EDUARDO ANDRÉ MOSSIN

Laboratório remoto para ensino a distância de sistemas de controle distribuído

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para a obtenção do
Título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: Dinâmica das Máquinas
e Sistemas

Orientador: Prof. Luis Carlos Passarini

São Carlos
2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

Mossin, Eduardo André

M913l Laboratório remoto para ensino a distância de sistemas de controle distribuídos / Eduardo André Mossin ; orientador Luis Carlos Passarini. – São Carlos, 2006.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia Mecânica -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

1. Ensino a distância. 2. Simulação. 3. Foundation Fieldbus. 4. Web. 5. Sistemas de controle distribuídos. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao mestre e amigo Dr. Luis Carlos Passarini, pela orientação, dedicação e amizade. Não fosse seu convite e orientação, este trabalho não se realizaria;

Tenho grande gratidão ao Dr. Dennis Brandão, que tanto ajudou nesta pesquisa auxiliando em todos os momentos;

Ao Jaime que sempre que necessário me encaminhava direto ao lugar certo;

À Universidade de São Paulo, por colocar à disposição sua estrutura;

Aos engenheiros e amigos da SMAR, pela cooperação sempre muito útil, principalmente ao Cassius Resende Duarte que muito me ajudou a entender as teorias de controle;

À Livia, pelo companheirismo que mostrou e por tudo que me ajudou;

Quero registrar também a grande ajuda dada pelo Saulo Amui;

Ao Rodrigo Palucci que sempre deu forças para eu continuar a batalha, principalmente nas horas de desgaste;

Sinceramente, aos meus pais e a minha irmã, por tudo, e a Deus, pela vida, por esta oportunidade e por estes irmãos;

RESUMO

MOSSIN, E. A. (2007). **Laboratório remoto para ensino a distância de sistemas de controle distribuídos**. Tese (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

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 o estado da arte sobre as 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.

Palavras-chave: ensino a distância, simulação, FOUNDATION Fieldbus, Web, sistemas de controle distribuídos.

ABSTRACT

MOSSIN, E.A. (2007). **Web Laboratory to Networked Control Systems Distance Learning**. M. Sc Dissertation - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

Due to the increasing presence of the Internet in the academic and residential environment, the literature shows an increasing number of experiences of distance learning in the automation and industrial control area in the last decade, in which theoretical procedures as well as practical lessons can be carried out through remote access. In this context, this dissertation presents a brief survey on the academic experiences in the application of on-line laboratories and introduces a new proposal of remote access architecture that will be applied on a distance learning experience in the networked control systems area based on the FOUNDATION Fieldbus protocol using a simulated environment.

Keywords: distance learning, simulation, FOUNDATION Fieldbus, Web, distributed control systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema Fieldbus e seus componentes	19
Figura 2 - Arquitetura Fieldbus	26
Figura 3 - Camadas do modelo ISO/OSI.....	27
Figura 4 - Modelo de três camadas de redes de sistemas fieldbus	28
Figura 5 - Controle por FOUNDATION Fieldbus da temperatura de um processo usando um transmissor de temperatura e um atuador de válvula.	31
Figura 6 - Integração entre <i>Moodle</i> e <i>LabView</i>	51
Figura 7 - Comunicação entre clientes e o servidor.	54
Figura 8 - Interface gráfica inicial do <i>FBSIMU On-line</i>	56
Figura 9 - Acesso remoto ao FBSIMU	57
Figura 10 - Arquitetura detalhada do sistema.....	58
Figura 11 - Funcionamento do <i>Apache - PHP - MySQL</i>	63
Figura 12 - Número de servidores <i>Apache</i> ativos.....	65
Figura 13 - Exemplo do arquivo <i>fbsimu.ini</i> com cinco entradas	69
Figura 14 - Exemplo da “vi1” relacionada ao usuário “rodrigo”	69
Figura 15 - Exemplo da “vi1” livre para acesso	70
Figura 16 - Diagrama de blocos do <i>LabView</i> para controle de uso do FBSIMU	75
Figura 17 - Diagrama de blocos do <i>LabView</i> para controle de tempo ocioso do FBSIMU	76
Figura 18 - Aba (<i>tab</i>) de configuração relacionadas a IP do <i>Moodle</i> e <i>Apache</i>	77
Figura 19 - Aba (<i>tab</i>) de configuração relacionada aos tempos usados no sistema	78
Figura 20 - Aba (<i>tab</i>) para criação das <i>VI</i> s do FBSIMU	79
Figura 21 - Aba (<i>tab</i>) <i>FBSIMU Monitor</i>	80
Figura 22 - Aba (<i>tab</i>) de registro de informações de execução do <i>FBSIMU Manager</i>	81
Figura 23 - Diagrama de Classes do <i>FBSIMU Manager</i>	82
Figura 24 - Gerenciador de <i>logs</i> de usuários do FBSIMU	86
Figura 25 - Gerenciador de arquivos de blocos dos usuários do FBSIMU	86
Figura 26 - <i>VI</i> onde o usuário carrega o arquivo com a configuração.....	88
Figura 27 – Interface gráfica da <i>VI</i> da planta utilizada para a execução das simulações	93
Figura 28 - Planta simulada usada para a execução do teste piloto.....	94
Figura 29 - Arquivo <i>fbsimu.ini</i> com todas as <i>VI</i> s reservadas	96

Figura 30 - Gráfico do <i>LabView</i> com status dos acessos de cinco máquinas remotas	97
Figura 31 - Arquivo <i>fbsimu.ini</i> com todas as <i>VI</i> s liberadas	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens do ensino a distância.....	23
Tabela 2 – Ferramentas para ensino a distância	37
Tabela 3 – Descrição dos métodos <i>PHP</i> do <i>FBSIMU On-line</i>	72
Tabela 4 – Descrição das classes do <i>FBSIMU Manager</i>	83

LISTA DE SIGLAS

AI	Analog Input
AO	Analog Output
ARX	Auto-Regressive eXogenous Model (Modelo linear, auto-regressivo e com entrada externa)
B	Bias
CAN	Control Area Network
CISAER	Courses on the Internet: Survey, Analysis, Evaluation, Recommendation
CGI	Common Gateway Interface
CMC	Computer-Mediated Communication
CMS	Course Management System
CPU	Central Processing Unit
CS	Control Selector
DCS	Distributed Control System
DD	Device Description
DI	Discrete Input
DO	Discrete Output
FB	Function Block
FBAP	Function Block Application Process
FBSIMU	Fieldbus Foundation Function Block Simulator
FF	Fieldbus Foundation
FIP	Flux Information Processus
GPL	General Public License
GNU	GNU's Not UNIX
I/O	Input / Output
IP	Internet Protocol
ISA	International Society for Measurement and Control
ISO/OSI	International Standards Organization / Open System Interconnection
ISP	Interoperable Systems Project
LAN	Local Area Network
LMS	Learning Management System
LP	Learning Platform
J2EE	Java 2 Platform, Enterprise Edition

ML	Manual Loader
MLE	Managed Learning Environment
NUS	National University of Singapore
OPC	OLE for Process Control
OS LMS	Open Source Learning Management Systems
PC	Personal Computer
PD	Controlador de Ação Proporcional-Derivativa
PHP	Hipertext Preprocessor
PID	Controlador de Ação Proporcional-Integral-Derivativa
RA	Ratio
SQL	Structured Query Language
TCP	Transfer Control Protocol
VI	Virtual Instrument
VLE	Virtual Learning Environment
VRML	Virtual Reality Modelling Language

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	18
1.2	ENSINO DE REDES FIELDBUS	18
1.3	FOUNDATION FIELDBUS	25
1.4	FBSIMU	31
1.5	OBJETIVOS	33
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	35
2.1	ACESSO REMOTO A INSTRUMENTOS REAIS	41
2.2	ACESSO REMOTO A SIMULADORES	44
2.3	LABORATÓRIOS REMOTOS PARA ENSINO DE REDES DE CAMPO	45
3	PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO E SIMULAÇÃO (<i>FBSIMU ON-LINE</i>)	49
3.1	<i>MOODLE</i>	59
3.2	<i>APACHE, MYSQL, PHP (AMP)</i>	63
3.2.1	<i>APACHE</i>	64
3.2.2	<i>PHP</i>	65
3.2.3	<i>MySQL</i>	66
3.3	DETALHES DE SOFTWARE DO SISTEMA	67
3.3.1	CONTROLE DE ACESSO ÀS INSTÂNCIAS DO FBSIMU	68
3.3.1.1	Código para gerenciamento de uso do FBSIMU	71
3.3.2	FERRAMENTA DE CONFIGURAÇÃO DO SERVIDOR	76
3.3.2.1	Código do <i>FBSIMU Manager</i>	81
3.3.3	GERENCIAMENTO DOS ARQUIVOS DO USUÁRIO	85
3.3.3.1	Gerenciador de arquivos desenvolvido em <i>PHP</i>	85
3.3.3.2	Lista dos arquivos de configuração de blocos (FBSIMU)	87

4	RESULTADOS.....	89
4.1	TESTE DO CONTROLE DE ACESSO.....	89
4.1.1	TESTE DO CONTROLE REALIZADO NO <i>FBSIMU MANAGER</i>	89
4.1.2	TESTE DO CONTROLE REALIZADO NA <i>VI</i> DO FBSIMU.....	90
4.1.2.1	Teste do controle por tempo sem uso da <i>VI</i>	90
4.1.2.2	Teste do controle relacionado à liberação da <i>VI</i>	90
4.1.3	TESTE DO CONTROLE REALIZADO EM <i>PHP</i>	91
4.2	TESTE PILOTO	91
4.2.1	PLANO DE TESTE EXECUTADO.....	91
4.2.2	RESULTADOS DO TESTE	95
4.2.3	CONCLUSÃO DO TESTE.....	100
5	CONCLUSÕES	103
5.1	TRABALHOS FUTUROS	104
	ANEXO A – DESCRIÇÃO DETALHADA DO FBSIMU.....	115
	APÊNDICE A – PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO	141
	APÊNDICE B – FERRAMENTAS PARA CRIAÇÃO DE CURSOS A DISTÂNCIA.....	149
	APÊNDICE C – OPEN SOURCE MODIFICADOS.	165

1 Introdução

O aumento da demanda por sistemas de automação e controle de processos baseados em redes de chão de fábrica (*fieldbuses*) e o significativo número de protocolos digitais de comunicação voltados para esta finalidade (*Hart, Profibus, Profinet, Foundation Fieldbus, CAN e DeviceNet*), estimulam a comunidade científica ao estudo e desenvolvimento de sistemas de controle via rede, ou *Networked Control Systems* (TIPSUWAN et. al, 2003).

Algumas ferramentas computacionais de pesquisa e desenvolvimento, elaboradas com o objetivo de expandir os recursos de desenvolvimento e de testes em redes de chão de fábrica reais, fizeram-se necessárias devido aos custos e às restrições de uso dos sistemas fieldbus reais. Neste contexto, inserem-se as ferramentas didáticas de simulação. Através desta classe de ferramentas, pesquisadores e estudantes podem simular processos de comunicação em redes e abranger diferentes aspectos de funcionamento dos mesmos.

Com a abrangente presença da Internet no ambiente acadêmico e doméstico, acessos remotos podem ser explorados, ampliando a flexibilidade de recursos didáticos aos usuários. Razões para o crescimento do uso de acesso remoto nesta área englobam, além dos aspectos de comodidade ao usuário, o fato de que a metodologia de ensino acadêmico, especificamente na área de controle e automação, passa por um processo de adaptação a novas tecnologias de informação. Paralelamente às vantagens no desempenho das tarefas do estudante, o acesso remoto e o conceito de educação a distância (*e-learning*) possibilitam às entidades de ensino uma maximização do aproveitamento de recursos didáticos, como materiais de laboratório, salas de aula, professores, entre outros.

1.1 Organização do trabalho

Neste capítulo de introdução, o item 1.2 mostra conceitos sobre redes fieldbus e introduz informações relacionadas ao ensino a distância. No item 1.3, uma breve explicação do protocolo FOUNDATION Fieldbus é feita. No item 1.4, alguns detalhes importantes relativos à ferramenta FBSIMU são descritos e, por fim, o item 1.5 mostra os objetivos deste trabalho.

No capítulo 2, é feita uma revisão bibliográfica das pesquisas recentes que estão relacionadas com o trabalho proposto. No capítulo 3, faz-se uma descrição da forma que o trabalho foi desenvolvido, da ferramenta utilizada para a construção do portal FBSIMU, das necessidades de modificação do FBSIMU para a possibilidade de acesso remoto e por fim, uma descrição da arquitetura geral do sistema.

Os testes, resultados e discussões relativas aos mesmos são descritos no Capítulo 4. Por fim, no Capítulo 5, são apresentadas as conclusões e sugestões de novos trabalhos.

1.2 Ensino de redes fieldbus

Os primeiros sistemas de controle eram analógicos e construídos com dispositivos simples que executavam funções básicas em uma arquitetura com um número mínimo de CPUs (Unidade Central de Processamento). Na década de 70, sistemas ligados em rede foram introduzidos na indústria de automação. Mais tarde, surgiram os sistemas de controle distribuídos (DCS) e os PLCs (Controlador Lógico Programável), utilizados para conectar os controladores e os consoles de operação. Apesar dessa evolução, a comunicação digital entre dispositivos menores, como os transmissores de chão de fábrica, não foi vista antes da década de 80. Foi somente na década de 90 que o uso de redes de chão de fábrica para a comunicação digital de dispositivos de controle ganhou aceitação no mercado (BERGE, 2002).

Para gerenciar a comunicação entre esses dispositivos, mais conhecidos como *field devices* ou instrumentos de campo, foram criados os protocolos *fieldbus*. Um *fieldbus* é um protocolo usado em sistemas de controle distribuídos e que possui uma arquitetura na qual cada instrumento de campo tem sua própria inteligência e se comunica através de um barramento de dados. A Fieldbus Foundation (FIELDBUS FOUNDATION, 1999a) define um sistema fieldbus ou rede de campo como:

[...] um sistema distribuído composto por dispositivos de campo e equipamentos de controle e de monitoramento integrados em um ambiente físico de uma planta ou uma fábrica. Os dispositivos do *fieldbus* trabalham em conjunto para realizar *I/O* (*input/output*) e controle em operações e processos automáticos. (FIELDBUS FOUNDATION, 1999a).

Nessas redes, os dispositivos de campo e equipamentos de controle, como, por exemplo, transmissores inteligentes, atuadores, controladores lógicos programáveis e estações de supervisão e de configuração, conectam-se segundo um protocolo especialmente definido para a classe do processo controlado. A figura 1 mostra um exemplo da disposição de componentes de uma rede fieldbus.

Figura 1 - Sistema Fieldbus e seus componentes

FONTE: BRANDÃO (2005)

Na figura, têm-se as estações de controle e monitoramento ligadas a um *device* (controlador) que, além de executar funções de controle, executa o papel de comunicação entre estas estações e os dispositivos de campo.

No mercado, existem vários protocolos fieldbus, como, por exemplo, *CAN* (*Control Area Network*), *Interbus*, *DeviceNet*, *Hart*, *Modbus*, *AS-I* (*AS-Interface*), *Profibus* e *FOUNDATION Fieldbus*. Este trabalho refere-se ao *FOUNDATION Fieldbus* (veja item 1.3 na página 25).

Desde o início da criação desses protocolos, foram necessárias pesquisas sobre os diferentes aspectos e funcionalidades para propor melhorias tecnológicas e otimizações nos meios e formas de comunicação, nos instrumentos de campo (transmissores e atuadores) e nas malhas de controle de processos industriais. Várias ferramentas foram criadas com o objetivo de facilitar essas pesquisas. Como exemplo da dificuldade enfrentada na realização dessas pesquisas, pode-se citar as complicações existentes para estudantes e pesquisadores no acesso a uma planta industrial real. Mesmo eliminando a necessidade de uma planta real, elaborar e montar uma pequena planta voltada somente para pequenos experimentos também é difícil considerando-se o preço dos componentes necessários para a montagem. Foi por isso que ferramentas didáticas de simulação começaram a ser criadas. Através dessas ferramentas, pesquisadores e alunos podem simular a comunicação das redes fieldbus e entender o funcionamento das mesmas.

BRANDÃO (2005) desenvolveu o FBSIMU, *Fieldbus Foundation Function Block Simulator*, uma plataforma de desenvolvimento e simulação de redes FOUNDATION Fieldbus com foco na camada de aplicação de blocos funcionais (veja o item 1.4 na página 31).

Na maioria das vezes, as ferramentas e até mesmo plantas didáticas obrigam o aluno ou pesquisador a ir até um laboratório para realizar seus testes e tarefas. Com o grande crescimento da internet, acessos remotos poderiam ser disponibilizados oferecendo uma

grande flexibilidade desses recursos aos alunos. O mercado cada dia mais exige uma formação mais ampla e impõe uma constante atualização de informações entre os estudantes, e o método de ensino convencional muitas vezes não consegue atender a essa demanda. Por isso, um grande crescimento do uso da internet para o ensino tem acontecido. CASTRO et al. (2001) destacaram a necessidade do estudo contínuo, mesmo depois do período de escolaridade. O adulto tem várias outras obrigações e o ensino a distância torna-se muito útil para o aprendizado. Além disso, os autores afirmam que manter instituições de ensino exige um grande investimento, e cursos a distância auxiliam na redução destes custos. DEMING (2001) disse que o aprendizado a distância oferece, além das vantagens já citadas, a oportunidade para as pessoas que não tem possibilidade de ir até uma escola.

Estas vantagens do ensino a distância poderiam ser estendidas a acessos remotos a laboratórios e ferramentas. Foi daí que nasceu a idéia principal deste trabalho, que é o desenvolvimento do acesso remoto ao FBSIMU, permitindo ao usuário a utilização dessa ferramenta a partir de qualquer computador que possua acesso a internet (veja item 1.5 na página 33).

Algumas pesquisas relacionadas ao ensino a distância mostraram que, em alguns casos, com este tipo de educação, os alunos aprendem mais do que com o ensino convencional. Uma explicação para este fenômeno é que estudantes que se propõem a este tipo de aprendizado possuem uma responsabilidade maior e por isso são mais interessados nas informações do curso (IRVINE et al., 1999).

Além das considerações citadas acima, alguns pesquisadores destacaram características importantes do ensino a distância. Segundo JONES (1996) e LAWHEAD et al. (1997), o que categoriza o ensino a distância é a separação física entre o professor e o aluno em pelo menos uma das partes de um dado estudo. BUTLER (2003) disse que um curso a distância pode ser caracterizado por alunos que não precisam freqüentar aulas em um horário

pré-agendado, pelo uso de métodos para distribuir o material usado em aulas e por alunos que executam seus estudos e aprendizado por si só.

Uma modalidade de ensino a distância (*distance learning*), é a educação *on-line* (*online education*). Para este modelo, a literatura também utiliza outros termos: educação virtual (*virtual education*), educação baseada na internet (*Internet-based education*), educação baseada na Web (*Web-based education*), *via computer-mediated communication (CMC)*, *e-learning*, entre outros (PAULSEN, 2003).

KEEGAN (1988) definiu educação online como sendo caracterizada por:

- Separação física dos professores e estudantes, que distingue este modelo de educação da educação face-a-face.
- Influência de uma organização educacional que distingue este modelo de educação do estudo por si só (autodidata).
- Uso de uma rede de computadores para apresentar ou distribuir algum tipo de conteúdo educacional.
- Fornecimento de uma comunicação bidirecional através de uma rede de computadores de forma que estudantes possam se beneficiar de uma comunicação entre os próprios companheiros de classe, professores ou grupo de trabalho.

Todas estas características da educação *on-line* têm despertado interesse em várias áreas, e por isso as pesquisas e a criação de novos cursos desse tipo têm crescido nas últimas décadas. MORCOS et al. (2001) afirmam que a instituição de ensino que não trabalhar para se manter atualizada em relação ao rápido crescimento da influência da globalização e de novas tecnologias não irá sobreviver. Cursos *on-line* fazem parte desta evolução do ensino e, portanto, devem ser considerados durante a elaboração do material didático.

COSTAS (2006) afirma que, até o fim da década passada, o ensino a distância era visto como educação de segunda classe no Brasil. Existiam apenas cursos técnicos de nível médio ou supletivo. Duas mudanças melhoraram este conceito. A primeira foi em 2001, quando o Ministério da Educação regulamentou o ensino de pós-graduação a distância. A outra mudança está relacionada com a metodologia, que usa os vários meios de comunicação para tornar o ensino mais dinâmico e menos solitário. Em 2006, o número de estudantes brasileiros matriculados em programas de pós-graduação semipresenciais (o aluno só vai à instituição de ensino para fazer prova ou aulas práticas) ultrapassou 60.000. Além disso, já existem centenas de cursos de graduação a distância, mas raros já diplomaram a primeira turma. A tabela 1 mostra vantagens e desvantagens desse modelo de ensino.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens do ensino a distância

Fonte: (COSTAS, 2006)

Vantagens	Desvantagens
Flexibilidade – o conteúdo das aulas pode ser acessado em qualquer horário.	Solidão – os contatos com colegas restringem-se aos debates na internet e é mais difícil fazer amizades.
Fim da barreira geográfica – pode-se estudar nas melhores universidades, mesmo morando em regiões distantes.	Excesso de independência – é preciso ter disciplina; não há o estímulo nem a supervisão constante do professor.
É mais barato – gasta-se menos com mensalidade e transporte.	Falta uma biblioteca – o catálogo de livros digitalizados na internet é pequeno comparado com o das bibliotecas das faculdades.

Uma pesquisa mostrou que em 2005 a procura pela educação a distância cresceu 62%, atingindo 1,2 milhões de alunos. O número de instituições credenciadas que oferecem educação a distância no Brasil cresceu 30% (ABED, 2006).

Acompanhando o crescimento do ensino a distância, a criação de ferramentas voltadas à simplificação da criação de cursos baseados neste modelo de ensino começou a despertar interesse tanto no meio acadêmico quanto no meio comercial.

Foi graças ao avanço tecnológico proporcionado por pesquisas relacionadas a este tipo de ferramenta que surgiu a idéia da criação dos chamados CMS (Sistema de Gerenciamento de Curso - *Course Management System*), que são sistemas desenvolvidos com o intuito de simplificar o trabalho dos professores no gerenciamento dos cursos a distância. Com este tipo de sistema, os administradores de cursos a distância podem facilmente criar novas páginas para a internet contendo novos cursos, sendo que estes poderão ser criados de forma simples e sem a necessidade de grandes conhecimentos na área de desenvolvimento para a Web.

Assim como existem diferentes termos para referenciar a educação *on-line*, outros termos são usados para definir estes tipos de sistemas: Sistema de Suporte ao Ensino (*Learning Support System* - LSS), Ambiente Virtual de Ensino (*Virtual Learning Environment* - VLE), Sistema de Gerenciamento de Ensino (*Learning Management System* - LMS) e Ambiente de Ensino Gerenciado (*Managed Learning Environment* - MLE).

Alguns autores elaboraram definições para este tipo de sistema. ADKINS (2005) apresentou a seguinte definição para um LMS:

[...] Software que automatiza a administração de eventos de treinamento. O LMS registra usuários, acompanha cursos em um catálogo e armazena dados de alunos em registros; este também fornece relatórios voltados à manutenção. Um LMS é tipicamente desenvolvido para o gerenciamento de cursos ser feito por diversos editores e fornecedores. Os LMS geralmente não fornecem suporte para a criação de apresentações ou conteúdo de cursos; em vez disso, focam na manutenção de cursos criados por uma variedade de outras fontes.

HALL (2001) apresentou uma definição alternativa ao mesmo LMS:

[...] Software que automatiza a administração de eventos de treinamento. Todos os *Learning Management Systems* gerenciam *log-in* de usuários registrados, gerenciam catálogos de cursos, registram dados de estudantes e fornecem relatórios usados para gerenciar o sistema. Algum tempo atrás, dizia-se haver uma distinção entre um Sistema de Gerenciamento de

Configuração (*Learning Management System*) e um Sistema de Gerenciamento de Ensino Integrado (*Integrated Learning Management System*) mais poderoso. O termo *Learning Management System* é agora usado para descrever uma grande variedade de aplicações que guiam o treinamento de estudantes e pode ou não incluir funções como: suporte para preparação de cursos (apresentações, tecnologias para criação de páginas interativas), gerenciamento de aulas, gerenciamento de competência, gerenciamento de conhecimento, certificados de conclusão, personalização, suporte para alunos feito pelos instrutores, salas de bate papo (*Chat*), quadros de discussão.

Estes sistemas geralmente são executados em computadores servidores usando uma ou mais bases de dados e uma linguagem de programação que pode ser *Java/J2EE* ou mesmo alguma linguagem de *script* (*PHP - Hypertext Preprocessor*, por exemplo).

Além disso, estes sistemas são divididos em vários componentes que incluem modelos (*templates*) para estilos de *sites*, fóruns, sistema de bate-papo (*chat*), questionários e exercícios (múltipla escolha, verdadeiro/falso, etc.). Alguns serviços, como o controle de acesso, ferramentas de comunicação, material para ensino a distância e ferramentas para administração do site, também são fornecidos.

Considerando a grande quantidade e variedade de ferramentas CMS existentes no mercado, uma lista fornecendo as características daquelas mais conhecidas é apresentada no APÊNDICE B. Apesar da proposta deste trabalho não ser a criação de um curso a distância, mas sim um acesso a uma ferramenta de simulação através da internet, um CMS foi utilizado devido às várias características úteis apresentadas por estes sistemas. O CMS escolhido foi o *Moodle* (detalhes no item 3.1 na página 59).

1.3 FOUNDATION Fieldbus

A origem do FOUNDATION Fieldbus foi em 1992, quando o grupo ISP (*Interoperable Systems Project*) demonstrou interesse na criação de um padrão uniforme de fieldbus. Paralelamente, os desenvolvedores e usuários do FIP (*Flux Information Processus*), criaram uma organização internacional chamada *WorldFIP*. Em 1994, o ISP e a *WorldFIP* juntaram-

se para formar a Fieldbus Foundation com o objetivo de criar um padrão internacional de fieldbus único. A Fieldbus Foundation é uma organização independente, sem fins lucrativos, constituída por usuários e desenvolvedores de dispositivos de campo e sistemas de automação (FIELDBUS FOUNDATION ONLINE, 2005). Deve-se destacar que o termo FOUNDATION Fieldbus não referencia o mesmo que o termo Fieldbus Foundation. O termo FOUNDATION Fieldbus dá nome ao protocolo especificado pela organização Fieldbus Foundation.

O FOUNDATION Fieldbus é um protocolo totalmente digital, serial, bidirecional, distribuído, que interconecta equipamentos de campo como sensores, atuadores e controladores. De forma superficial, pode-se classificar este protocolo como uma LAN (*Local Area Network*) para instrumentos usados em automação de processos e automação industrial, com a habilidade de distribuir a aplicação de controle pela rede.

A figura 2 ilustra a estrutura de uma rede FOUNDATION Fieldbus simples, onde, uma estação de supervisão/manutenção/diagnóstico se comunica com os dispositivos de uma rede FOUNDATION Fieldbus através do dispositivo de ligação (controlador lógico).

Figura 2 - Arquitetura Fieldbus

Este protocolo, assim como os outros protocolos fieldbus e algumas redes de computadores, baseia-se no modelo de referência ISO/OSI (*International Standards Organization/Open System Interconnection*) de sete camadas (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1994).

O modelo é constituído por um conjunto de camadas independentes hierarquicamente sobrepostas, no qual cada camada, responsável por uma classe de tarefas, se comunica com as camadas adjacentes para realizar as tarefas. O modelo ISO/OSI não é por si só um protocolo de rede, ele apenas propõe uma arquitetura que visa reduzir a complexidade do sistema total, segundo o princípio de particularizar a análise do todo pela análise das partes. As sete camadas se comunicam de maneira transparente e horizontal, camada a camada, entre duas máquinas, ainda que localmente a comunicação se faça de maneira vertical. A figura 3 mostra as sete camadas do modelo.

Figura 3 - Camadas do modelo ISO/OSI

A maioria dos protocolos fieldbus, por se restringirem a aplicações locais, não utiliza as camadas de rede, transporte, sessão e apresentação do modelo ISO/OSI. Toda a estrutura de

rede em um fieldbus se concentra nas camadas física, de enlace e de aplicação, conforme representado na figura 4. Com isso, obtém-se uma diminuição da quantidade de processamento de dados e a sobrecarga desnecessária de dados relacionada a informações de cada camada é eliminada.

Figura 4 - Modelo de três camadas de redes de sistemas fieldbus

Além das três camadas implementadas pelo protocolo, o FOUNDATION Fieldbus definiu uma camada adicional chamada Aplicação de Usuário (*User Application*) que não é definida no modelo ISO/OSI.

O simulador utilizado neste trabalho, o FBSIMU, foca apenas a camada de aplicação de usuário do FOUNDATION Fieldbus e, sendo assim, explicações mais detalhadas sobre o funcionamento do protocolo serão centradas apenas em tal camada (maiores detalhes sobre o funcionamento das camadas deste protocolo, inclusive a camada de usuário, podem ser encontrados nas especificações desenvolvidas pela Fieldbus Foundation).

A Camada de Aplicação de Usuário define o *Function Block Application Process* (FBAP) que é composto de blocos de recurso (*Resource Blocks*), blocos de função (*Function*

Blocks), blocos transdutores (*Transducer Blocks*) e da tecnologia de *Device Description* (DD) (FIELDBUS FOUNDATION, 1999b).

A DD é usada para descrever parâmetros de blocos padrões e para fornecer um formato padrão para que os configuradores, ou algum outro tipo de aplicativo, possam trabalhar com qualquer tipo de bloco de *device* padronizado.

Os blocos são basicamente funções automáticas de controle, distribuídos pelos dispositivos de uma rede FOUNDATION Fieldbus. A seguir segue uma breve explicação de cada um dos três tipos de blocos deste protocolo:

- *Transducer blocks*: este tipo de bloco sabe detalhes de E/S (entrada/saída) de *devices* e como agir para ler um sensor ou fazer mudanças no atuador. Ele fornece aos *function blocks* o valor lido no sensor e pode também atuar na calibração e linearização de um *device*. Os blocos *transducer* foram definidos para retirar dos *function blocks* a função de ler um sensor, por exemplo. Isso faz com que a leitura do sensor possa ser feita sem sobrecarregar os *function blocks*. A especificação do FOUNDATION Fieldbus define três tipos de *transducer blocks*. O *Input Transducer Block* é responsável pela leitura dos sensores ou outros tipos de entradas. O outro bloco é o *Output Transducer Block*, que manda valores para os atuadores ou para outros tipos de saídas. Por fim, existe o *Display Transducer Block*, responsável por informar à interface de exibição do *device* (*display*) alguns parâmetros internos.
- *Function blocks*: o *function block* descreve as funções de um *device* e define como este poderá ser acessado. Cada bloco tem uma determinada tarefa e cada *device* é equipado com pelo menos um *function block*. A especificação do FOUNDATION Fieldbus definiu alguns *function blocks* padrão que podem ser usados para realizar algumas funções básicas. Estes blocos são: *analog input*

(AI), *analog output* (AO), *bias* (B), *control selector* (CS), *discrete input* (DI), *discrete output* (DO), *manual loader* (ML), *ratio* (RA), *proportional/derivative* (PD) e *proportional/integral/derivative* (PID).

- *Resource blocks*: este tipo de bloco descreve características de um dado *device* como o nome, fabricante, número de série, versões de *hardware* e *firmware*, etc.

Apesar da breve explicação sobre os três tipos de blocos do FOUNDATION Fieldbus, apenas os blocos funcionais (*function blocks*) são disponibilizados para simulação no FBSIMU. No item 1.4, página 31, maiores detalhes sobre o uso dessa ferramenta são apresentados.

Para exemplificar o funcionamento prático dos conceitos transmitidos acima, tem-se o exemplo da figura 5, que mostra a estrutura de uma estratégia de controle que faz uso dos blocos *Proportional/Integral/Derivative* (PID), *Analog Input* (AI) e *Analog Output* (AO) para o controle de temperatura de um determinado processo.

Figura 5 - Controle por FOUNDATION Fieldbus da temperatura de um processo usando um transmissor de temperatura e um atuador de válvula.

Neste exemplo, o transmissor de temperatura vai ler a temperatura e, através do bloco AI, enviará esta informação para o bloco PID. O PID irá comparar o valor lido com o “*set point*” (ponto de ajuste) e aplicar seu algoritmo a fim de encontrar a ação de controle necessária, passando para o bloco AO uma informação indicando alguma correção a ser feita. O AO, localizado junto ao atuador da planta, irá passar esta informação para o atuador que irá agir sobre a planta conforme for necessário.

1.4 FBSIMU

O FBSIMU, *Fieldbus Foundation Function Block Simulator*, é uma plataforma de desenvolvimento e simulação de redes fieldbus com foco na camada de aplicação de blocos

funcionais de estrutura modular e escalonável, composto somente por software. Cada módulo ou unidade de software do FBSIMU simula um elemento ou estrutura de um sistema FOUNDATION Fieldbus real (BRANDÃO, 2005).

As funções do FBSIMU são:

- Proporcionar ferramentas e estruturas para o projeto e implementação de blocos funcionais personalizados ou blocos funcionais padrão no ambiente de simulação;
- Executar blocos funcionais de forma contínua ou única, com a possibilidade de monitorar e modificar parâmetros de configuração e de entrada;
- Configurar e executar malhas de controle de blocos funcionais segundo uma tabela configurável de escalonamento de blocos funcionais e de mensagens;
- Utilizar modelos de simulação de sistemas dinâmicos, conjugados às malhas de blocos funcionais, de modo a estabelecer um sistema de controle de malha fechada sincronizado com a planta simulada;
- Realizar a aquisição de dados de barramento de fieldbuses reais e analisá-los de modo a estimar parâmetros e variáveis de comunicação.

O FBSIMU foi concebido e programado baseando-se nas especificações da Fieldbus Foundation, e foi desenvolvido no ambiente *LabVIEW* através da linguagem de programação gráfica G, nativa deste ambiente.

O FBSIMU foi desenvolvido através da construção de módulos ou bibliotecas de software e posterior integração destes, com o objetivo de construir os módulos principais e secundários. As funções das bibliotecas foram especialmente desenvolvidas para a construção do simulador e simulam as tarefas típicas de uma rede de campo FOUNDATION Fieldbus.

Para maior entendimento da construção e uso do software, referencie o Anexo A.

1.5 Objetivos

O primeiro objetivo deste trabalho é fazer uma análise dos tipos de cursos e laboratórios remotos relacionados às áreas de controle e automação existentes atualmente, tanto nos meios acadêmicos como no mercado em geral. Com esta análise, é possível saber as tendências e necessidades para esta área. Esta análise está detalhada na revisão bibliográfica deste trabalho.

O segundo e principal objetivo deste trabalho é projetar e implementar um portal de acesso remoto à ferramenta de simulação descrita no item 1.4 (FBSIMU), com aplicação em ensino e treinamento de sistemas FOUNDATION Fieldbus. Além do acesso remoto ao FBSIMU, este portal deverá possuir controle de usuários e extensibilidade para a inserção de novos laboratórios e até mesmo cursos remotos.

2 Revisão Bibliográfica

Na história do ensino a distância, o uso da internet é apenas o capítulo mais recente. Segundo DANIELS (1997), este tipo de ensino surgiu no século XIX, mas somente nas últimas décadas assumiu o status que o coloca no cume das atenções pedagógicas de um número cada vez maior de países. No século XIX, os poucos cursos que seguiam o modelo de ensino a distância usavam como meio de comunicação a correspondência. Nas décadas de 60 e 70, o uso do rádio e do videocassete foi um grande salto para o crescimento deste tipo de curso. Continuando a evolução, a televisão, o videotexto, o computador e mais recentemente a tecnologia de multimídia, que combina textos, sons e imagens, habilitam a criação de cursos cada vez mais avançados impulsionando a criação de ferramentas especializadas neste tipo de ensino.

De forma geral, um curso a distância pode ser classificado atualmente em duas categorias, síncrona e assíncrona. O aprendizado síncrono foca a comunicação em tempo real. Nestes sistemas, o aluno, além de visualizar uma aula remotamente, pode interagir através de perguntas em tempo real. Já os sistemas assíncronos não exigem que instrutores e alunos estejam conectados ao mesmo tempo.

GAL-EZER et al. (1997) afirmaram que antes de decidir oferecer o ensino a distância, algumas considerações devem ser feitas: por quem, para quem e como o curso será desenvolvido; qual é o suporte profissional necessário e disponível para o desenvolvimento desse curso; qual a estrutura que será disponibilizada para os alunos que usarão este curso; como será feita a avaliação dos alunos; que tipo de equipamento e software os estudantes deverão possuir para poder usufruir do curso; quais serão os benefícios da integração da

tecnologia no curso em questão, e assim por diante. Também não se pode esquecer de considerações relacionadas ao custo/benefício dos cursos desenvolvidos nestes moldes. Estas preocupações relacionadas ao ensino a distância são também relevantes quanto a criação de um laboratório remoto como o *FBSIMU On-line* e, por isso, as questões levantadas acima foram levadas em consideração no capítulo 3, onde maiores detalhes serão apresentados. POINDEXTER et al. (2000) mostraram que para integrar tecnologia em um curso tradicional, deve-se saber quem serão os usuários do curso, o porquê de usar a internet, quais características irão ajudar a atingir os objetivos propostos. Além disso, deve-se fornecer treinamentos aos estudantes para permitir integração dos mesmos com novas características.

Mesmo depois de pensar nestas questões, ainda é necessário atentar-se a cuidados que devem ser tomados em relação ao formato do sistema de ensino a distância para evitar complicações e problemas futuros. Segundo SHIH et al. (2003), o ensino a distância, apesar de suas grandes vantagens, cria novos problemas também. Como um professor vai desenvolver um curso a distância e como mantê-lo? Como manter o registro dos estudantes envolvidos? É possível uma prova *on-line*? Como avaliar o desempenho de um estudante? É possível fornecer um curso individual para cada aluno? Um curso *on-line* pode complicar muito a vida de um instrutor que não está acostumado com o uso dos computadores. Além do instrutor, um aluno também precisa saber todos os possíveis recursos oferecidos pelo curso para melhor aproveitá-lo. Se inicialmente os criadores dos cursos por correspondência tinham o trabalho de escrever uma apostila e enviá-la ao estudante, ou editar um vídeo, ou gravar uma aula em áudio, hoje o trabalho dos desenvolvedores dos cursos a distância é criar algo que utilize como meio de comunicação a internet. Apesar da tecnologia ter trazido este tipo de facilidade, ela trouxe uma necessidade de cursos com um conteúdo mais completo, e com isso maior quantidade de trabalho ao desenvolvedor do curso. Em relação à criação de laboratórios remotos, os problemas e dificuldades encontradas são as mesmas e a preocupação com

relação a extensibilidade e facilidade de manutenção deve ser priorizada a fim de amenizar tal dificuldade. Levando em conta esta complexidade, vários pesquisadores e empresas preocupam-se em desenvolver ferramentas que forneçam objetos prontos para serem usados pelos instrutores para a criação de seus cursos e laboratórios. Isso ajuda a manter o padrão destes portais de aprendizado e, conseqüentemente, a dificuldade dos alunos de utilizar estas ferramentas diminui. Como exemplo de objetos prontos, pode-se destacar a criação de tutoriais de forma automática através de informações recolhidas do próprio aluno.

EBERHARDT (1998) ressalta a importância de que a arquitetura de um sistema deste tipo deva ser flexível e escalável para poder lidar com futuros tipos de mídia, tecnologias de comunicação e outras futuras tendências.

Foi a partir da necessidade de sistemas com módulos/objetos prontos que facilitam a criação e padronização do estudo a distância e da necessidade de sistemas escaláveis e flexíveis que as primeiras ferramentas voltadas para a criação e administração dos cursos ou laboratórios a distância começaram a surgir. A tabela 2 mostra um conjunto dessas ferramentas. Além disso, a tabela mostra o tipo de licença de cada ferramenta e a plataforma compatível com cada uma. Os detalhes sobre as ferramentas apresentadas nesta tabela estão no APÊNDICE B.

Tabela 2 – Ferramentas para ensino a distância

Ferramentas para ensino a distância		
Nome	Licença	Plataforma
LNR	<i>GNU GPL</i>	<i>Linux/Unix</i>
ANGEL	Baseado no número de estudantes	<i>Windows</i>

Nome	Licença	Plataforma
ATutor	<i>GNU GPL</i>	<i>Linux/Unix/Windows</i>
Aulanet	<i>Freeware</i>	<i>Windows NT 4.0</i>
Avilar WebMentor	Depende de termos de licença	<i>Windows</i>
Bazaar	<i>GNU GPL</i>	<i>Linux/Unix/Windows</i>
Blackboard	Depende de termos de licença	<i>Linux/Unix/Windows</i>
Bodington	<i>GNU GPL</i>	<i>Linux/Solaris/Windows</i>
BSCW	Livre para instituições de ensino	<i>Windows/Solaris/SunOS/ Linux/DECOSF/HP-UX/Irix/ BSD/OS/AIX</i>
CentraOne	Depende de termos de licença	<i>Windows</i>
Claroline	<i>GNU GPL</i>	<i>Linux/Unix/Windows</i>
ClassWeb	<i>GNU GPL</i>	<i>Windows</i>
Colloquia	Livre para instituições educacionais sem fins lucrativos	Todas compatíveis com Java
COSE	<i>Open Source licensing</i>	<i>Linux/Unix/Windows/Solaris</i>
Desire2Learn	Possui diferentes formas de cobrança	<i>Windows</i>
eCollege AU+	Depende de termos de licença	<i>Windows</i>
Educator	Depende de termos de licença	<i>Linux/Unix/MAC OS X</i>
Eledge	<i>GNU GPL</i>	<i>UNIX</i>

Nome	Licença	Plataforma
FirstClass	Depende de termos de licença	<i>Windows/Macintosh OS X/ Macintosh OS 9/ Linux.</i>
Fle3	<i>GNU GPL</i>	<i>UNIX/Windows</i>
Ganesha	<i>GNU GPL</i>	<i>UNIX/Linux/MAC OS X/ Windows</i>
Internet Course Assistant	Livre	<i>Não se aplica</i>
ILIAS	<i>GNU GPL</i>	<i>Linux/Solaris/Unix</i>
IntraLearn SME	Depende de termos de licença	<i>Windows</i>
Janison Toolbox	Depende de termos e local onde será usada	<i>Windows</i>
Jenzabar Internet Campus Solution	Depende de termos de licença	<i>Windows</i>
KEWL	Livre (<i>Open Source</i>)	<i>Windows</i>
KnowEdge eLearning Suite	<i>Freeware</i>	<i>Windows</i>
Learnwise	Baseado no número de estudantes	<i>Windows 2000/2003</i>
LON-CAPA	<i>GNU GPL</i>	<i>Linux</i>
Manhattan Virtual Classroom	<i>GNU GPL</i>	<i>Linux/Unix</i>
Moodle	<i>GNU GPL</i>	<i>Linux/Unix/Windows</i>
MimerDesk	<i>GNU GPL</i>	<i>Linux/Unix</i>
Sakai	Educational Community License Version 1.0	<i>Linux/Unix/Windows</i>

Nome	Licença	Plataforma
Teleduc	<i>GNU GPL versão 2</i>	<i>Linux</i>
Teknical Virtual Campus	Baseado no número de estudantes	<i>Windows 2000/2003</i>
The Learning Manager	Baseado no número de estudantes	<i>Windows</i>
Unicon Academus	Depende de termos de licença	<i>Unix/Windows</i>
Virtual-U	Baseado no número de servidores	<i>UNIX</i>
WebCT	Baseado no número de estudantes	<i>Linux/Unix/Windows</i>

Independente do uso das ferramentas citadas acima existe hoje na literatura uma série de cursos a distância e laboratórios remotos desenvolvidos com foco na área de automação. Dentre estes, é possível destacar duas abordagens distintas. A primeira é baseada em laboratórios com acesso remoto a instrumentos reais (descrito no item 2.1 na página 41). A segunda baseia-se em acesso remoto a simuladores dinâmicos de malhas de controle e, eventualmente, de dispositivos de campo (descrito no item 2.2 na página 44).

Em relação a estas abordagens, pode-se afirmar que a segunda tem a vantagem de permitir ao aluno fazer qualquer tipo de experimento sem restrições de segurança. Já no uso de dispositivos de campo e instrumentos reais tem-se a desvantagem de limitar o estudante a executar poucos tipos de experimentos para preservar sua segurança pessoal, a segurança dos dispositivos e até mesmo do laboratório. Uma vantagem do contato direto a dispositivos reais em relação ao acesso remoto a dispositivos simulados é proporcionar ao estudante uma experiência mais realista com equipamentos industriais. Entretanto, se o simulador for realista o suficiente, esta vantagem desaparece.

Independente do uso de simuladores ou plantas reais, pode-se destacar também os sistemas remotos voltados para o ensino de protocolos fieldbus como o CAN ou o FOUNDATION Fieldbus (descritos no item 2.3 na página 45).

2.1 Acesso remoto a instrumentos reais

Um exemplo deste tipo de abordagem é descrito por SÁNCHEZ et al. (2002) e é constituído de um ambiente para operação a distância de uma planta real de testes através da internet. A planta do projeto é um pêndulo invertido. O sistema foi desenvolvido com a finalidade de não mostrar ao estudante as características físicas da planta, e, por isso, o mesmo pode se adaptar facilmente a outras plantas localizadas neste laboratório. Os softwares utilizados na elaboração e funcionamento do laboratório de controle virtual apresentados são o *Matlab* com o *Simulink* (simulação). Uma característica destacada do trabalho é que os professores podem adicionar diferentes experimentos através da simples edição de um arquivo de configuração.

Outro sistema concebido sob a mesma abordagem foi criado por AKTAN et al. (1996) e consiste de um laboratório onde o estudante, de forma remota, pode testar seu próprio código desenvolvido para controlar um braço de um robô com três graus de liberdade. Através da interface gráfica desenvolvida para o projeto, é possível assistir o funcionamento do robô, acessar o diagrama de blocos da planta, enviar comandos por um *Xterminal* e interromper um experimento utilizando um botão de *stop (panic mode)*.

Em outra experiência, CASINI et al. (2003) disponibilizaram remotamente o acesso aos seguintes processos dinâmicos: um motor DC, um tanque para controle de nível, um sistema de levitação magnética e um simulador de helicóptero com dois graus de liberdade. O acesso é realizado através de um navegador Web em conjunto com os softwares

Matlab/Simulink instalados na máquina cliente e permite ao estudante executar seu próprio algoritmo de controle.

Exemplificando ainda experiências didáticas através do acesso a plantas reais, LIOU et al. (1999) desenvolveram um sistema que permite aos estudantes o acesso a instrumentos via Web e permite aos instrutores configurar equipamentos até mesmo durante uma aula. A arquitetura do sistema é composta por um servidor conectado a diversos instrumentos (sensores, atuadores, motores, fontes de energia) e o controle dos equipamentos é realizado através do software *LabView*. Com o acesso remoto via Web, o instrutor conecta-se ao *LabView* para modificar diferentes parâmetros nos instrumentos, tendo assim a condição de tomar diferentes rumos em suas aulas. Nesse sistema, os alunos possuem acesso limitado aos parâmetros por motivos de segurança.

A mesma abordagem de acesso remoto é aplicada a um sistema de controle de vazão de fluidos em diversas tubulações (*multi-pipe fluid flow*). Neste laboratório, os estudantes podem tanto monitorar como controlar a planta. O ambiente foi desenvolvido com o *LabView* e foi criado com o objetivo de explorar e experimentar conceitos de engenharia e de auxiliar na resolução de problemas, na análise de dados e na análise de erros experimentais. Além disso, uma interface para o *Matlab* é fornecida para os alunos validarem seus próprios códigos (IMBRIE e RAGHAVAN, 2005).

Um laboratório remoto de sistemas lineares foi proposto por VIEDMA et al. (2005) com base no *ILAB*, ferramenta que fornece uma estrutura para o desenvolvimento de laboratórios remotos. O acesso a este laboratório se dá através de um software cliente baseado em *Java*. O estudante envia parâmetros para um servidor que se comunica com um analisador de sinais digitais, executa as tarefas necessárias e retorna as respostas requeridas. O cliente pode então visualizar diagramas de *Bode*, *Nyquist* e *Nichols* relacionados ao experimento realizado.

No departamento de Engenharia Elétrica na Universidade Nacional de Singapura (NUS), o acesso remoto a um laboratório com quatro tipos de malhas de controle (controle manual, PID, controle por algoritmos em espaços de estados e controle com lógica *fuzzy*) foi implementado por KO et al. (2001). Nesse laboratório também é possível o acesso remoto a uma plataforma para pesquisadores realizarem testes sobre os algoritmos de controle. Para tal projeto, foi utilizado o software *LabView* e as linguagens *Java*, *HTML*, *Java Script* e *VB script*. O sistema fornece imagens e sons do laboratório através de uma câmera montada em uma plataforma móvel. O software utilizado para o envio destes dados é o *NetMeeting* da Microsoft. A planta utilizada no experimento consiste de dois tanques transparentes acoplados, montados sobre um reservatório de água, no qual o nível de líquido de cada tanque pode ser controlado.

Outro experimento que usa o mesmo exemplo de planta de KO et al. (2001) foi desenvolvido por BING et al. (2004). O acesso à planta neste caso se dá através de um cliente com um navegador Web. Os serviços requeridos chegam a um servidor que se comunica com duas plantas, dependendo de qual experimento o aluno está utilizando. Um dos experimentos é o controle de um pêndulo invertido e o outro, o controle do nível em tanques acoplados.

APKARIAN e DAWES (2000) utilizam o acesso remoto em um experimento de controle dinâmico de um helicóptero, no qual o estudante pode modificar remotamente parâmetros de controle e avaliar o desempenho do sistema através de uma página Web. O hardware do sistema é composto por um equipamento que simula os movimentos de um helicóptero real e de um computador equipado com instrumentos para aquisição de valores dos sensores e envio de comandos para os amplificadores que controlam os motores da planta. Os softwares utilizados neste sistema são o *Matlab*, *Simulink*, *WinCon* (ferramentas de execução das funções de controle e acesso remoto) e o *Maple*. A ferramenta criada foi denominada *WebLab*, e utilizou-se a tecnologia *Java* em seu desenvolvimento.

2.2 Acesso remoto a simuladores

A substituição de plantas reais por simulações computacionais em procedimentos didáticos e de pesquisa é prática amplamente consolidada. Todavia a extensão dessa prática para o ensino a distância começou a ser adotada como objeto de pesquisa e de desenvolvimento a partir da última década.

SCHMID e ALI (2000) criaram experimentos que envolvem seções de tutorial, exercícios teóricos, além de experimentos em plantas simuladas, através de um sistema baseado no *plug-in* do *Matlab* para acesso remoto, na linguagem para animação de modelos dinâmicos *Virtual Reality Modelling Language* (VRML), em ferramentas do *Matlab/Simulink*, no *Maple* e em *Java applets*. Embora o sistema seja de acesso remoto, a máquina cliente deve ter o software *Matlab* instalado.

CLAUSEN et al. (1998) desenvolveram uma ferramenta que simula um laboratório voltado para o ensino do processamento digital de sinais (DSP). O laboratório engloba cinco exercícios que cobrem as teorias de transformada *z*, pólos & zeros, transformada de *Fourier*, entre outros. A ferramenta apresenta páginas Web que descrevem o exercício proposto e suporta programas em *Java* que permitem aos estudantes desenvolverem simulações de sistemas.

Um outro sistema, também voltado para processamento digital de sinais, denominado *J-DSP*, foi desenvolvido por SPANIAS et al. (2000). Este sistema, além de experimentos *on-line*, suporta a submissão de relatórios e de avaliações.

Mais voltado para o ensino das bases teóricas dos sistemas de controle, QINGCANG et al. (2004) utilizam uma ferramenta baseada na linguagem *Ch* (interpretador C/C++) que cobre várias técnicas para análise de sistemas de controle sob a luz das teorias de controle clássica e moderna. A ferramenta suporta modelos representados por espaço de estado e por

funções transferência. O estudante, através de um navegador Web, pode escolher os métodos de projeto e análise do controlador, especificar o tipo de sistema de controle e configurar os parâmetros do mesmo. Os dados são enviados a um servidor para a computação numérica e os resultados são enviados de volta ao cliente com o uso do CGI (*Common Gateway Interface*).

Para a análise do desempenho e estabilidade de sistemas de primeira e segunda ordem, um sistema *on-line* desenvolvido em *Visual Basic* foi criado por CHAN et al. (2002). O sistema é dividido em três seções. A primeira apresenta conceitos básicos da teoria de controle. Em outra parte, o estudante pode realizar alguns testes em simulação com respostas na forma de gráfico de lugar das raízes e resposta temporal a excitações (ex. degrau). Além disso, o sistema possui um questionário em que o estudante responde a perguntas e testa seus conhecimentos.

EXEL et al. (2000) exploram experimentos *on-line* que permitem comparar o desempenho de diferentes controladores, como o PD e o PID, em situações de mudanças de *set point* e distúrbios. Os autores deste experimento afirmam que simulações são muito relevantes para a assimilação da teoria, mas que elas não podem substituir um experimento real em laboratório. Estas simulações são disponibilizadas remotamente através do *WinCon*, software que permite a realização de experimentos em tempo real de malhas de controle do *Simulink*. Para o acesso remoto, a máquina servidora precisará manter o *WinCon Server* operante e uma máquina cliente se conectará utilizando o cliente *WinCon*.

2.3 Laboratórios remotos para ensino de redes de campo

Além da teoria de controle, alguns sistemas de ensino a distância exploram o ensino de redes de campo. Um laboratório virtual, voltado para redes CAN, foi desenvolvido por BUHLER et al. (2000). Este laboratório, o *Virtual Automation Lab*, é uma ferramenta interativa de ensino via Web para operação do protocolo. A ferramenta pode ser empregada

de duas formas: a primeira é através de um laboratório real conectado à internet por meio de uma interface remota, por onde o estudante opera um instrumento real e observa características da rede de campo como atrasos de comunicação, falhas, etc. A segunda forma é através de simulações que permitem a ambientação dos estudantes antes da manipulação de instrumentos reais. A rede de campo utilizada no experimento possui um microcomputador, uma *webcam*, alguns transmissores inteligentes com o protocolo *CANopen* e uma placa de interface CAN. As etapas do curso cobrem a motivação, objetivos do grupo, objetivos educacionais, pré-requisitos, visão geral e os exercícios propriamente ditos. Para a realização de um exercício são necessárias a disponibilidade de uso dos instrumentos (só é permitido o acesso de um estudante por vez) e a observação de restrições de segurança.

Uma outra prática experimental, também com acesso remoto, de uma planta industrial piloto instrumentada por sistemas de controle via rede no protocolo FOUNDATION Fieldbus foi desenvolvida por ZEILMANN et al. (2003). O acesso remoto permite a um estudante a realização de experimentos de controle e supervisão da planta piloto. Este sistema é também utilizado como uma plataforma para pesquisas em automação industrial. A planta piloto adotada consiste de três tanques acoplados, bombas de fluxo e cinco válvulas de controle para manipular as vazões de líquidos no sistema. É possível configurar estratégias de controle distintas sobre as variáveis de níveis dos tanques, vazões e temperaturas. A arquitetura do sistema segue o modelo cliente/servidor. O cliente é um *applet* que se comunica com o *Web Server* empregando *socket*. No servidor, existe um sistema supervisorio com interface OPC (*OLE for Process Control*) que recebe informações da rede fieldbus. Este supervisorio é responsável por criar uma página Web com todos os dados de processo necessários e disponibilizá-los para o estudante remoto. O sistema possui também uma *webcam* para acompanhamento visual da dinâmica da planta. Como funções auxiliares aos procedimentos didáticos, o sistema possui controle de acesso e validação de usuários, agendamento de

experimentos, monitoramento da duração das seções práticas e inicialização e parametrização dos experimentos. Devido ao uso de uma planta piloto, os experimentos não podem ser realizados por mais de um estudante ao mesmo tempo.

3 Plataforma de Desenvolvimento e Simulação (*FBSIMU On-Line*)

Como já dito anteriormente, o acesso remoto ao FBSIMU é o principal foco deste trabalho. Neste capítulo, uma descrição detalhada de como este acesso foi desenvolvido é mostrada. O portal de acesso remoto ao FBSIMU foi chamado de *FBSIMU On-line*.

Antes de iniciar qualquer tipo de implementação deste tipo de portal voltado para a educação a distância, algumas considerações são tomadas com referência à experiência de alguns autores, como, por exemplo, GAL-EZER et al. (1997), que afirmaram que é necessário saber como, para quem, por quem, de que maneira o acesso remoto será desenvolvido, etc.

Seguindo este pensamento, foi definido que o acesso remoto será disponibilizado inicialmente apenas para os alunos e professores da Escola de Engenharia de São Carlos (USP) que desejarem fazer simulações ou mesmo entender o funcionamento do protocolo FOUNDATION Fieldbus. Os usuários precisarão apenas de um navegador Web e de uma senha para ter o acesso à ferramenta. Em relação às considerações sugeridas por Gal-ezer et al. (1997), faltaria definir a maneira como o acesso remoto será desenvolvido e isto será feito no decorrer deste capítulo.

Como já foi ilustrado nos capítulos anteriores, implementar um portal voltado para educação a distância não é um objetivo incomum e, por isso, ferramentas e sistemas voltados para este tipo de atividade evoluíram muito, fazendo com que o uso dos CMSs transforme-se em um caminho inevitável a ser tomado na implementação deste tipo de portal. Com base nos estudos feitos em relação aos CMSs disponíveis no mercado (APÊNDICE B) e seguindo a

orientação do CCE da USP (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Centro de Computação Eletrônica, 2006), o CMS escolhido para este trabalho foi o *Moodle*. O *Moodle* é um software livre distribuído sob os termos de licença GNU General Public License (GPL) e, além de oferecer um uso simples, possui compatibilidade com vários sistemas, é eficiente, não exige grande poder de processamento e, por fim, não exige navegadores de internet complexos nas máquinas clientes (os detalhes são apresentados no item 3.1, página 59).

Além da parte de gerenciamento do portal, é necessário colocar a ferramenta FBSIMU disponível para acesso remoto. Esta disponibilização será feita pelo próprio *LabView* (software proprietário da *National Instruments*) e será detalhada no decorrer deste texto.

Considerando que o sistema é composto pelo *Moodle* (responsável pelo gerenciamento do portal) e pelo *LabView* (responsável por executar o FBSIMU), a necessidade da integração entre estes dois componentes se torna evidente. Assim, o grande desafio desta implementação é integrar estas duas partes, levando-se em conta que estas serão executadas na mesma máquina servidora.

A figura 6 mostra uma visão superficial do sistema. Os números indicados nas setas (1, 2 e 3) mostram a ordem de funcionamento de cada componente durante o acesso de um determinado usuário. Figuras mais detalhadas serão apresentadas conforme maiores detalhes do sistema forem sendo explicados neste capítulo.

Figura 6 - Integração entre Moodle e LabView

Como podemos notar através da figura 6, o sistema possuirá uma máquina servidora (*server*) com acesso *HTTP* liberado para vários clientes (máquinas remotas). Na máquina servidora, dois softwares servidores Web estarão configurados: um deles, o *Apache*, fornecerá o acesso para o portal principal de entrada no sistema (*Moodle* usa o *Apache* como servidor Web) e o outro, o servidor Web do *LabView*, fornecerá o acesso para a ferramenta FBSIMU.

Também observando a figura, têm-se as máquinas clientes que farão o acesso remoto. Para isso, basta que estas máquinas possuam instalados um navegador Web e o *LabView Run-Time Engine* (software desenvolvido para a execução de aplicativos do *LabView* através de um navegador Web, fornecido pela *National Instruments*).

Um sistema de um laboratório remoto usando o *Moodle* e o *LabView* também foi desenvolvido por PASCHOAL (2006). Apesar da ferramenta disponibilizada para acesso

remoto não possuir nenhuma semelhança com o FBSIMU, a arquitetura geral do sistema é muito parecida. A grande diferença é que o laboratório remoto criado por PASCHOAL (2006) não oferece acesso remoto a vários usuários de forma paralela. Nesse sistema, foi implementado um módulo de agendamento para permitir que apenas um aluno acesse a ferramenta em um determinado momento. Além disso, o sistema desenvolvido por PASCHOAL (2006) possui uma máquina para executar o servidor Web do *Moodle* (*Apache*) e uma máquina para executar o servidor Web do *LabView*. No *FBSIMU On-Line*, os dois servidores Web são instalados na mesma máquina e vários alunos podem acessar o FBSIMU ao mesmo tempo sem que um interfira no trabalho do outro.

Nota-se através desta visão macro da arquitetura deste sistema que a grande complexidade do mesmo encontra-se na máquina servidora.

Focando a explicação no módulo responsável pelo acesso ao FBSIMU, tem-se que o *LabView* possui um pacote responsável por fornecer o acesso remoto às suas *VI*s (*Virtual Instruments*), o que facilita a implementação da ferramenta *on-line*. Uma *VI* é um conjunto de instruções ou software que executam processos no *LabView*. O FBSIMU, por exemplo, é um conjunto destas instruções que estão armazenadas em arquivos desse tipo. Quando uma instância do FBSIMU é executada pelo *LabView*, a *VI* principal desse projeto é carregada e fornece a interface gráfica ao usuário, e através desta interface, tal usuário cria seus blocos e executa seus testes (maiores detalhes são mostrados no ANEXO A).

Partindo-se do fato que o FBSIMU é um conjunto de *VI*s do *LabView*, entende-se que para disponibilizar o acesso remoto ao mesmo é necessário permitir ao usuário trabalhar com esta *VI* a partir de um navegador Web. Este suporte é feito por meio da criação de um servidor Web por parte do *LabView* instalado na máquina servidora. Neste servidor, é necessário fazer a configuração de um diretório onde todos os arquivos *HTML* gerados pelo *LabView* serão armazenados (mais detalhes estão no APÊNDICE A). Basicamente, para criar uma estrutura

para um futuro acesso, o administrador do *LabView* precisa abrir a *VI* que será disponibilizada, escolher a opção de acesso remoto, requerer a geração do arquivo *HTML* referente a esta *VI* e inicializar a conexão. Apesar de parecer que o acesso está pronto e que nenhum trabalho extra seria gerado, diversas modificações precisaram ser feitas no FBSIMU devido a verificações necessárias para o funcionamento correto do acesso remoto (maiores detalhes são apresentados no item 3.3.1 na página 68). A fim de otimizar este processo de configuração, foi criado o *FBSIMU Manager*. Esta otimização é apenas uma das funções desta ferramenta e maiores detalhes do funcionamento da mesma estão detalhados no item 3.3.2 na página 76.

Para um usuário acessar uma determinada *VI* a partir de um navegador Web instalado em uma máquina cliente, esta *VI* deverá estar ativa na máquina servidora, isto é, o *LabView* deverá estar executando esta *VI* nesta segunda máquina. Apenas um único usuário poderá acessar tal *VI* em um determinado momento. O *LabView* oferece suporte para controlar a concorrência deste recurso, ou seja, o *LabView* garante que apenas um usuário utilizará uma dada *VI* em um determinado momento. Este suporte funciona de forma simples. Quando um cliente se conectar a uma *VI* (no caso deste trabalho, a *VI* do FBSIMU), o mesmo deverá enviar um comando para reservar esta *VI* (*Request Control Of VI*) e, desta forma, a *VI* ficará reservada somente a este usuário. A liberação acontece também através de um comando (*Release Control of VI*) ou de forma automática, quando o usuário fecha o navegador Web.

Mesmo com este suporte do *LabView* ao acesso remoto, o sistema apresentaria limitações em alguns pontos. Por exemplo, se o FBSIMU é uma *VI* que poderá ser executada somente por um usuário de cada vez e esta *VI*, juntamente com o *LabView*, deverá estar em operação na máquina servidora, como será o acesso de vários alunos ao mesmo tempo? A solução encontrada para este problema foi a utilização de várias instâncias de FBSIMU (o *LabView* ficaria executando várias *VI*s do FBSIMU, cada uma com sua região de memória, sem

interferir uma na outra) operando ao mesmo tempo em um determinado servidor. Assim, para cada novo usuário que requerer o serviço, uma nova instância do FBSIMU será disponibilizada, fazendo com que cada usuário possa executar seu experimento sem interferir em experimentos executados por outros alunos.

A figura 7 mostra o modelo de instâncias e máquinas clientes acessando cada uma destas VIs.

Figura 7 - Comunicação entre clientes e o servidor.

Nota-se que cada máquina cliente possui acesso para uma diferente instância do FBSIMU. Para controlar o uso dessas instâncias, alguns algoritmos foram desenvolvidos. Detalhes desses algoritmos que controlam quais usuários estão usando uma determinada instância ou mesmo qual instância ainda está livre para uso em um determinado momento estão descritos no item 3.3.1 na página 68. Assim, conclui-se que não basta apenas liberar o

acesso através do *LabView* e permitir que qualquer usuário faça uso do sistema, é preciso implementar uma estrutura mais completa para este gerenciamento. Apesar do *LabView* fornecer um controle de acesso a partir do endereço IP (*Internet Protocol*) das máquinas clientes, este tipo de restrição não é suficiente para este trabalho, que requer um controle de acesso mais completo (cadastro de usuários, nível de permissão, login, senha, etc.).

É neste momento que a necessidade de um CMS começa a aparecer, pois um controle de acesso e de conteúdo precisa ser implementado para garantir o uso correto do portal. Assim, o uso do CMS se torna ideal, pois um sistema deste tipo, além de disponibilizar ferramentas para controle de acesso, tem estrutura para criação de fóruns, criação de novos cursos (extensibilidade para novos projetos), etc.

Uma observação relacionada ao controle de acesso é o tipo de acesso que cada usuário vai possuir. Segundo TSANG (1999), em um sistema de ensino, é importante a existência de três tipos de usuários. Estes são: o administrador, os instrutores e os estudantes.

- O administrador do sistema será responsável por gerenciar e manter todos os aspectos do sistema, como, por exemplo, os direitos de acesso dos alunos, a criação de novos fóruns de discussão, a adição de novos materiais de estudo, etc.
- Os instrutores serão capazes de modificar o formato de alguma parte do curso, criar novos materiais no formato de páginas *HTML*, apresentações, multimídia, etc. Estes poderão também dar assistência para seus alunos através da criação de novos fóruns ou mesmo disponibilizando o e-mail para o contato dos alunos. Na maioria dos casos, os instrutores serão os próprios professores.
- Os estudantes serão capazes de navegar pelo *site*, fazer pedidos de novos fóruns, enviar mensagens nos fóruns, utilizar o FBSIMU para fazer experiências, etc.

Como já foi dito anteriormente, o CMS usado no desenvolvimento deste trabalho foi o *Moodle* e para o funcionamento deste na máquina servidora, alguns softwares (*Apache*,

MySQL, PHP) devem estar em operação na mesma. No item 3.2, página 63, detalhes destes softwares e da estrutura dos mesmos são apresentados. Da mesma forma que a criação das instâncias do FBSIMU foi otimizada através de uma função adicionada ao *FBSIMU Manager* (item 3.3.2 página 76), uma função responsável por configurar todos estes softwares instalados no servidor foi criada e adicionada nessa mesma ferramenta (*FBSIMU Manager*).

Ainda em relação à parte do trabalho relacionada ao CMS, tem-se a interface inicial do *FBSIMU On-line*. É esta interface que o aluno ou professor irá visualizar quando acessar o portal (figura 8).

Figura 8 - Interface gráfica inicial do *FBSIMU On-line*

Feito o acesso, o usuário visualizará os fóruns disponíveis para discussão de dúvidas, salas de bate papo (*chats*), gerenciamento de arquivos e, por fim, o item principal, que será composto por uma lista de cursos. Para este trabalho, apenas o *FBSIMU On-line* estará disponível e possuirá: acessos para o usuário gerenciar os arquivos de *log* (arquivo que armazena registros das operações de processamento em *software*) gerados em um experimento; acessos para gerenciar configurações de blocos criadas e salvas (maiores

detalhes são apresentados no item 3.3.3 na página 85); acesso ao painel remoto do FBSIMU. No momento em que o usuário acessar a ferramenta, uma nova janela do navegador Web será aberta e a interface gráfica do FBSIMU irá aparecer para o controle do usuário. A figura 9 ilustra esta interface.

Figura 9 - Acesso remoto ao FBSIMU

Definidas as formas de operação individual do *Moodle* e do *LabView*, torna-se necessário esclarecer a forma que a integração entre estas duas partes irá funcionar. Para uma visão melhor desta integração entre tais partes, a figura 10 mostra de forma detalhada a arquitetura deste sistema.

Figura 10 - Arquitetura detalhada do sistema

Seguindo esta arquitetura, têm-se os passos percorridos pelo sistema desde o registro de um usuário até a sua saída. Os números 1, 2 e 3 ilustram a ordem de funcionamento da comunicação entre a máquina cliente e a servidora. A seguir tem-se os passos que uma operação deste tipo realiza:

- i) *Moodle* valida o usuário que acaba de entrar no sistema. Neste momento, o usuário possuirá permissão para acessar o FBSIMU.
- ii) Usuário acessa o FBSIMU. Ao acessar tal ferramenta, é executado automaticamente um código em PHP que controlará quais usuários estão operando e quais instâncias do FBSIMU (VIs) estão em uso. Assim, uma VI livre será disponibilizada para tal usuário. O arquivo de configuração do tipo INI mostrado na figura é responsável por armazenar as

informações para possibilitar este controle. (os detalhes do arquivo estão no item 3.3.1 página 68).

- iii) Quando a *VI* disponível é identificada, outro código *PHP* gera o arquivo *HTML* que será usado para acessá-la. Este arquivo será armazenado no diretório raiz do servidor Web do *LabView*. Para cada acesso ao link do FBSIMU, um novo arquivo com nome diferente é gerado.
- iv) Gerado tal arquivo, o endereço de acesso ao mesmo é retornado para a máquina cliente e uma nova janela do navegador Web é aberta com o painel remoto da ferramenta FBSIMU disponível para uso, ou seja, é através da página *HTML* gerada dinamicamente a partir do código em *PHP* executado na máquina servidora que o FBSIMU será acessado.
- v) O usuário trabalha com a *VI* disponibilizada e, feito o trabalho, sai do sistema. Neste momento, outro código em *PHP* é executado e, através de uma nova modificação feita no arquivo de configuração, aquela *VI* é liberada para outros usuários a utilizarem. Além disso, o arquivo *HTML* usado para acesso remoto do FBSIMU é apagado, evitando assim que o mesmo usuário faça o acesso a esta *VI* sem ter feito o *log-in* no sistema, pois a remoção deste arquivo implica na remoção do link de acesso a *VI* do FBSIMU.

Mais detalhes sobre o uso do arquivo de configuração tanto pelo *LabView* quanto pelo código *PHP* executado conforme o uso do portal FBSIMU encontram-se no item 3.3 página 67.

3.1 Moodle

O *Moodle* (MOODLE, 2006) é um software livre sob os termos de licença *GNU General Public License* (GPL). Tais termos têm por objetivo garantir a liberdade de compartilhar e modificar estes tipos de softwares.

O *Moodle* oferece simplicidade no seu uso, possui uma compatibilidade com os sistemas operacionais *Windows*, *Linux* e *Unix*, é eficiente, não exige grande poder de processamento e, além disso, não exige navegadores de internet complexos.

Outra característica importante é a facilidade de instalação na maioria das plataformas que suportam *PHP* (os detalhes da instalação estão no APÊNDICE A). O portal criado através do *Moodle* poderá possuir vários tipos de cursos que poderão permitir acesso a visitantes de forma controlada e, além disso, poderão ser categorizados.

Uma grande ênfase é dada para a questão da segurança. Todos os dados são validados, informações são criptografadas, etc. Existem cinco tipos de usuários. O primeiro é o administrador, que possui todos os privilégios possíveis, desde adicionar um aluno até remover um professor da base de usuários. O administrador será definido durante a instalação e será responsável pelo gerenciamento do *site*. Ele poderá escolher o tema gráfico utilizado pelo *site*, além de escolher cores, fontes e *layout* do portal. Existem também os professores e os professores assistentes: o primeiro tem acesso a uma área onde poderá incluir seus cursos e seus arquivos, e o segundo possuirá os mesmos acessos, mas não possuirá direito de edição dessa área, ou seja, poderão apenas visualizar informações restritas do curso e trabalhar com as mesmas sem modificá-las. Por último, têm-se os estudantes e visitantes que acessarão os cursos disponíveis. Para o portal FBSIMU, apenas os tipos administrador, professor e estudante serão aplicados. Os outros tipos de usuários poderão ser incluídos em caso de futuras necessidades, como, por exemplo, quando novos cursos ou laboratórios forem adicionados ao portal.

O código do *Moodle* é escrito em *PHP* de forma clara e, por estar sob as condições de licença GPL, poderá ser facilmente modificado para as necessidades do usuário.

O *Moodle* possui vários módulos responsáveis por diferentes características. Como exemplo pode-se citar o módulo de gerenciamento de usuários, gerenciamento de cursos, exercícios, questionários, fórum e salas de bate-papo (*chat*).

Um dos objetivos do *Moodle* é reduzir ao máximo o envolvimento do administrador com detalhes de segurança. Os estudantes interessados poderão requisitar a criação de suas próprias contas ou, dependendo da configuração feita, estes usuários poderão criar seus registros por si só. O administrador tem controle sobre a criação dos cursos e pode também delegar aos usuários o atributo de professor. Um professor poderá adicionar ou remover a permissão de um aluno para acessar o curso ministrado. Os alunos poderão colocar informações próprias como e-mail, telefone e até mesmo fotografia. Dependendo da configuração feita, qualquer usuário poderá modificar a linguagem do portal de forma simples.

Outro objetivo do *Moodle* é facilitar o gerenciamento de cursos. Um professor com permissão total terá controle sobre todas as características do curso ministrado por ele. Além disso, o mesmo poderá criar vários formatos de cursos (semanais, por tópico, etc.). Vários módulos de apoio poderão ser inseridos ao curso, como, por exemplo, os fóruns, *quizzes*, glossários, bate-papos, seminários, entre outros. Quando uma mudança no curso é feita, uma lista é fornecida aos alunos para que se atualizem com as novas características. Relatórios com detalhes de acesso dos alunos são fornecidos. O professor também poderá fazer *backup* de seus cursos e restaurá-los em outros portais *Moodle*. Tarefas podem ser designadas aos alunos com uma data de entrega especificada. Os estudantes poderão enviar duas tarefas para o servidor mesmo depois do prazo de entrega, considerando que o professor verá claramente este atraso. O retorno do professor poderá ser dado ao aluno através de um e-mail e o professor poderá também permitir que os alunos reenviem uma dada tarefa para uma nova correção.

Enquêtes podem ser criadas para recolher informações para melhoria do curso. Os usuários poderão utilizar-se de fóruns. Para isso, o *Moodle* oferece vários tipos diferentes de fóruns, como fóruns voltados apenas para professores, fóruns de notícias de cursos, fóruns que são abertos a todos os usuários, etc. Nestes fóruns, o autor da mensagem é identificado pelo nome e, se disponível, por sua foto. Conjuntos de questões (*quizzes*) podem ser criados para os alunos testarem o próprio rendimento. Os professores poderão definir uma base de dados de questões e utilizá-las em diferentes *quizzes*. A pontuação destas questões é feita de forma automática.

O *Moodle* oferece suporte para apresentar informações de várias formas (*MS-Word*, *MS-PowerPoint*, Animações, Vídeo, Sons, etc.). Os usuários poderão enviar arquivos (provas, cursos, tabela de notas, etc.) e armazená-los no servidor.

Uma análise de comportamento de um portal desenvolvido com o *Moodle* poderá ser feita através de relatórios disponibilizados em vários formatos, inclusive na forma de gráficos.

Um dos propósitos do *Moodle* é ser portátil para uma grande variedade de servidores Web e bases de dados. Além disso, o sistema deverá suportar uma grande quantidade de registros, tanto de usuários quanto de cursos. Hoje, o maior portal de ensino a distância que usa o *Moodle* possui cerca de 45.000 estudantes e 6.500 cursos cadastrados (na *Open Polytechnic of New Zealand*). Uma outra preocupação do *Moodle* é manter uma interface padrão para facilitar a usabilidade do sistema. Para isso, o projeto disponibiliza um documento para direcionar o administrador a desenvolver interfaces simples e poderosas.

O funcionamento do *Moodle* é dependente de um servidor Web (*Apache*), um banco de dados (*MySQL*) e suporte para a linguagem *PHP* descritos a seguir.

3.2 Apache, MySQL, PHP (AMP)

Antes de entender o funcionamento de cada uma das ferramentas (*Apache*, *MySQL*, *PHP*), é necessário entender o funcionamento das mesmas trabalhando em conjunto. Resumidamente, a função do *Apache* é trabalhar como servidor *HTTP* do sistema (detalhes no item 3.2.1 na página 64). O *MySQL* será responsável pelo armazenamento de dados (detalhes no item 3.2.3 na página 65) e o *PHP* (detalhes no item 3.2.2 na página 66) tem a função de mapear as informações vindas do *Apache* para o *MySQL* e vice-versa.

Figura 11 - Funcionamento do *Apache* - *PHP* - *MySQL*

Fonte: Web Database Step-by-Step Guide

Cada número indicado pela figura 11, mostra uma etapa que será detalhada para melhor entendimento:

1) Um usuário clica em um dado link (www.exemplo.com/exemplo.php) a partir de um navegador web (*Mozilla Firefox*, *Internet Explorer*, etc.) que manda um pedido para o servidor Web (*Apache*).

2) O *Apache* recebe o pedido relacionado ao `exemplo.php` e sabendo que arquivos *PHP* devem ser encaminhados para o processador *PHP*, executa esta função.

3) O arquivo `exemplo.php` é um *script* que contém comandos. Um dos comandos é um pedido para a abertura de conexão com o banco de dados e a obtenção de algumas informações.

4) Os dados são retornados pelo banco de dados e formatados pelo *PHP*. Esta formatação é feita para adequar os dados para uma posterior formatação em *HTML*.

5) O *HTML* então é retornado para o *Apache*.

6) O *Apache* envia esta informação de volta ao navegador web como uma resposta do pedido feito anteriormente, e o navegador mostrará estas informações obtidas do banco de dados de forma legível ao usuário.

A instalação e configuração do AMP (*Apache*, *MySQL*, *PHP*) não é trivial. Para abstrair esta complexidade, alguns pacotes foram criados para instalar e pré-configurar estas ferramentas. Neste trabalho, a versão 1.8.0.1 do *EasyPHP* foi utilizada. Este pacote inclui a versão 4.1.9 do *MySQL*, o *Apache* 1.3.33 e o *PHP* 4.3.33.

3.2.1 *Apache*

O *Apache* vai agir como o servidor *HTTP*. Este software é *open source* e tem como objetivo ser um produto robusto e completo, onde seu código fonte é disponibilizado de forma livre. O gerenciamento do *Apache* é feito por um grupo de voluntários distribuídos pelo mundo e que, utilizando a internet como meio de comunicação, planejam e desenvolvem este servidor juntamente com sua documentação. O software faz parte da *Apache Software Foundation*. Seu principal trabalho é fazer a interpretação de um dado arquivo requerido por um navegador web e mostrar os resultados de acordo com o conteúdo deste arquivo. O *Apache* é um servidor muito poderoso, capaz de resolver qualquer tarefa requerida por um desenvolvedor Web. A versão do *Apache* usada neste trabalho é o *Apache* 1.3.33. Esta versão apresenta, entre outras características, um sistema de proteção com *password* das páginas para uma grande quantidade de usuários, páginas de erro personalizadas, *logs* de uso e de erro em vários formatos personalizáveis, etc (APACHE HTTP SERVER PROJECT, 2006).

De acordo com NETCRAFT (2006), o *Apache* é, de longe, o servidor mais usado na internet, com um número maior do que a combinação dos servidores *Microsoft*, *Sun* e *Zeus* juntos. Sua praticidade, suas características e seu preço é que garantem ao *Apache* a posição de servidor de internet mais popular. Ele pode ser usado para hospedar um *site* na Web para um público geral, ou para uma Intranet de uma grande companhia, entre outras várias opções. O gráfico da figura 12 mostra a grande diferença de uso entre os servidores de internet ativos desde julho de 2000 até janeiro de 2006.

Figura 12 - Número de servidores *Apache* ativos

FONTE: NETCRAFT (2006)

3.2.2 PHP

O *PHP* é uma linguagem de *script* que é executada na máquina servidora e que permite uma grande dinâmica para o desenvolvimento de páginas Web. É uma linguagem flexível que não exige muito para seu aprendizado, principalmente para programadores que já possuem conhecimento em linguagens como *C*, *Java* ou *Perl*.

Existem três principais áreas em que o *PHP* é usado hoje. A primeira e mais comum é a *server-side scripting*, onde o *PHP* é acessado através de um navegador de internet e é executado em um servidor Web conectado a um processador *PHP*. A segunda maneira é o *command line scripting* e será usada sem um servidor ou navegador Web. Ela será executada diretamente por um *PHP parser*. Esta maneira é usada principalmente para executar tarefas agendadas nos sistemas operacionais (*Cron* para o *UNIX* e o *Task Scheduler* para o *Windows*). Por fim, a última maneira e menos usada é a *writing desktop applications*, que usa uma extensão do *PHP* chamada *PHP-GTK*. É usada para a criação de aplicativos que são executados de forma local (PHP GROUP, 2006). A versão de *PHP* usada neste trabalho é a 4.3.33.

Como justificativa da escolha do uso do *PHP* neste trabalho, pode-se destacar:

[...] *PHP* é a linguagem para o desenvolvimento de aplicações Web mais utilizada no mundo. A popularidade do *PHP* deve-se à sua facilidade para criar aplicações dinâmicas para a Web, com suporte à maioria dos gerenciadores de bancos de dados existentes, além de um conjunto de funções que permitem desde a criação de simples portais até complexas aplicações de comércio eletrônico. (DALL’OGLIO, 2004).

3.2.3 MySQL

Um banco de dados é uma coleção de dados ou informações que são organizados de forma estruturada para um bom desempenho na busca, armazenamento, modificação e remoção destes dados. Com a evolução da tecnologia, existem hoje no mercado vários softwares de gerenciamento de banco de dados, como, por exemplo, *Microsoft Access*, *FileMaker*, e *MySQL*.

O *MySQL* é um sistema de gerenciamento de bancos de dados relacional, que permite armazenar dados em tabelas separadas em vez de colocar todos os dados em um só local. A parte *SQL* do nome “*MySQL*” significa “*Structured Query Language* - Linguagem Estrutural de Consultas”. *SQL* é a linguagem padrão mais comum usada para acessar banco de dados e é

definida pelo padrão *ANSI/ISO SQL*. O padrão *SQL* vem evoluindo desde 1986 e possui diversas versões. Assim como o *PHP* e o *Apache*, o *MySQL* é um software livre de código aberto. O Servidor *MySQL* foi desenvolvido originalmente para lidar com bancos de dados muito grandes de maneira muito mais rápida que as soluções existentes e tem sido usado em ambientes de produção de alta demanda por diversos anos de maneira bem sucedida. A conectividade, velocidade, e segurança fazem com que o *MySQL* seja altamente adaptável para acessar bancos de dados na internet. O programa de banco de dados *MySQL* é um sistema cliente/servidor que consiste de um servidor *SQL* multitarefa que suporta acessos diferentes de diversos programas clientes e ferramentas administrativas. A versão do *MySQL* utilizada neste trabalho é a versão 4.1.9.

Hoje, o *MySQL* é usado em mais de 8 milhões de instalações, desde grandes corporações até aplicações especializadas embarcadas em todos os continentes do mundo (MYSQL AB, 2006).

Além desses softwares usados na construção do sistema, alguns outros precisaram ser desenvolvidos e, no item 3.3, detalhes da implementação e do funcionamento desses softwares são apresentados.

3.3 Detalhes de software do sistema

Nesta seção, alguns detalhes importantes sobre a implementação deste sistema são explicados. O item 3.3.1 mostra detalhes relativos ao controle de uso das instâncias de *VI*s do *FBSIMU*. O item 3.3.2, página 76, mostra detalhes relativos à ferramenta *FBSIMU Manager*, criada para o gerenciamento da estação servidora. O item 3.3.3, página 85, mostra detalhes do sistema de gerenciamento de arquivos de *log* e de configurações que são gerados pelo *FBSIMU*.

3.3.1 Controle de acesso às instâncias do FBSIMU

Como já explicado nos itens anteriores, o *LabView* executa módulos de software chamados *VI*s. Para o acesso remoto, uma *VI* deve ser publicada para a internet e assim, através de um navegador Web, um cliente é capaz de acessar esta *VI* remotamente. O *LabView* controla estes acessos de forma que cada *VI* é acessada por apenas um usuário de cada vez. Além deste controle, um controle de usuários deve ser feito e para isso o *Moodle* é usado. Assim, o problema aqui é fazer a integração entre o *Moodle* e o *LabView*.

Primeiramente, é importante ficar claro que na máquina servidora, todas as instâncias do FBSIMU estarão sendo executadas ao mesmo tempo. Quando um usuário requisitar um acesso a uma dessas instâncias, o sistema deverá saber quais dessas estão livres para uso e alocá-la para tal usuário. Da mesma forma, quando este usuário sair do sistema, esta instância deverá ser liberada e reiniciada pelo *LabView* (ver item 3.3.1.1.1-página 71 e 3.3.1.1.2-página 74). Para isso, um arquivo de configuração do tipo INI foi criado, onde informações de instâncias e seus respectivos usuários são armazenadas. Considerando o fato de que dois programas (*LabView* e *Moodle*) irão fazer acesso a este arquivo, é necessário atentar-se para eventuais problemas de concorrência. Uma solução para isso seria a adaptação deste arquivo de configuração do tipo INI para um banco de dados. Para isso, seria necessário que este modelo de informações armazenadas no arquivo de configuração fosse mapeado em uma tabela do banco de dados e, em vez do FBSIMU e do código PHP acessarem o arquivo de configuração, os mesmos acessariam estes dados através de uma comunicação direta com o banco de dados que já possui implementado um mecanismo para evitar acesso concorrente a um mesmo registro de informação. Assim, a concorrência entre o *Moodle* e o *LabView* seria evitada. Na figura 13, segue um exemplo desse arquivo. Neste exemplo, apenas cinco *VI*s são disponibilizadas para acesso. O administrador deste sistema poderá configurar tal arquivo de forma a liberar o número de *VI*s desejadas. Esta configuração pode ser feita através do

aplicativo mostrado no item 3.3.2, página 76. O controle de qual usuário está utilizando uma determinada VI é feito a partir do campo “username”. Caso este campo esteja vazio (“”), considera-se que a VI relacionada está livre para acesso.

```
[user1]
username = "rodrigo"
vi = "vi1.vi"

[user2]
username = "luis carlos"
vi = "vi2.vi"

[user3]
username = ""
vi = "vi3.vi"

[user4]
username = ""
vi = "vi4.vi"

[user5]
username = "dennis"
vi = "vi5.vi"
```

Figura 13 - Exemplo do arquivo *fbsimu.ini* com cinco entradas

Este arquivo será manipulado tanto pelo *LabView* quanto por um código desenvolvido em *PHP*, que será executado no momento que um usuário requisitar o acesso remoto ao FBSIMU e no momento que o usuário liberar este recurso (*log-out*). Detalhando um pouco mais este mecanismo, tem-se que, no momento que o usuário inicia o uso de uma dada VI, a respectiva entrada do arquivo de configuração é relacionada a este usuário. Esta relação é feita pelo código desenvolvido em *PHP* que é executado no momento da requisição da VI pelo usuário. O exemplo da figura 14 mostra a “vi1” sendo relacionada ao usuário “rodrigo”.

```
[user1]
username = "rodrigo"
vi = "vi1.vi"
```

Figura 14 - Exemplo da “vi1” relacionada ao usuário “rodrigo”

Continuando o caso acima, considera-se o momento que este mesmo usuário sai do sistema. Neste momento, um outro código, também escrito em *PHP*, é executado e tal entrada é liberada. O exemplo da figura 15 mostra a VI em questão já liberada para uso.

```
[user1]
username = ""
vi = "vi1.vi"
```

Figura 15 - Exemplo da “vi1” livre para acesso

Paralelamente a isso, no *LabView*, um código é executado pela *VI* do FBSIMU, ou melhor, periodicamente, uma verificação é feita para analisar se o usuário que está utilizando tal *VI* ainda está ativo ou não. Neste caso, enquanto a entrada “*username*” for diferente de vazio (“”), o acesso a tal *VI* não será liberado para nenhum outro usuário. No momento que tal *VI* é liberada, o código em *PHP* já explicado acima modifica o arquivo de configuração. Quando o *LabView* detecta esta mudança, todos os valores da respectiva *VI* são reiniciados e a *VI* fica pronta para o acesso de um novo usuário.

O procedimento descrito acima funciona perfeitamente considerando-se que um usuário use o sistema de forma correta, ou seja, o usuário acessa o FBSIMU, faz seus experimentos e sai do sistema executando a operação de *log-out*.

Considerando o uso não adequado do sistema, alguns problemas com o controle de acesso a estas instâncias de *VI*s do FBSIMU acontecem e com isso uma *VI* pode não ser liberada. A saída de um usuário de forma inadequada pode variar desde o simples fechamento do navegador Web sem efetuar o *log-out* até uma queda de conexão entre o cliente e o servidor.

Para comportar estes cenários de exceção, foi criado na *VI* do FBSIMU um processo que controla o tempo ocioso de uma determinada instância (item 3.3.1.1.2.2, página 75). A idéia deste processo é controlar o uso de uma instância de FBSIMU, isto é, se um usuário estiver com uma instância reservada para si e esta instância não for utilizada por um determinado período (dez minutos será o tempo pré-configurado), tal instância será liberada para acesso de outro usuário (este processo só é executado caso a instância do FBSIMU esteja em modo “*Run*”). Assim, se o cliente abandonar uma *VI* ou sair do sistema sem executar um

log-out, em dez minutos esta *VI* será liberada para acesso de outro usuário, evitando assim que esta fique reservada por um tempo indeterminado.

Considerando o fato de que uma *VI* pode estar em modo “*Stop*” e, portanto, sem executar o controle descrito no último parágrafo, um outro procedimento foi criado. O *FBSIMU Manager* executa um processo que, de tempos em tempos, analisa se o tempo máximo de uso de uma determinada *VI* do FBSIMU já foi atingido (mais detalhes no item 3.3.2, página 76). Este tempo é configurável e caso seja atingido, a *VI* que estava reservada para um determinado usuário será liberada.

Os softwares criados para a execução dos algoritmos descritos acima são detalhados nos itens seguintes.

3.3.1.1 Código para gerenciamento de uso do FBSIMU

Os algoritmos para o controle de uso das instâncias do FBSIMU foram implementados tanto em *PHP* quanto na linguagem *G* do *LabView*. Os itens 3.3.1.1.1 na página 71 e 3.3.1.1.2 na página 74 mostram detalhes da implementação deste controle.

3.3.1.1.1 Controle de uso do FBSIMU desenvolvido em PHP

Além do código *PHP* fornecido pelo projeto *Moodle*, algumas implementações foram necessárias para o funcionamento correto do gerenciamento de usuários.

O código *PHP* criado é voltado para o gerenciamento do uso das *VI*s do FBSIMU. Tal código é dividido em dois arquivos (*fbsimu_labview.php3* e *general_fbsimu_functions.php*) que são armazenados no diretório *fixPages* que fica dentro do diretório onde a instalação do *Moodle* foi feita.

O arquivo *fbsimu_labview.php3* será executado quando o acesso a uma determinada *VI* for requerido por algum usuário. Primeiramente, algumas verificações são feitas (se o usuário fez *log-in*, se há espaço em disco para tal usuário) e então, os arquivos necessários

para o acesso ao FBSIMU são criados (arquivo *HTML*). Feito isso, um *script* em *Java* (*Javascript*) é executado e o usuário é direcionado para o painel remoto do FBSIMU. Para a execução dessas tarefas, tal arquivo utiliza funções que estão armazenadas no arquivo *general_fbsimu_functions.php*. Tais funções são descritas na tabela 3.

Tabela 3 – Descrição dos métodos *PHP* do *FBSIMU On-line*

Métodos PHP	
Nome do método	Descrição
<i>removeCurrentVIByUser</i>	Esta função é responsável por remover a referência de um usuário do arquivo <i>fbsimu.ini</i> . O método será usado no momento em que o usuário executar o <i>log-out</i> do sistema.
<i>getFullDirName</i>	Esta função irá montar o nome do diretório onde as informações de um determinado usuário serão salvas.
<i>write_ini_file</i>	Esta função irá obter uma lista de informações e montar o arquivo <i>fbsimu.ini</i> .
<i>getNextFreeVi</i>	Esta função é responsável por percorrer o arquivo <i>fbsimu.ini</i> para encontrar qual <i>VI</i> está livre.
<i>getCurrentVIByUser</i>	Esta função é responsável por percorrer o arquivo <i>fbsimu.ini</i> para encontrar qual <i>VI</i> está relacionada a um determinado usuário.
<i>getFullFileName</i>	Esta função é responsável pela criação do nome do arquivo <i>HTML</i> que fará referência a uma determinada <i>VI</i> .
<i>createDirWithUserName</i>	Este método irá criar um diretório onde serão armazenados os arquivo <i>HTML</i> para acessar as <i>VI</i> s. Para cada usuário, um diretório será criado.

Nome do método	Descrição
<i>removeHTMLFileFromDirByUser</i>	Esta função é responsável por remover todos os arquivos <i>HTML</i> gerados para acessar as <i>VI</i> s do FBSIMU. Estes arquivos são relacionados a um determinado usuário.
<i>fulldelete</i>	Esta função é responsável pela remoção de todos os arquivos e subdiretórios de um determinado diretório.
<i>createNewFile</i>	Esta função cria um arquivo relacionado a um determinado usuário.
<i>createLabViewHTMLTMPFile</i>	Esta função irá criar o arquivo <i>HTML</i> para acesso da <i>VI</i> do <i>LabView</i> .
<i>get_size</i>	Esta função é usada para ler o tamanho de um dado diretório.
<i>clearFBSIMUFilesOnExit</i>	Esta função irá chamar as funções responsáveis por remover os arquivos temporários criados pelo FBSIMU e as funções criadas para controlar o arquivo <i>fbsimu.ini</i> .
<i>getTextToLabViewHTMLTMPFile</i>	Esta função irá montar o conteúdo do arquivo <i>HTML</i> usado para acessar uma determinada <i>VI</i> .

Além desses arquivos criados, foi necessária a modificação de uma parte do código do *Moodle*. Quando um usuário executa a operação de *log-out*, é necessário atualizar o arquivo *fbsimu.ini*. As funções de atualização deste arquivo de configuração estão no arquivo *general_fbsimu_functions.php*. Como este procedimento deve ser feito no momento do *log-out* do usuário, estas funções devem ser chamadas a partir do código *PHP* nativo do *Moodle*. Este código está no arquivo *logout.php* localizado no diretório *login* (dentro do diretório de instalação do *Moodle*). Por este motivo, o arquivo *logout.php* foi modificado de forma que a

função *clearFBSIMUFilesOnExit* seja chamada. No APÊNDICE C, uma figura com a comparação entre o arquivo original do *Moodle* e o arquivo modificado é apresentada.

3.3.1.1.2 Gerenciamento do controle de uso implementado na VI do FBSIMU

Além dos algoritmos que foram implementados usando a linguagem *PHP*, algoritmos gerados usando a linguagem *G* do *LabView* foram criados. Os itens 3.3.1.1.2.1 na página 74 e 3.3.1.1.2.2 na página 75 detalham os dois algoritmos implementados dessa forma.

3.3.1.1.2.1 Controle para *log-out* do sistema

Como já explicado no item 3.3.1, página 68, o sistema controlará o uso das *VI*s através do arquivo *fbsimu.ini*. Assim, da mesma forma que este arquivo é manipulado por um código *PHP* executado a partir das páginas do *Moodle*, o arquivo de configuração em questão será manipulado pela *VI* do FBSIMU.

A idéia é criar um ciclo de verificação que será executado em cada instância do FBSIMU ativa na máquina servidora (este algoritmo será executado por todas as instâncias ativas). Assim, de tempos em tempos, o arquivo *fbsimu.ini* será analisado a fim de verificar se o usuário que está usando uma dada *VI* ainda está ativo. Caso a *VI* que estiver fazendo tal verificação possua um usuário relacionado, nenhuma operação será executada. Caso a *VI* não tenha nenhum usuário relacionado, o algoritmo irá entender que o usuário que estava utilizando tal *VI* saiu do sistema e com esta conclusão, a *VI* será reiniciada.

A figura 16 mostra o diagrama de blocos que executará o procedimento descrito acima.

Figura 16 - Diagrama de blocos do *LabView* para controle de uso do FBSIMU

Através do diagrama, nota-se que o algoritmo irá verificar qual é o usuário corrente da instância em questão e se este valor for uma sequência de caracteres vazia, o comando de parada (*stop*) será disparado para tal *VI*. Nota-se também que o algoritmo é executado de tempos em tempos (período de 10s).

3.3.1.1.2.2 Controle para tempo ocioso de uma *VI* do FBSIMU

Considerando o fato de que um usuário poderá acessar uma dada instância do FBSIMU, colocá-la em modo “*Run*” e simplesmente não utilizá-la, foi criado o processo descrito neste item. A figura 17 mostra o código na linguagem *G* (linguagem de programação gráfica fornecida pelo *LabView*) criado para este fim. Este código possui um temporizador que é reiniciado sempre que o mouse é movido pelo usuário. Se este temporizador não for reiniciado por um determinado período de tempo (dez minutos é o tempo padrão), a instância em questão será reiniciada e liberada para acesso de outro usuário.

Figura 17 - Diagrama de blocos do *LabView* para controle de tempo ocioso do FBSIMU

3.3.2 Ferramenta de configuração do servidor

A configuração da máquina servidora não é simples. Considerando que vários cenários (a mudança do endereço IP desta máquina ou mesmo uma nova instalação em uma máquina diferente, entre outros) podem exigir a modificação dos parâmetros deste servidor, foi desenvolvido o *FBSIMU Manager*. Outra função é a criação das instâncias das *VI*s do FBSIMU. Além disso, este software executa o processo que verifica o tempo máximo permitido para o uso do FBSIMU. Esta ferramenta possui várias abas (*tabs*) onde cada uma é responsável por uma tarefa diferente.

A primeira aba (figura 18), denominada *Web*, é responsável pela configuração dos arquivos de configuração do *Apache* e do *Moodle*. Estas informações ficam no arquivo

httpd.conf do diretório de instalação do *Apache*, e no arquivo *config.php* do diretório de instalação do *Moodle*. Além disso, através desta interface, o usuário modifica o banco de dados do *Moodle* onde informações de páginas do sistema que dependem do endereço de IP da máquina servidora são armazenadas. Por fim, é feita a modificação dos arquivos *PHP* criados especificamente para este trabalho. Tais arquivos ficam no diretório *fixPages* que está localizado no diretório de instalação do *Moodle*. A figura 18 mostra detalhes da interface gráfica desta aba.

Figura 18 - Aba (tab) de configuração relacionadas a IP do *Moodle* e *Apache*

É importante lembrar-se que o IP e a porta configurados nesta aba são relacionados apenas ao servidor *Apache*. Para configurar o servidor Web do *LabView*, o usuário deverá seguir as instruções descritas no APÊNDICE A.

Além dessa preocupação com a configuração destes IPs, é possível configurar-se os tempos relacionados ao não uso de uma determinada VI, e o tempo em que o arquivo *fbsimu.ini* deve ser analisado a fim de encontrar registros de usuários que fizeram *log-out* do sistema. A figura 19 mostra a interface gráfica usada para a configuração desses tempos.

Figura 19 - Aba (*tab*) de configuração relacionada aos tempos usados no sistema

Uma outra necessidade está em configurar o número de VIs do FBSIMU que deverão ser abertas e disponibilizadas para acesso remoto. Sem uma ferramenta de configuração, o administrador deveria criar todos os arquivos de VIs e executá-los de forma a deixá-los disponíveis. Além disso, o arquivo *fbsimu.ini* deveria ser editado manualmente para criar uma nova entrada para cada nova VI.

Como exemplo, pode-se usar um servidor onde oito *VI*s do FBSIMU seriam disponibilizadas. Neste caso, o administrador precisaria criar cópias dos arquivos fonte do FBSIMU para cada uma das oito instancias renomeá-los da seguinte forma: *vi1.vi*, *vi2.vi*, *vi3.vi*, ..., *vi8.vi*. No arquivo *fbsimu.ini*, oito novas entradas do modelo da figura 15 (página 70) deveriam ser criadas. Para a configuração e criação dessas *VI*s de forma automática, uma outra aba denominada *FBSIMU VIs* foi criada na ferramenta. A figura 20 mostra a interface gráfica desta aba.

Figura 20 - Aba (*tab*) para criação das *VI*s do FBSIMU

A terceira função do *FBSIMU Manager* está relacionada ao processo que, de tempos em tempos, analisa a base de dados do *Moodle* e verifica se o tempo máximo de uso de uma *VI* foi atingido. A aba responsável por isso foi denominada *FBSIMU Monitor* e está ilustrada na figura 21.

Figura 21 - Aba (tab) *FBSIMU Monitor*

Por fim, tem-se a última aba que fornece um registro de execução do software que fornece informações sobre o funcionamento de cada operação feita pela ferramenta. A figura 22 mostra a interface gráfica desta aba.

Figura 22 - Aba (tab) de registro de informações de execução do *FBSIMU Manager*

O *FBSIMU Manager* foi desenvolvido em *Java* e tem por objetivo ajustar todos os parâmetros necessários para o funcionamento do sistema.

O item 3.3.2.1 mostra o detalhes do código criado na implementação desta ferramenta.

3.3.2.1 Código do *FBSIMU Manager*

Neste item, uma breve descrição do modelo do software que foi utilizado para desenvolver o *FBSIMU Manager* é feita. O aplicativo foi desenvolvido utilizando-se a linguagem *Java* com o paradigma de programação orientado a objetos. A figura 23 mostra o diagrama de classes detalhando os métodos e a relação de uso de cada uma das classes envolvidas.

Figura 23 - Diagrama de Classes do *FBSIMU Manager*

Seguindo o diagrama de classes, tem-se a tabela 4 que detalha a função de cada classe.

Tabela 4 – Descrição das classes do *FBSIMU Manager*

Classes do FBSIMU Manager	
<i>Nome da Classe</i>	<i>Descrição</i>
<i>Main</i>	A classe Main é a classe chamada quando a aplicação é iniciada. Nesta classe, uma instância da classe <i>Fbsimuconf_gui</i> será criada.
<i>Fbsimuconf_gui</i>	Esta classe é a interface gráfica do software. É a partir desta classe que os eventos de modificar as configurações do sistema e de criação de VI, entre outros, serão disparados.
<i>FBSimuOnlineConfigIniFile</i>	Esta classe é responsável por criar o arquivo de configuração onde informações de tempo e de diretórios são armazenadas.
<i>FBSimuIniFile</i>	Esta classe é responsável pela criação do arquivo de configuração (<i>fbsimu.ini</i>) que será responsável por armazenar as informações de usuários que estão utilizando as VIs. Na criação deste arquivo, todas as VIs são inicializadas sem relação com nenhum usuário. O conteúdo do arquivo de configuração dependerá do número de VIs que o usuário selecionar através da interface gráfica.
<i>Log</i>	Esta classe é responsável por controlar o <i>log</i> deste software. É através de métodos contidos nesta classe que informações sobre as operações que estão sendo feitas são mostradas na aba de <i>logs</i> .
<i>FixPHPFiles</i>	Esta classe é responsável por modificar informações de IPs e diretórios nos arquivos <i>PHP</i> criados para o funcionamento deste sistema (<i>general_fbsimu_functions.php</i> e <i>fbsimu_labview.php3</i>).

<i>Nome da Classe</i>	<i>Descrição</i>
<i>LabViewManager</i>	Esta classe é responsável pela criação dos arquivos a serem usados pelo <i>LabView</i> . Nesta classe existem métodos responsáveis pela criação dos arquivos de <i>VI</i> e métodos para a inicialização destas <i>VI</i> s na máquina servidora. Além disso, possui métodos para apagar os arquivos <i>HTML</i> criados para o acesso ao FBSIMU por um determinado usuário.
<i>TimeoutCtrl</i>	Esta classe é responsável pelo controle do tempo máximo de uso do sistema. Ela será executada a cada minuto para verificar se algum usuário atingiu este tempo. Esta verificação é feita com auxílio do método <i>verifyUsersExpired</i> pertencente a classe <i>Database</i> .
<i>FBSIMUTrayIcon</i>	Esta classe é responsável por controlar o ícone deste software na barra de tarefas (ícone que aparece ao lado do relógio do <i>Windows</i>).
<i>Database</i>	Esta classe é responsável por modificar o banco de dados do <i>Moodle</i> onde os endereços das páginas criadas por ele estão armazenados. Por exemplo, para acessar a lista de arquivos de <i>log</i> , foi criada uma página e o endereço desta página é do tipo <code>http://ipDoServidor/userName/logs/</code> . Quando o IP do servidor é modificado, este endereço também deve ser modificado. Além disso, esta classe verifica se o tempo máximo de permanência no sistema foi alcançado.
<i>IpConfig</i>	Esta classe será responsável por modificar os arquivos de configuração do <i>Apache</i> e do <i>Moodle</i> . O primeiro método modificará o arquivo <i>httpd.conf</i> que é responsável por armazenar as informações do IP e da Porta do <i>Apache</i> . O segundo método modificará o arquivo <i>config.php</i> , responsável pelo endereço de acesso para o <i>Moodle</i> . Além disso, a classe modifica o arquivo <i>HTML</i> responsável pelo acesso principal do sistema (<i>fbsimu.html</i>)

3.3.3 Gerenciamento dos arquivos do usuário

O uso do FBSIMU remotamente gera como saída arquivos de *log* e, além disso, um usuário poderá salvar arquivos com informações sobre as configurações de blocos geradas em tal ferramenta.

Com o objetivo de fornecer ao usuário uma maneira de acessar e gerenciar estes arquivos, foi implementado um gerenciador de arquivos utilizando a linguagem *PHP*. Além disso, usando a linguagem *G* do *LabView*, foi criada uma operação para o usuário escolher e carregar um arquivo de configuração em uma determinada instância do FBSIMU de forma que cada usuário manipule apenas os arquivos salvos em seu respectivo diretório.

3.3.3.1 Gerenciador de arquivos desenvolvido em *PHP*

O código *PHP* utilizado para a implementação desse gerenciador, usa os termos de licença GNU/LGPL. Tal código foi adaptado para o modo de funcionamento específico do FBSIMU. Maiores detalhes das modificações feitas no código encontram-se no APÊNDICE C.

Com as modificações implementadas, este código irá fornecer uma lista com todos os arquivos de *log* e de configuração de blocos pertencentes a um dado usuário. Além disso, este usuário poderá apagar e fazer *download* desses arquivos.

As figuras 24 e 25 mostram exemplos das páginas de gerenciamento de *logs* e de arquivos de configuração, respectivamente.

Figura 24 - Gerenciador de logs de usuários do FBSIMU

Figura 25 - Gerenciador de arquivos de blocos dos usuários do FBSIMU

3.3.3.2 Lista dos arquivos de configuração de blocos (FBSIMU)

Originalmente, o FBSIMU fornecia uma opção para o usuário salvar uma configuração de um bloco e, em um outro momento, carregar estas informações e reutilizá-las.

Considerando-se que neste trabalho a ferramenta deverá trabalhar de forma remota, o modelo feito para salvar e posteriormente abrir estes arquivos foi modificado. Assim, a opção de escolher um diretório para salvar um arquivo não deverá mais existir. Tal arquivo será salvo sempre em um mesmo diretório (relacionado ao usuário que está operando) e para abri-lo novamente, uma lista com os arquivos salvos neste mesmo diretório será mostrada sem permitir a navegação por diretórios diferentes. A figura 26 mostra a parte gráfica da VI onde o usuário poderá escolher o arquivo a ser carregado.

Figura 26 - VI onde o usuário carrega o arquivo com a configuração

No próximo capítulo, uma análise dos resultados relacionados ao uso do sistema descrito nessa dissertação é feita de maneira a validar o uso do acesso remoto ao FBSIMU.

4 Resultados

A análise dos resultados deste sistema poderia ser feita com o objetivo de avaliar a efetividade do uso de um laboratório remoto para o ensino, ou alternativamente, ser focada em testes realizados a fim de validar esta ferramenta.

Considerando-se que o uso da metodologia de ensino a distância está bastante difundido e a sua efetividade já foi provada por vários autores citados neste trabalho (por exemplo, IRVINE et al., 1999; MORCOS et al., 2001; DEMING, 2001), os resultados deste trabalho serão adquiridos a partir de testes relacionados ao controle do acesso remoto às VIs do FBSIMU. Além destes testes pontuais, um teste piloto utilizando uma planta simulada foi realizado a fim de analisar o comportamento do sistema.

4.1 Teste do controle de acesso

Neste item, são descritos os resultados dos testes realizados para a validação do controle de usuário. Como explicado no capítulo anterior, este controle é dividido e está distribuído entre três softwares (*FBSIMU Manager*, *LabView* e código *PHP* do FBSIMU).

4.1.1 Teste do controle realizado no *FBSIMU Manager*

Este primeiro controle está relacionado ao tempo máximo que uma sessão pode ficar aberta. A forma de funcionamento deste controle foi explicada no item 3.3.2 na página 76. Para realizar este teste, foram utilizados dois computadores clientes no qual

cada um acessou uma instância de FBSIMU diferente. O sistema foi utilizado durante 45 minutos por ambos os usuários. No momento em que o tempo de uso máximo foi atingido, o *FBSIMU Manager* modificou o arquivo *fbsimu.ini* e apagou os arquivos *HTML* usados para acesso ao FBSIMU. Logo em seguida, a ação de “*Stop*” aconteceu nas *VI*s que estavam sendo usadas.

4.1.2 Teste do controle realizado na VI do FBSIMU

Para realizar o teste referente aos controles realizados pela *VI* do FBSIMU, dois cenários foram criados: cenário para o teste do controle do tempo máximo que uma *VI* pode ficar sem ser usada, detalhado no item 4.1.2.1, e o cenário para o teste do controle de tempo relacionado à liberação de uso de uma *VI*, detalhado no item 4.1.2.2.

4.1.2.1 Teste do controle por tempo sem uso da VI

Para este teste, usaram-se duas máquinas no qual cada uma acessou uma *VI* do FBSIMU diferente. Em uma das máquinas, o usuário ficou executando um experimento de forma a não deixar a *VI* ociosa. Na outra, o usuário não executou nenhuma operação de forma a deixar a respectiva *VI* parada. Após dez minutos sem uso, o algoritmo de liberação (algoritmo detalhado no item 3.3.1.1.2.2 na página 75) foi executado. Como resultado, o arquivo *fbsimu.ini* foi modificado a fim de liberar o acesso a esta *VI* e, em seguida, a ação de “*Stop*” foi executada. A outra *VI*, onde o usuário estava executando suas tarefas, continuou funcionando normalmente.

4.1.2.2 Teste do controle relacionado à liberação da VI

Para executar este teste, um usuário acessou o sistema, executou o acesso ao FBSIMU e iniciou um experimento. Com a *VI* em modo “*Run*”, este usuário foi até a janela principal do sistema (navegador Web) e executou a operação de *log-out*. Neste

momento, o controle implementado na VI que estava sendo executada (algoritmo detalhado no item 3.3.1.1.2.1 na página 74) verificou que o usuário que estava usando tal VI saiu do sistema (*fbsimu.ini* indica isso) e a operação de “Stop” foi realizada.

4.1.3 Teste do controle realizado em PHP

Este controle está relacionado à operação de *log-out* do sistema. Sendo assim, este teste é o mais simples de todos. Usaram-se três máquinas e, a partir de cada uma, usuários diferentes acessaram o sistema. Para cada usuário, três acessos ao FBSIMU foram feitos sem que a operação de *log-out* fosse executada. Por fim, o *log-out* foi realizado e o arquivo *fbsimu.ini* foi modificado para liberar um futuro acesso à VI utilizada. Além disso, os arquivos *HTML* de acesso ao FBSIMU foram apagados (algoritmo detalhado no item 3.3.1.1.1 na página 71).

4.2 Teste Piloto

Este item descreve o teste piloto realizado a fim de validar esta ferramenta. O resultado esperado com a realização deste teste é verificar quais recursos não foram previstos para o funcionamento ideal do sistema, quais problemas poderiam surgir com sua utilização e, por fim, validar o modelo criado para permitir o acesso remoto ao FBSIMU por mais de um aluno de forma paralela, sem que um aluno interferisse no trabalho de outro.

4.2.1 Plano de teste executado

Para a realização de tal teste, um planejamento foi feito a fim de montar um cenário de teste mais próximo do uso real do portal.

A idéia foi configurar o sistema com cinco instâncias de VIs do FBSIMU para proporcionar o uso remoto simultâneo da ferramenta por cinco diferentes usuários.

Estes usuários fizeram o procedimento de acesso desde o início. Assim, cada usuário enviou um e-mail ao professor ou administrador pedindo o cadastramento no sistema. Com as cinco contas criadas, um e-mail de confirmação foi enviado para estes mesmos usuários. A próxima etapa foi o acesso de cada um destes usuários ao portal e, em seguida, o acesso à ferramenta FBSIMU. Nesta ferramenta, cada usuário realizou um experimento. As etapas deste experimento foram:

- Criação de um bloco PID
- Criação de um bloco AI
- Criação de um bloco AO
- Parametrização de todos os blocos
- Habilitação dos *logs*
- Conexão desses blocos
- Configuração do *schedule* da estratégia
- Link da estratégia montada com a planta simulada
- Execução do sistema criado

A planta utilizada é uma simulação implementada usando a linguagem G nativa do *LabView*. A figura 27 mostra a interface gráfica da VI que possui a implementação da planta. Esta interface possui um gráfico que ilustra o comportamento da saída da planta. Além disso, através dessa interface, o usuário pode modificar os parâmetros relacionados ao modelo da planta, e dessa maneira, diferentes modelos de plantas podem ser utilizados.

Figura 27 – Interface gráfica da VI da planta utilizada para a execução das simulações

A função transferência da planta representa um forno elétrico e foi obtida a partir de um algoritmo de identificação de sistemas. A descrição deste algoritmo foi apresentada em CUNHA (2004). O resultado desta identificação é a representação do sistema dinâmico na forma da equação diferença no modelo ARX (Modelo linear, auto-regressivo e com entrada externa) apresentada na equação 1:

$$y(k) = 1,9747y(k-1) - 0,9753y(k-2) + 1,542E-3u(k-1) + 3,085E-3u(k-2) + 1,542E-3u(k-3) \quad (1)$$

Assim, com a planta simulada disponível para uso, o aluno poderá criar uma estratégia de controle e realizar os testes. Na análise dos resultados deste trabalho, um bloco AI (*Analog Input*) é criado para receber o valor de saída (sensor da planta) e passá-lo para um bloco PID (*Proportional/Integral/Derivative*), que executa o algoritmo de controle. O PID repassa este valor para o bloco AO (*Analog Output*), que

informa para a planta a ação a ser tomada. A figura 28 mostra o modelo usado para o teste.

Figura 28 - Planta simulada usada para a execução do teste piloto

Ao fim de tal experimento, o usuário salvou cada uma das configurações dos blocos criados. Com os dados armazenados e o experimento realizado, o usuário fechou o painel remoto do FBSIMU e executou o *log-out* do sistema.

Para garantir que suas configurações foram armazenadas corretamente, este mesmo usuário acessou novamente o sistema e, em seguida, analisou o conteúdo dos links “FBSIMU Files” e “FBSIMU Logs”. A página da internet apresentada mostrou todos os arquivos criados e permitiu que o usuário apagasse ou fizesse o *download* de cada arquivo.

Por fim, um novo acesso remoto à ferramenta FBSIMU foi feito. Neste novo acesso, o usuário carregou os arquivos salvos no último acesso e modificou outras

informações. Concluindo o teste, no lugar de sair do sistema efetuando um *log-out*, o usuário saiu fechando o navegador Web.

4.2.2 Resultados do Teste

A parte inicial de cadastramento dos usuários foi feita e nenhum problema foi encontrado. Tal cadastro é oferecido pelo *Moodle* e já foi testado por milhões de usuários desse sistema, e, por isso, não é necessário preocupar-se em cadastrar um número maior de alunos (MOODLE, 2006).

Feito isso, os alunos acessaram o sistema e iniciaram o acesso ao FBSIMU. Neste momento, o sistema apresentou uma demora para retornar uma resposta. Isto foi causado pela instalação do *LabView Runtime Engine*. Se a máquina cliente não possui tal software instalado, a mesma executará o *download* automaticamente, e como o arquivo é grande (aproximadamente 87MB), o procedimento é demorado. Apesar de este problema ter acontecido, o *download* e instalação do *LabView Runtime Engine* poderiam ter sido feitos antes de se iniciar qualquer operação. Feita a instalação, o usuário passa a ter o acesso sem este problema. Quando o acesso é feito, observa-se na máquina servidora que o arquivo *fbsimu.ini*, responsável por armazenar informações sobre a relação de qual usuário está acessando uma determinada VI, foi alterado e que cada VI foi designada para um usuário diferente. A figura 29 mostra o arquivo no momento em que todos os usuários estavam acessando o FBSIMU remotamente. Além da modificação do *fbsimu.ini*, foram gerados todos os arquivos *HTML* necessários para permitir o acesso aos painéis remotos do FBSIMU e cada arquivo foi criado no respectivo diretório do usuário que fez o acesso.

```
[user1]
username = "aluno3"
vi = "vi1.vi"

[user2]
username = "aluno2"
vi = "vi2.vi"

[user3]
username = "aluno1"
vi = "vi3.vi"

[user4]
username = "aluno5"
vi = "vi4.vi"

[user5]
username = "aluno4"
vi = "vi5.vi"
```

Figura 29 - Arquivo *fbsimu.ini* com todas as *VI*s reservadas

O *LabView* oferece uma ferramenta que mostra todas as *VI*s que estão sendo acessadas remotamente em um determinado momento. Além disso, esta ferramenta mostra a relação de qual máquina está acessando uma determinada *VI*. A figura 30 mostra esta ferramenta no momento em que os cinco estudantes acessaram as *VI*s disponibilizadas no servidor.

Figura 30 - Gráfico do *LabView* com status dos acessos de cinco máquinas remotas

A partir daí, cada usuário iniciou o experimento proposto. Em todos os experimentos, as operações foram realizadas sem um comprometimento considerável da resposta do sistema. É válido salientar que quanto mais VIs liberadas para acesso remoto e quanto maior o número de acessos a estas VIs, maior o comprometimento da

performance do sistema, afinal, todos os comandos são executados apenas pelo processador da máquina servidora.

Considerando-se que foco da análise deste sistema não é a performance, um teste detalhado sobre esta questão não foi executado. O motivo foi que, dependendo da necessidade de mais instâncias, um servidor mais potente pode ser utilizado, e, por isso, a necessidade de um teste detalhado foi considerada inexistente. Apesar disso, um teste simples com 15 instâncias foi executado. Neste teste, todas as instâncias foram colocadas no modo “*Run*” do *LabView* porém nenhuma operação foi executada. Utilizando-se o gerenciador de tarefas do sistema operacional *Windows* (*Task Manager*), notou-se que o processo *LabView* utilizou aproximadamente 80% da capacidade da CPU do servidor e cerca de 200MB de memória. Além disso, cada instância ocupou um espaço de 50MB em disco. Para este teste, as configurações principais do computador usado como servidor foram: processador Pentium4 com frequência de 3,33GHz, 1GB de memória e disco rígido de 100GB.

Realizado o experimento, o próximo teste está relacionado ao salvamento das informações. Para cada usuário criado no sistema, um diretório é criado. Assim, os *logs* e os arquivos salvos no experimento devem ser armazenados nesses diretórios de forma transparente ao usuário. No teste piloto, este procedimento foi realizado de forma correta. Cada arquivo de *log* ou de configuração foi salvo no diretório do respectivo usuário que criou estes arquivos.

Para concluir a primeira etapa do teste piloto, todos os usuários executaram o *log-out* do sistema. No servidor, os comandos *PHP* relativos a ação em questão foram executados corretamente e todos os arquivos *HTML* de acesso ao FBSIMU e as relações criadas no arquivo *fbsimu.ini* foram apagados. A figura 31 mostra o conteúdo do arquivo *fbsimu.ini* após tal operação.

```
[user1]
username = ""
vi = "vi1.vi"

[user2]
username = ""
vi = "vi2.vi"

[user3]
username = ""
vi = "vi3.vi"

[user4]
username = ""
vi = "vi4.vi"

[user5]
username = ""
vi = "vi5.vi"
```

Figura 31 - Arquivo *fbsimu.ini* com todas as *VI*s liberadas

Sendo assim, todas as *VI*s estão livres para acesso novamente. A próxima etapa do teste está relacionada ao gerenciamento dos arquivos de *log* e de configuração relativos a cada usuário. Assim, cada usuário acessou os *sites* responsáveis por este gerenciamento e apagou alguns arquivos de *log* e de configuração. Além disso, estes usuários fizeram *download* de alguns destes arquivos. Como esperado, as modificações foram efetuadas no diretório correto (diretório respectivo ao usuário corrente).

Feitos todos os procedimentos descritos até agora, os usuários acessaram novamente a ferramenta FBSIMU de forma remota e carregaram as configurações salvas na primeira fase. Em todas as máquinas, estas informações foram carregadas corretamente e cada usuário executou novos procedimentos a partir das informações salvas na primeira etapa do teste.

O último teste refere-se ao tratamento dado pelo sistema quando um usuário sai do mesmo sem executar a operação de *log-out* (simplesmente fecha o navegador Web). Se o usuário em questão sair dessa maneira, o código *PHP* relativo ao

destravamento das *VI*s não será executado e, conseqüentemente, estas *VI*s ficarão travadas por um tempo indeterminado. É neste momento que aparece a utilidade principal da verificação relacionada ao tempo ocioso de uma dada *VI* (10 minutos). Passado este tempo, o código criado nas *VI*s do FBSIMU foi executado e o arquivo *fbsimu.ini* foi modificado a fim de liberar o acesso a tal *VI*.

Para finalizar, uma das *VI*s foi “abandonada” por um dos usuários, sem ser executada (*VI* em modo “*Stop*” e o algoritmo de liberação por tempo ocioso não é executado). Neste caso, o serviço implementado em *Java* para cuidar deste tipo de situação foi executado e liberou o acesso a esta *VI* 60 minutos após o último acesso do usuário em questão.

4.2.3 Conclusão do Teste

O teste funcionou para todos os casos de uso previstos de forma satisfatória. Entretanto, se o usuário usar o sistema corretamente (executando o *log-out* no momento de saída), o funcionamento do mesmo será mais efetivo. Caso o usuário saia do sistema de forma incorreta, as *VI*s poderão ficar bloqueadas desnecessariamente por um período que pode chegar a até 45 minutos (tempo máximo de uso de uma *VI* – este tempo é configurável).

Outro ponto importante a ser discutido está relacionado à performance do sistema. Notou-se que com 15 instâncias abertas em modo “*Run*”, o processamento do computador atingiu 80% de sua capacidade. Esta degradação da performance está relacionada à maneira com que o FBSIMU foi implementado e, assim sendo, algoritmos de otimização precisarão ser implementados a fim de atender um número maior de acessos paralelos.

Por fim, com o uso da planta simulada, foi possível ver a variação do valor de entrada e de saída da planta utilizada, e com isso, notou-se que os blocos PID, AI e AO funcionaram de maneira adequada para controlar o sistema, dando uma visão exata da variação das variáveis da planta.

5 Conclusões

Desde o início da criação dos protocolos fieldbus, existe um grande interesse em pesquisas sobre os diferentes aspectos e funcionalidades da tecnologia. Várias ferramentas didáticas de simulação foram criadas com o objetivo de facilitar estas pesquisas, como, por exemplo, o acesso a instrumentos reais para a realização de experimentos. Além do custo menor em relação ao uso desses instrumentos, uma vantagem das ferramentas de simulação é permitir que o aluno faça qualquer tipo de experimento sem restrições de segurança. Já no uso de instrumentos reais, tem-se a desvantagem de limitar o estudante a executar poucos tipos de experimentos para preservar sua segurança pessoal, a segurança dos dispositivos e até mesmo do laboratório. Apesar disso, o contato direto com dispositivos reais proporciona ao estudante uma experiência mais realista com equipamentos industriais. Entretanto, se o simulador for realista o suficiente, essa vantagem desaparece.

Com o grande crescimento da internet, acessos remotos poderiam ser disponibilizados oferecendo uma flexibilidade ainda maior aos usuários das ferramentas de simulação e até mesmo de sistemas com instrumentos reais.

Considerando-se o escopo da implementação do acesso remoto do FBSIMU, foi comprovado que é possível implementar um acesso via internet de maneira eficiente utilizando sistemas CMS (*Moodle*), voltados a oferecer uma estrutura padronizada para a construção de portais Web para ensino a distância. Usando o *Moodle*, ficou evidente a facilidade obtida na manutenção e adição de novas funcionalidades ou mesmo novos cursos ao sistema.

Através dos testes executados, foi comprovado que o funcionamento remoto de ferramentas desenvolvidas através da linguagem *G* do software *LabView* é possível, lembrando que ajustes (descritos no capítulo 3, página 49) precisaram ser feitos para garantir o funcionamento correto da mesma.

Deve-se lembrar que apesar das facilidades apresentadas por este tipo de ferramenta, o modelo usado neste trabalho gerou dificuldades devido à necessidade do uso de dois servidores Web (*Apache* para o *Moodle* e o servidor Web do *LabView* para a ferramenta *FBSIMU*). A dificuldade apareceu por causa da necessidade de validação de usuários (senha, permissão de acesso, etc.) integrada entre os dois servidores. Se uma nova ferramenta for adicionada e o servidor Web para acessá-la for o mesmo servidor usado pelo *Moodle* (*Apache*), estas dificuldades desaparecem, pois a validação é feita automaticamente pela estrutura já fornecida por este CMS.

Por fim, notou-se que o uso da metodologia de ensino a distância está bastante difundido e a sua efetividade já foi comprovada por autores como IRVINE et al. (1999), MORCOS et al. (2001) e DEMING (2001). Levando-se em conta este legado do ensino a distância (CMS, efetividade comprovada, etc.), a obtenção de resultados de sistemas deste modelo pode ser focada totalmente no funcionamento correto da ferramenta através da execução de testes.

5.1 Trabalhos Futuros

Como foi destacado neste trabalho, uma grande preocupação com a capacidade de extensão do portal *FBSIMU On-line* existiu em todos os momentos da implementação. Esta preocupação existiu porque um dos objetivos deste trabalho é disponibilizar, futuramente, o acesso remoto não apenas para o *FBSIMU*, mas também para outras ferramentas ou outros

curso no qual o aluno, após registrar-se no sistema, terá acesso a um acervo sempre crescente de materiais voltados para a área de automação.

Em trabalhos futuros, várias outras características, como a integração de novas plantas simuladas, provas *on-line*, novos simuladores de outros protocolos fieldbus, aulas remotas, etc, poderão ser acopladas a este portal fazendo com o que o acesso remoto ao FBSIMU se transforme apenas em uma das partes de um sistema *on-line* completo para a área de automação.

Além disso, a ferramenta FBSIMU propriamente dita tem um grande potencial para crescimento. Atualmente, esta ferramenta oferece apenas simulações relacionadas ao funcionamento dos blocos FOUNDATION Fieldbus. O crescimento desta ferramenta pode ir desde a criação de simulações de *devices* e de configuradores até a criação de simulações para outros protocolos fieldbus. Outro ponto importante a ser destacado para o melhoramento do FBSIMU é a implementação de algoritmos otimizados com o objetivo de melhorar a performance da ferramenta e permitir que mais instâncias sejam abertas e executadas de maneira paralela em uma única máquina.

Com o objetivo de evitar problemas de concorrência relacionados ao arquivo *fbssimu.ini* (detalhado no item 3.3.1, página 68), uma adaptação deste arquivo para um banco de dados faz parte de planos futuros sobre este sistema.

Por fim, outra possibilidade é a criação de acessos remotos a plantas reais também através deste portal. Neste caso, a restrição de segurança necessária limitaria a execução de alguns testes aos alunos possibilitando, entretanto, uma idéia mais real do funcionamento dos protocolos fieldbus.

Referências Bibliográficas

ABED (2006). Associação Brasileira de Educação a Distância. Disponível em: <http://www2.abed.org.br/noticia.asp?Noticia_ID=93>. Acesso em: 15 ago. 2006.

ADKINS, S.S. (2005). Wake-up call: open source LMS. In: LEARNING Circuits Glossary. (2006). Compiled by Kaplan-Leiserson E. E-Learning Glossary. Disponível em: <www.learningcircuits.org/glossary.html>. Acesso em: 11 ago. 2006.

AKTAN, B. et al. (1996). Distance learning applied to control engineering laboratories. **IEEE Transactions on Education**, New York, v.39, n.3, p.320-326, Aug.

APACHE HTTP SERVER PROJECT (2006). About. Disponível em: <http://httpd.apache.org/ABOUT_APACHE.html>. Acesso em: 14 fev. 2006.

APKARIAN, J.; DAWES, A. (2000). Interactive control education with virtual presence on the web. In: AMERICAN CONTROL CONFERENCE, 2000, Chicago. **Proceedings...** Chicago: AACC. v.6, p.3985-3990.

AVILAR (2006). **Avilar e-Learning**. Disponível em: <<http://www.avilar.com/services/quickstart.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

BERGE, J. (2002). **Fieldbus for process control**: engineering, operation, and maintenance. Research Triangle Park: ISA Books.

BING, D.; KECK-VOON, L.; HABIB MIR, M.H. (2004). Developing and implementing online laboratory for control engineering education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL, AUTOMATION, ROBOTICS & VISION, 5., 2004, Kunming, China. **Proceeding...** Kunming.

BLACKBOARD (2006). **Blackboard academic suite**. Disponível em: <<http://www.blackboard.com/us/>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

BRANDÃO, D. (2005). Ferramenta de simulação para projeto, avaliação e ensino de redes fieldbus. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

BUHLER, D. et al. (2000). The virtual automation lab-web based teaching of automation engineering concepts. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE AND WORKSHOP

ON THE ENGINEERING OF COMPUTER BASED SYSTEMS, 7., 2000, Edinburgh, Scotland. **Proceedings...** New York: IEEE. p.156-164.

BUTLER, M.; BLASHKI, K. (2003). Creating new distance learning environments from contemporary technologies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY: research and education, 2003, New Jersey. **Proceedings...** New York: IEEE. p.635-639.

CARSWELL, L. (1998). The 'Virtual University': toward an internet paradigm?. **ACM SIGCSE BULLETIN**, New York, v.30, n.3, p.46-50.

CASINI, M.; PRATTICHIZZO, D.; VICINO, A. (2003). E-learning by remote laboratories: a new tool for control education. In: IFAC SYMPOSIUM ON ADVANCES IN CONTROL EDUCATION, 6., 2003, Oulu. **Proceedings...** Finland. University of Oulu. p.95-1000.

CASTRO, M. et al. (2001). Multimedia design and development for distance teaching of electronics Frontiers. In: ANNUAL FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 31., 2001, Reno. **Proceedings...** New York: IEEE. v.2, p.F3F-13-18.

_____. (2001). Examples of distance learning projects in the european community. **IEEE Transactions on Education**, New York, v.434, n.4, p.406-411, Nov.

CHAN C. C., KWAN R. E CHAN S. F. J. (2002). Learning Control Systems on the Web. *International Conference on Computers in Education (ICCE'02)* pp.894-895

CISAER (2006). **Courses on the internet: survey, analysis, evaluation, recommendation.** Disponível em: <<http://home.nettskolen.nki.no/%7Emorten/cisaer/>>. Acesso em: 11 ago. 2006.

COHEN, M.S.; ELLIS T.J. (2001). Teaching technology in an online, distance education environment. In: ANNUAL FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 31., 2001, Reno. **Proceedings...** New York: IEEE. T1F-1-T1F-6.

COPINGA, G.J.C. et al. (2001). A web-based study support environment for systems and control courses. In: AMERICAN CONTROL CONFERENCE, 2001, Arlington. **Proceedings...** Arlington: IEEE. v.2, p.1155-1160.

COSTAS, R. (2006). Já vale a pena fazer pós a distância. **Veja**, São Paulo, ano 39, n.1943, p.94-95, fev.

CUNHA, M. J. (2004) Desenvolvimento e implementação de uma ferramenta computacional aplicada no processo de identificação de sistemas em ambientes Fieldbus Foundation. 81p. Dissertação (Mestrado) . Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2004.

DALL'OGGIO, P. (2004). **PHP-GTK**: criando aplicações gráficas com PHP. São Paulo: Novatec.

DANIELS, M., DAVIES, G., GAL-EZER, J., PETRE, M., & TEAGUE, J. (1997). Teaching Computing at a Distance. Presentation at the IEEE Frontiers in Education 1997 Conference: Teaching and Learning in an Era of Change, Pittsburgh.

DEMING, L.H. (2001). The rhetoric of distance learning. In: IEEE INTERNATIONAL PROFESSIONAL COMMUNICATION CONFERENCE, 2001, Santa Fe, NM. **Proceedings...** New York: IEEE. p.305-311.

EASYPHP (2006). **Apache | MySQL | PHP | PhpAdmin**. Disponível em: <<http://www.easyphp.org/>>. Acesso em: 14 fev. 2006.

EBERHARDT, R. (1998). An interactive multimedia distance learning system using distributed-object computing technology. In: IEEE GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE, 1998, Sydney. **The Bridge to Global Integration**. New York: IEEE. v.3, p.1568-1573.

EDUTOOLS (2006). **EduTools Homepage**. Disponível em: < <http://www.edutools.com>>. Acesso em: 26 Jun. 2006.

EXEL, M. et al. (2000). Simulation workshop and remote laboratory: two web-based training approaches for control. In: AMERICAN CONTROL CONFERENCE, 2000, Chicago. **Proceedings...** Chicago: AACC. v.5, p.3468-3472.

FIELDBUS CENTER (2006). **Foundation fieldbus**. Disponível em: <<http://www.knowthebus.org/fieldbus/foundation.asp>>. Acesso em: 14 fev. 2006.

FIELDBUS FOUNDATION (1999a). **FF-800-1.4**: foundation specification system architecture. Austin.

_____. (1999b). **FF-890-1.3**: foundation specification function block application process, part 1. Austin.

FIELD BUS FOUNDATION ONLINE (2006). Disponível em:
<<http://www.fieldbus.org/About/>>. Acesso em: 21 jun. 2006.

FREE SOFTWARE FOUNDATION (2006). Disponível em: <<https://www.fsf.org/>>.
Acesso em: 21 jun. 2006.

GAL-EZER, J. et al. (1997). Teaching computing at a distance. In: ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 1997, Pittsburgh. **Proceedings...** New York: IEEE. Session F4D, panel.

HALL, B. (2001). Getting Up to Speed on Learning Management Systems. Sunnyvale: Brandon Hall.

HECH, B.S.; POINDEXTER, S.E.; GARCIA, R.C. (2000). Integrating the web into traditional teaching methods. In: AMERICAN CONTROL CONFERENCE, 2000, Chicago. **Proceedings...** Chicago: AACC. v.5, p.3444-3448.

HPAC ENGINEERING (2006). **Networked controls fundamentals**. Disponível em:
<http://www.hpac.com/microsites/networkedcontrols/newmanf_0105.htm>. Acesso em: 14 fev. 2006.

IBM LOTUS LEARNING (2006). **IBM lotus learning management system**. Disponível em: <<http://www.ibm.com/developerworks/lotus/products/elearning/>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

ILLYEFALVI-VITEZ, Z. et al. (2005). Analysis of distance learning courses offered by the EuroTraining course directory. In: ELECTRONIC COMPONENTS AND TECHNOLOGY CONFERENCE, 55. 2005, Lake Buena Vista, USA. **Proceedings...** New York: IEEE. v.2, p.1909-1915.

IMBRIE, P.K.; RAGHAVAN, S. (2005). Work in progress - a remote e-laboratory for student investigation, manipulation and learning. In: ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 35., 2005, Indianapolis. **Proceedings...** New York: IEEE. p.TR2C-7-T2C-8.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (1994). ISO/IEC 7498-1: Information technology – open systems interconnection – basic reference model: the basic model. Suíça. CD-ROM.

INTRALEARN (2006). **Intralearn suite of e-learning applications**. Disponível em: <<http://www.intralearn.com/default.asp>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

IRVINE, S.E.; HEIN, T.L.; LAUGHLIN, D. (1999). Different degrees of distance: the impact of the technology-based instructional environment on student learning. In: ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 29., 1999, San Juan. **Proceedings...** New York: IEEE. p.13c-7-13c-12.

JONES, D. (1996). Computing by distance education: problems and solutions. In: ANNUAL JOINT CONFERENCE INTEGRATING TECHNOLOGY INTO COMPUTER SCIENCE EDUCATION, 1996, Barcelona. **Proceedings...** New York: ACM. p.139-146.

KEEGAN, D.; SEWART, D.; HOLMBERG, B. (1988). On defining distance education. **Distance Education**, Toowoomba, v.1, n.2, p.13-36.

KO, C.C. et al. (2001). Development of a web-based laboratory for control experiments on a coupled tank apparatus. **IEEE Transactions on Education**, New York, v.44, n.1, p.76-86, Feb.

KOVACIC, B.; SKOCIR, Z. (2003). Development of distance learning system based on dialogue. In: ISA/IEEE REGION 8 – EUROCON 2003: computer as a tool, 2003, Ljubljana. **Proceedings...** New York: IEEE. v.1, p.224-228.

LAWHEAD, P.B. et al. (1997). The web and distance learning: what is appropriate and what is not. In: ANNUAL JOINT CONFERENCE INTEGRATING TECHNOLOGY INTO COMPUTER SCIENCE EDUCATION, 1997, Uppsda. **Proceedings...** New York: ACM. p.27-37. Supplement.

LEARNING Circuits Glossary. (2006). Compiled by Kaplan-Leiserson E. E-Learning Glossary. Disponível em: <www.learningcircuits.org/glossary.html>. Acesso em: 11 ago. 2006.

LIU S., SOELAEMAN H. E LEUNG P. (1999). Distance Learning Power Engineering Laboratory. *Submitted to IEEE Computer Applications in Power*.

MAIA, C. (2002). **Universia Brasil** - ferramentas aliadas. Disponível em: <<http://www.universia.com.br/materia/materia.jsp?materia=970>>. Acesso em: 15 jun. 2006.

MOODLE (2006). **A Free, Open Source Course Management System for Online Learning**. Disponível em: <<http://www.moodle.org/>>. Acesso em: 15 ago. 2006.

MORCOS, M.M.; SOLDAN, D.L. (2001). Supporting distance engineering education is greatly needed. In: LARGE ENGINEERING SYSTEMS CONFERENCE ON POWER ENGINEERING, 2001, Halifax. **Proceedings...** New York: IEEE. p.69-72.

MYSQL AB (2006). **The world's most popular open source database**. Disponível em: <<http://www.mysql.com/>>. Acesso em: 15 ago. 2006.

NETCRAFT (2006). **Web Server Survey**. Disponível em: <<http://news.netcraft.com/>>. Acesso em: 15 ago. 2006.

NG, S.C. et al. (1999). Learn@Net: an integrated multimedia system for distance learning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND MULTIMEDIA APPLICATIONS, 3., 1999, New York. **Proceedings...** New York: IEEE. p.479-483.

OPEN TEXT CORPORATION (2006). **FirstClass division**. Disponível em: <<http://www.centrinity.com/>>. Acesso em: 22 fev. 2006.

PAHWA, A. et al. (2005). Distance learning for power professionals: virtual classrooms allow students flexibility in location and time. **IEEE Power and Energy Magazine**, New York, v.3, n.1, p.53-58, Jan./Feb.

PASCHOAL JÚNIOR, F. **Desenvolvimento de um weblab para experimentos remotos em fotônica integrado a um ambiente virtual de ensino-aprendizagem**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Presbiteriana Mackenzie.

PAULSEN, M.F. (2003). **Online education and learning management systems-global e-learning in a scandinavian perspective**. Disponível em: <<http://www.studymmentor.com/studymmentor/>>. Acesso em: 10 set. 2006.

PHP GROUP (2006). Disponível em: <<http://www.php.net/>>. Acesso em: 14 fev. 2006.

PINOTTI JÚNIOR, M.; BRANDÃO, D. (2001). Projecting and integrating fieldbus foundation function blocks. In: ISA/IEEE CONFERENCE SENSOR FOR INDUSTRY, 2001, Rosemont. **Proceedings...** New York: IEEE. CD-ROM.

- POINDEXTER, S.E.; HECK, B.S. (1999). Using the web in your courses: what can you do? What should you do?. **IEEE Control System Magazine**, New York, v.19, n.1, p.83-92, Feb.
- QINGCANG, Y.U.; CHEN, B.; CHENG, H.H. (2004). Web based control system design and analysis. **IEEE Control Systems Magazine**, New York, v.24, n.3, p.45-57, June.
- SÁNCHEZ, J. et al. (2002). Virtual control lab using Java and Matlab: a qualitative approach. **IEEE Control Systems Magazine**, New York, v.22, n.2, p.8-20, Apr.
- SCHMID, C.; ALI, A. (2000). A web-based system for control engineering education. In: AMERICAN CONTROL CONFERENCE, 2000, Chicago. **Proceedings...** Chicago: AACC. p.3463-3990.
- SELLAMI, H.M. (2005). Some difficulties in distance learning in developing countries. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, 6., 2006, Kerkrade. **Proceedings...** New York: IEEE. p.133-135.
- SHIH, T.K.; LIN, N.H.; CHANG, H.P. (2003). An intelligent e-learning system with authoring and assessment mechanism. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INFORMATION NETWORKING AND APPLICATIONS, 17., 2003, Xi'an, China. **Proceedings...** New York: IEEE. p.782-787.
- SIDDIQUI, K.J.; ZUBAIRI, J.A. (2000). Distance learning using web-based multimedia environment. In: ACADEMIA/ INDUSTRY WORKING CONFERENCE ON RESEARCH CHALLENGES, 2000, Buffalo. **Proceedings...** New Yor: IEEE. p.325-330.
- SITE GROUND (2006). **Drupal tutorial**. Disponível em: <<http://www.siteground.com/tutorials/drupal-tutorial/>>. Acesso em: 14 fev. 2006.
- SPANIAS, A. et al. (2000). Development and evaluation of a web-based signal and speech processing laboratory for distance learning. In: IEEE INTERNATIONAL ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL, 2000, Istanbul. **Proceedings...** New York: IEEE. v.6, p.3534-3537.
- TAYLOR, K.D.; HONCHELL, J.W.; DEWITT, W.E. (1996). Distance learning in courses with a laboratory. In: ANNUAL CONFERENCE OF FRONTIERS IN EDUCATION, 26., 1996, Salt Lake City. **Proceedings...** New York: IEEE. v.1, p.44-46.
- TELEDUC (2006). **Ambiente de ensino a distância**. Disponível em: <<http://hera.nied.unicamp.br/teleduc/>>. Acesso em: 14 fev. 2006.

THOMESSE, J.P. (2005). Fieldbus technology in industrial automation. **Proceedings of IEEE**, New York, v.93, n.6, p.1073-1101, June.

TIPSUWAN, Y. E CHOW, M. (2003). Control methodologies in networked controle systems. *Control Engineering Practice*, pp.1099-1111.

TOOLBOOK BY SUMTOTAL (2006). **The leading authoring for developing efficient e-learnig**. Disponível em: <<http://www.toolbook.com/>>. Acesso em: 14 fev. 2006.

TSANG, H.W.; HUNG, L.M.; NG, S.C. (1999). A multimedia distance learning system on the internet. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, 1999, Tokyo. **Proceedings...** New York: IEEE. v.2, p.243-246.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Centro de Computação Eletrônica (2006). **Serviços:** apoio ao ensino. Disponível em: <<http://www.usp.br/cce/serviços/ensino.php?source=213&PHPSESSID=3cdcfca72352b3188acfaec135cd0120>>. Acesso em: 30 fev. 2006.

VIDEIMA, G.; DANCY, I.; LUNDBERG, K. (2005). A web-based linear-systems iLab. In: AMERICAN CONTROL CONFERENCE, 2005, Natal. **Proceedings...** Portland: [S.l.].

WEBCT (2006). **WebCT e-Learning system**. Disponível em: <<http://www.webct.com/entrypage>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

ZHANG, Y. (1999). **Web database step-by-step guide**. Disponível em: <<http://www.mmgtu-sofia.bg/ebooks/PHP-ASP-webdatabase-guide.pdf#search=%22Web%20database%20step-by-step%20guide%22>>. Acesso em: 14 set. 2006.

ZEILMANN, R.P. et al. (2003). Web-based control experiments on a FOUNDATION Fieldbus pilot plant. In: IFAC INTERNATIONAL CONFERENCE ON FIELDBUS AND THEIR APPLICATIONS, 5., 2003, Aveiro. **Proceedings...** Oxford: Elsevier. p.323-328.

ANEXO A – Descrição detalhada do FBSIMU

Antes de entrar em detalhes de como o FBSIMU foi desenvolvido e quais as bibliotecas de trabalho o mesmo possui, uma breve descrição relacionada ao funcionamento dos blocos do FOUNDATION fieldbus é feita.

As informações deste anexo foram retiradas de BRANDÃO (2005).

Bloco Funcional

A norma do protocolo FOUNDATION fieldbus descreve conjuntos de blocos funcionais padrão básicos, avançados, de múltiplo I/O e um bloco funcional flexível. (Tais conjuntos são listados no quadro a seguir, bem como os parâmetros universais utilizados nos blocos funcionais e uma classificação de blocos funcionais segundo o tipo de função que executam). Tal descrição é apresentada na norma de modo a permitir a extensão de definições na medida em que novos requisitos se façam necessários com o avanço da tecnologia de instrumentação e de controle de processos.

Blocos Funcionais Básicos	Blocos Funcionais Avançados	Blocos Funcionais de Múltiplo I/O	Bloco Funcional Flexível
AI - Entrada analógica	DC - Controle de dispositivo	MDI - Entradas digitais múltiplas	FFB – Bloco Funcional Flexível
DI - Entrada discreta	OS - Divisor de saída	MDO - Saídas digitais múltiplas	
AO - Saída analógica	SC - Caracterizador de sinais	MAI - Entradas analógicas múltiplas	
DO - Saída discreta	LL - Lead lag	MAO - Saídas analógicas múltiplas	
ML - Carregador manual	DT - Deadtime		
BG - Bias / Ganho	IT - Integrador (Totalizador)		
CS – Seletor de controle	SPG - Gerador de rampa de referência		
PD - Controlador proporcional derivativo	ISEL - Seletor de entradas		
PID - Controlador proporcional	AR - Aritmético		

integral derivativo

RA - Controle de relação

TMR - Timer

AALM - Alarme

analógico

Conjuntos de blocos funcionais normalizados

Conforme citado anteriormente, o bloco funcional ou *function block* (FB) é uma função de automação básica realizada por uma aplicação, projetado de modo a torná-lo independente do meio físico e da estrutura da rede. Os blocos funcionais processam parâmetros de entrada em função da sua configuração e assim geram saídas que serão utilizadas por outros blocos. A norma os classifica em:

- Blocos de Entrada: acessam medidas físicas através da comunicação com blocos transdutores de entrada por meio de canais. Estas medidas são então convertidas, linearizadas e disponibilizadas para outros blocos funcionais através dos parâmetros de saída;
- Blocos de Saída: acionam blocos transdutores de saída pelos canais a partir de um valor recebido pelos *links* com outros blocos nos seus parâmetros de entrada;
- Blocos de controle: realizam cálculos com parâmetros de blocos de entrada e enviam parâmetros para outros blocos de controle ou para blocos de saída;
- Blocos de Cálculo: realizam cálculos matemáticos sobre parâmetros de entrada, gerando parâmetros de saída.

O modelo representado na figura a seguir é definido por norma para representar um bloco funcional.

Representação da atividade de blocos funcionais
Fonte: Norma Fieldbus Foundation

Com referência na figura, os valores dos parâmetros de entrada são coletados de outros blocos funcionais e retidos pelo bloco em questão assim que sua execução é iniciada. Este processo garante que os parâmetros de entrada tenham coerência temporal e que não sejam alterados durante a execução do bloco funcional por fontes externas. Caso novos parâmetros de entrada sejam recebidos após este momento inicial, eles não serão utilizados durante a execução em processo no bloco.

No momento em que os parâmetros de entrada são retidos, a execução do bloco funcional tem início. O algoritmo do bloco operando então sobre os parâmetros de entrada produz parâmetros de saída. A execução do algoritmo é controlada por uma série de parâmetros "*contained*", ou internos, os quais não podem ser transmitidos entre blocos funcionais como parâmetros de entrada e de saída, mas podem ser acessados e modificados remotamente. Alguns eventos externos, da mesma forma, podem afetar a execução do algoritmo.

Após o término da execução do algoritmo, os dados internos do bloco são salvos para serem utilizados na próxima execução, e os parâmetros de saída são disponibilizados para outros blocos funcionais.

Além dos parâmetros que podem ser acessados pela rede, existem variáveis internas que não podem ser acessadas por nenhuma estrutura ou função externa, como o algoritmo interno do bloco funcional, sendo suas especificações definidas pelo próprio fabricante, já que não existe orientação a este respeito na norma.

Em cada uma de suas instâncias, um bloco funcional é identificado por seu tipo e por um nível de revisão, ou versão. Com estas especificações é possível identificar seu conjunto de parâmetros e as características de execução de seu algoritmo.

A execução de um bloco funcional se dá em resposta a um evento, o qual pode ter diversas naturezas:

- Escalonado: no qual a taxa de execução do bloco funcional é definida segundo uma tabela de agendamento. (O instante em que cada bloco funcional tem sua execução iniciada é definido nesta tabela);
- Término da execução de outro bloco: quando o início da execução de um bloco funcional pode estar atrelado ao término da execução de outro bloco funcional pertencente ao mesmo dispositivo;
- Específico do fabricante.

A interoperação de blocos funcionais se dá pelo estabelecimento de uma ligação lógica entre um parâmetro de saída de um bloco e um parâmetro de entrada de outro bloco. Tal ligação pode ser estabelecida local, entre blocos de um mesmo dispositivo, ou remotamente, entre blocos de dispositivos distintos.

A capacidade de interconexão entre blocos aliada a um plano temporal de sequência de execução de cada bloco em seu respectivo dispositivo permite a configuração de malhas de controle distribuídas em tempo real nos dispositivos sincronizados de uma rede fieldbus, como representa a figura a seguir.

Malha de controle distribuída

Quando todos os blocos funcionais de uma malha de controle são executados e são efetuadas todas as interconexões estabelecidas entre eles, a malha de controle é completamente executada.

Parâmetros de configuração

Cada parâmetro, variável ou variáveis que controla(m) e regula(m) a operação de um bloco funcional, é caracterizado por:

- Nome ou mnemônico;
- Tipo de dado: a norma Fieldbus Foundation especifica um conjunto de tipos padrão de dados indexados para parâmetros de blocos funcionais. Cada parâmetro pode ser do tipo variável simples ou do tipo estrutura de dado, nos casos em que reúne duas ou mais variáveis simples. O quadro a seguir lista os tipos de dados da norma:

Índice	Tipo	Nome
1	Variável simples	Booleano
2	Variável simples	Inteiro (8)
3	Variável simples	Inteiro (16)
4	Variável simples	Inteiro (32)
5	Variável simples	<i>Unsigned</i> (8)
6	Variável simples	<i>Unsigned</i> (16)
7	Variável simples	<i>Unsigned</i> (32)
8	Variável simples	Ponto flutuante
9	Variável simples	<i>String</i> visível
10	Variável simples	<i>String</i> de octetos
11	Variável simples	Data

12	Variável simples	Horário do dia
13	Variável simples	Diferença de horário
14	Variável simples	<i>String</i> de bits
21	Variável simples	Valor de tempo
64	Estrutura	Bloco
65	Estrutura	Valor & Status – Ponto flutuante
66	Estrutura	Valor & Status – Discreto
67	Estrutura	Valor & Status – <i>String</i> de bits
68	Estrutura	Escala
69	Estrutura	Modo
70	Estrutura	Permissão de Acesso
71	Estrutura	Alarme – Ponto Flutuante
72	Estrutura	Alarme – Discreto
73	Estrutura	Evento – Atualização
74	Estrutura	Alarme – Sumário
75	Estrutura	Alerta – Analógico
76	Estrutura	Alerta – Discreto
77	Estrutura	Alerta – Atualização
78	Estrutura	Tendência – Ponto flutuante
79	Estrutura	Tendência – Discreto
80	Estrutura	Tendência – <i>String</i> de bits
81	Estrutura	FB <i>Link</i>
82	Estrutura	Simulação – Ponto flutuante
83	Estrutura	Simulação – Discreto
84	Estrutura	Simulação – <i>String</i> de bits
85	Estrutura	Teste
86	Estrutura	Ação – Instanciação e apagamento

Tipos de dados Fieldbus Foundation

Fonte: Norma Fieldbus Foundation

- Tipo de uso: parâmetros de entrada, de saída ou internos;

- Modo de armazenamento: dinâmico, estático e não-volátil;

Parâmetros dinâmicos são aqueles calculados pelo algoritmo do bloco, logo não precisam ser recuperados após uma falha por queda de energia, por exemplo.

Parâmetros estáticos são os dados configurados que precisam ser salvos em memória não-volátil no caso de uma falha por queda de energia. Normalmente os parâmetros estáticos

são periodicamente verificados pelo configurador e eventualmente atualizados pelo mesmo. Para auxiliar na tarefa de monitorar os parâmetros estáticos, um parâmetro numérico denominado *ST_REV* (revisão estática) é incrementado e um evento é gerado sempre que um parâmetro estático for modificado.

Os parâmetros não voláteis são aqueles constantemente atualizados e que devem ser salvos em razão do risco de queda de energia do equipamento. Por estes parâmetros apresentarem constantes modificações, não são verificados por configuradores, como no caso dos parâmetros estáticos.

- Tamanho, em bits;
- Faixa válida: conjunto de possíveis valores que o parâmetro pode assumir;
- Valor inicial;
- Direção: no caso de parâmetros de entrada e de saída, a direção indica se o parâmetro é enviado em *links* no sentido direto ou contrário ao fluxo à malha de controle;
- Unidade, de engenharia;
- Permissão: regras que definem quais dispositivos externos podem modificar cada parâmetro;
- Modo: modos de operação do bloco funcional nos quais o parâmetro pode ser modificado.

Vinculado aos parâmetros de entrada e saída há um byte de status que se encarrega de indicar a qualidade do valor da variável. Este status é composto por três partes: qualidade, *sub-status* e limite. A informação de qualidade pode ser:

- *Good (Cascade)* – quando o dado é confiável e pode ser utilizado em malhas de controle do tipo cascata, aquelas na quais o *Setpoint* é remoto;

- *Good (Non-Cascade)* – quando a qualidade do dado é boa, porém o bloco não pode fazer parte de uma estrutura cascata.;
- *Uncertain* – neste caso, a qualidade do dado é duvidosa, pode ter ocorrido erro na aquisição ou em cálculos;
- *Bad* – quando o dado não é válido e não deve ser utilizado.

A figura a seguir mostra a composição do byte de status.

Composição do byte de status

O *sub-status* é uma informação complementar à da qualidade. É utilizada em alarmes e no início ou finalização de malhas de controle de tipo cascata. O limite informa se o valor é limitado ou não, ou seja, se este foi restringido por extrapolar valores pré-determinados.

A execução do algoritmo do bloco depende de vários fatores, entre eles, de eventos externos e dos valores e *status* dos parâmetros de entrada e de configuração. Em função destas variáveis, o bloco pode executar seu algoritmo em diferentes modos. Cada modo de execução do bloco impõe características ao algoritmo que influem nas saídas e nos *status*. A seguir estão descritos os oito modos possíveis de operação dos blocos funcionais:

- *Out of Service* (OOS): o algoritmo do bloco não é executado;
- *Initialization Manual* (Iman): o algoritmo não é executado e as saídas do bloco seguem um parâmetro externo vindo do bloco que está ligado em sequência no fluxo direto;
- *Local Override* (LO): as saídas do bloco de controle seguem um parâmetro externo. Este modo é executado em situações de falha;

- *Manual (Man)*: As saídas do bloco não são calculadas, o operador é quem as configura;
- *Automatic (Auto)*: o algoritmo é executado normalmente e está calculando as saídas;
- *Cascade (Cas)*: o *setpoint* vem de outro bloco por um *link*, desta forma o operador não pode atuar diretamente sobre ele;
- *Remote Cascade (Rcas)*: o *setpoint* vem por um link de outra aplicação de controle remota em um dispositivo de interface;
- *Remote-Output (Rout)*: as saídas do bloco funcional são modificadas por uma outra aplicação de controle remota em um dispositivo de interface.

O parâmetro *MODE_BLK* indica e controla o modo de operação dos blocos funcionais. Este parâmetro é do tipo estrutura, composto por quatro elementos:

- *Target*: é o modo de operação almejado. Normalmente o *target* é definido pelo operador;
- *Actual*: é o modo em que o bloco está sendo executado efetivamente.
- *Permitted*: são os possíveis modos de operação que o bloco pode apresentar;
- *Normal*: lista os modos normais de operação do bloco dentre aqueles listados no *permitted*. Serve para indicar ao operador o momento da seleção do *target*.

Bloco Transdutor

Os blocos transdutores são blocos funcionais que ficam entre os blocos de I/O e o hardware de I/O. São, portanto, encarregados de transformar sinais físicos em variáveis e vice-versa. Eles isolam os blocos funcionais dos dispositivos e hardware específicos de I/O como sensores, atuadores e chaves de cada dispositivo. Seus algoritmos internos controlam os dispositivos de I/O e apresentam uma interface padronizada para os blocos funcionais,

realizam também funções como calibração, filtragem de sinais e conversão de dados. Os blocos transdutores seguem definições da norma que os agrupam em “comuns” ou “*profiles*”, embora também possam ser de um tipo particular definido pelo fabricante.

A comunicação entre blocos transdutores e blocos funcionais de entrada ou de saída é realizada através de canais, mapeados em parâmetros CHANNEL, sendo que um bloco transdutor pode ter vários canais. Uma vantagem deste isolamento do bloco funcional em relação ao *hardware* é a possibilidade da execução inexaurível do bloco transdutor no processamento de um dado de boa qualidade sem o prejuízo de sobrecarregar os blocos funcionais.

Os blocos transdutores são classificados em três tipos:

- *Input* – os que realizam a interface com sensores;
- *Output* - os que realizam a interface com atuadores ou dispositivos de saída;
- *Display* – aqueles que operam dispositivos de interface locais.

Os blocos transdutores não possuem parâmetros de entrada e de saída e sua execução não é comandada por escalonamento, mas definida pelo fabricante.

Bloco de Recurso

As características de *hardware* do dispositivo estão descritas nos parâmetros de configuração de um bloco de recurso. Tal qualidade desatrela os blocos funcionais das características de *hardware* dos dispositivos.

O algoritmo do bloco de recurso é utilizado para monitorar o estado de operação do hardware e indicar possíveis alarmes neste aspecto.

A execução do bloco de recurso, assim como a do bloco transdutor, não é escalonada, portanto este bloco não possui parâmetros de entrada ou de saída. Tal execução segue regras que são definidas pelo fabricante.

FBSIMU

Uma rede industrial de instrumentos de campo é composta por diversos elementos, como estações de controle, estações de supervisão, sensores, atuadores e fontes. Tais instrumentos são conectados por um canal de comunicação serial e digital, no qual um protocolo de comunicação específico é utilizado para troca de dados e de variáveis, possibilitando, assim, a comunicação dos dispositivos com o objetivo de realizar uma tarefa de controle e de supervisão de um determinado processo ou equipamento industrial.

Este tipo de sistema de controle pode ser classificado como digital distribuído, pois, além de ser baseado em instrumentos digitais microprocessados, todo o processamento das tarefas é distribuído entre diversos dispositivos ou transmissores dotados de capacidade de processamento digital de dados.

O FBSIMU, Fieldbus Foundation Function Block Simulator, é uma plataforma de desenvolvimento e simulação de redes fieldbus com foco na camada de aplicação de blocos funcionais de estrutura modular e escalonável, composto somente por *software*. Cada módulo ou unidade de *software* do FBSIMU simula um elemento ou estrutura de um fieldbus real.

O FBSIMU foi concebido e programado baseando-se nas especificações da Foundation Fieldbus e foi desenvolvido no ambiente LabView através da linguagem de programação gráfica G, nativa deste ambiente.

O quadro da figura 34 relaciona os módulos que constituem a plataforma do FBSIMU desenvolvido:

Módulo	Tipo de Módulo	Função
<i>BasicBlock</i>	Biblioteca de funções	Biblioteca de funções normalizadas componentes de blocos funcionais.
<i>BasicOp</i>	Biblioteca de funções	Biblioteca de funções e operações lógicas e matemáticas utilizadas em algoritmos característicos dos blocos funcionais.
<i>Plant</i>	Módulo Principal	Módulo que simula a dinâmica do processo a ser controlado seja este monovariável ou multivariável.
<i>ProcessBlock</i>	Módulo Secundário	Módulo que simula um bloco funcional destinado a ser operado remotamente
<i>StandAloneBlock</i>	Módulo Principal	Módulo que simula um bloco funcional isoladamente, com interface de programação e de operação.
<i>AnalyseFFData</i>	Módulo Principal	Módulo que analisa a comunicação em um barramento de dados de uma rede fieldbus real
<i>FBSIMUConf</i>	Módulo Principal	Módulo de interface de configuração remota (via comunicação) para módulos <i>ProcessBlock</i> .

Módulos do software FBSIMU

Os módulos listados são classificados como principais, secundários ou como biblioteca de funções.

Cada módulo classificado como principal, embora possa ser operado independentemente, tem a possibilidade de se comunicar com outros módulos. Os módulos *ProcessBlock* são classificados como secundários por operarem como sub-programas de módulos principais, não podendo ser operados independentemente.

As bibliotecas de funções do FBSIMU são conjuntos de rotinas de funções correlatas freqüentemente utilizadas na construção de módulos principais e secundários. As funções das bibliotecas foram especialmente desenvolvidas para a construção do simulador e simulam as tarefas típicas de uma rede de campo Foundation Fieldbus.

A seguir, a descrição de cada módulo que compõe a plataforma.

Biblioteca BasicOp

BasicOp (operações básicas) foi elaborada como uma biblioteca de funções elementares de processamento e tratamento de dados utilizados em tarefas de malhas de controle, blocos funcionais ou monitoramento de parâmetros típicas de um sistema Foundation Fieldbus.

Cada função da biblioteca constitui um VI (*Virtual Instrument*), arquivo de programa na linguagem G do LabView, com variáveis de entrada e de saída que podem ser incluídas em qualquer módulo da plataforma FBSIMU na forma de uma Sub-VI, ou seja, um subprograma, ou uma função.

O quadro da figura a seguir lista as funções que compõem a biblioteca *BasicOp*:

Funções	
<i>ArrayOp</i>	<i>GrantDeny</i>
<i>BitStringByteToEnum</i>	<i>InStatus</i>
<i>BitStringByteToListbox</i>	<i>LaunchDSServer</i>
<i>BlockExecMonit</i>	<i>ListboxToBitstringByte</i>
<i>BlockMonitOtherStatic</i>	<i>OutStatus</i>
<i>BlockViewDesc</i>	<i>ReadLog</i>
<i>CascadeInit</i>	<i>SelectFrom2DTable</i>
<i>ConfigDataForConf</i>	<i>SelectFrom2DTablePopup</i>
<i>EditBooleanPopup</i>	<i>SelectFromEnumPopup</i>
<i>EditFloatPopup</i>	<i>SelectFromTableFBlockPopup</i>
<i>EditIntegerPopup</i>	<i>SelectFromTablePopup</i>
<i>EditLinkReleaseTimePopup</i>	<i>SelectLinkPopup</i>
<i>EditMacrocyclePopup</i>	<i>ShutdownDSServer</i>
<i>EditReleaseTimePopoup</i>	<i>StatusPropagation</i>
<i>EditScheduleTablePopup</i>	<i>StRev&UpEvtActionNumber</i>
<i>EditStringPopup</i>	<i>StRev&UpEvtActionString</i>
<i>EditTagPopup</i>	<i>ViewElementBuildDecimal</i>
<i>EditUnsignedPopup</i>	<i>ViewElementBuildEnum</i>
<i>Enumandler</i>	<i>ViewElementBuildFractional</i>
<i>EnumToBitstringByte</i>	<i>ViewElementBuildString</i>

Funções da biblioteca *BasicOp*

Biblioteca BasicBlock

Esta biblioteca contém funções que constituem os elementos de processamento dos blocos funcionais, segundo a representação esquemática da norma Fieldbus

Foundation. São funções de nível de programação mais alto em relação às funções *BasicOp*, e deste modo, utilizam estas últimas nos seus algoritmos.

A norma Fieldbus Foundation representa os algoritmos internos dos blocos funcionais com uma estrutura modular, conforme representado na figura a seguir.

Representação esquemática do bloco funcional AI – Analog Input

Fonte: Norma Fieldbus Foundation

Nesta representação, as funções da biblioteca *BasicBlock* correspondem aos elementos de processamento encapsulados (indicados na norma por um nome, por exemplo, *Simulate*, *Convert*, *Filter*, *Output*, *Alarms* e *Mode*). Tais elementos possuem entradas, saídas e parâmetros de configuração envolvidos no processamento (por exemplo, *SIMULATE*, *L_TYPE* e *SHED_OPT*).

As funções da biblioteca *BasicBlock* são destinadas ao uso em blocos funcionais, e, devido à padronização de tais funções pela norma, podem ser reutilizadas em mais de um bloco funcional pelo fato de alguns desses blocos funcionais compartilharem as mesmas funções e processamentos padronizados. Um exemplo deste compartilhamento é a função de alarme: todos os blocos funcionais que utilizam alarme têm esta função padronizada (em parâmetros e processamento) e, deste modo, a função Alarme da biblioteca *BasicBlock* serve a todos estes blocos funcionais.

As funções da *BasicBlock*, tal como as funções da biblioteca *BasicOp*, são encapsuladas em VIs com entradas e saídas e utilizadas como sub-Vis, ou sub-rotinas, de outros módulos do FBSIMU.

A especificação da Fieldbus Foundation em relação aos blocos funcionais padrão do tipo básico descreve um total de dezenove elementos no nível da biblioteca *BasicBlock*, listados no quadro figura a seguir, que compõem os dez blocos padrão básicos.

Elementos	
<i>Simulate</i>	<i>Selection</i>
<i>Convert</i>	<i>Back Calc</i>
<i>Filter</i>	<i>Bypass</i>
<i>Output</i>	<i>Control</i>
<i>Alarm</i>	<i>Feed Forward</i>
<i>Mode</i>	<i>Status</i>
<i>Optional Invert</i>	<i>Ratio</i>
<i>Output Track</i>	<i>Calc PV</i>
<i>Setpoint</i>	<i>Fail Safe</i>
<i>Bias & Gain</i>	

Elementos de processamento utilizados nos blocos funcionais padrão básicos

Módulo *AnalyseFFData*

O módulo *AnalyseFFData* do FBSIMU tem a função de analisar a comunicação em um barramento de dados de uma rede fieldbus real e, a partir de procedimentos matemáticos e estatísticos, encontrar valores para algumas variáveis e parâmetros da camada de enlace que regulam o processo de comunicação em tal barramento de dados.

A comunicação serial no barramento fieldbus é captada por meio de um dispositivo eletrônico conversor de sinais (*modem*). Este dispositivo converte em tempo real os bytes lidos no barramento, codificados segundo a norma Foundation Fieldbus H1 para sinais seriais

no padrão RS-232 que são lidos pela porta serial de computadores do tipo PC (Personal Computer), conforme o arranjo experimental da figura a seguir.

Aquisição serial de mensagens no barramento

Módulo Plant

O módulo *Plant* tem a função de simular o comportamento de uma planta ou de um processo dinâmico. É composto por uma equação diferencial no domínio do tempo computada repetitivamente em uma base de tempo conhecida e apropriada. O resultado numérico de tal equação tem um comportamento dinâmico similar ao de variáveis de processo em uma determinada planta. A figura a seguir mostra o modelo deste módulo.

Uma estrutura matemática linear e discreta do tipo ARX (*Auto-Regressive with Exogenous Inputs*) é utilizada para este propósito, na qual a ordem dinâmica do sistema simulado pode ser selecionada pelo usuário.

Diagrama de operação do módulo Plant

Módulos StandAloneFBlocks

A simulação de blocos funcionais acontece de duas formas distintas: por módulos *ProcessFBlocks* ou por *StandAloneFBlocks*. Na segunda, os blocos funcionais são integrados em módulos de operação autônoma e providos de interface com o usuário, de maneira que podem ser utilizados em treinamentos ou como ferramenta didática na qual os usuários operam de modo particular cada bloco.

A concepção e a estrutura dos módulos *StandAloneFBlocks* baseia-se nos seguintes requisitos de projeto:

- Interface gráfica intuitiva com o usuário;
- Implementação integral da norma referente ao algoritmo e às variáveis de comunicação do bloco funcional;
- Algoritmo de execução baseado em módulos de processamento da biblioteca *BasicBlock*, conforme proposto na norma;
- Acesso direto aos parâmetros de entrada e de configuração do bloco funcional, via interface com o usuário.

Nestes módulos o algoritmo pode ser executado única ou repetitivamente, com período de execução configurável, enquanto os parâmetros de entrada e de configuração são digitados pelo usuário durante ou entre execuções do bloco funcional.

A interface com o usuário é desenhada de modo a refletir o fluxo da informação no algoritmo de execução, baseada na estrutura modular do último (figura a seguir).

Interface com o usuário do módulo *StandAloneFBlocks Analog Output*

Módulos ProcessFBlocks

Com o objetivo de ampliar e complementar o escopo de aplicação da simulação dos módulos *StandAloneFBlocks*, os módulos *ProcessFBlocks* foram construídos sobre o mesmo algoritmo dos módulos *StandAloneFBlocks*, porém apresentam uma estrutura diferente da dos *StandAloneFBlocks* e se baseia nos seguintes requisitos de operação:

- Acesso remoto (por outros módulos) via serviços (tarefas) normalizados;
- Possibilidade de implementação de *links* entre distintos módulos *ProcessFBlocks*;
- Utilização como base para ensaios, testes e estudos de algoritmos de escalonamento e de malhas de controle de blocos funcionais;
- Capacidade de execução em tempo real;
- Ausência de interface com o usuário.

O algoritmo de processamento interno nas versões *ProcessFBlocks* é exatamente o mesmo do implementado nas versões *StandAloneFBlocks*, porém na versão *ProcessFBlocks* o controle do bloco é realizado remotamente através de quatro serviços disponíveis para sistemas remotos de operação e de configuração. Tais serviços são ativados por comandos remotos que permitem a uma aplicação LabView dinamicamente carregar, executar e editar outras aplicações LabView através de um servidor de arquivos nativo denominado *LabView VI Server*.

Os seguintes serviços são definidos na versão *ProcessFBlocks*:

- *FB_Init* – inicialização *default* de todas as variáveis e parâmetros do bloco, de acordo com definições da norma (NORMA FOUNDATION FIELDBUS).

- *FB_Exec* – execução do algoritmo de processamento do bloco. Primeiramente todos os parâmetros são lidos, o algoritmo é executado e então o conjunto de parâmetros é atualizado.

- *FB_Read* – leitura de uma variável do bloco especificada pelo *Index* e *Subindex* ou de uma *View*. A leitura das *Views* só é executada para monitoração *on-line* dos parâmetros (os termos *Index*, *SubIndex* e *View* são definidos por norma).

- *FB_Write* – escrita em uma variável definida por seu *Index* e *Subindex*.

A interface com o usuário dos módulos *ProcessFBlock* (figura a seguir) possui apenas os parâmetros, ou argumentos, de comando e de resposta necessários para a realização dos serviços descritos.

Interface com o usuário de módulos *ProcessFBlock*

Cada tipo de bloco funcional (por exemplo, AI, AO, PID) corresponde a um módulo *ProcessFBlock*. Durante a simulação, entretanto, pode-se criar em um mesmo ambiente de simulação mais de uma instância, ou cópia independente, de cada tipo de bloco. As diferentes instâncias de um mesmo bloco funcional são independentes e cada qual tem sua execução, seus parâmetros e identificação.

Módulo Conf

Através do módulo configurador *Conf* é possível operar os módulos *ProcessFBlocks*. Por meio de uma interface com o usuário, desenhada de modo a permitir a visualização das malhas de controle e de blocos funcionais e seus parâmetros (figura a seguir), é possível instanciar, conectar e apagar remotamente instâncias de módulos *ProcessFBlocks* através das funções do *LabView VI Server*.

Uma vez estabelecida uma conexão entre o módulo *Conf* e uma instância de um bloco funcional através de um *RefNum*, a operação desta passa do modo *off-line* para *on-line*, e deste modo é possível comandar e monitorar a operação do bloco.

Interface com o usuário do módulo Conf

Para operar os módulos *ProcessFBlocks*, o módulo *Conf* possui bases de dados com informações pertinentes aos tipos de dados descritos na norma, ao conjunto de blocos funcionais disponíveis e também pertinentes à configuração e à parametrização de cada bloco funcional.

A operação do módulo *Conf* se divide em três modos:

- modo *off-line*: quando todos os comandos são executados sem que o(s) bloco(s) funcionai(s) comandado(s) esteja(m) conectado(s) ao Conf via *LabView VI Server*,
- modo *on-line*: nele as operações são executadas e os comandos são transmitidos ao(s) bloco(s) conectado(s) através dos comandos descritos via *LabView VI Server*,

- modo malha de controle: com blocos funcionais conectados (*on-line*), uma malha de controle pode ser configurada e operada em tempo real. Neste modo, além da comunicação entre o *Conf* e os blocos funcionais, existe também comunicação entre os últimos.

As funções do módulo configurador *Conf* em modo off-line estão listadas a seguir:

- Selecionar e remover blocos funcionais;
- Abrir ou fechar a janela de visualização dos parâmetros de um bloco, com acesso aos valores *off-line* e *on-line*;
- Modificar o *tag* (ou rótulo) do bloco;
- Editar um parâmetro;
- Salvar o conjunto de parâmetros da configuração off-line de um bloco funcional em arquivo;
- Abrir um arquivo de conjunto de parâmetros da configuração off-line de um bloco funcional.

Na interface com o usuário do *Conf*, existe uma lista de blocos funcionais selecionados. Nesta lista, os blocos em modo *on-line* são diferenciados dos blocos em modo off-line respectivamente pelos símbolos *V* e *X*, conforme a figura a seguir.

Tag	Type	Symbol	Manufacturer
✓ Block1	Analog Input	AI	Fieldbus Foundation
✗ Block2	PID Control	PID	Fieldbus Foundation
✓ Block3	Analog Output	AO	Fieldbus Foundation

Lista de blocos funcionais ativos no módulo *Conf*

No modo *on-line*, as funções disponíveis são:

- Realizar escrita de parâmetro de um bloco;

- Realizar leitura de parâmetro de um bloco;
- Descarregar uma configuração *off-line* em um bloco no modo *on-line*;
- Reinicializar um bloco;
- Executar uma única vez um bloco;
- Executar continuamente um bloco monitorando remotamente seus parâmetros;
- Registrar continuamente em arquivo texto o estado de uma ou mais variáveis do

bloco funcional.

A visualização do conjunto completo dos parâmetros *on-line* de um bloco funcional, bem como uma correspondente configuração *off-line* para este bloco é realizada em uma lista, conforme a figura a seguir.

PID Control Block Configuration - Tag: Block1			
Index	Parameter	Off Line	On Line
1	ST_REV	0	1
2	TAG_DESC		
3	STRATEGY	0	0
4	ALERT_KEY	0	0
5	MODE_BLK		
.1	Target	Auto	Auto
.2	Actual		IMan
.3	Permitted		ROut RCas Cas Auto Man LO IMan O/S
.4	Normal		O/S
6	BLOCK_ERR	0	
7	PV		
.1	Status		Bad:Non-specific:Not limited
.2	Value		0,000000
8	SP		
.1	Status		Bad:Non-specific:Not limited
.2	Value		0,000000
9	OUT		
.1	Status		Bad:Non-specific:Constant
.2	Value		0,000000
10	PV_SCALE		
.1	EU at 100%		0,000000
.2	EU at 0%		0,000000
.3	Units Index		
.4	Decimal Point		0
11	OUT_SCALE		

Lista de parâmetros off-line e on-line de blocos funcionais no módulo Conf

A operação de módulo *Conf* com malhas de controle é realizada através da configuração e execução em tempo real da malha configurada. A configuração de uma malha de controle requer a configuração de um período de macrociclo, e do escalonamento de todos

os blocos funcionais e das mensagens de transferência de dados periódicos (que enviam os parâmetros de saída de um bloco funcional até o parâmetro de entrada de outro bloco funcional).

Uma vez configurada a malha, esta pode entrar em modo de operação. Neste modo as execuções escalonadas passam a ocorrer nos instantes determinados e, assim, a malha de controle é executada com o período igual ao do macrociclo em uso.

O escalonamento da malha de controle é apresentado em uma lista, conforme a figura a seguir.

Task	Release Time (ms)
Block1	0
Block2	500
Block3	1000
Block1.OUT -> Block2.IN	100
Block2.OUT -> Block3.CAS_IN	600
Block3.BKCAL_OUT -> Block2.BKCAL_IN	1100
Macrocycle Period: 1500 ms	

Malha de Controle e seu escalonamento

Quando o escalonamento de malhas é ativado, as execuções de blocos funcionais de modo contínuo (função de monitoramento) são suspensas e o monitoramento dos parâmetros via leitura de *views* só é realizado caso haja uma janela de tempo adequada entre duas tarefas escalonadas, de modo que o monitoramento não provoque atrasos de escalonamento.

A tabela de escalonamento indicada acima refere-se a uma malha de controle clássica com compensador PID. Uma representação gráfica da malha AI-PID-AO e o escalonamento configurado para tal está na figura a seguir.

Malha de controle AI-PID-AO e correspondente escalonamento

APÊNDICE A – Procedimentos de instalação

Este apêndice detalha os passos necessários para a instalação e configuração do sistema em uma determinada máquina que funcionará como servidor. Este detalhamento vai desde a instalação de componentes básicos como um servidor HTTP até a instalação e configuração do *Moodle* e do LabView. Todos estes *softwares* deverão ser instalados considerando o fato de que a máquina servidora será dedicada ao *FBSIMU On-line*.

Primeiramente, o EasyPHP e o LabView devem ser instalados na máquina servidora. Feito isso, o *Moodle* deverá ser instalado e configurado. Neste ponto, a base de dados do *Moodle* já deverá ter sido criada. Assim, o *driver* ODBC já pode ser instalado e configurado. Com todos os *softwares* instalados, os arquivos relacionados ao FBSIMU (as VIs) e os arquivos PHP e HTML criados para uso do *Moodle* devem ser instalados nos diretórios escolhidos pelos usuários. Por fim, o administrador poderá utilizar a ferramenta de configuração (*FBSIMU Manager*) para ajustar os parâmetros finais.

Apache, MySQL, PHP (AMP)

A primeira etapa da instalação deste sistema é instalar os *softwares* básicos que serão utilizados pelo *Moodle*. Estes *softwares* são o Apache, o MySQL e o suporte para PHP. Para a instalação desses *softwares*, foi utilizado o EasyPHP que é um pacote que contém os três itens comentados acima.

O pacote de instalação do *FBSIMU On-line* possui o arquivo *easyphp1-8_setup.exe* que é responsável pela instalação. O processo de instalação é padrão e segue o mesmo modelo de outros *softwares* convencionais, onde um diretório é selecionado, os termos de licença são apresentados, etc.

Neste caso, as configurações padrão devem ser mantidas, considerando que a máquina que será utilizada, não possuirá outros aplicativos que possam concorrer por recursos. Caso algum conflito ocorra, como por exemplo, alguma porta em uso, o administrador do sistema

deverá modificar os parâmetros padrão. Este aplicativo também oferece um gerenciador de banco de dados que pode ser acessado através da *Web*.

A seguir tem-se uma figura com a página HTML inicial de configuração do EasyPHP seguida de outra figura que é a página HTML do sistema de administração de banco de dados. Na primeira figura é possível visualizar a versão de cada *software* instalado pelo EasyPHP.

Página inicial do EasyPHP

Página HTML para administração de banco de dados

LabView

Da mesma forma do EasyPHP, a instalação do LabView também é padrão. A diferença neste caso, está na configuração do *LabView* em relação ao seu servidor *Web*. Considerando que um servidor de internet utiliza um IP e uma porta para efetuar seu trabalho, estes devem ser configurados no *LabView*. Esta ferramenta já possui valores padrão para estes campos, mas devido ao fato de um servidor Apache estar sendo executado na mesma máquina, estes valores deverão ser modificados para evitar um conflito de endereços.

Para realizar esta configuração é necessário ir até a janela do LabView responsável por isso (Tools->Remote Panel Connection Manager). A nova janela também possui um menu "Tools->Options", e, é neste menu que o acesso às configurações é feito.

Com a janela de configuração aberta, o administrador deverá ir até o item "Web Server:Configuration". Neste item, o administrador deverá inserir o diretório raiz correto e modificar o valor do campo "*HTTP Port*" de 80 para 81. A figura a seguir mostra esta janela de configuração com alguns detalhes.

Janela de configuração do servidor Web do LabView

Moodle

A instalação do *Moodle* não segue o modelo das outras duas instalações acima. Esta instalação é feita através de páginas HTML/PHP. Para realizar esta instalação, deve-se mover os arquivos extraídos do pacote do *Moodle* para o diretório onde, através do Apache, foi definido como raiz para os arquivos Web. Considerando que as configurações padrão do EasyPHP foram mantidas, o diretório raiz será o "www" que está localizado no diretório onde o EasyPHP foi instalado.

Feito isso, o administrador do sistema deverá executar o arquivo *index.php* (<http://127.0.0.1/moodle/index.php>) para inicializar a instalação e configuração do sistema. A figura a seguir mostra a página HTML que é mostrada no processo de instalação.

Página inicial da instalação do Moodle

Durante o processo de instalação, parâmetros de configuração são pedidos ao administrador. Primeiramente, o diretório onde o *Moodle* será configurado deve ser escolhido. Feito isso, a configuração e criação das tabelas do banco de dados são feitos como mostra a figura a seguir.

Página onde o banco de dados será configurado.

Driver ODBC

O ODBC (*Open DataBase Connectivity*) é um padrão desenvolvido pelo grupo SQL Access em 1992 com o intuito de permitir o acesso a qualquer base de dados a partir de qualquer *software*. A idéia foi criar uma camada intermediária chamada de *database driver*, entre o *software* que usa o banco de dados e o sistema de gerenciamento de banco de dados.

Considerando que o Moodle utiliza o MySQL para armazenar seus dados e o *software* configurador (*FBSIMU Manager*) precisa modificar alguns itens deste banco, um *driver* ODBC precisa ser instalado.

Assim, o *driver* MySQL ODBC 3.51 foi escolhido para tal fim. A instalação do *driver* é padrão em relação aos *softwares* convencionais do mercado. Feita a instalação, este *driver* deverá ser configurado. A figura a seguir mostra os valores dos parâmetros que devem ser utilizados.

Configuração do driver ODBC

**APÊNDICE B – Ferramentas para criação de cursos a
distância.**

Como já dito neste documento, o crescimento do interesse no ensino a distância impulsionou a criação de ferramentas de auxílio para o desenvolvimento desses cursos. Uma lista destas ferramentas (CMSs, LMSs...) é apresentada neste apêndice.

Segundo Adkins (2005), existe um grande crescimento do número de ferramentas LMS no mercado, e boa parte destas ferramentas são as chamadas OS LMS (*Open Source Learning Management Systems*). Dentre este conjunto de ferramentas de código aberto (as mais interessantes para este trabalho), as que mais se destacam são o *Moodle*, *Ganesha*, *Claroline*, *ILIAS*, e *Sakai*. A ferramenta *Moodle* (escolhida para a implementação deste trabalho) não aparecerá neste apêndice, pois um capítulo dedicado a ela foi escrito.

As informações apresentadas a seguir foram retiradas do site EDUTOOLS (2006) e dos sites dos fabricantes de cada produto (acesso em agosto de 2006).

- **.LRN** - é baseado na *Open Architecture Community System (openacs.org)* e é dirigido pelo consórcio .LRN (*.LRN Consortium*). Como membros deste consórcio incluem-se a *Sloan School of Management at MIT* e a *Heidleberg University*. Este produto é livre e distribuído sob os termos de licença GNU GPL. É desenvolvido para trabalhar sobre as plataformas *Linux e Unix*. Maiores detalhes podem ser encontrados no site <http://dotlrn.mit.edu/>.
- **ATutor** - desenvolvido pela *Adaptive Technology Resource Centre at the University of Toronto*. Este produto é livre, distribuído sob os termos de licença GNU GPL e é disponível para as plataformas *Linux, Unix ou Windows*. A estação servidora deverá possuir suporte para PHP, Mysql e o servidor *Web*, poderá ser o *Apache* ou o *Microsoft IIS*. Maiores detalhes podem ser encontrado no site <http://www.atutor.ca/>.

- **Blackboard** - companhia fundada em 1997 que desenvolve, entre outros *softwares*, o *Blackboard Academic Suite*. Este produto trabalha sobre as plataformas *Linux*, *Unix* e *Windows*. O *software* usa uma base de dados que poder ser o *SQL Server 2000*, o *Oracle8*, o *Solaris* ou o *MySQL*. Como servidor *Web* é possível utilizar o *Apache* ou o *Microsoft Internet Information Server (IIS)*. Este *software* não é livre e está protegido por termos de licença que podem ser encontrados no site do fabricante. Maiores detalhes podem ser encontrados no site <http://www.blackboard.com/us/index.aspx>.
- **CentraOne** - é um produto desenvolvido por uma companhia chamada Centra, localizada em Boston. O *software* armazena seus dados em uma base de dados *MySQL* ou *Oracle*. O sistema operacional compatível é o *Windows*. Este *software* não é livre e está protegido por termos de licença que podem ser encontrados no site do fabricante. Maiores detalhes podem ser encontrados no site <http://www.saba.com/centra-saba/>.
- **COSE** - é desenvolvido pela *Staffordshire University, UK*. O *software* é livre e em breve seu código fonte será liberado sob os termos de licença de código livre (*Open Source licensing*). O servidor *Web* utilizado pode ser o *Apache* ou *Microsoft Windows Internet Information Server (IIS) 4.0*. O COSE utiliza como sistema operacional o *Linux*, *Solaris*, *Unix* ou o *Windows*. Maiores detalhes podem ser encontrados no site <http://www.staffs.ac.uk/COSE/>.

-
- **Educator** - é desenvolvido pela *Ucompass*, que foi originalmente criada em 1995 com o nome *Compass Publishing*. Inicialmente, produzia guias para orientação de ensino superior. Em 1997 tornou-se uma companhia voltada ao desenvolvimento de produtos para a *Web*. Em 1998 focou-se apenas em tecnologias voltadas para a educação e desenvolveu o *software Educator*. Um atributo deste *software* é que ele suporta acesso a partir de navegadores *Web* da plataforma *Windows CE*. O servidor deste produto é compatível com os sistemas operacionais *Linux*, *Unix* e *MAC OS X*. Este *software* não é livre e está protegido por termos de licença que podem ser encontrados no site do fabricante. Maiores detalhes podem ser encontrados no site <http://www.ucompass.com>.
 - **Internet Course Assistant** - foi desenvolvido pela *Nicenet* e é um pouco diferente dos outros cursos. O *Nicenet* é um portal *Web* onde um usuário cria um curso e outros usuários utilizam este mesmo curso. A criação é feita no próprio servidor da *Nicenet* sem a necessidade ou possibilidade de modificações particulares. O *software* é de uso livre e maiores detalhes podem ser adquiridos no site <http://www.nicenet.org/>.
 - **Jones e-education** - foi desenvolvido pela empresa *Jones Knowledge, Inc.* que foi fundada em 1987. Este *software* requer *PHP*, *MySQL*, *Java 2SDK*, *Apache* e um *Servlet engine* como o *Tomcat*, *Jetty* ou *JRUN*. Este *software* é livre apenas para instituições autorizadas. Maiores detalhes podem ser encontrados em <http://www.jonesadvisorygroup.com/>.

- **LON-CAPA** - foi desenvolvido pelo *Laboratory for Instructional Technology in Education at Michigan State University*. A origem do *software* vem da fusão de dois outros projetos. O primeiro é o CAPA (*a Computer-Assisted Personalized Approach*), que fornecia aos estudantes conjuntos de problemas a serem resolvidos, *quizzes* e provas. O segundo é o *LectureOnline*, um projeto para fornecer materiais de um dado curso para a *Web*. Este produto é livre, distribuído sob os termos de licença GNU GPL e é desenvolvido para trabalhar sobre a plataforma *Linux*. O acesso aos cursos disponibilizados pelo LON-CAPA pode ser feito a partir de navegadores *web* convencionais, *PDA*s e navegadores para *Windows CE*. Maiores detalhes sobre este *software* podem ser encontrados em <http://www.lon-capa.org/>.
- **The Learning Manager** - foi originalmente desenvolvido no *Southern Alberta Institute of Technology* e mais tarde, foi prolongado para outra companhia chamada *The Learning Management Corporation*. O sistema é disponível para as plataformas *Windows*, usa como servidor o *Microsoft Internet Information Server (IIS)* e armazena seus dados em uma base de dados *Microsoft Access*. O custo da licença é baseado no número de estudantes de uma dada instituição. Maiores detalhes sobre este *software* podem ser encontrados em <http://thelearningmanager.com/TLM40web/>.

-
- **WebCT** - o *software* foi desenvolvido pelo grupo de Murraw W. Goldberg, da *University of British Columbia*. Está disponível para as plataformas *Linux*, *UNIX* e *Windows*. Utiliza o *Apache* como servidor *Web* e requer *Perl* para seu funcionamento. A licença é baseada no número de alunos que acessa um dado curso. Maiores detalhes sobre este *software* podem ser encontrados em <http://www.webct.com/>.
 - **ANGEL** - o *software* foi desenvolvido pelo *CyberLearning Labs*. Está disponível apenas para a plataforma *Windows* e tem como repositório de dados o *Microsoft SQL Server 2000*. O custo de sua licença é baseado no número de usuários cadastrados. Maiores detalhes sobre este *software* podem ser encontrados em <http://www.cyberlearninglabs.com/>.
 - **Avilar WebMentor** - *software* desenvolvido pela empresa *Avilar® Technologies, Inc.* que foi formada em 1997. O sistema é compatível com o sistema operacional *Windows*. Sua licença não é livre e está o *software* protegido por termos de licença que podem ser encontrados no site do fabricante. Requer para funcionamento o *Netscape Web Server 2.0* ou *Microsoft Internet Information Server (IIS)* e o *Cold Fusion*. Como repositório o *software* usa o *MySQL*. Maiores detalhes sobre o produto podem ser encontrados em <http://home.avilar.com/>.
 - **Bazaar** - este sistema é um *Open Source* que tem como objetivo fornecer um *software* alternativo para substituir os sistemas proprietários *WebCT* e *Blackboard*. Este requer uma base de dados *MySQL*, um *WebServer Apache* e

Perl. O *software* é disponibilizado para as plataformas *Linux*, *Unix* e *Windows*.

Este produto é livre e distribuído sob os termos de licença GNU GPL. Maiores detalhes podem ser encontrados no site <http://klaatu.pc.athabascau.ca/>.

- **Bodington** - o *software* foi desenvolvido por Jon Mabber e é usado pela universidade de *Leeds*. O produto possui seu código aberto e está disponível para as plataformas *Linux*, *Solaris* e *Windows*. Armazena seus dados em um banco de dados *MySQL*, *Oracle* ou *PostgreSQL*. Como servidor *Web* utiliza o *Tomcat* ou o *iPlanet*. Maiores detalhes podem ser encontrados em <http://bodington.org>.
- **BSCW** - foi desenvolvido por *OrbiTeam Software GmbH* que foi fundada em 1998. O sistema é livre para instituições de ensino e está disponível para as plataformas *Windows*, *Solaris*, *SunOS*, *Linux*, *DEC OSF*, *HP-UX*, *Irix*, *BSD/OS* e *AIX*. Usa como servidor *Web* o *Apache* ou o *Microsoft Internet Information Server (IIS)*. Como interpretador usa o *Python*. Maiores detalhes podem ser encontrados em <http://bscw.fit.fraunhofer.de/>.
- **Claroline** - desenvolvido pela universidade de *Louvain* (*Université catholique de Louvain*) no instituto de Educação e Multimídia (*Institut de Pédagogie universitaire et des Multimédias*). O *software* foi disponibilizado como um *Open Source* em janeiro de 2002. Este produto é livre e distribuído sob os termos de licença GNU GPL. O armazenamento de dados é feito em um banco de dados *MySQL* e o *Apache* é usado como servidor *Web*. Requer suporte para

a linguagem de script *PHP*. Está disponível para as plataformas *Windows* e *Unix*. Maiores detalhes podem ser encontrados em <http://www.claroline.net/>.

- **ClassWeb** - o sistema foi desenvolvido por *UCLA Social Sciences Computing*. Esta instituição usa e desenvolve este *software* desde 1997. Este produto é um *Open Source* e é distribuído sob os termos de licença GNU GPL. O armazenamento de dados é feito em um banco de dados *MySQL* e o Apache é usado como servidor *Web*. Requer suporte para *PHP*, *Perl* e *CGI*. O *software* é disponível para servidores que usam a plataforma *Windows*. Maiores detalhes podem ser encontrados em <http://classweb.ucla.edu/>.
- **Colloquia** - foi criado pela universidade de *Wales, Bangor*. O mesmo tem sido usado desde 2000. O *software* é livre para instituições educacionais sem fins lucrativos. O *Colloquia* é desenvolvido usando a linguagem Java e maiores detalhes sobre esta plataforma se encontra em <http://www.colloquia.net/>.
- **Desire2Learn** - foi desenvolvido pela companhia de mesmo nome do produto que foi fundada em 1999. A licença do *software* não é livre e possui diferentes formas de cobrança. O *software* está disponível para servidores *Windows*. O servidor *Web* usado é o *Microsoft Internet Information Server (IIS)*. O armazenamento de dados é feito em um banco de dados *Microsoft SQL Server*. Maiores detalhes sobre este produto podem ser encontrados em <http://www.desire2learn.com/>.

- **eCollege AU+** - desenvolvido pela empresa *eCollege* que foi fundada em 1996 e previamente nomeada de *RealEducation*. O *software* não é de uso livre e está protegido por termos de licença que podem ser encontrados no site do fabricante, entretanto existe uma licença que inclui suporte técnico em seu pacote. O sistema é disponibilizado para o *Windows* e usa como base de dados o *Microsoft SQL Server*. Além disso, requer suporte para a tecnologia *ASP*. Maiores informações sobre o produto podem ser encontradas em <http://www.ecollege.com>.
- **Eledge** - foi desenvolvido pelo professor *Chuck Wight* da Universidade de *Utah*. Esse produto é um *Open Source* e é distribuído sob os termos de licença GNU GPL. Utiliza como base de dados o *MySQL* e está disponível para a maioria das plataformas *UNIX* e para outros sistemas que possuem o *Java Servlet Engine*. Segundo o desenvolvedor do produto, líderes comerciais como o *WebCT* e *Blackboard* oferecem uma solução mais madura e de melhor qualidade mas com um preço substancial. Maiores detalhes sobre o *Eledge* podem ser encontrados em <http://eledge.sourceforge.net/>.
- **FirstClass** - o *software* foi originalmente desenvolvido pela companhia *SoftArc* em 1990. Em 1999 a companhia *MC2 Learning Systems* adquiriu a *SoftArc* e formou-se a *Centrinity*. O sistema está disponível para *Windows*, *Macintosh OS X*, *Macintosh OS 9* e *Linux*. Este *software* requer alguns termos de licença para usá-lo. Maiores detalhes sobre esta ferramenta podem ser encontrados em <http://www.centrinity.com/>.

- **Fle3** - o *software* é desenvolvido pela *UIAH Media Lab, University of Art and Design Helsinki* em cooperação com *Center for Research on Networked Learning and Knowledge Building, Department of Psychology, University of Helsinki*. Este produto é um *Open Source* e é distribuído sob os termos de licença GNU GPL. O *software* está disponível para a maioria das variações dos sistemas *UNIX* e para versões do *Windows* compatíveis com o *ZOPE* e o *Python*. Maiores detalhes sobre o produto encontram-se em <http://fle3.uiah.fi/>.
- **ILIAS** - foi desenvolvido originalmente como parte de um projeto chamado *VIRTUS* na *Faculty of Economics, Business Administration and Social Sciences at the University of Cologne*. O *software* é livre e distribuído sob os termos de licença GNU GPL. O sistema está disponível para a maioria das distribuições *Linux*, para o *Solaris* e para sistemas *UNIX*. Usa como servidor *Web* o *Apache*, armazena seus dados em uma base de dados *MySQL* e utiliza também a linguagem *PHP*. Maiores detalhes sobre este produto podem ser encontrados em <http://www.ilias.de/ios/index-e.html>.
- **IntraLearn SME** - o *software* foi desenvolvido pela empresa *IntraLearn Software Corporation* que foi fundada em 1994. Esta empresa possui uma parceria com a *Microsoft (Microsoft Gold Certified Solution Provider Partner)*. A licença deste produto não é livre e está protegido por termos de licença que podem ser encontrados no site do fabricante. Está disponível para os sistemas *Windows* e usa como servidor *Web* o *Microsoft Internet Information Server(IIS)*. A base de dados deste produto é o *Microsoft SQL*

Server. O *software* requer o *Macromedia Cold Fusion Professional* e o *Crystal Reports Developer*. Maiores detalhes deste produto podem ser encontrados em <http://www.intralearn.com/>.

- **Janison Toolbox** - foi desenvolvido pela companhia *Janison Solutions Pty Ltd*, situada na Austrália e fundada em 1996. Sua licença não é livre e os valores variam dependendo o local onde a mesma será usada. Possui um valor para institutos educacionais australianos, um valor para instituições educacionais internacionais, um para corporações australianas e um outro valor para corporações internacionais. O sistema é disponível para sistemas operacionais *Windows* e usa como base de dados o *Microsoft Access database com MS Data Engine database* ou *Microsoft SQL Server*. Maiores detalhes sobre este produto podem ser encontrados em <http://www.janison.com.au/janison/>.
- **Jenzabar Internet Campus Solution** - sistema foi desenvolvido pela empresa *Jenzabar* que foi fundada em 1998. A licença do *software* não é livre e está protegido por termos de licença que podem ser encontrados no site do fabricante. O sistema é disponível para *Windows*, usa como servidor *Web* o *Microsoft Internet Information Server (IIS)* e como base de dados o *Microsoft SQL Server 2000*. Maiores detalhes sobre o produto encontram-se em <http://www.jenzabar.net/>.

-
- **KEWL** - o sistema foi desenvolvido pelo professor *Derek Keats*, da *University of Western Cape*, África do Sul, sendo que a primeira versão foi desenvolvida por *Derek Keats e Martin Cocks*. KEWL é uma abreviatura para *Knowledge Environment for Web-based Learning*. O sistema é livre e possui seu código fonte aberto (*Open Source*). Está disponível para o sistema operacional *Windows*, usa como servidor *Web* o *Microsoft Internet Information Server (IIS)* e como base de dados o *Microsoft SQL Server*. Maiores informações sobre o produto podem ser encontradas em <http://kewl.uwc.ac.za>.
 - **KnowEdge eLearning Suite** - é um *Learning Management System* desenvolvido pela empresa *Inter Netion* que tem base em Singapura. Este *software* é um *freeware* que está disponível para as plataformas *Windows*. Usa como base de dados o *Microsoft Access* ou o *Microsoft SQL Server*. Como servidor *Web*, o *software* usa o *Microsoft Internet Information Server*. Maiores detalhes sobre este produto podem ser encontrados em <http://www.knowedge.net/>.
 - **Learnwise** - o sistema foi desenvolvido através de uma parceria entre a empresa *Granada Learning* e a *Universidade de Wolverhampton* sob o gerenciamento do professor *Steve Molyneux*. A licença do sistema não é livre e a taxa da mesma é cobrada com base no número de usuários que usarão o sistema. O *software* está disponível para o *Windows 2000 ou 2003*. Requer um servidor *Web* como o *Apache* e um *Java Servlet Engine* como o *Tomcat*. O armazenamento de dados é feito no banco de dados *Microsoft SQL Server* ou

no *Oracle*. Maiores detalhes deste produto podem ser encontrados em <http://www.learnwise.com/>.

- **Manhattan Virtual Classroom** - o sistema foi originalmente desenvolvido em 1997 no *Western New England College*, por *Steven Narmontas*. O *software* é livre e distribuído sob os termos de licença GNU GPL. O servidor *Web* utilizado é o *Apache* e o sistema foi escrito inteiramente em linguagem C. O *software* está disponível para plataformas *Linux* e *Unix*. O armazenamento de informações é feito com o uso da base de dados *Mysql*. Maiores detalhes sobre este produto podem ser encontradas em <http://manhattan.sourceforge.net/>.
- **MimerDesk** - este *software* é desenvolvido pela companhia *Ionstream Ltd* que tem base em *Espoo*, na Finlândia. O sistema é livre e distribuído sob os termos de licença GNU GPL. O servidor *Web* utilizado é o *Apache*, e a base de informações é armazenada em um banco de dados *MySQL*. Além disso, o *software* requer a linguagem *Perl*. O sistema está disponível para as plataformas *Linux* e *Unix*. Maiores detalhes sobre o produto podem ser encontradas em <http://www.mimerdesk.org/>.
- **Teknical Virtual Campus** - o sistema foi desenvolvido pela companhia *Teknical Ltd* fundada em 1997 e localizada no Reino Unido. O preço da licença para uso do *software* é baseado no número de usuários registrados no mesmo. O suporte técnico para o sistema é incluso na taxa dessa licença. O *software* está disponível para as plataformas *Windows 2000* ou *2003*. Para

armazenamento de informações, a base de dados *Microsoft SQL Server* é utilizada. Maiores detalhes sobre o produto podem ser encontrados em <http://www.teknical.com/default.htm>.

- **TeleTop** - o *software* foi desenvolvido pela *Universidade de Twente*. O mesmo usa como suporte a tecnologia *LOTUS/IBM* e é disponível para o *Windows* e para qualquer variação de *Linux* e *Unix* que sejam capazes de executar o *Lotus Dominio*. Para o armazenamento de dados o sistema utiliza o *IBM Lotus Dominio server*. Maiores detalhes sobre este sistema podem ser encontrados em <http://www.teletop.nl/>.
- **Virtual-U** - o sistema foi desenvolvido pela companhia *Virtual Learning Environments Inc.*, fundada em 1996. A licença do sistema é cobrada com relação ao número de servidores a serem instalados. O suporte técnico do sistema também é cobrado através de uma taxa adicional ao valor da licença. O *software* requer como servidor *Web* o *Apache* e utiliza a linguagem *Perl*. Está disponível para a maioria das variantes da plataforma *UNIX*. Maiores detalhes sobre este produto podem ser encontrados em <http://www.virtual-u.org/>.
- **Sakai** – O projeto teve origem na Universidade de Michigan e na Universidade Indiana. O projeto Sakai é uma comunidade de desenvolvimento de *software* com o objetivo de desenvolver um novo CLE (Collaboration and Learning Environment). O projeto teve início em Janeiro de 2004. O *software* é livre e distribuído sob os termos da *Educational Community License Version 1.0*. O sistema é desenvolvido utilizando-se a linguagem *Java* e pode ser executado

em plataformas *Unix*, *Linux* e *Windows*. Maiores detalhes sobre este produto podem ser encontrados em <http://www.sakaiproject.org/>

- **Unicon Academus** - O sistema é desenvolvido pela empresa UNICON. O *software* está protegido por termos de licença que podem ser encontrados no site do fabricante. O sistema tem suporte para a plataforma *Unix* e *Windows* e requer uma *Java Servlet Engine* como o *Tomcat*. Como base de dados pode ser usado o *Oracle*, o *PostgreSQL* e o *Microsoft SQL Server*. Maiores detalhes sobre este produto podem ser encontrados em http://www.unicon.net/products_519.html.
- **Aulanet** - O AulaNet é um *software* LMS (*Learning Management System*) que possui uma eficiente plataforma de ensino. A ferramenta foi desenvolvida no Laboratório de Engenharia de Software - LES - do Departamento de Informática da PUC-Rio, em 1997. A *EduWeb* é distribuidora e representante exclusiva desse *software*. Sua distribuição é feita gratuitamente pela empresa por meio de download ou por aquisição de *CD-Rom*. Com uma base instalada de mais de 4.100 *AulaNet's* no Brasil e no exterior, o *software* já possui versões em inglês e espanhol. Maiores detalhes sobre este produto podem ser encontrados em <http://guiaaulanet.eduweb.com.br/>.
- **Teleduc** - O TelEduc é um ambiente de ensino a distância pelo qual pode-se realizar cursos através da Internet. Está sendo desenvolvido pelo Núcleo de Informática Aplicada à Educação (Nied) e pelo Instituto de Computação (IC)

da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). O TelEduc é um *software* livre, onde o usuário pode redistribuí-lo e/ou modificá-lo sob os termos de licença GNU GPL. Tem suporte para o sistema operacional *Linux*, usa como servidor *Web* o *Apache* e para o armazenamento de dados utiliza o *MySQL*. Usa como linguagem de programação o *PHP* e o *C* (compilador *gcc*). Maiores detalhes sobre este produto podem ser encontrados em <http://hera.nied.unicamp.br/teleduc/>.

- **Ganesha** – O produto é desenvolvido por uma empresa francesa chamada *Anema Formation*. Este sistema é um *Open Source* e é distribuído sob os termos de licença GNU GPL. O *software* está disponível para a maioria das variações dos sistemas *UNIX*, *Linux*, *MAC OS X*, e para versões do *Windows*. É compatível com o servidor *Web Apache* e *IIS* e possui como base de dados o *MySQL*. Como linguagem de programação utiliza o *PHP*. Maiores detalhes sobre o produto encontra-se em <http://savannah.nongnu.org/projects/ganesha/>.

APÊNDICE C – Open Source modificados.

Apêndice C

Os códigos apresentados a seguir foram utilizados na implementação deste trabalho. Primeiramente, é necessário saber que esses códigos só puderam ser modificados, pois estão sob os termos de licença *GPL GNU General Public*. Este tipo de licença permite executar o programa de terceiros para qualquer propósito, permite estudar como o programa funciona e adaptá-lo para as suas necessidades, permitem redistribuir cópias e aperfeiçoar o programa liberando os seus aperfeiçoamentos (*Free Software Foundation*, 2006).

O primeiro código a ser mostrado neste apêndice é o código escrito no arquivo *logout.php*. A figura a seguir mostra a comparação entre o código original (fornecido no pacote do *Moodle*) e o código modificado. A única mudança é uma chamada de função e portando uma modificação pontual foi feita.

```
1  <?php // $Id: logout.php,v 1.16 2005/04/18 20:13:36 skodak Exp $
2  // Logs the user out and sends them to the home page
3
4      require_once("../config.php");
5      require_once("../fixPages/general_fbsimu_functions.php");
6      clearFBSIMUFilesOnExit();
7
8      if (isset($USER) and isset($USER->id)) {
9          add_to_log(SITEID, "user", "logout",
10             "view.php?id=$USER->id&course=".SITEID,
11             $USER->id, 0, $USER->id);
12
13             if ($USER->auth == 'cas' && !empty($CFG->cas_enabled)) {
14                 require($CFG->dirroot.'/auth/cas/logout.php');
15             }
16     }
17
18
19     if (ini_get_bool("register_globals") and check_php_version("4.3.0")) {
20         // This method is just to try to avoid silly warnings from PHP 4.3.0
21         session_unregister("USER");
22         session_unregister("SESSION");
23     }
24
25     setcookie('MoodleSessionTest'.$CFG->sessioncookie, '', time() - 3600, '/');
26     unset($_SESSION['USER']);
27     unset($_SESSION['SESSION']);
28
29     unset($SESSION);
30     unset($USER);
31
32     redirect("$CFG->wwwroot/");
33
34  ?>
```

Código do arquivo *logout.php*

Outro *Open Source* usado foi o código responsável por apresentar aos usuários do sistema os arquivos de *log* e de configurações salvas. As figuras a seguir mostram uma comparação entre o código original escrito por Law Eng Soon e o código modificado e usado neste sistema. Devido a grande quantidade de código existente neste arquivo, apenas as partes onde as modificações foram feitas são apresentadas.

```

27 //=====
28 //          PHP Explorer v1.1 08/08/2006 02:44 a.m.
29 //=====
30 require_once("../../config.php");
31 error_reporting(0);
32
33 //download function
34 function download($file){
35
36     $ext = substr(strrchr(basename($file), "."), 1); //get the file ext
37
38     header("Content-type: application/$ext");
39     header("Content-Transfer-Encoding: Binary");
40     header("Content-length: ".filesize($file));
41     header("Content-disposition: attachment; filename=\"\".basename($file)");
42     readfile($file);
43 }
44
45 function deleteFile($file,$ourFileName){
46     global $USER;
47     $userName = $USER->username;
48     $ourFileName = "../../FBSIMU Working/web/" . $userName . "/1";
49     if (file_exists($ourFileName)) {
50         unlink($ourFileName);
51     }
52 }
53
54 $fname = "";
55 $file_count = 0;
56 $unread_file = "";
57 $all_file = "";
58 $dir_up = "";
59 $body = "";
60 $enterNameStr = "Entre com o nome do arquivo";
61 deleteFile($_GET["fileNameParam"]);
62 global $USER;
63 $userName = $USER->username;
64 //the file download if user click on it.
65 $fname = trim($_GET['fname']);
66 //this will make sure the file exist
67 if( !empty($fname) && file_exists($fname) && @fopen($fname, "rb") ) {
68     download($fname);
69 }
70 $self = basename(__FILE__);
71 $get_dir = $_GET['dir'];
72 $home = "../FBSIMU Working/web/" . $userName . "/logs";

```

Código do PHP Explorer modificado – linha 27 a 72.

```

240 <body bgcolor = "#AAAAFF">
241 <SCRIPT LANGUAGE="JavaScript">
242     function goToURL(fName) {
243         var1 = location.href.substring(0,location.href.indexOf(".php"));
244         locationAddr = var1 + ".php3?fileNameParam=" + fName;
245         window.location = locationAddr;
246     }
247 </script>
248
249 <h2 align="center" >FBSIMU Logs</h2>
250 <table align="center" border="0" style="border:1px solid #999999; background-color:#FFFFFF">
251     <tr><td align="left" valign="top">
252         <table width="600" border="0" align="center" style="border:1px solid #999999; background-color:#FFFFFF">
253
254             <font style="color:#FF0000;font-size:12px;"><b>Delete File</b>
255             <input type="button" onclick="goToURL(document.getElementById('script_box').innerHTML)" value="Delete" />
256             <div id="script_box" style="display:none;width:600px;">
257                 <br />
258
259                 <form action="" method="post">
260                     <textarea name="editor" cols="68" rows="20" class="editor"></textarea>
261                     <br /><br /><input type="submit" value="Execute" />
262                 </form>
263             </div><br /><br />
264
265             &nbsp;<a href="<?php echo $self . "?dir=" . $home; ?>"><img alt="Go back to home" />
266             title="Go back to &quot;<?php echo $home; ?>&quot;" alt="" />
267             <form action="<?php echo $self; ?>" method="get">
268                 File : <input type="text" name="dir" value="<?php echo $sent; ?>" />
269             </form>
270             <br /><br />

```

Código do PHP Explorer modificado – linha 240 a 270.