



## **LABORATÓRIO DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTA COM MICROCONTROLADORES PIC**

**Ágio FELIPE (1); Allan KELVIN (2); Cidclei TEIXEIRA (3)**

(1) IFCE – Campus Juazeiro do Norte, Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1646 Planalto CEP 63040-540 Juazeiro do Norte – CE, email: [agiofelipe@yahoo.com.br](mailto:agiofelipe@yahoo.com.br)

(2) IFCE – Campus Juazeiro do Norte, Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1646 Planalto CEP 63040-540 Juazeiro do Norte – CE, email: [kelvin@cefet-ce.br](mailto:kelvin@cefet-ce.br)

(3) IFCE – Campus Fortaleza, Av. 13 de Maio, 2081 Benfica CEP 60040-531 Fortaleza – CE, email: [cidclei@cefetce.br](mailto:cidclei@cefetce.br)

### **RESUMO**

Este artigo apresenta um laboratório remoto controlado via internet que possibilita a realização em tempo real de experimentos remotos na área de Microcontroladores, mais especificamente para Microcontroladores da família PIC, tendo como objetivo o auxílio no ensino de disciplinas de microcontroladores em cursos de engenharia e/ou tecnologia. Espera-se com isso que o aprendizado seja melhorado através da facilidade encontrada pelo aluno na execução de programas vistos em sala de aula. Esta facilidade se dá através da execução remota de tais programas, efetuada em qualquer lugar e a qualquer hora bastando, para isso, acesso a Internet. Assim, práticas podem ser realizadas sem diferenças significativas de uma prática convencional realizada no próprio laboratório, pois o sistema oferece um canal de comunicação bidirecional entre instrumento e aluno, com uma visualização em tempo real do experimento a ser realizado.

**Palavras-chave:** Microcontroladores, Laboratórios Remotos, Microservidor.

### **1. INTRODUÇÃO**

O ensino de eletrônica e automação deve combinar necessariamente teoria e prática, tornando imprescindível o uso de laboratórios e equipamentos sofisticados para obtenção de um conhecimento sólido e preciso nestas áreas (CHELLA, 2006). Com o aumento do número de alunos e o limitado número de equipamentos, nem sempre o conhecimento esperado no fim de disciplinas de ordem prática é alcançado (ZHANG *et al*, 2004).

O crescente desenvolvimento das redes de computadores e a internet e a crescente facilidade na aquisição de computadores pessoais propiciam o desenvolvimento de Laboratórios de Experimentação Remota (MARCHEZAN, 2004). Estes se mostram uma solução promissora para o problema de recursos limitados em instituições de ensino, tais como número reduzido de equipamentos, laboratórios com dimensões não adequadas ao número de alunos, falta de pessoal para manutenção acabando por limitar o acesso a equipamentos mais delicados.

Atualmente o número de laboratórios remotos para práticas na área de eletrônica é bastante reduzido, menor ainda é o número de laboratórios desse tipo voltados para o ensino de microcontroladores.

Apesar do número reduzido, muitas são as vantagens da experimentação remota, buscando resolver de forma eficaz os problemas de acesso aos laboratórios convencionais, dentre outras podemos citar:

- Acesso ao laboratório em qualquer horário por parte dos alunos, bastando para isso ter acesso a Internet.
- Incremento das atividades práticas de um curso convencional: em um curso de natureza presencial, além das práticas já realizadas no próprio laboratório, estudos extra classe podem ser realizados sem que o

aluno se desloque até o laboratório ou utilize software de simulação que não mostram com devida clareza o experimento real.

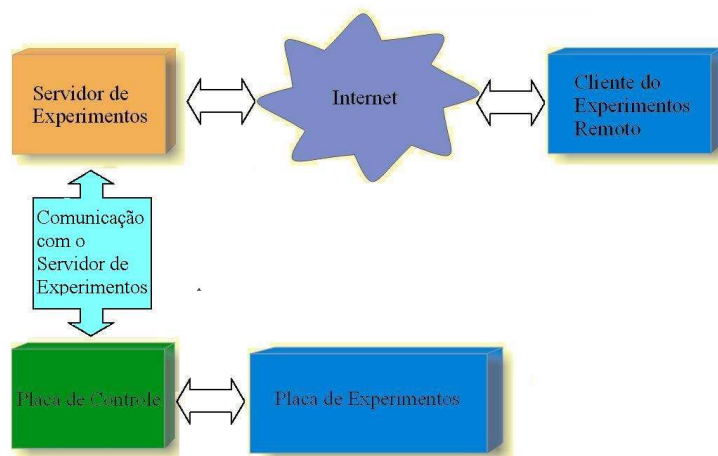
- Utilização de forma remota ou presencial.
- Vida útil prolongada: a vida útil de determinados equipamentos pode ser prolongada, já que estes não estão sendo usados de forma direta. Com o acesso remoto fica mais difícil o desgaste desses equipamentos devido ao manuseio constante.
- Sem a necessidade de presença física do aluno no laboratório, elimina-se a necessidade de instalações espaçosas e pessoal de manutenção, o que pode representar diminuição nos custos.
- Modularidade - permite o uso com novos equipamentos e experimentos.

Além dessas vantagens, a crescente demanda por cursos na modalidade EAD torna cada vez mais necessário o desenvolvimento de ferramentas que torne o aluno proveniente de tais cursos tão capaz quando o aluno proveniente de cursos totalmente presenciais (DE SALES, 2008). Nessa modalidade, aspectos práticos merecem uma atenção especial, necessitando de um conjunto de instrumentos que tornem o experimento realizado à distância mais próximo possível do experimento presencial (SOARES, 2001).

## 2. TECNOLOGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO DE LABORATÓRIO REMOTOS

Podemos definir um laboratório de experimentação remota como um conjunto de instrumentos de propósito geral, conectados de forma que é permitido o acesso a determinado dispositivo físico através de uma rede de comunicação, possibilitando também a configuração desses instrumentos e a análise dos dados por eles produzidos.

Com base na Figura 1 serão detalhados os componentes de um laboratório remoto genérico, bem como suas tecnologias de implementação.



**Figura 1 - Laboratório remoto genérico**

### 2.1 Placa de Experimentos

Constitui o foco do experimento, é o sistema físico a ser analisado remotamente. Na maioria das vezes é um equipamento que deve ser programado para permitir o seu controle por meio de software, como por exemplo, CLP, CNC, DSP, microcontroladores e FPGA.

### 2.2 Placa de Controle

Também chamado de dispositivo de aquisição de dados (DAQ), este bloco é responsável por coletar os dados do experimento e repassa-los ao servidor, a placa de controle também recebe estímulos do servidor para atuar no experimento.

O dispositivo de aquisição de dados pode por meio de interfaces de condicionamento de sinal, realizar leitura de sensores analógicos, digitais e de instrumentos de medição localizados na placa de experimentos, bem como acionar dispositivos atuadores controlados a distância.

Uma placa de controle relativamente simples pode ser construída utilizando microcontroladores de baixo custo, sistemas de custo mais elevado podem ser encontrados no mercado com uma grande variedade de recursos, como comunicação Ethernet além de Serial e USB, muitas entradas e saídas analógicas e software supervisorio próprio. Algumas vezes, fabricantes podem utilizar um protocolo próprio de comunicação com o servidor, o que pode ser considerado uma desvantagem em se utilizar placas de controle comerciais.

Neste bloco também estão inseridos os instrumentos de bancada como osciloscópio, multímetros e geradores de função programados para fornecer dados relativos às medições através de interfaces de comunicação, possibilitando medições à distância.

### **2.3 Comunicação com o Servidor de Experimentos**

A comunicação da placa de controle com o servidor de experimentos pode ser feita utilizando-se alguma das interfaces de comunicação normalmente disponíveis em um computador: serial (RS232), paralela, USB ou até mesmo ethernet. Uma outra interface bastante utilizada em sistemas de laboratório remotos é o barramento GPIB, normalmente não disponível em um computador comum, é utilizado para conexão com instrumentos de medida. O GPIB ou IEEE-488 como também é conhecido permite o controle de até 15 dispositivos com uma única interface.

### **2.4 Servidor de Experimentos**

O servidor de experimentos tem a função de estabelecer uma conexão via internet entre o cliente do experimento remoto e a placa de controle do experimento. Assim é possível que o aluno atue no experimento enviando comandos à placa de controle.

### **2.5 Cliente do Experimento Remoto**

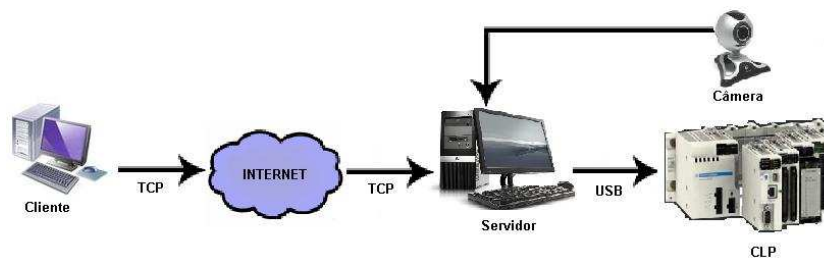
O lado cliente pode ser definido pelo conjunto usuário e interface gráfica. O usuário atua no experimento através de uma interface gráfica fornecida pelo servidor de experimentos, esta disponibiliza dados relativos ao estado atual da experiência e permite que o usuário atue no experimento enviando estímulos e obtendo respostas quer seja através de imagens reais ou animações que reproduzam o estado atual do experimento.

Existem diversas abordagens no que diz respeito a maneira como clientes e servidores estão implementados, algumas dessas serão aqui detalhas.

### **2.6 Laboratório Remoto Baseado em Aplicação Específica cliente/servidor.**

Neste caso toda a comunicação é realizada utilizando um software projetado especificamente para o sistema em questão, utilizando como base no protocolo TCP/IP. Uma alternativa interessante para comunicação entre processos independente de estarem ou não no mesmo computador é o uso de sockets. No Windows quem gerencia a sua utilização é a DLL winsock, esta pode ser acessada por sistemas desenvolvidos pelo usuário utilizando por exemplos os ambientes de programação Visual C ou Delphi, permitindo fácil acesso às funcionalidades dos sockets.

A Figura 2 ilustra um sistema para experiências remotas com um controlador lógico programável (CLP), a aplicação desenvolvida é dividida em duas partes: o módulo servidor e o módulo cliente. A comunicação entre os módulos é feita via TCP/IP e USB entre o módulo servidor e o CLP.



**Figura 2 - Aplicação específica**

Podemos citar alguns problemas com essa estratégia:

- A qualidade e a manutenção desta aplicação ficaria totalmente dependente do seu desenvolvedor.
- Uma pequena mudança no hardware ou software poderá exigir uma nova instalação do programa cliente.

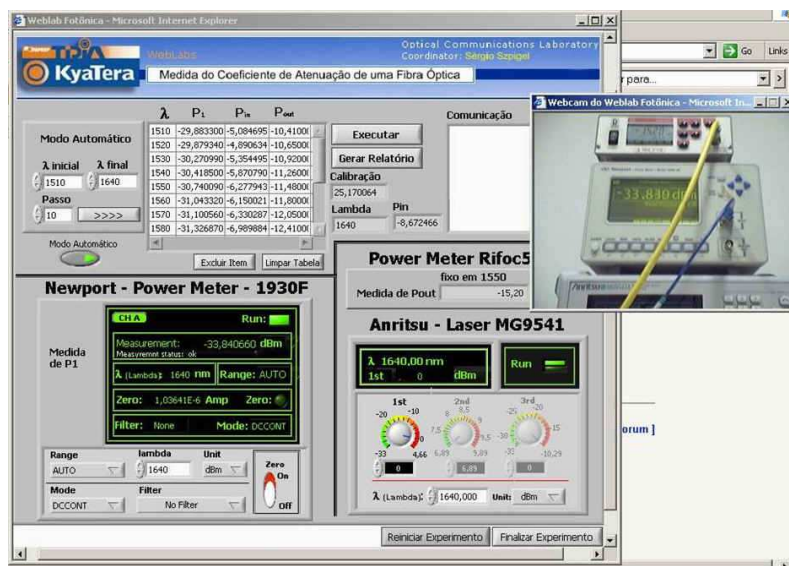
## 2.7 Laboratório Remoto Baseado em Solução Proprietária.

O uso de soluções proprietárias torna possível um desenvolvimento rápido de um sistema de experimentação remota devido a grande quantidade de funções já desenvolvidas nestes ambientes para monitoramento e controle à distância.

O LABVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*), por exemplo, é um poderoso software para simulação, instrumentação e análise de sistemas (CHEN *et al.*, 1999) desenvolvido pela National Instruments (NATIONAL, 2001), o LABVIEW é uma interessante alternativa para o acesso a dispositivos remotos via Internet devido às funcionalidades de comunicação com a Internet, aquisição dos dados e sua excelente integração com os instrumentos que utilizam o protocolo de comunicação GPIB.

Soluções utilizando LABVIEW apresentam a vantagem de permitir facilmente o projeto do software com uso de ferramentas gráficas, utilizando uma linguagem de programação por blocos de alto nível e instrumentos virtuais (VI's) já implementados que podem se comunicar com instrumentos reais, facilitando a representação gráfica e tratamento matemático dos dados. Por meio de um servidor HTTP embutido no próprio LABVIEW é possível tornar os VI's acessíveis por qualquer navegador web, como também a construção de programas CGI's para uso com os instrumentos virtuais.

A Figura 3 mostra a utilização do LABVIEW em um laboratório remoto para estudo de fibras-ópticas.



**Figura 3 - Uso do LABVIEW**

Devido a tantas potencialidades, os sistemas desenvolvidos utilizando o LABVIEW necessitam de uma versão completa do software instalada no servidor de experimentos, o que pode significar um custo bastante elevado para desenvolvimento de tal sistema.

## 2.8 Laboratório Remoto Baseado em Servidor HTTP Genérico

Sistemas baseados nos servidores HTTP mais populares como Apache, IIS por exemplo, permitem ao cliente ações de comando via CGI ou Servlets, com isso é possível fazer com que o computador servidor possa repassar as informações para outras interfaces de comunicação como USB e serial por exemplo. Neste tipo de sistema não é necessário o desenvolvimento do servidor, mas somente dos programas que permitirão o controle do experimento, no caso do CGI desenvolvido em linguagem C ou Perl e Java no caso de Servlets (ÁLVARES, 2003).

Considerado um método bastante rudimentar, ele permite que um cliente inicie um programa localizado no servidor, chamado programa CGI, e esse programa disponibilize resultados no navegador web (ALHALABI, 2001). Um programa CGI quando chamado pode gravar e ler dados do servidor e utiliza esses dados para gerar código HTML dinâmico que é transmitido para o navegador que chamou o CGI, apresentando na forma de página HTML.

Segundo Álvares (2003), a programação baseada em CGI é a abordagem mais utilizada no momento para o controle de sistemas através da Internet baseada na interface web. A sua desvantagem é a limitação de interatividade com o usuário, e pelo fato de sobrecarregar o servidor, pois tais programas não mantêm geralmente a conexão Internet persistentemente aberta, implicando em uma baixa velocidade.

Servlets é uma outra tecnologia para aplicações web executadas do lado servidor. Desenvolvida pela Sun Microsystems, os servlets são aplicações em Java que têm um funcionamento similar aos programas CGI, recebem uma solicitação de um navegador web e com base nos dados constroem um conteúdo apropriado para respostas do servidor, possibilitando assim a geração de páginas dinâmicas.

## **2.9 Laboratório Remoto Baseado em Microservidores**

Um Microservidor Web pode ser definido como um dispositivo de tamanho e custo reduzidos com capacidade de conectar dispositivos elétricos a uma rede Ethernet (BERNHARDT, 2003), constituindo assim uma opção bastante interessante para exercerem a função de servidores de experimento.

Com a popularidade da internet, a fabricação de pequenos servidores web torna-se uma das tendências atuais, permitindo o controle e monitoramento de dispositivos via internet. A cada dia são desenvolvidos novos produtos com características de internet embutida possibilitando a partir de software específico ou navegador web a configuração, manipulação e disponibilização de informações sobre seu estado.

Os microservidores são implementados utilizando-se microcontroladores, microprocessadores ou FPGA que se comunicam com circuitos de interfaces de rede padrão (SILVA, 2006). As primeiras experiências com microservidores utilizavam um dispositivo processador (microcontrolador, microprocessador ou FPGA) diretamente conectado a uma placa de rede comum.

O uso de microservidores no papel do servidor de experimentos, apresentam as seguintes vantagens:

- Custos. Um microservidor pode custar até 10 vezes menos que um computador comum e com um consumo de energia elétrica muito menor.
- Confiabilidade. Por ser o microservidor um sistema com número bem menor de componentes estaria menos susceptível a falhas em relação ao computador.
- Escalabilidade. A adição de outras placas experimentos com outras funcionalidades tornaria a comunicação com um computador servidor muito mais complexa tendo em vista o seu limitado número de portas, necessitando um protocolo extra para o compartilhamento das portas por cada placa de experimento. A adição de um computador para cada placa de experimento poderia tornar o projeto inviável.
- Outras questões: Tendo em vista a atual situação das instituições públicas de ensino tecnológico em que o aumento constante do número de alunos se torna uma meta, um computador que funcione 24 horas dedicado somente a experimentação remota não seria muito indicado, podendo este fazer parte de outros ambientes como bibliotecas, salas de pesquisa ou até mesmo outros laboratórios onde suas funcionalidades sejam mais plenamente utilizadas. Como o volume de dados que trafegam durante uma experiência é relativamente pequeno, o microservidor poderia claramente resolver tal problema.

### 3. ARQUITETURA DO LABORATÓRIO REMOTO PROPOSTO

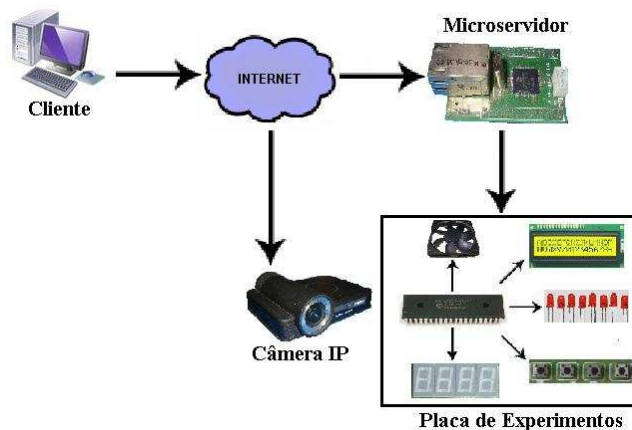
A placa de experimentos adotada tem como base o um microcontrolador da linha PIC16F. O conjunto de periféricos é formado por: 8 *LED's*, 4 displays de sete segmentos, 1 display LCD, 1 motor e 4 botões que podem ser acionados a partir da página do experimento.

Apesar da placa de experimentos também poder ser utilizada localmente, todos os periféricos foram definidos tendo em mente o seu controle e observação à distância.

Como elo de realimentação do sistema, uma câmera será utilizada, esta monitora o hardware descrito anteriormente enviando todas as alterações sofridas por esse hardware para a interface cliente possibilitando ao aluno obter resultados do experimento em tempo real.

O modelo de adotado foi a câmera IP, devido a sua não necessidade de um computador para disponibilizar as imagens, esta nada mais é que uma câmera digital com interface de rede padrão Ethernet.

A Figura 4 mostra a arquitetura definida para laboratório de experimentação remota com microcontroladores PIC, a utilização de um microservidor foi escolhida devido aos fatores apresentados anteriormente.



**Figura 4 - Arquitetura definida**

Ao acessar a página, o cliente realiza o envio do arquivo de programação para a placa de experimentos conectada ao microservidor. Após o processo de gravação ser concluído, o experimento poder ser controlado através da página e observado pela da câmera IP.

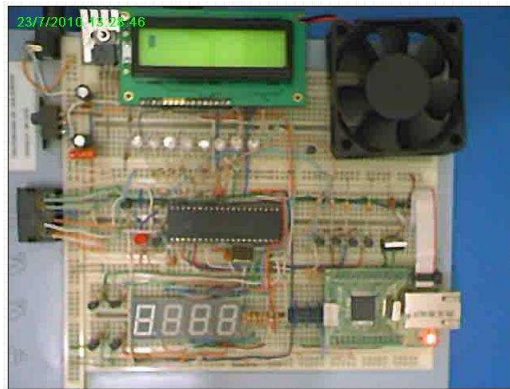
A página do experimento é vista na Figura 5, ela contém algumas linhas de texto informativo sobre o projeto, uma área para o envio do arquivo de programação, outra área com os botões para atuar no experimento, um link para as imagens da câmera, vista na Figura 6, e um menu que dar acesso à página de configurações de rede do microservidor.

Os botões foram desenvolvidos utilizando *AJAX (Asynchronous Javascript and XML)*, está técnica permite o desenvolvimento de aplicações com um alto grau de interatividade e possibilita a chamada de serviços web de forma assíncrona, ao realizar determinada ação o cliente não necessita aguardar uma resposta do servidor para continuar a usar o experimento, e na chegada da resposta, a página não é totalmente recarregada, mas somente a porção afetada é modificada, tornando o experimento remoto mais próximo possível de um experimento real.





**Figura 5 - Página do Experimento**



**Figura 6 - Imagem da câmera**

Dentre as atividades que podem ser executadas estão: Uso da interface de E/S do microcontrolador para acionamento dos dispositivos, leitura de botões, uso de display de 7 segmentos, LCD e estudo do módulo PWM para acionamento de motor.

Com a disponibilização do laboratório remoto para o acesso por parte dos alunos, pretende-se uma avaliação quanto a eficácia do sistema no sentido de contribuir para um melhor aprendizado na disciplina de microcontroladores. Essa avaliação será útil para verificar a necessidade de melhorias no sistema e contribuirá para futuras versões deste laboratório remoto.

#### **4. CONCLUSÃO**

Neste artigo foi apresentado um estudo sobre as diversas tecnologias de implementação de laboratório remotos, fornecendo os subsídios necessários para o desenvolvimento de um laboratório remoto de baixo custo na área de microcontroladores.

O conjunto de dispositivos de hardware e software integrados atingiram o objetivo de possibilitar a realização de experimentos remotos através da internet.

Nas avaliações iniciais foi observado o grande potencial da experimentação remota e a grande praticidade, funcionalidade e confiabilidade das tecnologias que formam o sistema.

Um obstáculo ainda encontrado na experimentação remota é o tempo de espera entre o envio de um estímulo e visualização do mesmo, a velocidade de algumas conexões ainda se mostram um grande impedimento neste tipo de projeto, mesmo assim o sistema demonstrou boa aceitação por parte dos usuários e contribuiu para um melhor aprendizado e um melhor desempenho na disciplina de microcontroladores.

## REFERÊNCIAS

ALHALABI, B. *et al.* **Remote Labs:Electrical Element Characterization Experiment.** *In:* International Conference on Engineering Education, August 6-10, 2001 Oslo, Norway.

ÁLVARES, A.J.; FERREIRA, J.C.E. **Metodologia para Implantação de Laboratórios Remotos Via Internet na Área de Automação da Manufatura**, Anais do 2º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF), Uberlândia, 2003.

BERNHARDT, M. F.; ALVES, J. B. M.; SILVA, J. B. **MicroServidor WEB na Supervisão e Controle da Qualidade da Água na Carcinicultura.** *In:* IV SBI AGRO-CONGRESSO BRASILEIRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE INFORMÁTICA APLICADA À AGROPECUÁRIA E À AGROINDÚSTRIA, 2003, PortoSeguro - BA. Anais do IV SBI Agro. 2003

CHELLA, M. T. **Arquitetura para Laboratório de Acesso Remoto com Aplicações Educacionais.** Tese de Doutorado, UNICAMP, 2006.

CHEN, S. H. *et al.* **Development of Remote Laboratory Experimentation through Internet.** *In:* Hong Kong Symposium on Robotics and Control, Volume II, July 99.

DE SALES, A. K. M. **Paralax – Plataforma de Acesso Remoto a Laboratórios para Apoio ao Treinamento a Distância**, Dissertação de Mestrado, UFC, 2008.

MARCHEZAN, A. R.; CHELLA, M. T.; FERREIRA, E. C. **Laboratório Remoto Aplicado ao Ensino de Engenharia Eletrônica.** *In:* I Workshop de Ciência da Computação e Sistemas da Informação da Região Sul - WORKCOMPSUL, Florianópolis, 2004.

NATIONAL (2001). **National Instruments**, <http://www.ni.com/>. Consulta em 10/05/2010

SOARES, J. M. **Um Sistema de Gestão para a Educação Tecnológica à Distância – Projeto e Implementação**, Dissertação de Mestrado, UFC, 2001.

SILVA, J. B. **A Utilização da Experimentação Remota como Suporte para Ambientes Colaborativos de Aprendizagem**, Tese de Doutorado, UFSC, 2006.

ZHANG, S. *et al.* **NETLAB–An Internet Based Laboratory for Electrical Engineering Education.** *In:* Journal of Zhejiang University SCIENCE, 2004.