionamento dos equipamentos do laboratório remoto.

Apresenta-se a seguir algumas informações sobre as duas tecnologias e os motivos que levaram a escolha das mesmas, como ferramenta para aplicações neste projeto, uma vez que existem outras tecnologias no mercado capazes de realizar as mesmas aplicações.

4.1 Tecnologias para Desenvolvimento Web

A linguagem de programação PHP para desenvolvimento de aplicações Web, é a tecnologia mais utilizada para aplicações desse contexto, isso porque ela permite que haja segurança do sistema, é gratuita, de fácil desenvolvimento, e apresenta resultados bastante satisfatórios com relação a desempenho.

A tecnologia PHP como não é uma linguagem de programação compilada, mas sim interpretada, precisa de um software que realize esta função para ela, que é chamado de Apache. Este software faz a interpretação dos códigos PHP e apresenta a resposta em HTML para o internauta. Essa interpretação é feita no próprio servidor, e não no lado do cliente, como algumas linguagens, e isso garante maior segurança ao sistema.

Porém, como todo esse processamento para interpretar os códigos PHP é feito no próprio servidor, exige-se que, dependendo da quantidade de acessos e de processamentos necessários, o servidor seja mais robusto e apresente uma capacidade de processamento normalmente maior que as demais tecnologias.

Por outro lado, alivia-se o processamento do lado cliente, que terá, independente da qualidade do seu microcomputador, uma navegabilidade com velocidade assegurada, dependendo somente da banda de conexão com a internet.

Logo, como a idéia é oferecer cursos de educação à distância, não se pode assegurar que todos os alunos terão um microcomputador de alta velocidade, portanto, é interessante utilizar uma tecnologia onde esteja sob nosso controle a garantia de velocidade do sistema.

Muitas outras vantagens levam à escolha desta tecnologia frente a outras. Isso não quer dizer que as demais tecnologias sejam inviáveis, ao contrário, este estudo deve ser analisado caso a caso, e feita a escolha adequada para a situação em questão.

Apresenta-se a seguir uma tabela comparativa das principais funcionalidades de cada uma das principais tecnologias web.

Tabela 2: Comparativo entre os recursos disponíveis entre as principais tecnologias Web

Recurso	ASP	PHP	JSP
Uso com múltiplos Servidores	Não. (somente com o IIS)	Sim. (Apache e outros)	Sim. (Tomcat e outros)
Uso com múltiplas plataformas	Não. Somente Microsoft	Sim (Windows, Linux, Unix, FreeBSD)	Sim (Windows, Linux, Unix, FreeBSD)
Proteção para fluxo de memória	Não.	Sim	Sim
Valor	Gratuito, porém servidor é pago	Gratuito, com muitos BG gratuitos	Gratuito
Facilidade na Programação	Sim	Sim	Não
Portabilidade	Não, somente em ambiente Windows	Sim, permite portabilidade em diversas plataformas em necessidade de alterar o código	Sim, permite portabilidade em diversas plataformas em necessidade de alterar o código
Velocidade de Acesso aos SGBDs	Sim, velocidade rápida, porém bancos de dados pagos	Sim, velocidade excelente, e acesso a muitos bancos de dados gratuitos	Não, velocidade péssima, mas permite acesso a bancos de dados gratuitos.
Orientação a Objetos	A partir do ASP.net	Sim, porém sem recursos de proteção de dados	Sim, a orientação é completa, baseada na linguagem Java
Código Fonte Aberto para conhecimento do funcionamento interno	Não, código fonte fechado	Sim	Sim
Desempenho	Processamento do Lado Cliente	Processamento do Lado Servidor	Processamento do Lado Cliente

Com relação à segurança, nota-se que a linguagem JSP é mais robusta do que a linguagem PHP, isso devido a possuir métodos e propriedades privados que devem ser instanciados (requeridos a partir de bibliotecas) para ser utilizados. Porém como o desempenho com banco de dados do JSP é muito inferior ao PHP, para agilizar a velocidade de acesso fez-se

a opção pelo PHP, mas ainda assim garantindo total segurança ao sistema com as políticas que serão explicadas posteriormente.

Na análise dos resultados entre ASP e PHP, também se encontra uma grande vantagem do PHP para esta aplicação que são a portabilidade entre vários sistemas operacionais, facilidade de interação com diversas tecnologias e interpretação do código do lado servidor garantindo maior segurança e velocidade.

A linguagem PHP também possui bibliotecas que permitem uma ótima interação com Perl, Ruby, C, Java e Python. E isso para aplicações que envolvem acionamento a hardware se torna um fator muito importante a ser considerado.

4.2 Tecnologias para Acionamento dos Equipamentos

Algumas tecnologias podem ser utilizadas para o acionamento e controle dos equipamentos, como as linguagens de programação C, C++, Delphi, Matlab, Daisylab, LabVIEW entre outras.

A escolha da tecnologia LabVIEW resume-se principalmente a alguns pontos principais que são de fundamental importância para o projeto do LRQEE, como a disponibilização do software para acesso por navegadores, facilidade na interação com PHP, riqueza de recursos e drivers para acionamento de equipamentos, disponibilidade de ferramentas para análise e processamento de sinais e apresentações gráficas, facilidade de programação e interface visual bastante amigável para o usuário.

Diante dessas grandes qualidades, é possível obter resultados muito satisfatórios e em prazos menores com o ambiente LabVIEW comparado às demais tecnologias disponíveis.

Além disso, algumas das tecnologias comparadas, não permitem a facilidade de interação com a Web, necessitando da criação de softwares dedicados para comunicação entre cliente e servidor. Esta questão da necessidade de um software do lado cliente, para comunicação com o servidor, torna-se muitas vezes inviável quando se diz respeito principalmente à facilidade de atualização dos softwares, como será o caso do LRQEE que estará em constante desenvolvimento.

O ideal para aplicações como esta, seria o estabelecimento desse canal de comunicação entre cliente e servidor com soluções que se baseiam diretamente na interface web, portanto acessíveis através de um navegador padrão, como é o caso do LabVIEW.

Uma primeira solução é o desenvolvimento de um software específico para execução no lado do cliente, que favorece o estabelecimento de atualizações em tempo-real das variáveis de saída monitoradas remotamente. Por outro lado, entretanto, é necessária a

distribuição de arquivos executáveis que, no caso de alguma modificação do sistema, necessitam de nova distribuição. Isso aumenta os custos e a complexidade de manutenção do sistema.

No que diz respeito à segurança, esse enfoque pode ser positivo no sentido em que apenas usuários que possuam o software cliente podem acessar os recursos remotos. Por outro lado, a distribuição de arquivos executáveis pode representar alguma chance de usuários terem acesso ao código fonte ou a parte dele.

Uma segunda solução, onde um navegador padrão é utilizado como única ferramenta de acesso aos recursos remotos, oferece como vantagem imediata o fato de não ser necessária a instalação de softwares adicionais, exceto em alguns casos específicos onde pode existir a necessidade de instalação de *plug-ins* adicionais. Além disso, o fato de todo o software residir exclusivamente no lado do servidor facilita a manutenção do sistema.

Com relação à segurança essa implementação pode ser considerada bastante interessante, pois, nenhum código é executado no lado cliente. Entretanto, qualquer usuário munido de um navegador pode potencialmente acessar o sistema. É claro que diversas diretivas de segurança foram implementadas para garantir essa segurança e evitar acessos indesejados.

A Tabela 3 a seguir resume os pontos discutidos nos parágrafos anteriores e mostra os prós e contras de se utilizar o navegador ou software dedicado para aplicações de controle remoto.

Tabela 3: Prós e Contras da Utilização de Navegador Padrão ou Software Dedicado

	Navegador	Software Dedicado
Prós	Sem necessidade de instalação adicional de software; Baixo custo de manutenção e atualização do sistema; Segurança, sem código fonte no lado cliente; Suportado por uma grande variedade de plataformas.	Controle remoto e interatividade com o usuário mais facilmente implementada; Maior flexibilidade na escolha da interface com o usuário; Segurança. Apenas usuários com acesso ao programa cliente podem acessar os recursos remotos;
Contras	Controle remoto mais complexo, necessitando CGI, JAVA, Active X, etc (Porém isso se torna transparente no desenvolvimento em LabVIEW); Segurança, qualquer usuário com um navegador pode acessar o sistema. Necessidade de diretivas de segurança adicionais.	Requer a distribuição de arquivos executáveis; Manutenção mais cuidadosa e complexa, exigindo redistribuição de código; Segurança, código fonte pode ser exposto.

Analisando os pontos apresentados anteriormente, conclui-se que a utilização do navegador para o projeto em questão é de grande valia e mais um motivo para que a utilização do software LabVIEW seja adotada. No entanto no que refere-se à segurança, medidas cabíveis

foram tomadas para garantir a integridade do sistema. Essas medidas serão apresentadas posteriormente para melhor entendimento e constatação da segurança proposta.

Feita a escolha também da tecnologia para acionamento dos equipamentos, ressalta-se ainda algumas informações sobre o LabVIEW que colaboram para um melhor entendimento de como funciona a plataforma do software escolhido.

A plataforma LabVIEW, utilizada neste projeto, é uma linguagem de programação gráfica que usa ícones no lugar de linhas de texto para criar aplicações. Em contraste com as linguagens baseadas em texto, onde as instruções determinam a execução do programa, o LabVIEW usa uma programação tipo fluxo de dados para o controle de execução das tarefas criando as chamadas VIs (Virtual Instruments) .

Esta linguagem foi desenvolvida no final da década de 80 pela National Instruments, para ambientes de janelas (tipo Windows). Tornou-se popular e largamente aceito no meio científico e de engenharia.

Por mais de 20 anos, o ambiente gráfico para programação LabVIEW da National Instruments tem revolucionado o desenvolvimento de aplicações de teste, medição e controle. Devido a esta experiência, engenheiros e cientistas podem rapidamente, e com bom custo/benefício, interagir com hardware para medição e controle, analisar dados, compartilhar resultados e distribuir sistemas. Alguns dos principais benefícios do LabVIEW incluem: ambiente gráfico e intuitivo para programação, funções para medição e análise e a possibilidade de execução em multiplataformas, entre outras [4].

4.3 Especificação da Arquitetura Cliente-Servidor

A comunicação entre cliente e servidor é realizada utilizando o protocolo TCP/IP. Protocolo de rede é um conjunto de regras que definem como acontecerá o envio e recebimento de dados, utilizadas pelos computadores de uma rede para estabelecer a comunicação entre eles. O protocolo TCP/IP é o protocolo utilizado pela internet, além de redes locais e corporativas.

Como o objetivo é de permitir o acesso via internet, é interessante utilizarmos este padrão que já é utilizado por todos e bastante consolidado.

Além da comunicação IP, os navegadores que serão utilizados para acessar o sistema, devem utilizar uma porta de comunicação. A porta utilizada para internet normalmente é a porta 8080, porém neste projeto temos algumas situações específicas.

Existem duas tecnologias que devem estar funcionando no mesmo servidor. A primeira delas é o software Apache, que interpreta as páginas PHP. A segunda é o servidor LabVIEW que possibilita a disponibilização das VIs (virtual instruments) para acionamento remoto.

Porém como são duas tecnologias, também são dois serviços rodando em um único servidor, e isso implica que pelo menos um deles deva estar em uma porta diferente da porta 8080. Logo, manteve-se o servidor apache instalado na porta 8080, e configurou-se o servidor LabVIEW para a porta 8081. Ambas as portas podem ser utilizadas para navegação.

O servidor LabVIEW é próprio da National Instruments e vem intrínseco ao próprio software. Para disponibilizar as VIs para acionamento remoto via internet, basta configurar o servidor, e todas as bibliotecas serão carregadas no momento da execução do software, tornando-o disponível para acesso via navegador padrão. A Figura 4-1 mostra como é feita a configuração do servidor LabVIEW.

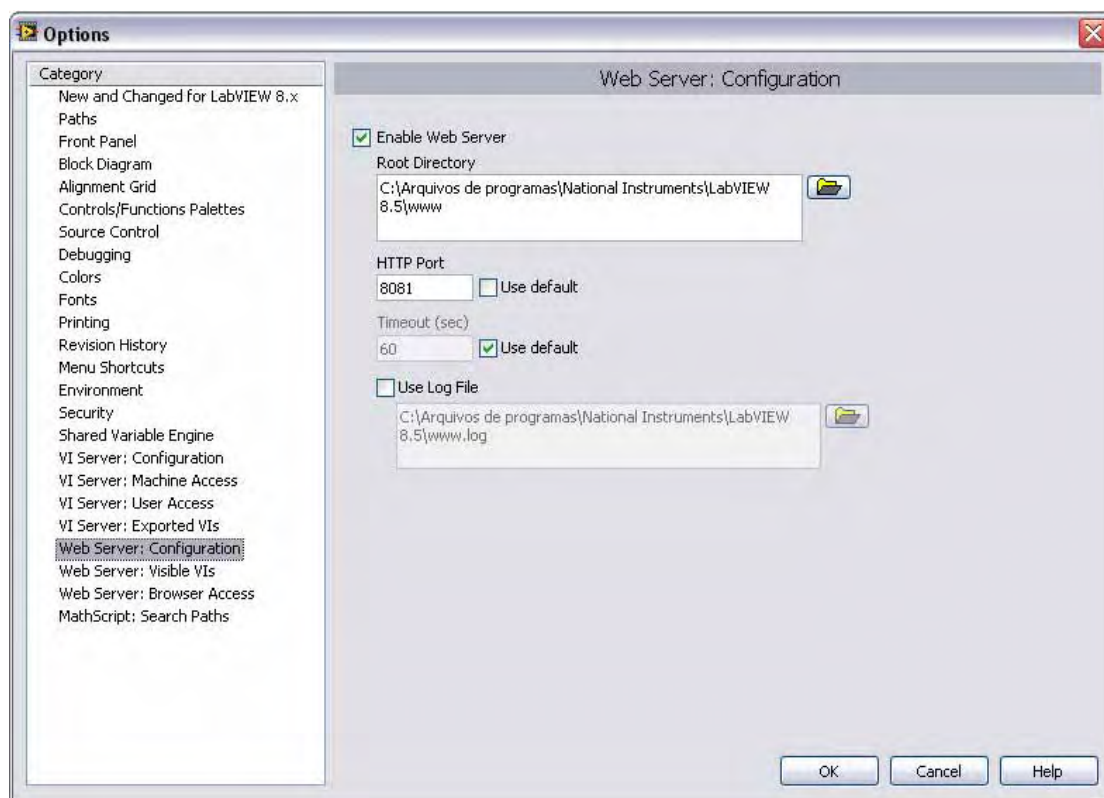


FIGURA 4-1: TELA DE CONFIGURAÇÃO DO SERVIDOR LABVIEW

O software LabVIEW disponibiliza também uma ferramenta chamada “Painel de Gerenciamento de Conexões Remotas”, que permite o gerenciamento dos usuários que estão conectados de forma local ou remota a VI.

Através desta ferramenta, pode-se monitorar diversas informações dos computadores conectados, como: tempo de conexão, atividade, tempo para término do controle da VI e informações sobre o computador, tráfego da rede, além do controle sobre os usuários, podendo a qualquer momento desconectar qualquer um deles, como mostra a Figura 4-2 a seguir.

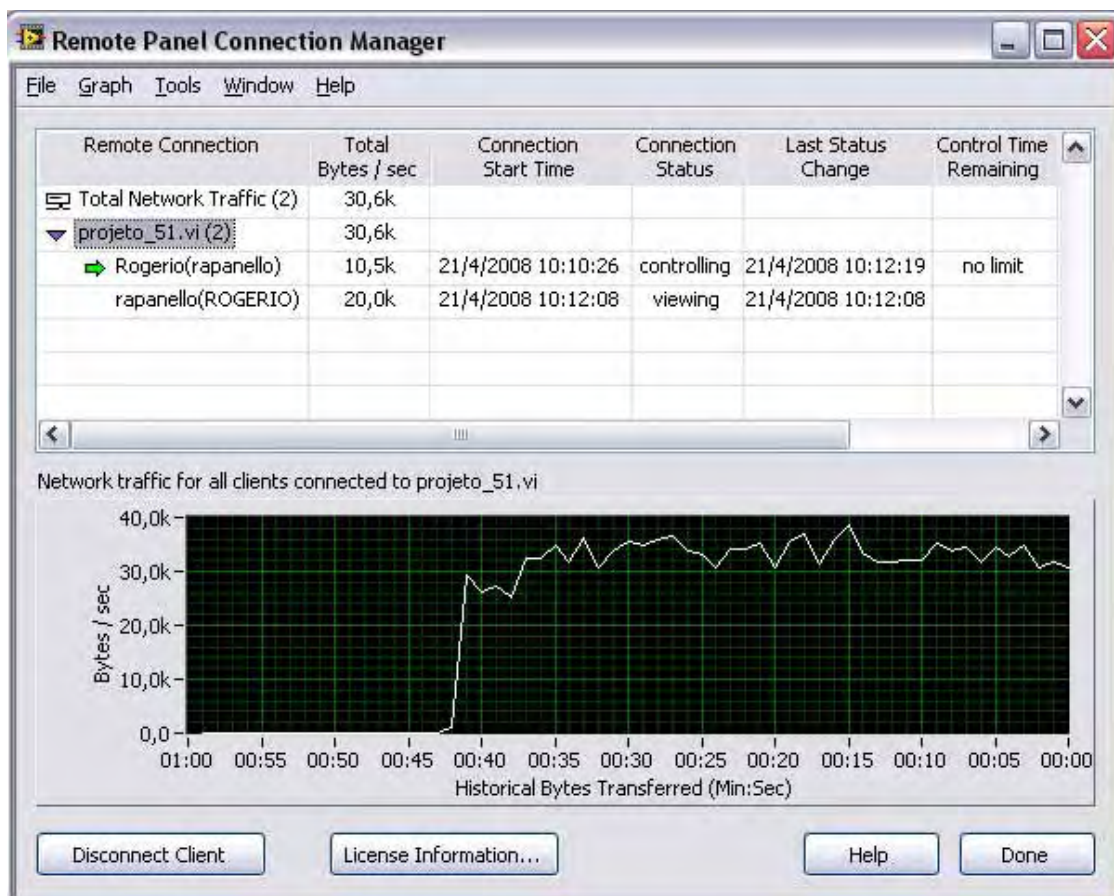


FIGURA 4-2: TELA DO PAINEL DE GERENCIAMENTO DE CONEXÕES REMOTAS

SOFTWARE DE CONTROLE DE ACESSO VIA INTERNET COM PHP

5.1 Controle de Acesso ao Sistema Via Internet

A página de web do LQEE contém várias informações, como apresentação do laboratório, linhas de pesquisa, equipe técnica, infra-estrutura, equipamentos disponíveis, eventos programados, publicações e material de apoio, que permitem uma visão mais abrangente sobre o laboratório e sobre o estudo da qualidade da energia elétrica.

Além dessas informações, esta página também apresenta informações restritas e voltadas à utilização do laboratório remoto, como manual de utilização, experimentos sugeridos, cargas especiais e gerenciamento de usuários e grupos, configuração de agenda e matriz de chaveamento.

O acesso ao LRQEE inicia-se pelo cadastro dos usuários. Este cadastro é realizado na própria página do laboratório no menu “Cadastro de Usuários” e encaminhado por e-mail automático à coordenação do laboratório que providencia as devidas permissões de acesso.

Qualquer pessoa interessada em acessar o LRQEE pode realizar o cadastro preenchendo todos os campos obrigatórios. Além de dados pessoais e informações para contato, o usuário preenche os campos de usuário e senha que serão utilizados para o acesso ao laboratório. Também é necessário o preenchimento de uma mensagem para a coordenação do laboratório e escolha do perfil de acesso, que permite aos coordenadores, identificar os objetivos do usuário que está solicitando o acesso, para configurar de forma pertinente as diretivas de permissão.

A Figura 5-1 mostra a página de cadastro de usuários.

- Home do DEE
- Apresentação do LQEE
- Linhas de Pesquisa
- Equipe Técnica
- Infra-Estrutura
- Equipamentos Disponíveis
- Eventos Programados
- Publicações
- Material de Apoio
- Fale Conosco
- Cadastro de Usuários
- Acesso ao LRQEE

LQEE - Laboratório de Qualidade da Energia Elétrica

» Cadastro de Usuários

Para utilizar o Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica (LRQEE), é necessário realizar este cadastro inicial. Assim que terminar o cadastro, um email será enviado para a coordenação do laboratório que providenciará as permissões pertinentes ao seu perfil. Assim que suas permissões forem ativadas pela coordenação, você receberá um e-mail com as informações necessárias. Só a partir de então, estará disponível o LRQEE com suas funcionalidades.

Preencha o formulário abaixo para se cadastrar:

Obs: Os campos com (*) são de preenchimento obrigatório.

Dados Pessoais

- * Nome:
- * E-mail:
- * CPF:
- * Instituição:

Informações para Contato

- Endereço:
- Complemento:
- Bairro:
- Cidade:
- Estado:
- Cep:
- Telefone:
- Celular:

Informações para Login

- * Usuário:
- * Senha:
- * Senha:

Mensagem e Perfil

* **Mensagem para coordenação identificar seu perfil de acesso:**
(Descreva, em linhas gerais, suas pretensões quanto ao acesso solicitado. Estas informações serão consideradas para habilitá-lo no perfil de acesso solicitado.)

* **Perfil desejado para acesso:**

- ☐ Professor ☐ Aluno ☐ Pesquisador ☐ Ouvinte

Efetivar Cadastro

FIGURA 5-1: PÁGINA DO CADASTRO DE USUÁRIOS NO LRQEE

No momento em que a coordenação recebe esta solicitação e realiza a ativação do usuário, um e-mail é encaminhado automaticamente para o mesmo, com as informações de liberação, e o acesso a partir deste momento estará liberado com as devidas permissões pertinentes ao seu perfil.

É importante enfatizar que a senha cadastrada pelo usuário expira no prazo de seis meses, exigindo a partir de então a alteração da mesma, além é claro, da possibilidade de alteração a qualquer momento, pelo próprio usuário na opção “Editar Meu Perfil”.

O usuário pode se conectar no servidor do laboratório, via internet, utilizando qualquer navegador padrão. Ao efetuar sua autenticação no sistema através do menu “Acesso ao LRQEE” com as informações de usuário e senha que lhe foram enviadas por e-mail, pode ter acesso às ferramentas disponíveis no laboratório, como mostra a Figura 5-2.

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

LQEE - Laboratório de Qualidade da Energia Elétrica

» Acesso ao LRQEE

«« Seja Bem-Vindo ao LRQEE »»
«« Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica »»

Login de Usuário

Área Restrita
Identifique-se para ter acesso ao LRQEE

Usuário:
Senha:

Esqueceu a senha? clique aqui para recuperá-la !

FIGURA 5-2: PÁGINA DO LOGIN DOS USUÁRIOS NO LRQEE

Há a opção para recuperação de senha, caso o usuário tenha esquecido a mesma. Para a recuperação desta senha, o usuário deverá informar o CPF e o e-mail. O sistema procura por um registro cadastrado no banco de dados com essas características e caso encontre, envia por e-mail as informações de usuário e senha, caso contrário informa através de uma mensagem na tela que não há nenhum usuário cadastrado com este perfil.

Apesar de ser um dos objetivos deste projeto apresentar uma interface amigável e de fácil compreensão para o usuário, é importante que o mesmo leia com antecedência o manual

de utilização do sistema e só após adentrar ao LRQEE. Isto possibilita que algumas dúvidas sobre a topologia de funcionamento do laboratório sejam esclarecidas, e o usuário possa realizar os experimentos com a maior facilidade possível.

Caso algumas dúvidas ainda persistam, o usuário pode entrar em contato com a coordenação através do menu “Fale Conosco”. A equipe fará o contato com o mesmo, de acordo com sua própria escolha, esclarecendo as questões. Essas dúvidas, caso pertinentes, podem ser agregadas a opção “FAQs” (Frequently Asked Questions), além de acrescentadas ao manual de utilização evitando assim reincidência devido a falta de informação.

As informações dos parágrafos anteriores mostram como deve ser o procedimento operacional de qualquer pessoa que deseje ter acesso ao LRQEE. A seguir, apresenta-se qual o procedimento dos coordenadores quando recebem uma solicitação de cadastro.

5.2 Diretivas de Permissão por Usuário

Como já foi mencionado, depois de realizado o cadastro, o usuário permanece como inativo no sistema não conseguindo nenhum tipo de acesso. A coordenação é avisada por e-mail que há uma solicitação de cadastro pendente, para tomar as devidas providências.

Os coordenadores acessam o sistema da mesma forma que o usuário padrão, porém estes possuem direitos a alguns recursos administrativos que possibilitam o gerenciamento dos usuários.

A ideologia de segurança do sistema baseia-se no princípio de diretivas de grupo, ou seja, criam-se alguns grupos, atribui-se algumas permissões aos mesmos, e por fim, informa a que grupo o usuário pertence.

Esta ideologia facilita quando se trata de números muito grandes de usuários. Seria mais trabalhoso gerenciar as permissões de cada usuário, sendo assim, gerenciam as permissões de alguns pequenos grupos como alunos, professores, coordenadores, pesquisadores e ouvintes, e define em que grupo cada usuário se encaixa, tornando assim mais prático o gerenciamento.

Diante disso, o primeiro passo para os coordenadores, seria a criação dos grupos. Ao cadastrar um novo grupo, o coordenador já define quais as permissões este grupo terá no LRQEE. Essas permissões também podem ser editadas a qualquer momento. A

Figura 5-3, mostra a criação dos grupos e a atribuição das diretivas de segurança disponíveis.

» Grupos

Descrição
Pesquisadores da Unesp

Permissões:
☒ Editar Perfil Próprio
☒ Controlar Fonte de Tensão
☒ Criar Formas de Onda Harmônica
☒ Controlar Escolha das Cargas
☒ Controlar Aquisição de Dados
☒ Configurar Parâmetros de Comunicação
☒ Adicionar Novas Placas e Cargas ao Sistema
☒ Cadastro de Grupos
☒ Editar de Usuários
☒ Agendar Horários
☒ Criar e Configurar Calendário
☒ Relatórios de Acesso
☒ Sala de Aula Virtual
☒ Educação à Distância
☐ Gerenciar Cargas Especiais
☐ Gerenciar Experimentos Sugeridos
☐ Gerenciar Manual de Utilização
☐ Gerenciar FAQ's
☐ Gerenciar Eventos Programados
☐ Gerenciar Publicações
☐ Gerenciar Material de Apoio

ADICIONAR GRUPO

[voltar](#)

FIGURA 5-3: PÁGINA DA CRIAÇÃO DE GRUPOS E ATRIBUIÇÃO DE PERMISSÕES

Uma das maneiras de bloquear os usuários é feita através dos grupos. À frente da descrição de cada grupo está o status atual do mesmo, que pode ser alterado apenas com um clique. Um grupo bloqueado, automaticamente bloqueia o acesso de todos os usuários pertencentes a ele. Ou seja, uma vez bloqueado um grupo, nenhum dos usuários que estejam cadastrados nele poderão acessar o sistema.

Esta política é interessante para os casos em que tenham sido criadas turmas para um determinado curso, ao fim do mesmo, quando não há mais a necessidade de acesso ao LRQEE por parte desses alunos, basta bloquear o grupo e toda a turma será também bloqueada. A Figura 5-4 exemplifica como podem ser bloqueados os grupos.

» **Grupos**

Descrição do Grupo	Status
Alunos	Ativo
Coordenadores	Ativo
Ouvintes	Bloqueado
Pesquisadores	Ativo
Professores	Ativo

ADICIONAR NOVO GRUPO

FIGURA 5-4: PÁGINA DA LISTA DOS GRUPOS E CONFIGURAÇÃO DO STATUS

Uma vez criados os grupos e atribuídas as diretivas de permissão pertinentes, os usuários são atribuídos a um grupo ideal. Na Figura 5-5, observa-se que os usuários cadastrados que ainda não foram liberados pela coordenação, são sinalizados com a tarja mais escura. Também é possível bloquear ou ativar um usuário, mesmo depois de atribuído a algum grupo, clicando sobre o menu status.

Nome do Usuário	Grupo	Status
Luis Carlos Origa de Oliveira	Coordenadores	Bloqueado
Rodrigo Nunes de Oliveira	Alunos	Bloqueado
Rogério Máximo Rapanello	Coordenadores	Ativo

ADICIONAR NOVO GRUPO

FIGURA 5-5: PÁGINA DA LISTA DE USUÁRIOS PARA ATIVAÇÃO NO SISTEMA

Clicando sobre o nome do usuário pode-se editar seu perfil e fazer as devidas liberações. A Figura 5-6 mostra como é feita a escolha do grupo para o usuário e a liberação do mesmo, permitindo assim o acesso ao laboratório. No instante da ativação do usuário e atribuição a um grupo, um e-mail é enviado para o mesmo, comunicando-o sobre a ativação.

Usuários

Dados Pessoais
* Nome: Rogério Máximo Rapanello
* E-mail: rogerio_rapanello@yahoo.com.br
* CPF: 277.058.638-63
* Instituição: Unesp

Grupos e Status
* Grupo: Coordenadores
* Status: ☒ Ativo ☐ Bloqueado

Prazo para Expirar Senha
Data Expiração da Senha do Usuário: 20/06/2008
Alterar Senha no Próximo Logon ☐

Informações para Contato
Endereço: Rua Carlos Catelli, 560
Complemento: Apto 21
Bairro: Jd. Claudia II
Cidade: Bebedouro
Estado: São Paulo
Cep: 14.700-000
Telefone: (17)3342-6584
Celular: (17)9622-0726

Informações para Login
* Usuário: rrapanello
* Senha:
* Senha:

Mensagem e Perfil
mensagem
Tipo de Perfil Solicitado: Professor

Atualizar Cadastro

FIGURA 5-6: PÁGINA DA EDIÇÃO E LIBERAÇÃO DE USUÁRIOS

Os procedimentos descritos acima permitem a ativação dos usuários e garantem a segurança operacional do sistema. As informações fornecidas pelo usuário no campo mensagem e perfil, ajudam o coordenador na hora de definir em qual grupo melhor se encaixa o usuário, garantindo assim acesso aos recursos necessários.

5.3 Validação de Segurança, Controle Único e Acessos Simultâneos

Como apresentado anteriormente, e por algumas vezes, é necessário que o usuário seja cadastrado e ativado com algumas diretivas de permissão adotadas pelo sistema, porém até o momento não foi explicado como internamente o sistema aplica as diretivas de segurança, que é então o assunto deste tópico.

Quando o usuário efetua o login no sistema, o programa em PHP faz as devidas verificações para garantir que somente usuários em plenas condições possam adentrar o sistema e ter acesso somente às ferramentas que lhe foram atribuídas.

Essas verificações são realizadas utilizando o conceito de sessão do PHP. Este suporte a sessões consiste em uma forma de preservar certos dados através de acessos subsequentes, de forma intrínseca ao código, não permitindo ser alterada pelo usuário. Esta tecnologia permite que as informações registradas pelo sistema através de sessão sejam garantidas evitando fraudes. Isto possibilita construir aplicações mais personalizadas e seguras.

Os detalhes do código fonte em PHP, com os comentários de programação estão disponíveis em mídia. Sendo assim, apresenta-se neste momento em forma de fluxograma como o sistema em PHP autentica os usuários e bloqueia os acessos indevidos.

No momento do login do usuário no sistema, são 8 (oito) as condições verificadas e todas devem ser ultrapassadas com sucesso para que o usuário tenha acesso permitido. Em qualquer das condições não válidas, o sistema bloqueia o acesso e mostra a mensagem de erro para o usuário.

A Figura 5-7 mostra todas as condições verificadas e as mensagens exibidas ao usuário. Além disso, todas essas informações são registradas em banco de dados e exibidas em forma de relatório para o coordenador do sistema.

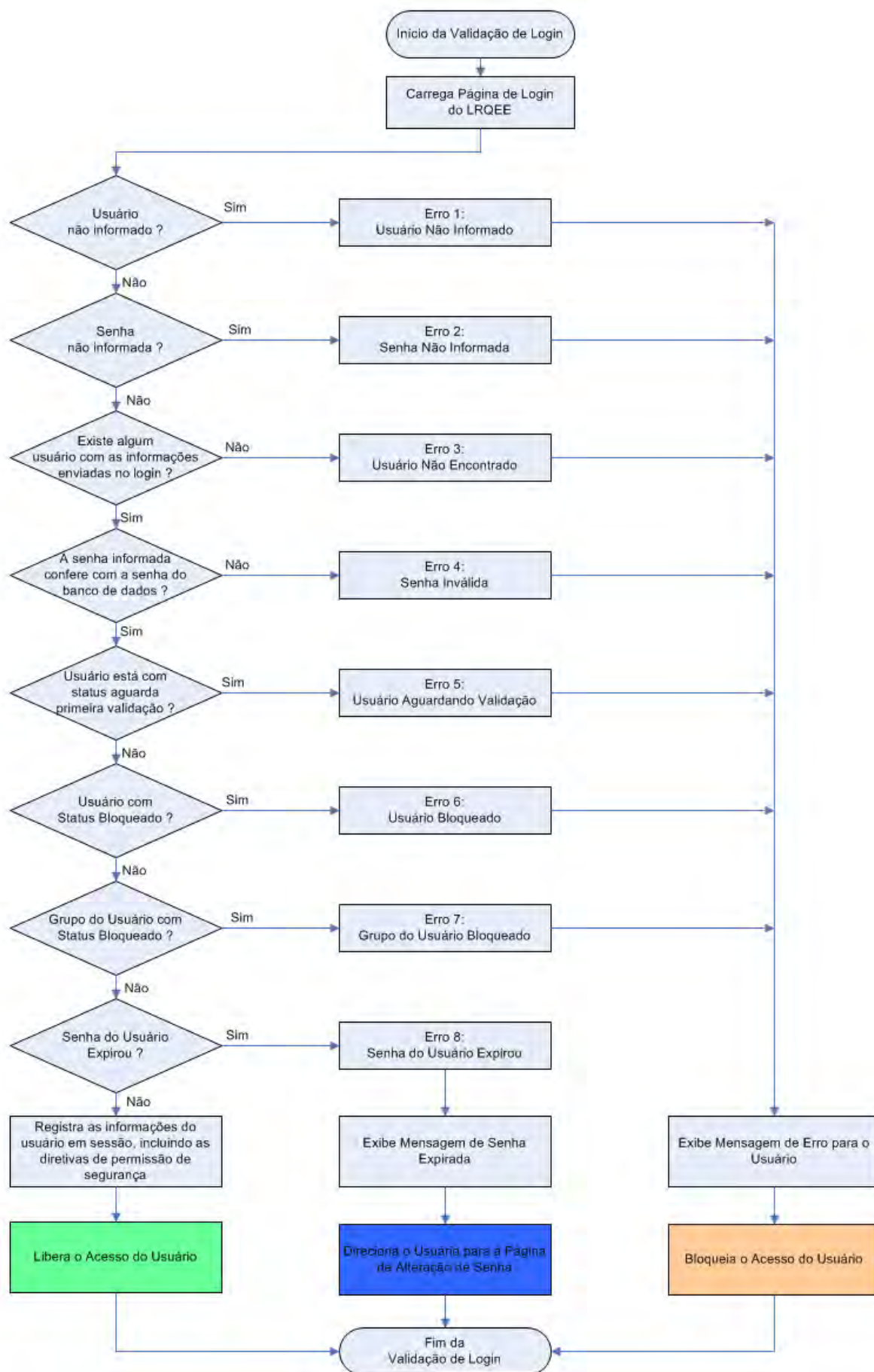


FIGURA 5-7: FLUXOGRAMA DA SEGURANÇA PARA ACESSO AO LRQEE

As verificações apresentadas são realizadas no momento do login do usuário. Porém quando o acesso é permitido, realiza-se uma consulta no banco de dados e captura as diretivas de permissão de grupo do usuário e registra as mesmas em sessão.

Com essas diretivas registradas em sessão uma nova verificação é feita no momento em que cada página ou ação é solicitada pelo usuário, certificando-se que o mesmo está habilitado a realizar aquela operação.

Exemplificando a questão, pode-se imaginar a seguinte situação, o usuário tenta entrar em uma área ou executar uma ação que não está disponível a ele. O sistema faz a verificação de qual diretiva é necessária, em seguida verifica se o usuário tem a mesma, caso a permissão não seja confirmada, mostra-se uma mensagem negando o acesso, como apresentado na Figura 5-8 apresentada a seguir.

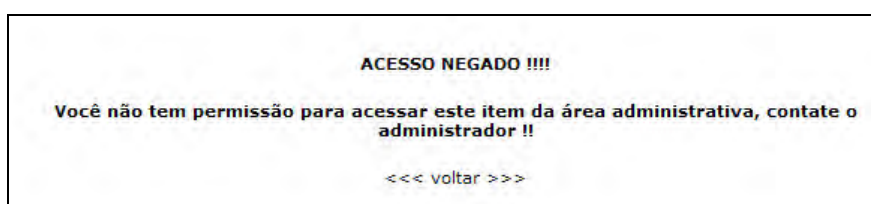


FIGURA 5-8: PÁGINA DA MENSAGEM DE ACESSO NEGADO

Através das verificações para acesso no momento do login, e as diretivas de segurança realizadas a cada ação, pode-se afirmar que o sistema está seguro com relação a acessos indevidos ou ações não permitidas a usuários cadastrados.

Porém, além da necessidade de login, e das diretivas de permissão de segurança para acesso ao sistema, deve-se levar em conta outras duas situações. A primeira delas é que há o controle de equipamentos de forma remota, e caso isto seja feito por mais de uma pessoa no mesmo instante, podem ocorrer ações indevidas. A segunda é que apesar do controle ser único, é importante que um professor, consiga lecionar uma aula à distância, utilizando o LRQEE, e permitindo que seus alunos visualizem estas ações.

Pensando nessas duas questões, elaborou-se um sistema de segurança que permite atender ambas as situações com a garantia de que não haverá transtornos. Ou seja, o professor assume o controle da aplicação remota, e libera somente para visualização por parte dos alunos.

O fluxograma apresentado na Figura 5-9, demonstra como esta segurança é feita de forma sistêmica e quais são exatamente as verificações necessárias para atender as questões levantadas. É importante observar que neste fluxograma faz-se uma verificação de agendamento, que não foi mencionada até o momento, mas que é foco de nosso próximo tópico. Além disso para melhor compreensão do fluxograma, entende-se a palavra FLAG, como sendo um indicador registrado no banco de dados, que contém um valor da situação atual do usuário que está autenticado no sistema.

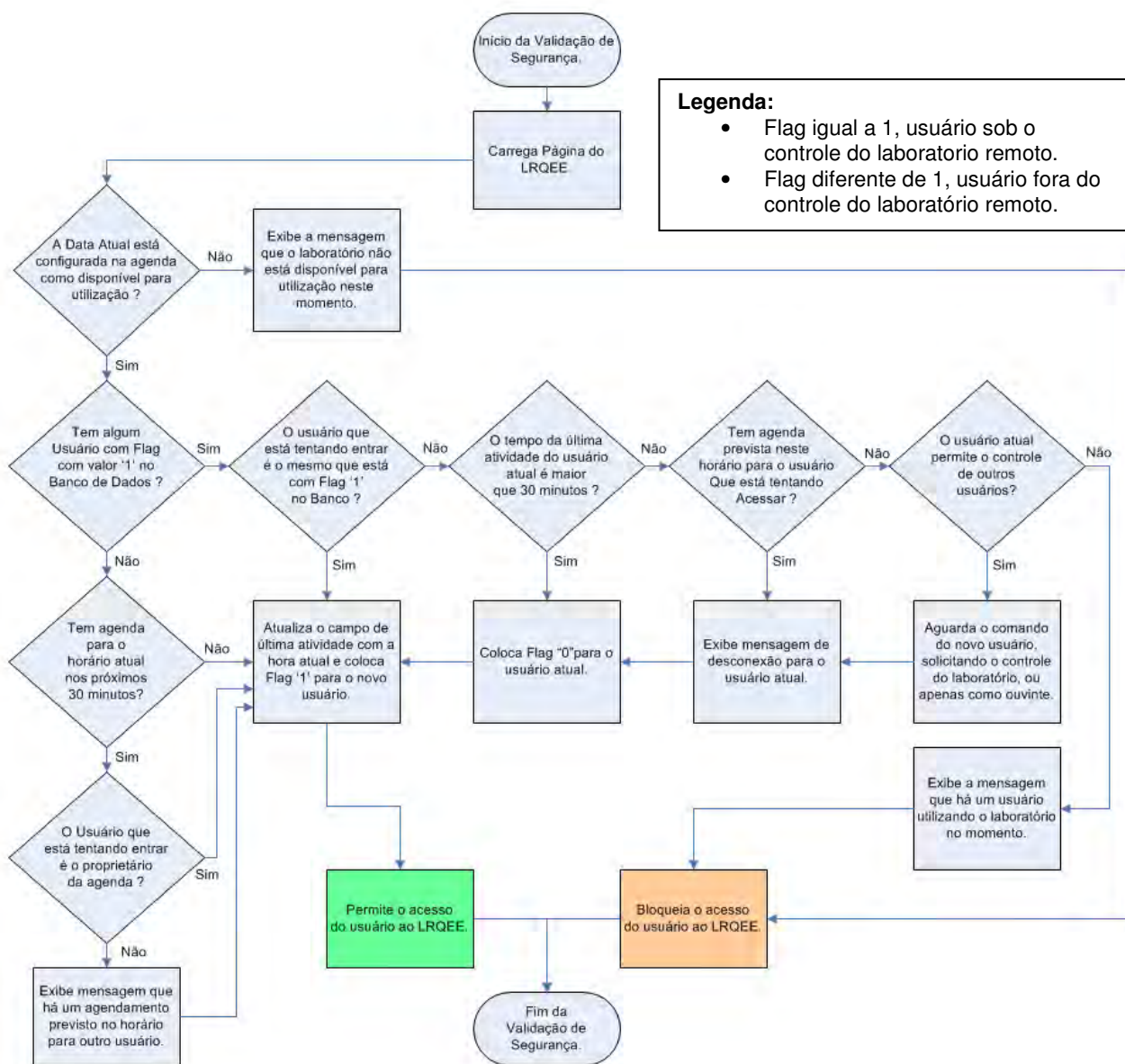


FIGURA 5-9: FLUXOGRAMA DA SEGURANÇA PARA CONTROLE ÚNICO E ACESSO SIMULTÂNEO

5.4 Agenda para Utilização do LRQEE

Com o objetivo de oferecer uma maior disponibilidade do LRQEE e melhor organização dos horários disponíveis para os usuários, criou-se a opção de agendamento para utilização do laboratório.

O agendamento consiste na programação prévia por parte dos usuários para as datas e horários que o mesmo deseja utilizar o laboratório, podendo assim programar aulas e organizar os melhores horários para estudos.

A opção para realização do agendamento, pode ser ou não disponibilizada aos usuários, porque está habilitada como uma permissão nas diretivas de segurança.

Esta ferramenta para agendamento está dividida em duas partes. A primeira é a configuração da agenda, onde os coordenadores informam quais os dias e horários que o laboratório estará disponível para utilização. A segunda é a possibilidade de agendamento por parte dos usuários, somente para os dias e horários em que o laboratório estiver disponível.

- **Configuração da Agenda do Laboratório**

A configuração da agenda é feita pelos coordenadores, e garante que somente haverá utilização do laboratório nos momentos disponibilizados pela coordenação. Ao acessar o menu “Configurar Agenda” o coordenador encontra uma lista com todos os meses e anos já disponibilizados para agendamento, como mostra a Figura 5-10. Nesta página é possível cadastrar novos meses pelo botão “Adicionar Nova Agenda do Mês”. Também é possível ativar ou bloquear qualquer mês que já esteja cadastrado, através do menu “status”, ou ainda configurar os dias e horários do mês que estarão abertos para agendamento através do menu “configurar”.

» **Configurar Agenda**

Ano	Mês	Status	Configurar
2007	Novembro	Ativo	Configurar
2007	Dezembro	Ativo	Configurar
2008	Janeiro	Bloqueado	Configurar

ADICIONAR NOVA AGENDA DO MÊS

FIGURA 5-10: PÁGINA DA LISTA DE MESES DISPONÍVEIS PARA AGENDAMENTO

É importante saber que ao realizar o cadastro do mês, todos os dias e horários ficam bloqueados para agendamento, sendo necessário configurar cada mês, escolhendo os dias e horários que o laboratório estará disponível.

A Figura 5-11 mostra o calendário exibido com todos os dias de cada mês, pelo qual serão configurados os horários disponíveis.

» **Configurar Agenda**

Clique sobre o dia, para configurar os horários disponíveis.

Novembro / 2007						
D	S	T	Q	Q	S	S
				01	02	03
04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

FIGURA 5-11: PÁGINA DO CALENDÁRIO PARA ESCOLHA DO DIA A SER CONFIGURADO

Escolhe-se o dia que se deseja configurar, todos horários são apresentados de hora em hora. Neste caso, três situações são possíveis. A primeira é quando há um checkbox ao lado do horário, mostrando que o horário pode ser disponibilizado para agendamento. A segunda é quando o horário já está disponibilizado e deseja-se retirá-lo, possível através do menu “remover agenda”. E a terceira, é quando o horário já estava disponibilizado e algum usuário realizou o agendamento de utilização para o horário em questão. Neste último caso não é mais possível remover da agenda, somente em caso de cancelamento do usuário que efetuou o agendamento.

A Figura 5-12 mostra a página para configuração dos horários do referido dia.

Selecione o checkbox para os horários em que o laboratório estiver liberado para agendamento.

Horários do Dia: 01	
☐	00:00 - 00:59
☐	01:00 - 01:59
☐	02:00 - 02:59
☐	03:00 - 03:59
☐	04:00 - 04:59
☐	05:00 - 05:59
☐	06:00 - 06:59
☐	07:00 - 07:59
	08:00 - 08:59 (remover agenda)
	09:00 - 09:59 (remover agenda)
	10:00 - 10:59 (horário agendado)
	11:00 - 11:59 (horário agendado)
☐	12:00 - 12:59
☐	13:00 - 13:59
	14:00 - 14:59 (horário agendado)
	15:00 - 15:59 (horário agendado)
	16:00 - 16:59 (horário agendado)
	17:00 - 17:59 (horário agendado)
☐	18:00 - 18:59
☐	19:00 - 19:59
☐	20:00 - 20:59
☐	21:00 - 21:59
☐	22:00 - 22:59
☐	23:00 - 23:59

EFETUAR ALTERAÇÕES

FIGURA 5-12: PÁGINA DA CONFIGURAÇÃO DOS HORÁRIOS DISPONÍVEIS PARA AGENDAMENTO

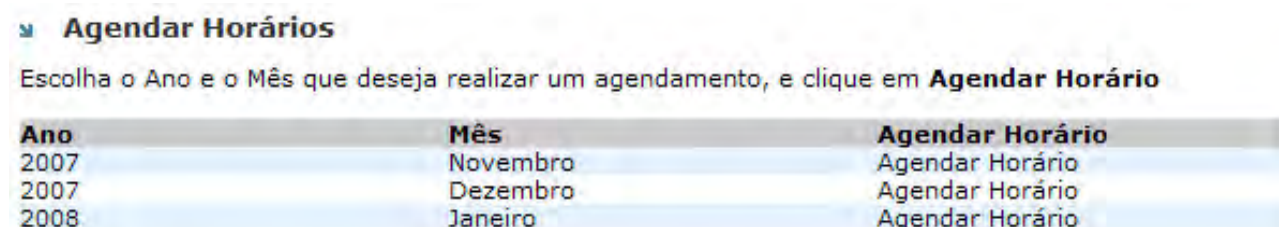
É importante saber que apenas nos horários disponibilizados para agendamento os usuários terão acesso ao sistema. Fora destes horários, uma mensagem é exibida informando que o sistema não está liberado para utilização naquele momento, e sugere a consulta ao módulo agenda para verificar a disponibilidade.

Porém, isso não significa que o usuário não possa utilizar o sistema sem ter realizado o agendamento, ao contrário, caso o horário esteja disponibilizado para agenda, e não tenha nenhuma reserva, qualquer usuário pode acessar o sistema e utilizar o laboratório remoto.

Uma vez configurado os meses, dias e horários que se deseja disponibilizar o acesso ao laboratório, os usuários utilizam-se desta ferramenta para reservar algum horário para utilização.

Agenda de Horários do Laboratório

É através do menu “agendar horários” que os usuários podem realizar os agendamentos. O princípio é o mesmo apresentado anteriormente para configuração pelos coordenadores, ou seja, ao acessar o módulo o usuário encontra uma lista com os anos e meses disponíveis e escolhe-se o mês e ano que deseja realizar o agendamento como mostra a Figura 5-13.



» **Agendar Horários**

Escolha o Ano e o Mês que deseja realizar um agendamento, e clique em **Agendar Horário**

Ano	Mês	Agendar Horário
2007	Novembro	Agendar Horário
2007	Dezembro	Agendar Horário
2008	Janeiro	Agendar Horário

FIGURA 5-13: PÁGINA DA LISTA DOS ANOS E MESES DISPONÍVEIS PARA AGENDAMENTO

O calendário é exibido com todos os dias do referido mês. Escolhe-se o dia que deseja realizar o agendamento através do calendário, e por fim seleciona o horário para reserva.

A diferença deste item, para o item de configuração da agenda, é que só é possível agendar para horários em que estiver configurado como disponível, e que não tenham sido agendado para outros usuários.

Nos casos em que o horário está agendado para o próprio usuário que está utilizando o sistema, a mensagem é exibida como “Horário agendado para você”. É possível então remover este agendamento em caso de cancelamento da reserva.

A Figura 5-14 mostra como é feito este agendamento dos horários.

Selecione o checkbox para os horários em que o laboratório estiver liberado para agendamento.

Horários do Dia: 01		
00:00 - 00:59	Horário não disponível para agendamento	
01:00 - 01:59	Horário não disponível para agendamento	
02:00 - 02:59	Horário não disponível para agendamento	
03:00 - 03:59	Horário não disponível para agendamento	
04:00 - 04:59	Horário não disponível para agendamento	
05:00 - 05:59	Horário não disponível para agendamento	
06:00 - 06:59	Horário não disponível para agendamento	
07:00 - 07:59	Horário não disponível para agendamento	
☐ 08:00 - 08:59	Horário Disponível para Agendamento	
☐ 09:00 - 09:59	Horário Disponível para Agendamento	
10:00 - 10:59	Horário agendado para você	(remover agenda)
11:00 - 11:59	Horário agendado para você	(remover agenda)
12:00 - 12:59	Horário não disponível para agendamento	
13:00 - 13:59	Horário não disponível para agendamento	
14:00 - 14:59	Horário reservado para outro usuário	
15:00 - 15:59	Horário reservado para outro usuário	
16:00 - 16:59	Horário agendado para você	(remover agenda)
17:00 - 17:59	Horário agendado para você	(remover agenda)
18:00 - 18:59	Horário não disponível para agendamento	
19:00 - 19:59	Horário não disponível para agendamento	
20:00 - 20:59	Horário não disponível para agendamento	
21:00 - 21:59	Horário não disponível para agendamento	
22:00 - 22:59	Horário não disponível para agendamento	
23:00 - 23:59	Horário não disponível para agendamento	

FIGURA 5-14: PÁGINA DA ESCOLHA DOS HORÁRIOS PARA EFETIVAÇÃO DO AGENDAMENTO

5.5 Relatório de Acesso ao Sistema

O sistema tem um relatório que registra todas as tentativas de acesso, sejam elas bem ou mal sucedidas. Este relatório apresenta as informações do usuário (mesmo que este não seja cadastrado), se o acesso foi liberado ou não, e o horário do login no sistema. Algumas outras informações como tempo de permanência, horário de logout, IP com computador e motivo do erro (quando acesso negado) , também são registrados, e exibidos em detalhes ao acessar a informação individual de cada registro..

Um demonstrativo do relatório é exibida na Figura 5-15 a seguir.

Relatório de Acesso ao Sistema

N.	Data e Hora	Login	Acesso	Motivo da Ação	
74	16/11/2007 - 11:55:53	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
73	16/11/2007 - 11:32:52	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
72	16/11/2007 - 10:20:42	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
71	16/11/2007 - 01:22:46	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
70	16/11/2007 - 01:22:40	rrapanello	Bloqueado	Senha inválida	✗
69	16/11/2007 - 01:22:23	roliveira	Liberado	Acesso liberado	✓
68	16/11/2007 - 01:22:17	roliveira	Bloqueado	Senha inválida	✗
67	16/11/2007 - 01:22:07	origa	Liberado	Acesso liberado	✓
66	16/11/2007 - 01:21:58	roliveira	Liberado	Acesso liberado	✓
65	16/11/2007 - 00:54:13	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
64	16/11/2007 - 00:50:06	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
63	16/11/2007 - 00:49:31	rrapanello	Bloqueado	Usuário aguardando liberação	✗
62	16/11/2007 - 00:49:24	rrapanello	Bloqueado	Senha inválida	✗
61	16/11/2007 - 00:48:59	rrapanello	Bloqueado	Senha inválida	✗
60	16/11/2007 - 00:42:54	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
59	16/11/2007 - 00:42:44	rrapanello	Bloqueado	Usuário aguardando liberação	✗
58	16/11/2007 - 00:42:31	origa	Bloqueado	Usuário aguardando liberação	✗
57	16/11/2007 - 00:17:09	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
56	16/11/2007 - 00:16:48	rrapanello	Bloqueado	Usuário bloqueado	✗
55	16/11/2007 - 00:11:34		Bloqueado	Usuário não informado	✗
54	15/11/2007 - 20:00:33	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
53	15/11/2007 - 18:34:53	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
52	15/11/2007 - 18:08:25	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
51	15/11/2007 - 18:08:12	rrapanello	Bloqueado	Grupo do usuário bloqueado	✗
50	15/11/2007 - 17:57:50	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
49	15/11/2007 - 17:57:35	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
48	15/11/2007 - 17:56:48	rrapanello	Bloqueado	Senha do usuário expirou	✗
47	15/11/2007 - 17:56:33	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
46	15/11/2007 - 17:55:13	rrapanello	Bloqueado	Senha do usuário expirou	✗
45	15/11/2007 - 17:55:07	rrapanello	Bloqueado	Senha inválida	✗
44	15/11/2007 - 17:25:31	rrapanello	Liberado	Acesso liberado	✓
43	15/11/2007 - 17:25:24	rrapanello	Bloqueado	Senha inválida	✗

FIGURA 5-15: PÁGINA DO RELATÓRIO DE ACESSO AO SISTEMA DO LRQEE

Para obter mais detalhes de cada acesso, basta clicar sobre o número do registro que se deseja verificar que os detalhes completos são exibidos. A Figura 5-16 mostra um caso de acesso liberado, e a Figura 5-17 mostra um caso de acesso bloqueado, mostrando inclusive qual o motivo da não permissão de acesso.

▾ Detalhe de Registro do Relatório de Acesso

Acesso Número:	204
Nome do Usuário:	Rogério Máximo Rapanello
Login:	rogerio
Acesso:	Liberado
Motivo da Ação:	Acesso liberado
Data e Hora Inicial:	12/02/2008 - 15:49:05
Data e Hora Final:	12/02/2008 - 15:49:43
Tempo de Permanência:	1 minuto(s)
Horário Última Atividade:	12/02/2008 - 15:49:31
IP Remoto	200.145.248.167
IP Local	

FIGURA 5-16: DETALHE DE REGISTRO DO RELATÓRIO COM ACESSO LIBERADO

▾ Detalhe de Registro do Relatório de Acesso

Acesso Número:	140
Nome do Usuário:	Rogério Máximo Rapanello
Login:	rrapanello
Acesso:	Bloqueado
Motivo da Ação:	Senha inválida
Data e Hora Inicial:	22/01/2008 - 15:21:24
Data e Hora Final:	
Tempo de Permanência:	0 minuto(s)
Horário Última Atividade:	22/01/2008 - 15:21:24
IP Remoto	127.0.0.1
IP Local	

FIGURA 5-17: DETALHE DE REGISTRO DO RELATÓRIO COM ACESSO BLOQUEADO

5.6 Matriz de Chaveamento e Cargas Especiais

Como descrito anteriormente no item 3.3 Matriz de Chaveamento, as cargas estão acopladas a uma matriz que contém diversas placas, cada uma com diversos tiristores, podendo chegar a 20 (vinte) placas, compostas por 8 (oito) tiristores cada.

Sendo assim, quando se realiza o cadastro, pelo software via internet, das cargas que estão disponíveis na bancada de experimentos, informa-se o endereço da matriz de

chaveamento onde o equipamento está fisicamente conectado, tornando assim, a expansão de novas cargas no sistema, totalmente dinâmica e flexível, não necessitando de alterações no código fonte para disponibilização de novas cargas.

Para realizar esta configuração, dois passos são necessários, o primeiro é a configuração da matriz de chaveamento, habilitando as placas disponíveis, o segundo é o cadastro das cargas especiais, relacionando os endereços aos elementos de carga.

- **Configuração da Matriz de Chaveamento**

No menu “Editar Matriz de Chaveamento” estão pré-definidas todas as possibilidades de endereçamento, totalizando o máximo de 20 (vinte) placas e cada placa com 16 (dezesesseis) endereços, sendo cada 2 (dois) endereços utilizados para acionar 1 (um) tiristor.

Para cadastrar uma nova carga, é necessário que o endereço desejado esteja com o “Status do Endereço” ativo, e com a “Utilização do Endereço” disponível, como mostra a Figura 5-18 a seguir.

Placas da Matriz de Chaveamento

[illegible]

FIGURA 5-18: RELAÇÃO DE PLACAS DA MATRIZ DE CHAVEAMENTO

- **Cadastro de Cargas Especiais**

Depois de configurada a matriz de chaveamento, pode-se cadastrar as cargas, informando a qual grupo ela pertence e qual o endereço da matriz de chaveamento o equipamento está conectado, especificando um endereço para ligar e outro para desligar o equipamento, como mostra a Figura 5-19 a seguir.

Cargas Especiais

Descrição
Lâmpada fluorescente de 40 Watts com reator eletrônico

Grupo de Cargas:
Cargas Não Lineares Monofásicas

Endereço nas Placas da Matriz de Chaveamento:

Para Ligar o Equipamento Placa 02 - Endereço 01

Para Desligar o Equipamento Placa 02 - Endereço 02

ATUALIZAR CARGA

FIGURA 5-19: CADASTRO DE CARGAS ESPECIAIS

Uma vez cadastradas todas as cargas desejadas, como mostra a lista de cargas da Figura 5-20, é necessário clicar em exportar esta lista de cargas para o servidor LabVIEW. Ao realizar esta operação, uma lista com as cargas e os respectivos endereços na matriz de chaveamento é criada e copiada para o servidor onde estão conectados os equipamentos, e será lida pelo LabVIEW permitindo assim a disponibilização das novas cargas no sistema.

Cargas Especiais

Descrição da Carga	Grupos de Cargas	Status
Configuração com vários valores de impedância	Cargas Lineares Monofásicas	Ativo
Configuração com vários valores de impedância	Cargas Lineares Trifásicas	Ativo
Filtro Eletromagnético de Sequência Zero	Filtros	Ativo
Filtro Sintonizado para 3a Harmônica	Filtros	Ativo
Filtro Sintonizado para 5a Harmônica	Filtros	Ativo
Filtro Sintonizado para 7a Harmônica	Filtros	Ativo
Lâmpada compacta de 60 Watts	Cargas Não Lineares Monofásicas	Ativo
Lâmpada fluorescente de 40 Watts com reator de núcleo de ferro	Cargas Não Lineares Monofásicas	Ativo
Lâmpada fluorescente de 40 Watts com reator eletrônico	Cargas Não Lineares Monofásicas	Ativo
Lâmpada Incandescente de 100 Watts	Cargas Não Lineares Monofásicas	Ativo
Lâmpada mista de 250 Watts	Cargas Não Lineares Monofásicas	Ativo
Lâmpada vapor de sódio de 70 Watts	Cargas Não Lineares Monofásicas	Ativo
Motor de indução monofásico de 1/4 HP	Cargas Não Lineares Monofásicas	Ativo
Motor de indução trifásico com inversor de frequência	Cargas Não Lineares Trifásicas	Ativo
Retificadores monofásicos em ponte com filtros capacitivos (teste)	Cargas Não Lineares Monofásicas	Ativo
Transformador com núcleo saturado	Cargas Não Lineares Trifásicas	Ativo

ADICIONAR NOVA CARGA

EXPORTAR LISTA DE CARGAS PARA LABVIEW

FIGURA 5-20: LISTA DE CARGAS ESPECIAIS

SOFTWARE DE CONTROLE DO LABORATÓRIO COM LABVIEW

Uma vez solicitado o controle remoto do laboratório, e verificadas todas as diretivas de permissão, o aplicativo desenvolvido na plataforma LabVIEW é carregado ao usuário, permitindo a interação com o mesmo. Este software é dividido em abas (menus) de controle, e para cada aba estão associadas ações referentes a um tipo de controle, divididos da seguinte forma:

- Programação da Fonte de Tensão;
- Formas de Onda;
- Seleção de Cargas;
- Aquisição de Dados;
- Configurador do Sistema

O usuário configura a fonte de tensão com os parâmetros desejados, em seguida escolhe e especifica as cargas que serão energizadas para as análises subseqüentes. Finalmente, os resultados experimentais obtidos através do sistema de aquisição de dados, podem ser visualizados no domínio do tempo e/ou no domínio da frequência.

Com os equipamentos disponíveis e a diversidade de cargas que podem ser configuradas e conectadas, é possível realizar uma série de experimentos. Apresenta-se a seguir, os detalhes de cada parte do software desenvolvido em LabVIEW. Os códigos fonte estão apresentados em anexos ao fim deste trabalho.

6.1 Controle da Fonte de Tensão

O controle da Fonte de Tensão é realizado pelo aplicativo através de comunicação serial. Este aplicativo permite ajustar a forma de onda desejada para excitação das cargas, fixando-se individualmente as amplitudes e respectivos ângulos de fase das diferentes componentes harmônicas do sinal.

O software permite ainda que a fonte opere de forma monofásica ou trifásica. Em aplicações trifásicas, o procedimento de ajuste das tensões de excitação pode ser efetuado individualmente para cada uma das fases.

Destaca-se que na operação monofásica toda a potência nominal da fonte (6 kVA) pode ser disponibilizada para a fase ativa, habilitando assim o sistema para investigações com cargas de maior porte.

Ainda neste item do aplicativo podem ser visualizados os resultados das medições básicas de regime permanente realizadas diretamente na fonte, permitindo-se a verificação imediata inicial das condições previamente configuradas. Há ainda uma chave que mantém a saída da fonte aberta, permitindo que o usuário faça todas as configurações necessárias, tanto da fonte, quanto das cargas, antes de alimentar o circuito, garantindo assim maior segurança ao sistema.

Uma opção de “reset” também é disponibilizada para recuperar, a qualquer momento, as configurações originais da fonte. A Figura 6-1 ilustra a tela de controle na opção “Fonte Programada”.

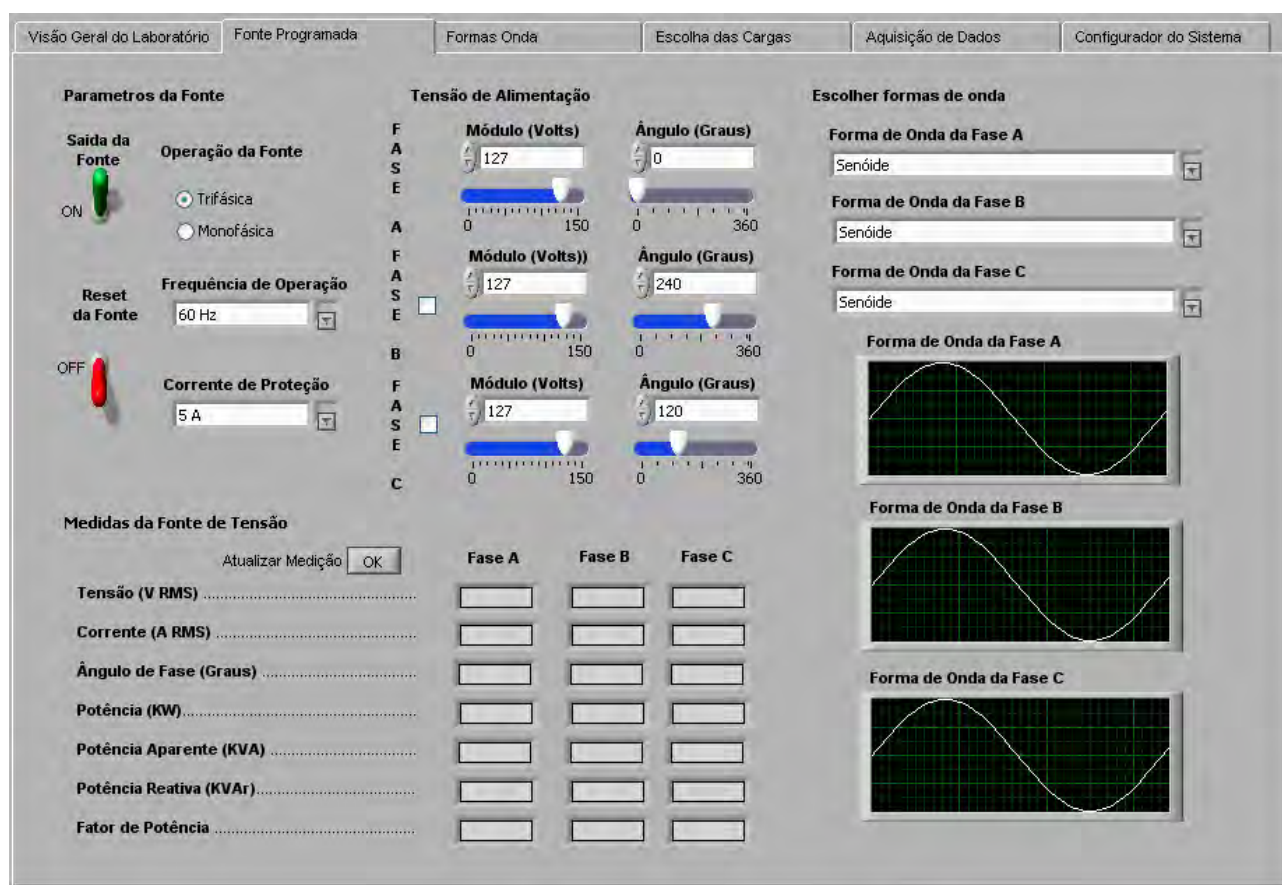


FIGURA 6-1: TELA DO SOFTWARE LABVIEW PARA CONTROLE DA FONTE DE TENSÃO

Como dito anteriormente, a comunicação do servidor com a fonte, é feita por comunicação serial, sendo assim, qualquer ação do usuário alterando parâmetros, são imediatamente enviados para a fonte. A cada parâmetro enviado, uma consulta é feita para certificar de que a fonte recebeu o comando com sucesso. Caso o comando não tenha sido recebido, é enviado novamente até que a resposta seja afirmativa.

Estes procedimentos garantem que, caso haja algum problema momentâneo de comunicação, o software tente automaticamente retransmitir a informação. Dado um tempo limite, caso não haja comunicação, o usuário é avisado de que a comunicação com o equipamento não pôde ser estabelecida.

6.2 Formas de Onda

A imposição das formas de onda das tensões de alimentação pela fonte programável pode ser realizada de forma manual, como descrito anteriormente, ou automaticamente através de sinais previamente configurados e disponíveis em uma base de dados. Estes podem ser carregados pelo aplicativo de controle da fonte no item de seleção “Formas de Onda”.

Por outro lado, criou-se também opção para modelagem de outros sinais de excitação que podem ser armazenados na base de dados e carregados automaticamente pelo usuário. O novo sinal pode ser configurado através do seu espectro harmônico fornecendo-se os valores de amplitude (em porcentagem) e fase (em graus) para cada ordem harmônica desejada. A Figura 6-2 ilustra a tela de controle na opção “Formas de Onda”.

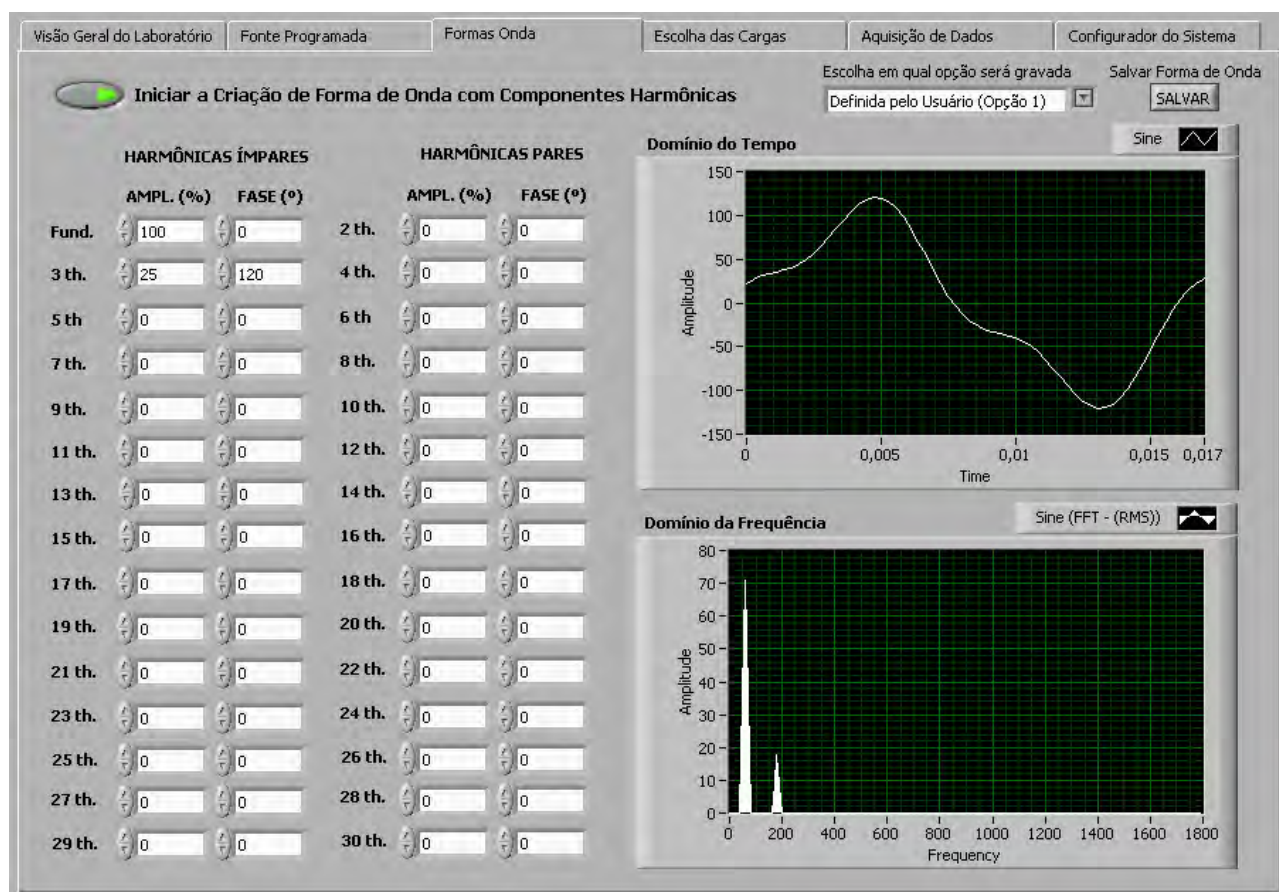


FIGURA 6-2: TELA DO SOFTWARE LABVIEW PARA FORMAS DE ONDA

Dois gráficos auxiliam a definição das formas de onda distorcidas a serem criadas pelo usuário. Na medida em que são atribuídos valores para as componentes harmônicas, os resultados são imediatamente visualizados no domínio do tempo e no domínio da frequência simultaneamente. É possível definir até três formas de onda, e utilizá-las independentemente por fase.

Uma vez incluída na base de dados, a nova forma de onda fica habilitada como mais uma opção na aba de configuração da fonte de tensão e pode ser automaticamente carregada, assim como outras formas de onda que já estão pré-configuradas e disponibilizadas na opção de “seleção da forma de onda” no item de configuração da fonte de tensão.

6.3 Escolha das Cargas (Bancada de Experimentos)

Com o sistema proposto, o objetivo é analisar o comportamento de diferentes cargas do sistema elétrico, sob o ponto de vista das distorções harmônicas, avaliando causas e efeitos, bem como a atuação de dispositivos de mitigação.

Para isto, o Laboratório de Qualidade da Energia Elétrica da FEIS UNESP, (LQEE), disponibiliza atualmente, diferentes tipos de cargas agrupadas em: lineares monofásicas, não lineares monofásicas, lineares trifásicas, não lineares trifásicas, filtros ressonantes de terceira, quinta e sétima ordens harmônicas além de um filtro do tipo eletromagnético.

As cargas disponíveis no sistema são pré-definidas pela coordenação do LQEE, e a qualquer momento poderão ser implementadas novas opções de carregamento para os usuários. Neste contexto, visando uma maior integração entre grupos de pesquisa, existe também a possibilidade de se disponibilizar a energização de outras cargas, a partir de uma solicitação prévia encaminhada pelo pesquisador.

A Figura 6-3 apresentada a seguir, mostra o diagrama existente na bancada de experimentos e a disposição dos mesmos. Nesta figura os blocos representados na cor azul, são cargas que não podem ser configuradas, somente adicionadas ou retiradas do sistema, como por exemplo, os filtros, cujos parâmetros já foram previamente ajustados. Os demais blocos representados na cor cinza, são cargas que devem ser configuradas pelo usuário antes de se energizar o sistema. Uma vez concluído o procedimento de configuração, as mesmas passam a ser representadas pela cor verde.

Para segurança do laboratório, somente as cargas configuradas podem ser adicionadas ao sistema através das chaves ao lado de cada bloco. Estas chaves, quando ligadas enviam o comando para a matriz de chaveamento, fechando os tiristores correspondentes na bancada de experimentos e sinalizam o acoplamento da carga na cor verde, mostrando que a carga foi conectada ao sistema.

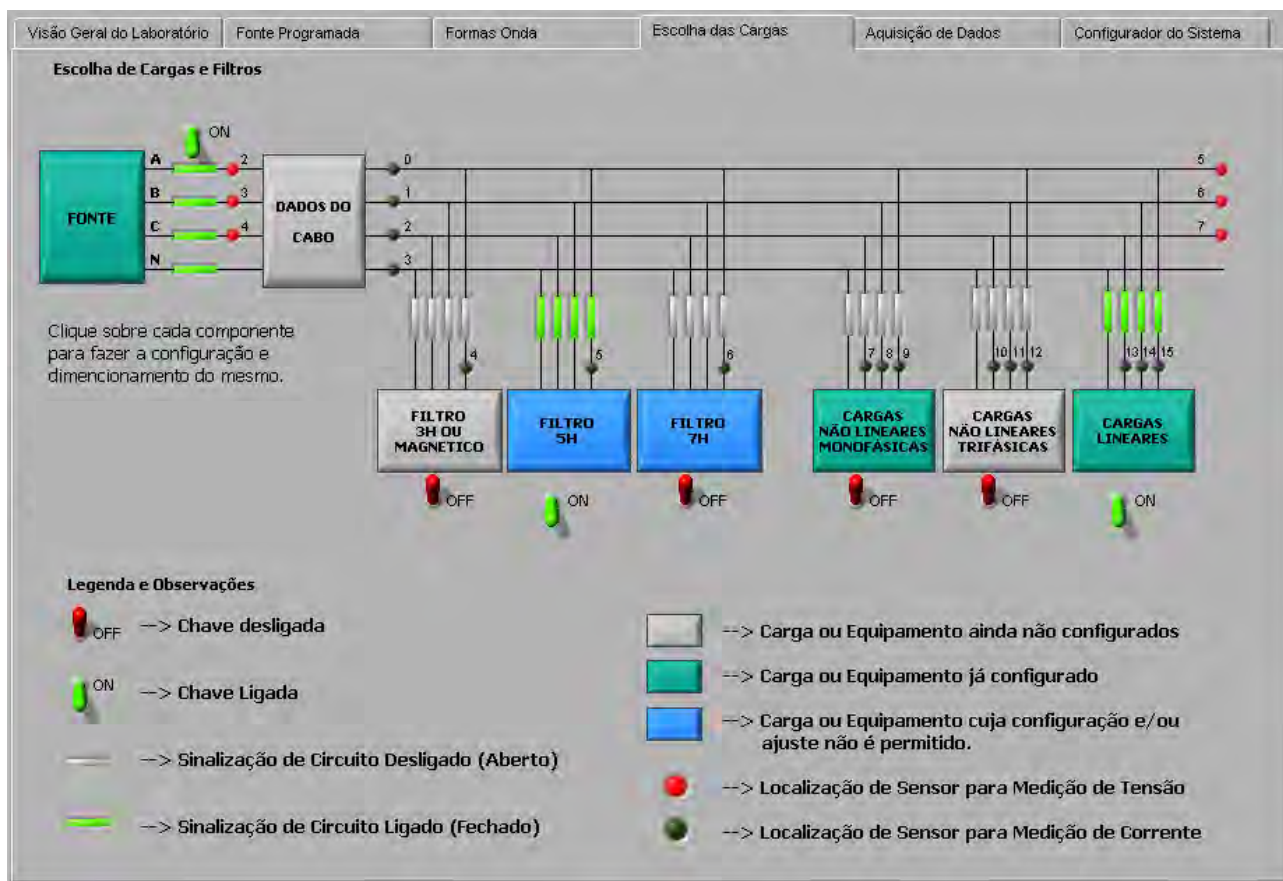


FIGURA 6-3: TELA DO SOFTWARE LABVIEW PARA ESCOLHA E CONFIGURAÇÃO DAS CARGAS

A configuração dessas cargas é realizada clicando-se sobre o bloco do aplicativo LabVIEW referente à mesma.

Para cada elemento de carga (resistiva, indutiva, capacitiva ou equipamentos) na matriz de chaveamento, existe um endereço binário pré-definido. Uma vez selecionados os elementos para composição da carga o aplicativo envia a palavra binária correspondente pela saída digital do sistema de aquisição de dados. Fisicamente, o comando escolhido executa o chaveamento adequado das unidades resistivas, indutivas, capacitivas previamente selecionadas, no sentido de compor a impedância total desejada ou ainda a interconexão dos equipamentos selecionados.

Os chaveamentos na matriz de conexão são realizados através de chaves eletrônicas (tiristores) que atuam diretamente nos elementos de carga disponíveis. Como apresentado anteriormente, esta matriz é constituída inicialmente por 4 (quatro) módulos de chaves eletrônicas, compostos por 8 (oito) tiristores cada, que podem ser expandidos a cada momento, limitando-se a 20 (vinte) placas com até 8 (oito) tiristores cada, devido à configuração de 24 bits da saída digital da aquisição de dados.

Segue a seguir uma relação das cargas e dispositivos de mitigação que inicialmente compõem o LRQEE:

A Figura 6-4 exemplifica uma configuração de cargas não lineares monofásicas.

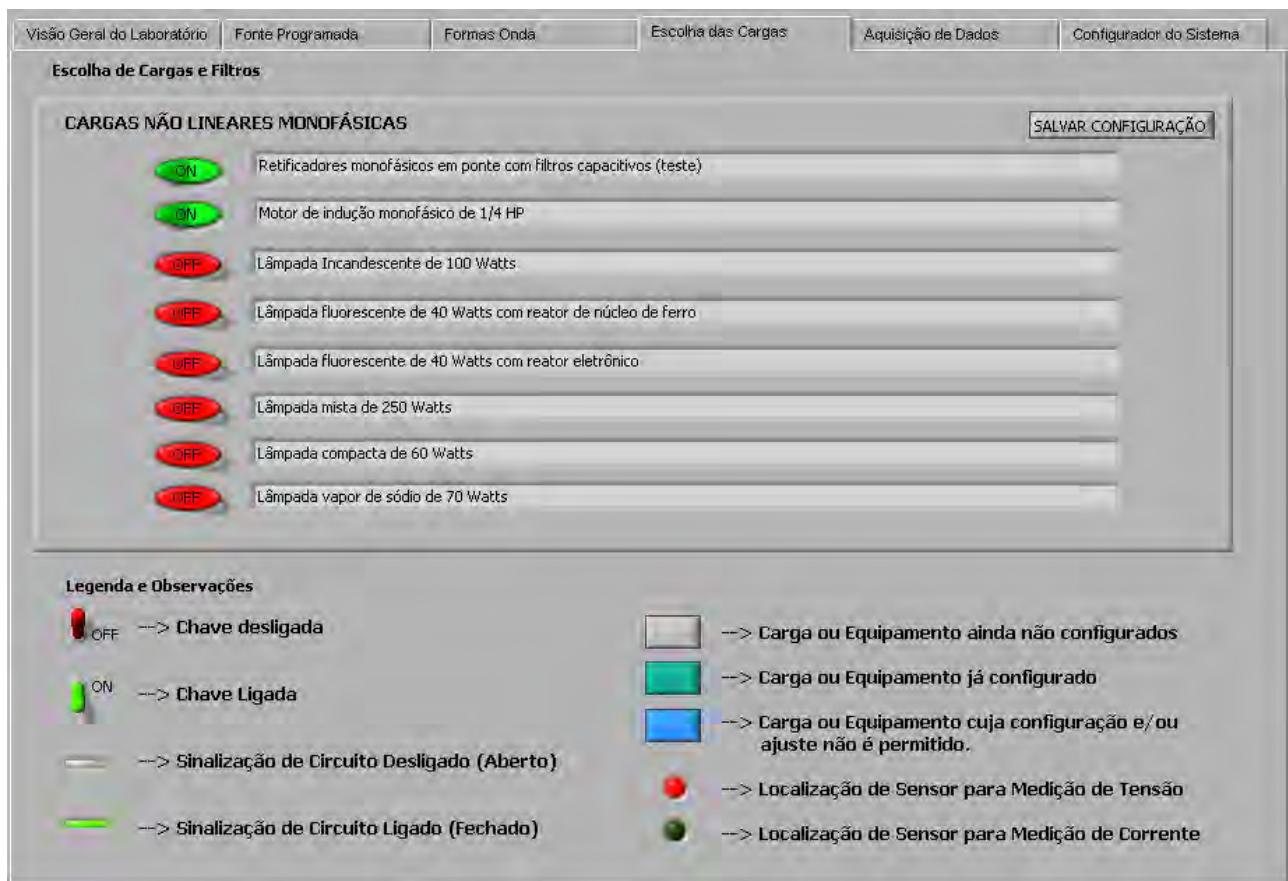


FIGURA 6-4: TELA DO SOFTWARE LABVIEW EXEMPLIFICANDO A CONFIGURAÇÃO DAS CARGAS

Com esta configuração, garante-se que o LRQEE esteja em constante evolução abrangendo uma diversidade de cargas na medida em que novas experiências e/ou pesquisas sejam encaminhadas.

Dispositivos de Mitigação

- Filtro eletromagnético
- Filtro terceira ordem harmônica
- Filtro quinta ordem harmônica
- Filtro sétima ordem harmônica

Estes dispositivos já estão pré-configurados e podem apenas ser interligados ao sistema.

Cargas

- Dados do Cabo
 - O usuário define a impedância total do cabo, podendo com isso simular se a carga está próxima ou não à fonte.
- Cargas Lineares Monofásicas e/ou Trifásicas
 - O usuário define a impedância total, através de cada elemento de carga (resistiva, indutiva e capacitiva), e o fechamento em estrela ou delta no caso das cargas trifásicas.
- Cargas Não Lineares Monofásicas
 - Retificadores monofásicos em ponte com filtros capacitivos
 - Motor de indução monofásico de 1/4 HP
 - Lâmpada incandescente de 100 Watts
 - Lâmpada fluorescente de 40 Watts com reator de núcleo de ferro
 - Lâmpada fluorescente de 40 Watts com reator eletrônico
 - Lâmpada mista de 250 Watts
 - Lâmpada compacta de 60 Watts
 - Lâmpada vapor de sódio de 70 Watts
- Cargas Não Lineares Trifásicas
 - Motor de indução trifásico com inversor de frequência
 - Transformador com núcleo saturado

6.4 Aquisição de Dados

Na Figura 6-3, observa-se vários pontos numerados onde foram posicionados os transdutores de tensão e de corrente, representados por pontos vermelhos ou verdes. Cada um desses sensores está conectado a um canal do equipamento de aquisição de dados da lotech, modelo Daqbook/100.

O equipamento de aquisição de dados é controlado pelo aplicativo LabVIEW, comunicando-se através da porta paralela do servidor. A Figura 6-5 apresentada a seguir, mostra a tela de aquisição de dados do software, atualmente parametrizado para 8 (oito) canais de tensão e 16 (dezesesseis) canais de corrente.

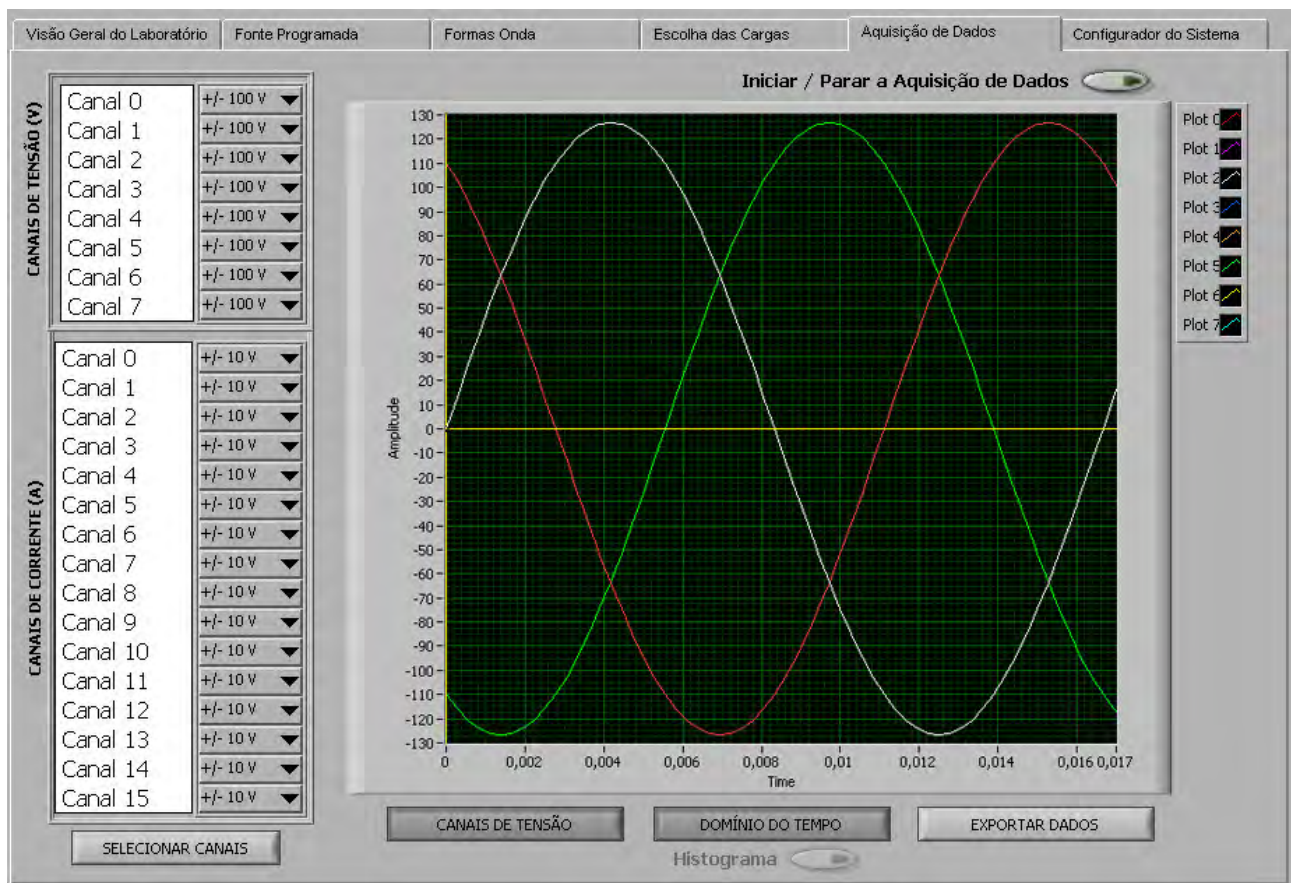


FIGURA 6-5: TELA DO SOFTWARE LABVIEW PARA AQUISIÇÃO DOS SINAIS

Baseado na taxa de aquisição máxima do equipamento, na frequência base do sistema de alimentação e no espectro harmônico que se pretende visualizar, foram definidas algumas limitações para o sistema de aquisição de dados. Considerando-se o teorema de Nyquist [6], fixou-se a simultaneidade de aquisição em 4 canais (tensões e/ou correntes) com aproximadamente 2 kHz, por canal, para recuperação segura de frequências harmônicas até a décima sexta ordem.

Este procedimento não descarta a possibilidade de visualização de mais canais simultaneamente. Nestas condições, a taxa de aquisição por canal é reduzida, e essas configurações podem ser parametrizadas na aba de configuração do sistema.

Neste módulo de aquisição de dados, é possível fazer a análise dos sinais amostrados no domínio do tempo ou no domínio da frequência através da Transformada Rápida de Fourier (FFT), além de possibilitar que os dados sejam exportados para outros softwares e/ou utilizados em forma de relatórios.

6.5 Configuração do Sistema

Através do módulo de Configuração do Sistema os coordenadores configuram a forma como os equipamentos estão conectados ao servidor. Diante disso, só deve ser permitido o acesso a este módulo aos usuários que tenham perfil de coordenador, evitando assim que usuários configurem algum parâmetro que impeça o funcionamento dos equipamentos.

No caso da fonte de tensão que se comunica via serial, alguns parâmetros devem ser definidos como: endereço da porta, taxa de comunicação, bits de dados, bits de parada e habilitação ou não do controle de fluxo. Todos esses parâmetros já estão com seus valores configurados para a situação atual de funcionamento da fonte, porém podem ser alterados caso haja necessidade.

Para a aquisição de dados, também alguns parâmetros devem ser configurados como: taxa de aquisição, aquisição infinita ou por amostra, frequência de amostragem, tamanho do buffer, ganho e calibração dos canais de corrente e parâmetros de configuração e endereçamento da porta paralela.

Este módulo só deve ser utilizado em caso de mudanças dos equipamentos, re-instalação ou mudança de servidor, havendo então a necessidade de uma nova configuração.

Estes parâmetros poderiam estar exclusivamente intrínsecos ao código devido à baixa frequência com que devem ser alterados, porém, a preferência por deixá-los como uma página de configuração é para garantir que em caso de migração do ambiente atual para outro, que seja realizada de forma mais fácil, prática e rápida, evitando-se maiores transtornos.

6.6 Integração com outras Ferramentas para Educação à Distância

Este projeto do LRQEE faz parte de uma ideologia de aplicar o ensino de qualidade da energia à distância. Sendo assim, é o mais recente, porém não está sozinho. Existem outros dois projetos que se interligam a este e complementam as ferramentas de educação à distância que são:

- **Ambiente Computacional para Educação à Distância**

Projeto: Dissertações de Mestrado de Aleciana Vasconcelos de Moraes e Érica Vasconcelos de Moraes

Objetivo: Metodologia, Diretrizes e Ambiente Computacional para Educação à Distância

Recursos: Disponibilização de materiais, chats, fóruns, mural de recados, perguntas ao professor, criação de turmas, avaliações on-line, agenda, atividades, artigos, bibliotecas virtuais, exercícios e estatísticas de atividades.

- **Sala de Aula Virtual**

Projeto: Software da Adobe

Objetivo: Sala de Aula Virtual para Aulas On-line

Recursos: Ambiente para aulas on-line, com possibilidade de disponibilização de recursos de áudio, vídeo e textos, além da interação on-line do aluno com participação em aula, através de perguntas, respostas, questionários e observações.

Como o LRQEE é o mais recente deles, este procura integrar todas essas ferramentas em um único ambiente e transformar isso em um pacote de ferramentas que unidas atendam a todas as expectativas para o ensino à distância da qualidade da energia elétrica.

Com as três ferramentas em funcionamento (Figura 6-6), fecha-se um ciclo para a educação à distância, que permite aos alunos e professores totais condições de aprendizado do tema de qualidade da energia elétrica, podendo expandir-se a outras áreas.



FIGURA 6-6: DIAGRAMA DO AMBIENTE PARA EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA DISPONÍVEL

EXPERIMENTOS E RESULTADOS OBTIDOS

Com o objetivo de ilustrar o uso do LRQEE apresenta-se a seguir alguns resultados experimentais obtidos através de um acesso remoto. Para tanto, configurou-se de forma monofásica uma carga não linear típica encontrada em abundância nos sistemas de distribuição de energia elétrica a qual constitui a fonte de alimentação da maioria dos dispositivos eletrodomésticos.

Neste cenário, o experimento foi realizado com a seguinte composição:

- **Fonte de Tensão:** operação trifásica, frequência base de 60Hz, tensão nominal de 127V;
- **Cargas:** retificadores monofásicos em ponte com filtros capacitivos formando um conjunto trifásico desequilibrado;
- **Dispositivo de mitigação:** filtro eletromagnético para harmônicos de seqüência zero.

OS RESULTADOS OBTIDOS PARA AS CORRENTES DE CIRCULAÇÃO, EM UMA DAS FASES, ATRAVÉS DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS, SÃO EXIBIDOS NA

Figura 7-1. Para a captura dos dados foram selecionados três sensores de corrente, posicionados respectivamente: junto à fonte; na carga e no filtro eletromagnético.

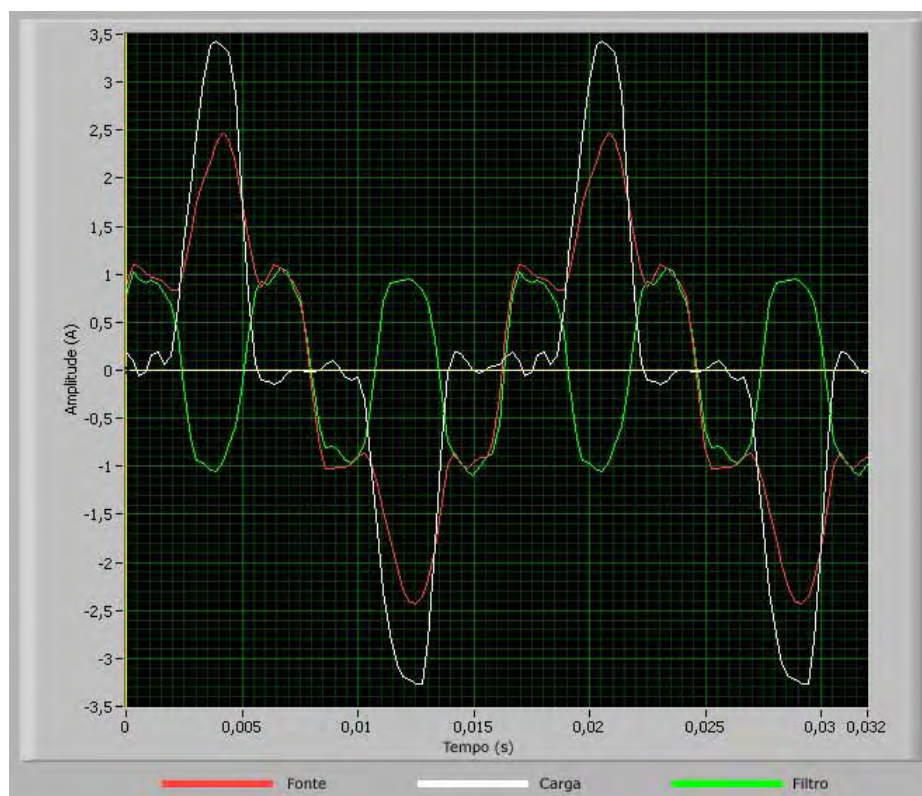


FIGURA 7-1: SINAIS DE CORRENTE NO DOMÍNIO DO TEMPO DO EXPERIMENTO PROPOSTO

O processamento dos sinais efetuado através da ferramenta de FFT (Fast Fourier Transformer), fornece as componentes harmônicas dos sinais, ilustradas na Figura 7-2.

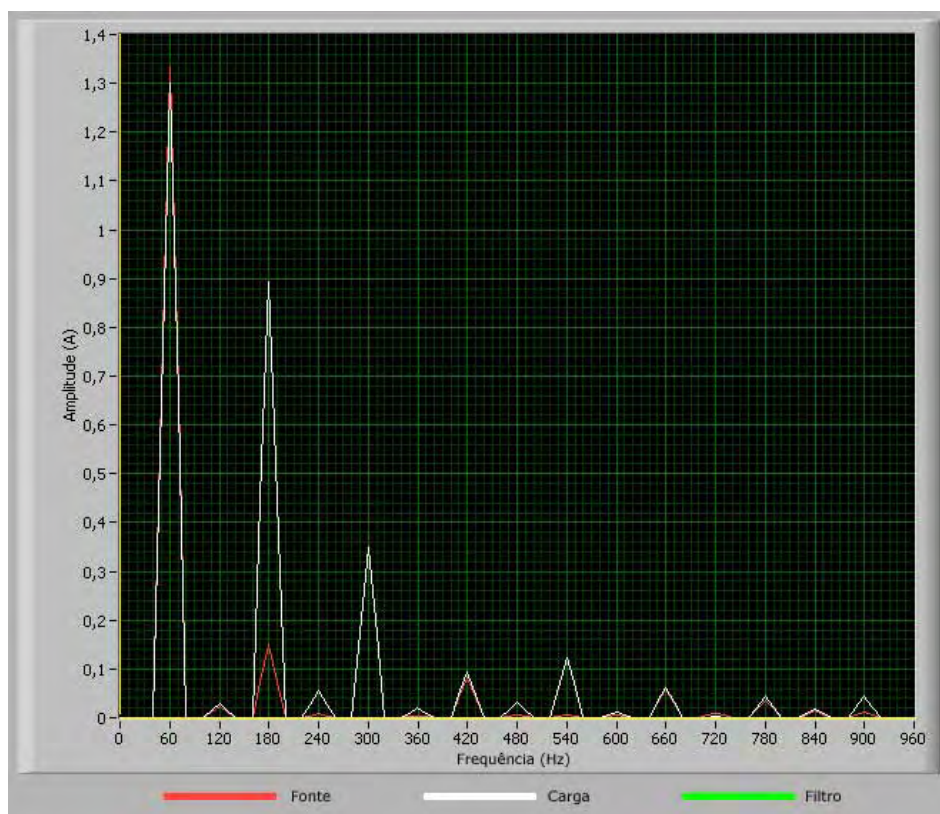


FIGURA 7-2: SINAIS DE CORRENTE NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA DO EXPERIMENTO PROPOSTO

Analisando-se os resultados, pode-se constatar a atuação do filtro eletromagnético, minimizando a distorção harmônica na fonte causada pelas cargas não lineares monofásicas, através da atenuação das componentes harmônicas de sequência zero, notadamente as múltiplas de três.

Destaca-se finalmente que os comentários apresentados anteriormente foram encaminhados apenas no sentido de demonstrar, de forma simplificada, o uso de LRQEE para a realização de um experimento. Está, portanto fora do escopo deste trabalho a discussão específica envolvendo detalhes da experiência realizada.

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A Internet associada às novas tecnologias da informação e comunicação abriu novos horizontes para o ensino da engenharia e tornou possível o desenvolvimento de poderosos recursos de educação à distância.

A informática e as telecomunicações têm influenciado de forma significativa as práticas laboratoriais e a adição de sistemas para educação à distância. Os meios de comunicação permitem uma grande aplicabilidade nesta área, e a informática com seus recursos avançados, tem proporcionado interatividade nos ambientes de aprendizado.

O Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica (LRQEE) é uma ferramenta criada inicialmente para apoio às atividades de educação à distância na área de qualidade da energia elétrica. Seus objetivos fundamentais baseiam-se na disseminação da idéia de utilização da internet nas atividades de educação à distância, particularmente no que se refere à realização de estudos experimentais.

Na forma como está configurado, é possível a realização de vários experimentos visando à compreensão e constatação experimental de vários fenômenos envolvendo a qualidade da energia elétrica. A estruturação adotada na sua concepção inicial permite que, em função das funcionalidades disponíveis nos equipamentos instalados, novos experimentos de apoio ao ensino sejam oportunamente adicionados, garantindo-se assim a constante evolução do sistema.

Por outro lado, sob o ponto de vista da pesquisa experimental, o LRQEE representa também uma importante iniciativa no sentido de fomentar uma maior integração entre as instituições de ensino e pesquisa. Os possíveis usuários podem ter acesso à distância a aplicativos computacionais e equipamentos, racionalizando recursos e evitando a duplicidade de itens de alto custo.

Nossa visão é que ferramentas educacionais acessíveis através da Internet tendem a ser cada vez mais utilizadas devido às facilidades e recursos que disponibilizam.

Como este projeto de ambiente educacional visa atender a usuários com níveis de conhecimento e experiência diferentes, teve-se cuidado ao projetar um ambiente que facilite a utilização do laboratório, considerando-se que, na educação à distância, o grau de interação que o usuário terá ao utilizar o computador, não deve prejudicar um dos objetivos principais, que é o de facilitar o aprendizado.

Embora esses cuidados tenham sido tomados, não se pode descartar que mudanças poderão ser necessárias à medida em que se intensifiquem a execução das operações do aplicativo por parte dos usuários.

Apesar das grandes vantagens que as práticas em laboratórios remotos podem trazer, torna-se necessária a partir de agora, uma avaliação de como será sua utilização. Uma estratégia de adaptação a esta forma de ensino deve ocorrer para que os objetivos sejam atingidos, pois uma ferramenta sofisticada não é a garantia que será aplicada de forma correta e que trará bons resultados.

Pode-se destacar além de todo o estudo teórico que conduziu este trabalho, a evolução dos pesquisadores com as ferramentas que utilizaram para o desenvolvimento do projeto. As programações realizadas com PHP e LabVIEW foram ricamente empregadas e certamente são conhecimentos que podem ser utilizados em outros projetos.

Este foi um projeto que deu um passo inicial para a disponibilização de recursos on-line para o estudos da qualidade da energia elétrica nos Laboratório da Unesp, logo, espera-se que as iniciativas não fiquem limitadas a esta, mas que novos projetos e novos pesquisadores levem adiante esta iniciativa.

No futuro, certamente, muitas novas cargas estarão presentes no sistema elétrico, e muitos estudos relacionados e estas deverão ser realizados, logo, acreditamos ser de grande valia a ferramenta disponibilizada.

Novas tecnologias também serão disponíveis, como o já existente ambiente tridimensional do “Second Life”, que permite a visualização de ações em um ambiente muito mais parecido com a realidade. Logo, fica como sugestão para trabalhos futuros, a disponibilização de um ambiente educacional com esta nova interface, para um aprendizado ainda mais facilitado e menos abstrato, contribuindo assim, para a evolução do aprendizado, afinal, é assim que o conhecimento se constrói.

REFERÊNCIAS

- [1] DE SOUZA, A. L.; DE OLIVEIRA, J. C. ***Laboratórios acessíveis via internet***: um recurso didático para o ensino/aprendizado de engenharia elétrica. In: ENCONTRO EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 7, 2001. Petrópolis e Iguaba Grade: Rio de Janeiro, 2001. v.1, p. 1-8.
- [2] PEREIRA, F. C.; DE OLIVEIRA, J. C.; DE OLIVEIRA, A.; VILAÇA, A. A. ***Uma proposta para a análise da qualidade da energia elétrica***. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA, 2. Belo Horizonte: Minas Gerais, 1997.
- [3] MEHL, E. L. M. ***Qualidade da Energia Elétrica***. Curitiba: Curso de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná, 2001.
- [4] ***NATIONAL Instruments***. Austin: National Instruments Corporation, 2007. Disponível em: <<http://www.ni.com/>>. Acessado em: 12 ago 2007.
- [5] NEDIC, Z.; MACHOTKA, J.; NAFALSKI, A. ***Remote laboratories versus virtual and real laboratories***. Frontiers in Education, 2003. FIE 2003. 33rd Annual. Volume 1.
- [6] OPPENHEIM, A. V; SCHAFER, R. W. ***Discrete-Time signal processing***. Prentice Hall, 1999.
- [7] BAKKEN, S.; SCHMID, E. ***Manual do PHP***. PHP Net: Campinas: São Paulo, 2003. Disponível em <<http://www.php.net/docs.php/>> Acessado em 12 ago. 2008.
- [8] ACHOUR, MEHDI; BETZ, FRIEDHELM. ***MySQL Reference Manual***. PHP Net: Campinas: São Paulo, 1997. Disponível em <<http://www.php.net/docs.php/>> Acessado em 12 ago. 2008.
- [9] LANDER, C. W. ***Eletrônica Industrial***: teoria e aplicações. 2 ed. São Paulo: Makron Books, 1996.
- [10] DUGAN, R. C.; MCGRANAGHAN, M. F.; BEATY, H. W. ***Electrical Power Systems Quality***. New York: McGraw-Hill, 1996.
- [11] BOLLEN, M. H. J. ***Understanding Power Quality Problems***: voltage sags and interruptions. New York: IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2000.
- [12] VALENTE, C.; MATTAR, J. ***Second life e web 2.0 na educação***: o potencial revolucionário das novas tecnologias. São Paulo: Novatec, 2007.

ANEXO 1 – ESTRUTURA DO PROGRAMA EM PHP

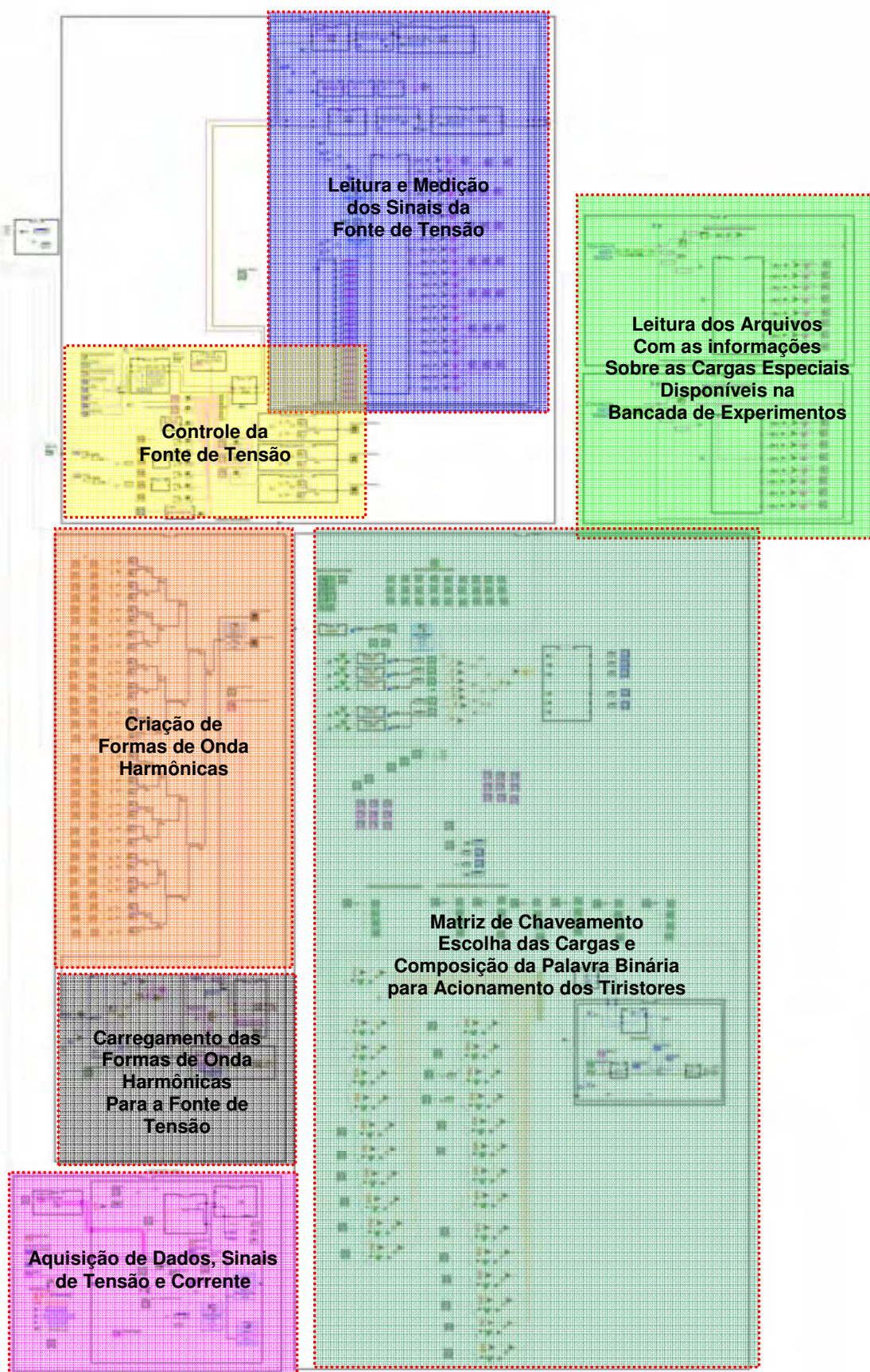
Segue abaixo tabela com a relação dos arquivos em PHP com suas principais funções. O código fonte dos arquivos estão disponibilizados em mídia para consulta..

Tabela 4: Lista dos arquivos PHP com suas principais funções

Nome do Arquivo	Descrição das Principais Funções do Arquivo
agenda_atualiza.php	Gerenciamento do Sistema de Agenda de Horários para Utilização do Laboratório Remoto
agenda_cadastra.php	
agenda_calendario.php	
agenda_calendario_atualiza.php	
agenda_calendario_remove.php	
agenda_del.php	
agenda_edita.php	
agenda_horario.php	
agenda_horario_atualiza.php	
agenda_horario_lista.php	
agenda_horario_remove.php	
agenda_inclui.php	
agenda_lista.php	
atualiza_ultima_atividade.php	Monitora tempo da última atividade do usuário no Laboratório Remoto
cargas.php	Gerenciamento de cargas utilizadas no Laboratório Remoto
cargas_atualiza.php	
cargas_cadastra.php	
cargas_del.php	
cargas_edita.php	
cargas_export.php	
cargas_inclui.php	
cargas_lista.php	
config_bd.php	Configuração do Banco de Dados
controle_labview.php	Controle de chamada do LabVIEW via PHP
controle_labview_cab.php	
controle_labview_cop.php	Diretivas de Permissão e Segurança
diretivas.php	
grupos_atualiza.php	Gerenciamento dos grupos de usuários
grupos_cadastra.php	
grupos_del.php	
grupos_edita.php	
grupos_inclui.php	
grupos_lista.php	
index.php	Gerenciamento e registros de autenticação dos usuários
logon.php	
login.php	
relatorio_acesso.php	Relatórios de acesso dos usuários no sistema do Laboratório Remoto
relatorio_acesso_ficha.php	

Nome do Arquivo	Descrição das Principais Funções
sair.php	Segurança de conexão e desconexão dos usuários
sair_labview.php	
senha_expirou.php	
senha_expirou_up.php	
sessao.php	
usuarios_atualiza.php	Gerenciamento dos usuários para acesso ao sistema do Laboratório Remoto
usuarios_del.php	
usuarios_edita.php	
usuarios_lista.php	
cadastro_usuarios.php	
cadastro_usuarios_inclui.php	
edita_perfil.php	
edita_perfil_atualiza.php	
email.php	
email_recup.php	
recupera_senha.php	

ANEXO 2 – ESTRUTURA DO PROGRAMA EM LABVIEW



O código fonte programa em LabVIEW está disponibilizado em mídia para consulta e melhor entendimento do software apresentado.

ANEXO 3 – ESTRUTURA DO BANCO DE DADOS MYSQL

Tabela 5: Estrutura do Banco de Dados MySQL

Tabela	Campo	Tipo Campo	Descrição do Campo / Tabela
acessos			Registra tentativas de acesso
	id_acessos	int(10)	Chave primária da tabela
	id_usuario	int(10)	Código do Usuário que acessou
	login	varchar(100)	Nome do usuário que acessou
	ip_remoto	varchar(15)	IP do Servidor que acessou
	ip_local	varchar(15)	IP do Computador que acessou
	data_hora_inicio	varchar(30)	Data e Hora Inicial do Acesso (Login)
	data_hora_fim	varchar(30)	Data e Hora Final do Acesso (Logout)
	acesso	varchar(200)	Acesso Liberado ou Bloqueado
	acao	varchar(200)	Motivos da Liberação ou Bloqueio
	erro	int(3)	Código do erro em caso de bloqueio
	ultima_atividade	varchar(30)	Horário da Última atividade do usuário
	flag	int(3)	Indicação se usuário está no LRQEE
	alunos_ouvintes	int(3)	Indica se permite outros usuários
agenda			Define os Anos e Meses para Agenda
	id_agenda	int(10)	Chave primária da tabela
	ano	int(4)	Ano da Agenda
	mês	int(2)	Mês da Agenda
	status	int(2)	Status (Ativo ou Bloqueado)
agenda_dias			Define os Dias e Usuários Agendados
	id_agenda_dias	int(10)	Chave primária da tabela
	id_agenda	int(10)	Relacionamento com Tabela Agenda
	dia	int(2)	Dia da Agenda
	hora	int(2)	Horário da Agenda
	status	int(2)	Status (Ativo ou Bloqueado)
	id_usuario	int(10)	Código usuário que agendou horário
cargas			Lista de Cargas cadastradas
	id_cargas	int(10)	Chave primária da tabela
	descricao	varchar(200)	Descrição da Carga
	endereço_placa_liga	int(10)	Endereço da Placa
	endereço_binario_liga	int(10)	Endereço Binário
	codigo_labview_liga	int(10)	Código do LabVIEW
	endereço_placa_desliga	int(10)	Endereço da Placa
	endereço_binario_desliga	int(10)	Endereço Binário
	codigo_labview_desliga	int(10)	Código do LabVIEW para Desligar
	grupo_carga	int(3)	Grupo que a carga pertence
	status	int(2)	Status (Ativo ou Bloqueado)
diretivas			Diretivas de Permissão de Acesso
	id_diretiva	int(3)	Chave primária da tabela
	diretiva	varchar(200)	Descrição da diretiva
eventos			Eventos do Laboratório
	id_eventos	int(3)	Chave primária da tabela
	titulo	varchar(255)	Título Principal do Evento
	subtitulo	text	Subtítulo do Evento
	descricao	text	Descrição Completo do Evento
	legenda	varchar(200)	Legenda da Foto
	foto	varchar(200)	Foto do Evento
	data_inicio	varchar(50)	Data de Início do Evento
	data_fim	varchar(50)	Data de Término do Evento
	id_publicacoes	int(10)	Publicações Relacionadas ao Evento
faqs			Perguntas Frequentes
	Id_faqs	int(10)	Chave primária da tabela
	Pergunta	varchar(255)	Dúvida do usuário
	resposta	text	Resposta a Dúvida do Usuário

Tabela	Campo	Tipo Campo	Descrição do Campo / Tabela
grupos			Grupos de Usuários
	id_grupos	int(10)	Chave primária da tabela
	descricao	varchar(200)	Descrição do grupo
	permissao	varchar(200)	Permissões atribuídas ao grupo
	status	int(3)	Status (Ativo ou Bloqueado)
grupos_cargas			Tipos de Grupos de Cargas
	id_grupos_cargas	int(10)	Chave primária da tabela
	descricao	varchar(50)	Descrição do Grupo de Cargas
matriz_chaveamento			Endereços da Matriz de Chaveamento
	id_matriz	int(10)	Chave primária da tabela
	descricao	varchar(100)	Descrição do Endereço
	placa	int(10)	Número da Placa
	endereco	int(10)	Número do Endereço na Placa
	codigo_labview	int(10)	Código correspondente para o LabVIEW
	usado_livre	int(2)	Indicação se há cargas cadastradas
	status	int(2)	Status (Ativo ou Bloqueado)
publicacoes			Publicações de Documentos do Lab.
	Id_publicacao	int(10)	Chave primária da tabela
	File_name	varchar(200)	Nome do arquivo
	File_type	varchar(100)	Tipo de Arquivo
	File_size	varchar(100)	Tamanho do Arquivo
	Responsavel	int(10)	Usuário Responsável pela publicação
	Data_cadastro	varchar(30)	Data da publicação do arquivo
	Categoria	int(10)	Categoria do Arquivo
	descricao	varchar(255)	Descrição do Arquivo
publicacoes_categorias			Categorias de Publicações
	id_publicacao_categoria	int(10)	Chave primária da tabela
	descricao	varchar(255)	Descrição da Categoria das Publicações
	subcategoria	int(3)	Divisão de Subcategorias
usuarios			Usuários Cadastrados no Sistema
	id_usuarios	int(10)	Chave primária da tabela
	nome	varchar(200)	Nome completo do usuário
	email	varchar(200)	Email do usuário
	cpf	varchar(15)	CPF do usuário
	instituicao	varchar(200)	Instituição do usuário
	endereco	varchar(200)	Endereço completo do usuário
	complemento	varchar(100)	Complemento do endereço
	bairro	varchar(100)	Bairro do endereço
	cidade	varchar(100)	Cidade do endereço
	estado	varchar(30)	Estado do endereço
	cep	varchar(10)	Cep do endereço
	telefone	varchar(15)	Telefone residencial
	celular	varchar(15)	Telefone celular
	usuario	varchar(100)	Usuário para login
	senha	varchar(200)	Senha para login (criptografada)
	perfil	int(3)	Perfil solicitado pelo usuário
	mensagem	text	Mensagem para identificação do perfil
	status	int(3)	Status (Ativo ou Bloqueado)
	grupo	int(10)	Grupo que o usuário pertence
	data_cadastro	varchar(30)	Data do cadastro
	data_expirra	varchar(30)	Data de expiração da senha
	data_ultimo_acesso	varchar(30)	Data do último acesso ao sistema
	qtd_acessos	int(10)	Quantidade de acessos ao sistema
	aguarda_validacao	int(3)	Aguardando primeira validação
	primeiro_acesso_labview	int(2)	Identifica se driver foi instalado
website			Informações sobre o Laboratório
	id_website	int(5)	Chave primária da tabela
	descricao	text	Conteúdo do registro
	observação	varchar(255)	Identificação de qual item do menu

ANEXO 4 – RESUMO DOS COMANDOS DA FONTE DE TENSÃO

A fonte de tensão recebe os comandos por comunicação serial, e uma vez recebido esses comandos executam a operação solicitada. Os comandos utilizados neste projeto são relacionados abaixo com objetivo de um melhor entendimento do código fonte do programa LabVIEW apresentado no anexo 1.

Tabela 6: Resumo dos Comandos da Fonte de Tensão

Comando	Ações configuradas na Fonte de Tensão
*CLS	Limpa os comandos em memória na fonte
*ESR?	Obtém como resposta se a fonte está ativa
*IDN?	Obtém como resposta as informações do modelo da fonte
*RST	Reset da fonte
FREQ valor	Frequência base de operação para as três fases
FREQ(nro) (valor)	Frequência base de operação para a fase selecionada
FUNC(nro):SHAP CSR	Define a forma de onda para fase em questão como uma cosenóide
FUNC(nro):SHAP SIN	Define a forma de onda para fase em questão como uma senóide
FUNC(nro):SHAP SQU	Define a forma de onda para fase em questão como uma quadrada
MEAS:APP(nro)?	Obtém o valor de potência aparente para a fase em questão
MEAS:CURR(nro)?	Obtém o valor de corrente para a fase em questão
MEAS:FREQ(nro)?	Obtém o valor de frequência para a fase em questão
MEAS:PFAC?	Obtém o valor do fator de potência para a fase em questão
MEAS:PHAS(nro)?	Obtém o ângulo em graus da fase em questão
MEAS:POW(nro)?	Obtém o valor de potência ativa para a fase em questão
MEAS:REAC(nro)?	Obtém o valor de potência reativa para a fase em questão
MEAS:VOLT(nro)?	Obtém o valor de tensão para a fase em questão
MODE ONEPHASE	Define a operação da fonte como monofásica
MODE THEEPHASE	Define a operação da fonte como trifásica
OUTP OFF	Bloqueia a saída da fonte de tensão
OUTP ON	Libera a saída da fonte de tensão
SYST:LOC	Define operação da fonte como local, liberando painel frontal
SYST:REM	Define operação da fonte como remota, bloqueando painel frontal
VOLT(nro) (valor)	Define o valor de tensão para a fase em questão
TRAC:DEF nome	Cria uma nova forma de onda
TRAC:DATA nome, n1,n2,n3 ... n4096	Define os 4096 pontos de amplitude para a forma de onda criada
FUNC(nro):SHAP nome	Define a forma de onda com harmônicas para a fase em questão

Legenda:

(valor) = valor a ser parametrizado

(nro) = número da fase a ser parametrizada

ANEXO 5 – ENDEREÇOS DA MATRIZ DE CHAVEAMENTO

MATRIZ DE CHAVEAMENTO - SAÍDA DIGITAL DA AQUISIÇÃO DE DADOS

Nº	PLA CA	ENDE REÇO	PALAVRA BINÁRIA				CÓDIGOS NO LABVIEW			EQUIPAMENTO	AÇÃO
			1	2	3	4	CASE	PLACA	BIT		
1	1		0	0	0	0					
2	1	1	0	0	0	1	1	1	1	Contator Principal de Alimentação	Desliga
3	1	2	0	0	1	0	2	1	2		Liga
4	1	3	0	0	1	1	3	1	3	Contator Geral das Cargas Lineares Trifásicas	Desliga
5	1	4	0	1	0	0	4	1	4		Liga
6	1	5	0	1	0	1	5	1	5	Contator Geral dos Filtros 3ª Harmônica e Eletrom.	Desliga
7	1	6	0	1	1	0	6	1	6		Liga
8	1	7	0	1	1	1	7	1	7	Contator Geral dos Filtros 5ª Harmônica	Desliga
9	1	8	1	0	0	0	8	1	8		Liga
10	1	9	1	0	0	1	9	1	9	Contator Geral dos Filtros 7ª Harmônica	Desliga
11	1	10	1	0	1	0	10	1	10		Liga
12	1	11	1	0	1	1	11	1	11	Contator Geral das Cargas Não Lineares Monofásicas	Desliga
13	1	12	1	1	0	0	12	1	12		Liga
14	1	13	1	1	0	1	13	1	13	Retificadores monofásicos em ponte c. filtros capacitivos	Desliga
15	1	14	1	1	1	0	14	1	14		Liga
16	1		1	1	1	1					
17	2		0	0	0	0					
18	2	1	0	0	0	1	15	2	1	Motor de indução monofásico de 1/4 HP	Desliga
19	2	2	0	0	1	0	16	2	2		Liga
20	2	3	0	0	1	1	17	2	3	Lâmpada Incandescente de 100 Watts	Desliga
21	2	4	0	1	0	0	18	2	4		Liga
22	2	5	0	1	0	1	19	2	5	Lâmpada fluorescente de 40 Watts (reator núcleo ferro)	Desliga
23	2	6	0	1	1	0	20	2	6		Liga
24	2	7	0	1	1	1	21	2	7	Lâmpada fluorescente de 40 Watts (reator eletrônico)	Desliga
25	2	8	1	0	0	0	22	2	8		Liga
26	2	9	1	0	0	1	23	2	9	Lâmpada mista de 250 Watts	Desliga
27	2	10	1	0	1	0	24	2	10		Liga
28	2	11	1	0	1	1	25	2	11	Lâmpada compacta de 60 Watts	Desliga
29	2	12	1	1	0	0	26	2	12		Liga
30	2	13	1	1	0	1	27	2	13	Lâmpada vapor de sódio de 70 Watts	Desliga
31	2	14	1	1	1	0	28	2	14		Liga
32	2		1	1	1	1					
33	3		0	0	0	0					
34	3	1	0	0	0	1	29	4	1	Filtro Eletromagnético	Desliga
35	3	2	0	0	1	0	30	4	2		Liga
36	3	3	0	0	1	1	31	4	3	Filtro 3ª Harmônica	Desliga
37	3	4	0	1	0	0	32	4	4		Liga
38	3	5	0	1	0	1	33	4	5	Motor de indução trifásico com inversor de frequência	Desliga
39	3	6	0	1	1	0	34	4	6		Liga
40	3	7	0	1	1	1	35	4	7	Transformador com núcleo saturado	Desliga
41	3	8	1	0	0	0	36	4	8		Liga
42	3	9	1	0	0	1	37	4	9	Contator Geral das Cargas Lineares Monofásicas	Desliga
43	3	10	1	0	1	0	38	4	10		Liga
44	3	11	1	0	1	1	39	4	11	Contator Geral das Cargas Não Lineares Trifásicas	Desliga
45	3	12	1	1	0	0	40	4	12		Liga
46	3	13	1	1	0	1	41	4	13		Desliga
47	3	14	1	1	1	0	42	4	14		Liga
48	3		1	1	1	1					

ANEXO 6 – TRABALHO PUBLICADO

Trabalho **Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica** aceito e publicado no International Conference on Engineering and Technology Education 2008 a realizado entre os dias 01 a 06 de março de 2008.