

## Arquitetura para Desenvolvimento de Experimentos Remotos com Aplicações em EAD

Marco Túlio CHELLA  
chella@demic.fee.unicamp.br

Elnatan Chagas FERREIRA  
elnatan@demic.fee.unicamp.br

UNICAMP / FEEC / DEMIC

### Resumo

Este trabalho apresenta uma arquitetura de software e hardware com aplicação no desenvolvimento de experimentos controlados remotamente via rede Internet com enfoque em aplicações educacionais. Utiliza-se o serviço WEB da Internet como infra-estrutura de comunicação, aplicativos e hardware específico para instrumentação baseada em computador, um sistema composto de placa eletrônica e aplicativos para controle e monitoramento de experimentos reais. Os experimentos criados com a arquitetura apresentada possibilitam ao usuário com um computador conectado a rede Internet o controle e obtenção de informações relacionadas ao experimento no qual ele está atuando.

### Introdução

Durante os últimos anos pode-se observar o rápido desenvolvimento das redes de computadores e a Internet. A Web um dos serviços da Internet mais populares propiciou meios para a disponibilização e acesso a grandes volumes de informações em formatos textuais e multimídia. Estas características se mostraram bastante promissoras para desenvolvimento de ambientes para educação à distância ao oferecer recursos que permitem:

- Identificação, avaliação e integração de uma grande variedade de informação;
- Colaboração, discussão, troca e comunicação de idéias;
- Participação em experiências simuladas, aprendizagem e parcerias cognitivas;
- A expressão e construção coletiva de conceitos, significados artísticos e cognitivos. [Lucena e Fuks 2000].

Uma tecnologia que tem apresentado um desenvolvimento crescente são os sistemas de instrumentação e medida baseados em computador. Esses sistemas tem como elementos básicos os equipamentos de medida, o computador e o aplicativos responsáveis pela comunicação com os equipamentos possibilitando o controle e aquisição de dados.

Empresas como National Instruments [National 2001], fabricante do aplicativo LabView e hardware para instrumentação, tem oferecido uma grande variedade de produtos que atendem os mais diversos propósitos na área de medida e controle baseados em computador.

Ao integrar sistemas de instrumentação baseados em computador e comunicação via rede Internet abre-se a possibilidade para que a atuação e monitoramento desses sistemas possam ocorrer remotamente inclusive por múltiplos usuários dispensando a presença física no laboratório. Estas possibilidades tem sido exploradas pela indústria, pela medicina e também em aplicações educacionais caracterizando os laboratórios remotos. Diversas universidades e centros de pesquisa no mundo têm desenvolvido trabalhos relacionados ao controle de instrumentos remotamente via rede Internet, alguns com enfoque em aplicações educacionais. A seguir será descrito de forma sucinta alguns desses trabalhos.

- PEARL [2002]- Baseado na arquitetura Cliente/Servidor, é utilizado para experimentos em visão computacional. O usuário/aluno pode atuar no controle das câmeras de vídeo

variando o foco e zoom, acionando as fontes de luz e obtendo os dados da imagem no navegador Web.

- Telelab [Casini, Prattichizzo e Vicino 2002] - O laboratório físico é constituído de sistemas hidráulicos, motores de corrente contínua e um levitador magnético. A interação com o usuário/aluno ocorre por meio de um navegador Web. Ao terminar o experimento um conjunto de dados é apresentado por meio de uma interface gráfica.
- AIM [Shen et al 1999] - Tendo como aplicação a caracterização de dispositivos semicondutores, é implementado seguindo o modelo Cliente/Servidor sendo constituído de um servidor no qual estão instalados equipamentos que se comunicam por meio do padrão GPIB<sup>1</sup>. O usuário/aluno acessa esses instrumentos para envio e recebimento de dados por meio de um navegador Web.

### **Motivação para Desenvolvimento de um sistema de Laboratório Remoto**

Além da base teórica necessária baseada em aulas tradicionais, a experiência de fazer na prática proporcionada pelos laboratórios são elementos vitais na formação do profissional de engenharia [Hua e Ganz 2003]. Contudo, configurar e manter um laboratório disponível por longos períodos tem custo alto. Com um laboratório remoto pode-se otimizar a utilização de recursos, já que o mesmo pode estar disponível para mais de uma instituição de ensino e consequentemente atender um número maior de alunos que podem atuar nos experimentos simultaneamente em locais e horário distintos.

Do ponto de vista pedagógico acreditamos que todo o aprendizado possível de ser realizado no ambiente presencial, poderá ser propiciado também a distância, numa abordagem em que diferentemente da sala de aula tradicional, engloba comunicação e conhecimento baseado na liberdade, na pluralidade e na cooperação de forma mais ampla possível [Silva 2000]. Associa-se também a este fato, a liberdade do aprendizado passar a acontecer em função do ritmo e disponibilidade de tempo do aluno [D'Abreu 2003].

Os vários sistemas de laboratórios remotos estudados apresentam uma característica comum: Foram desenvolvidos por especialistas com habilidade na várias tecnologias relacionadas à programação de aplicativos para Internet, conhecimento aprofundado do hardware, protocolo de rede e comunicação dos instrumentos que fazem parte do ambiente. Como resultado esses sistemas são monolíticos oferecendo pouca flexibilidade e dificuldade de alteração pelo usuário, ficando o desenvolvimento de experimentos remotos restritos a profissionais com os conhecimentos técnicos necessários a realização dos mesmos.

A partir desta constatação originou-se o trabalho para desenvolvimento de uma ferramenta para criação de experimentos remotos que ofereça recursos para que o usuário possa elaborar seu experimento que envolva o controle de instrumentos e acionamento de relês, chaves eletrônicas, potenciômetros digitais, aquisição de dados entre outros sem se preocupar com os aspectos relacionados a programação da comunicação do hardware dos instrumentos e integração com a rede Internet.

### **Objetivos**

Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma ferramenta para a elaboração de experimentos na área de eletrônica, por não especialistas, no qual seja possível realizar, a distância e localmente vários experimentos distintos concebidos e implementados em laboratório reais atendendo as seguintes características:

- Custo baixo e decrescente por estudante, depois dos investimentos iniciais, o laboratório remoto tende a ficar mais econômico em relação ao convencional pois pode atender a um número maior de alunos .

---

<sup>1</sup> Protocolo para comunicação entre instrumentos de laboratório como osciloscópios, geradores de sinais entre outros.

- Modularidade; permitindo que sejam agregados novos experimentos e equipamentos.
- Execução dos experimentos em tempo real.
- Permita a utilização dos procedimentos experimentais já existentes nos laboratórios convencionais podendo ser facilmente integrado aos recursos didáticos empregados como livros texto, ilustrações, entre outros.
- Aplicação no modo remoto e presencial.
- Acesso compartilhado a equipamentos de custo alto, dispensando a aquisição por cada instituição ou laboratório.
- Flexibilização de horários para execução dos experimentos, otimizando o tempo de estudo dos alunos e a utilização dos equipamentos.

### **Estrutura do laboratório remoto**

Um sistema de medição baseado em computador do ponto de vista de hardware é constituído pelos instrumentos de medição, placas para instrumentação e os cabos e interfaces para conexão. Para que seja possível estabelecer comunicação com o hardware dos instrumentos e placas foram desenvolvidos pela indústria padrões e protocolos de comunicação como o GPIB. Ambientes de programação como o Labview e C++, permitem acessar e controlar o fluxo de dados desses equipamentos, possibilitando o armazenamento e visualização de informações. Para o desenvolvimento de experimentos na área de engenharia elétrica/eletrônica foi implementado neste trabalho um sistema de hardware constituído por uma placa eletrônica de controle, um barramento de dados e as placas de experimentos com as seguintes características:

- Comunicação com o computador por meio da porta USB<sup>2</sup>.
- Cada placa de experimento pode controlar até 32 reles, 8 potenciômetros digitais e comutar até 8 canais de instrumentos de medição.
- Controle de até 8 experimentos simultâneos.

Para atender as características enumeradas foi desenvolvido um sistema constituído de software e hardware conforme demonstrado no gráfico da figura 1.

---

<sup>2</sup> USB é o acrônimo de Universal Serial Bus , porta para computadores pessoais que se destaca pela capacidade para transferências de dados em taxas que variam de 2 a 20 Mbs dependendo da especificação.

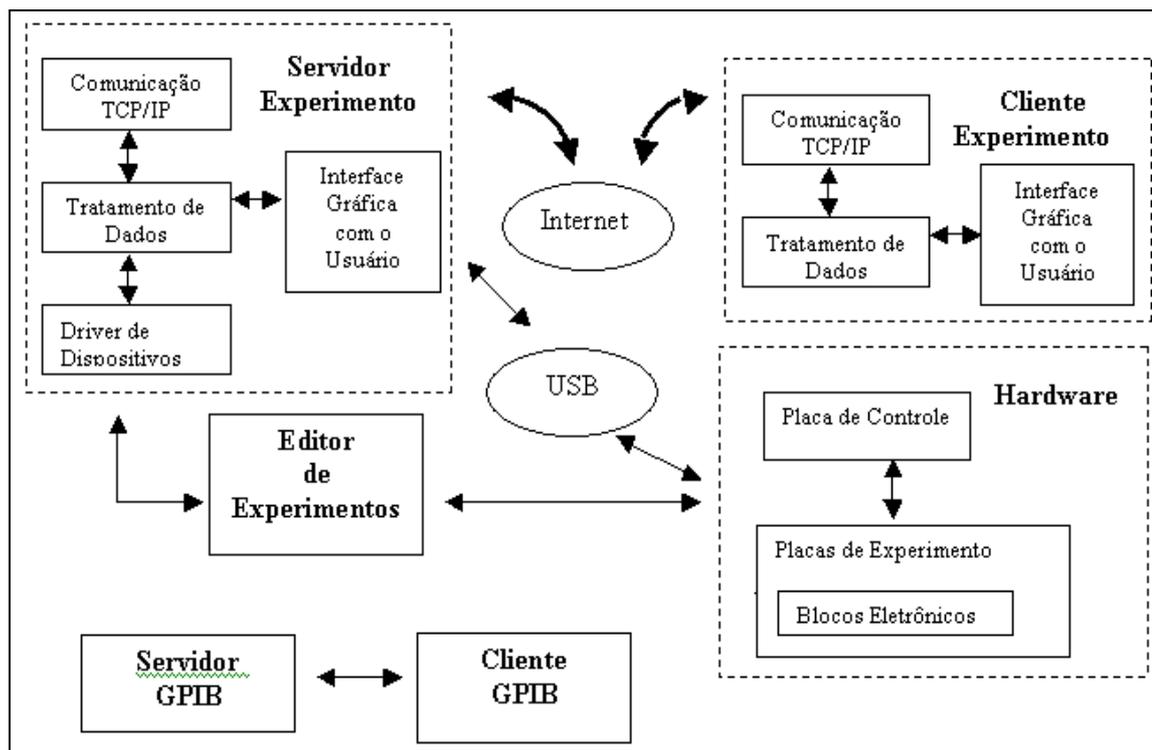


Figura 1 – Estrutura do laboratório remoto

A seguir são descritos os principais componentes da arquitetura do laboratório remoto.

- **Placa de Experimento** – Placa eletrônica contendo o circuito eletrônico que será disponibilizado para o experimento, dispõe de conectores para inserção dos Blocos Eletrônicos que permitem a variação dos diversos parâmetros do circuito.
- **Blocos Eletrônicos** – são circuitos eletrônicos com funções dos principais componentes utilizados em eletrônica como potenciômetros, chaves eletrônicas, banco de resistores, entre outros. Os blocos eletrônicos recebem os comandos originados no computador e convertidos na placa de controle variando seus valores e estados.
- **Placa de Controle** – Circuito eletrônico conectado ao computador pela porta USB é responsável por receber os comandos de acionamento e controle originados no aplicativo do PC e atuar nos blocos eletrônicos da placa de experimentos.
- **Editor de Experimentos** – é um aplicativo que será utilizado pelo desenvolvedor do experimento remoto. Utilizando uma interface gráfica constituída de uma área de trabalho e por uma barra de ferramentas (figura 2) possibilita ao usuário selecionar os Blocos Eletrônicos e objetos gráficos que serão utilizados no experimento, e por meio do recurso arrastar e soltar posicioná-los na área de trabalho. Clicando com o botão direito abre-se um formulário no qual é possível atribuir valores às propriedades disponíveis em cada Bloco Eletrônico e objeto gráfico.
- **Servidor de Experimentos** – é um aplicativo responsável por receber os comandos originados no Cliente do Experimento Remoto e encaminhar esses comandos para a porta USB do computador para utilização pela Placa de controle.
- **Cliente do Experimento Remoto** - aplicativo executado em um navegador Web padrão, é responsável por disponibilizar uma interface gráfica com os elementos criados no editor de experimentos e permitir ao usuário atuar sobre esses elementos. Por exemplo, clicando em uma chave essa muda o gráfico para o estado de aberta ou fechada propiciando ao aluno uma visualização próxima ao real. Ao mesmo tempo envia um comando ao Servidor de Experimento para atuar no Bloco Eletrônico previamente configurado.

- **Servidor GPIB** – Geralmente nos experimentos eletrônicos instrumentos como osciloscópios são empregados para visualização gráfica dos sinais encontrados nos circuitos. A maioria dos osciloscópios comerciais se comunicam com o computador por meio do protocolo GPIB<sup>3</sup> para enviar dados e receber comandos de controle. Para permitir ao usuário do experimento visualizar os sinais e controlar o osciloscópio foi desenvolvido o Servidor GPIB que se comunica com o hardware de um osciloscópio e com a rede Internet possibilitando o controle do mesmo remotamente pelo Cliente GPIB.
- **Cliente GPIB** – responsável por se comunicar com a rede, recebendo dados e enviando comandos de controle para o Osciloscópio remoto. A interação com o usuário ocorre por meio de uma interface gráfica constituída dos botões de comandos e tela que representam um osciloscópio real.

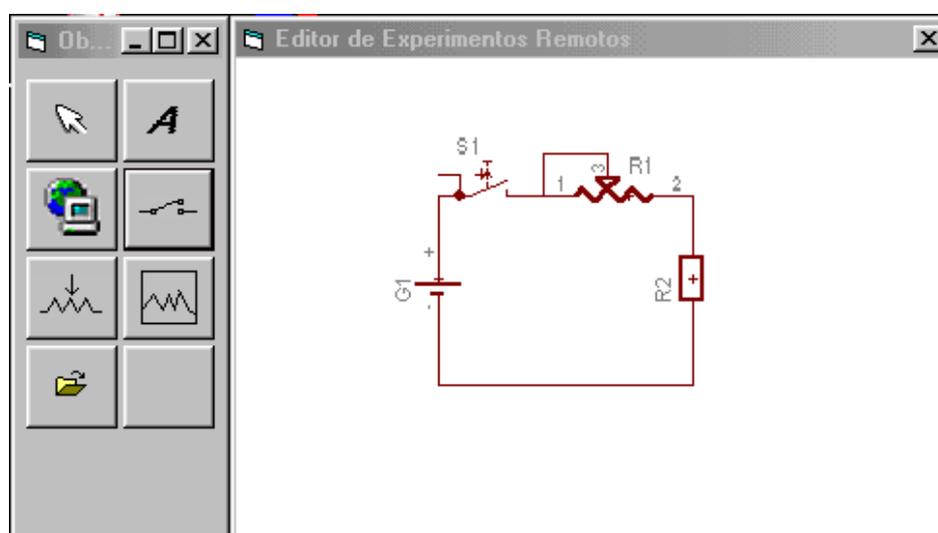


Figura 2 - Interface Gráfica do Editor de Experimentos

Houve especial cuidado na implementação da interface gráfica com o usuário pois é por meio dela que ocorrerão todas as atividades do aprendiz no laboratório remoto. Como a ação do aprendiz ocorre por meio de um navegador para Internet alguns princípios de usabilidade foram seguidos incluindo a clareza na arquitetura da informação, facilidade de navegação, simplicidade, relevância no conteúdo, manutenção da consistência e foco no usuário [Nielsen 1999].

A placa de controle se comunica com o computador por meio da porta USB. O aplicativo servidor dispõe de um módulo para comunicação com o driver USB possibilitando o acesso a placa de controle para leitura e escrita.

O hardware é basicamente constituído de três placas interligadas(figura 3): a placa de controle que se comunica com servidor e dispõe de recursos para atuar em oito experimentos simultaneamente; a placa da experiência que automatiza os experimentos convencionais do laboratório através de blocos funcionais genéricos, como relés (chaves), potenciômetros digitais, banco de resistores e os instrumentos de análise e medição, e a placa de barramento que atua como interconexão entre os vários módulos de hardware.

<sup>3</sup>O protocolo GPIB foi desenvolvido pela empresa Hewlet Packard para comunicação entre instrumentos de medição e depois adotado por outras empresas.

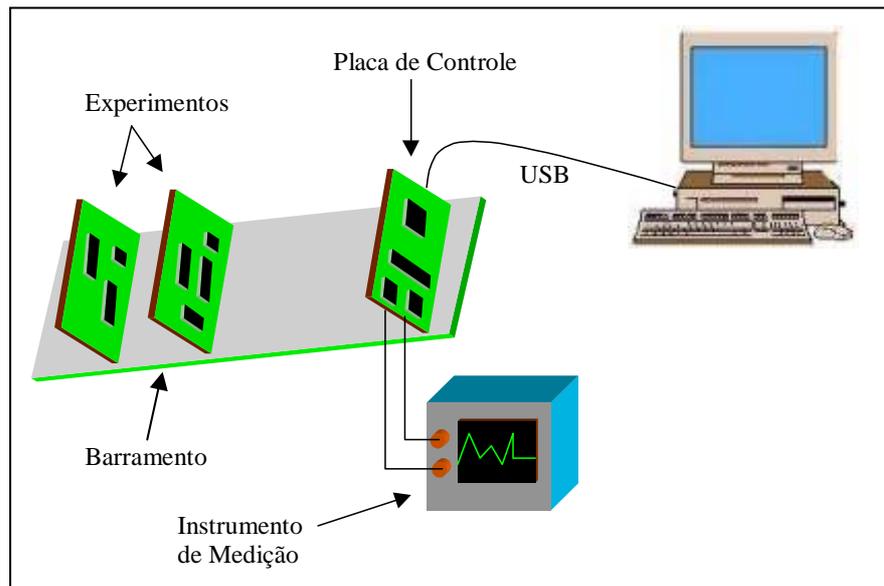


Figura 3 - Hardware do laboratório remoto

A interface com o usuário é constituída pelo circuito esquemático da experiência em execução como pode ser observado na figura 4.

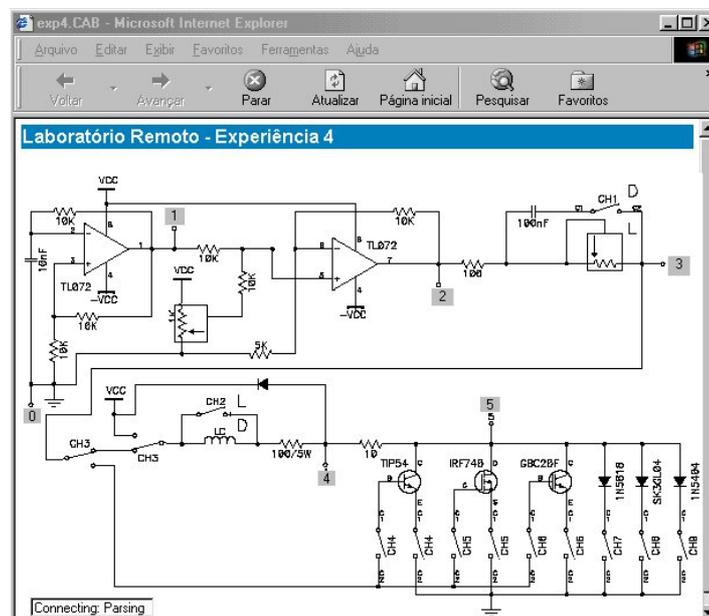


Figura 4 – Interface gráfica do experimento

As chaves e os potenciômetros da experiência real são representados no desenho esquemático do circuito eletrônico e ao serem clicados funcionam como se o aprendiz estivesse atuando diretamente sobre o experimento convencional, ou seja os componentes serão fisicamente acionados, isto é chaves serão ligadas ou desligadas, potenciômetros terão seu valor alterado. Para cada ação do usuário um retorno visual é apresentado, o que propicia uma representação fiel do estado do circuito que está sob controle.

Com a execução no cliente da interface gráfica e um pré-processamento das informações antes do envio, o tráfego de dados na rede é minimizado evitando também a sobrecarga do computador que hospeda o servidor.

No desenvolvimento do laboratório foi utilizado o Labview e o Microsoft Visual Studio para desenvolver o sistema de aplicativos com funções para acesso a drivers de dispositivo de hardware (USB), processamento das informações com dados do cliente e instrumentos, comunicação via rede TCP/IP, interface gráfica com o usuário e microcontroladores.

### **Desenvolvimento de experiências**

Para avaliação do sistema estão sendo utilizadas experiências propostas no laboratório convencional do curso de eletrônica industrial oferecido na graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica – Unicamp. As atividades envolvidas nas experiências incluem: selecionar, por meio de chaves (reles), a associação de componentes eletrônicos pré-definidos, levantando curvas através da variação dos valores de resistores (potenciômetro digital). Um osciloscópio conectado ao experimento permite a visualização dos sinais.

Para execução do experimento foi utilizado um computador com processador Celeron de 800Mhz e 256 Mb de memória RAM com sistema operacional Windows 2000. Neste computador foi conectado a Placa de Controle executando o aplicativo Servidor da Placa de Controle. Em um computador com processador Pentium de 233Mhz e memória de 128Mb com placa GPIB da National instrumentos foi conectado o Osciloscópio HP modelo 54403 e foi executado o aplicativo Servidor GPIB. Os dois computadores estavam conectados a rede Internet.

Com a disponibilização dos experimentos para execução remota pelos alunos pretende-se avaliar aspectos quanto à funcionalidade do sistema em uma situação real de aplicação, facilidade de utilização e confiabilidade. Estas informações fornecerão subsídios para implementação das futuras versões do laboratório remoto.

### **Conclusão**

Neste artigo foi apresentando a implementação de um modelo básico para a construção de um sistema completo para execução de experimentos de engenharia remotamente e as avaliações iniciais do mesmo. Planeja-se com este laboratório remoto disponibilizar aos alunos experimentos que poderão ser acessados ininterruptamente atendendo as disponibilidades de tempo do aluno e podendo atender um número relativamente maior de usuários.

Avaliações iniciais nas condições propostas do laboratório remoto demonstraram a grande praticidade, funcionalidade e confiabilidade das diversas tecnologias integradas neste sistema.

### **Referências**

M. Casini, D. Prattichizzo, A. Vicino, "Automatic Control Telelab: un Laboratorio Remoto per E-learning", Didamatica 2002 - Atti, pp. 233-240, Naples, Italy, Feb., 2002.  
<http://www.dii.unisi.it/~casini/publications.php>

D'Abreu V. V. J. , Chella M. T. (2003) Ambiente de Telerobótica em EaD  
In: XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBC2003, Campinas SP

Hua, J. e Ganz, A. (2003) "A new model for remote laboratory education based on next generation interactive technologies",

<http://researchers.conferenceexp.net/Lists/Research%20Papers2/Attachments/5/aseeivlab.pdf>,  
Abril

Lucena C., Fuks H.(2000) A Educação na Era da Internet. Clube do Futuro, Rio de Janeiro

National (2001) National Instruments, <http://www.ni.com/>. Consulta em 10/01/2004

Nielsen, J. (1999) Design Web Usability. New Riders Publish., Indianapolis, Indiana USA

Shen H., Xu Z., Dalager B., Kristiansen V., Strøm Ø., Shur M. S., Fjeldly T. A., Lü J. e Ytterdal T. (1999) " Conducting Laboratory Experiments over the Internet", IEEE transactions on education, vol. 42, no. 3, p.180-185.

Silva M., Sala de Aula Interativa. Quarter Ed. Rio de Janeiro, 2000.

Schafer, T., Seigneur, J. M. e Donnelly, A. (2002) " PEARL: A Generic Architecture for Live Experiments in a Remote Lab", <http://iet.open.ac.uk/pearl/publications/icsee03.pdf> ,  
Outubro.

---

Autor:

Marco Túlio CHELLA

e-mail: [chella@demic.fee.unicamp.br](mailto:chella@demic.fee.unicamp.br)

Endereço para correspondência:

UNICAMP / FEEC / DEMIC

Cidade Universitária Zeferino Vaz

Distrito de Barão Geraldo, Campinas - SP

Caixa Postal : 6101

CEP 13081-970

Experiência profissional e acadêmica:

Mestre em Engenharia pela Universidade Estadual de Campinas  
- Unicamp, Doutorando em Engenharia Elétrica pela mesma  
universidade

Atua em pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de  
tecnologias e metodologias para aplicação em educação.

Co-autor

Elnatan Chagas FERREIRA

email: [elnatan@demic.fee.unicamp.br](mailto:elnatan@demic.fee.unicamp.br)

Endereço para correspondência:

UNICAMP / FEEC / DEMIC

Cidade Universitária Zeferino Vaz

Distrito de Barão Geraldo, Campinas - SP

Caixa Postal : 6101

CEP 13081-970

Experiência profissional e acadêmica:

Bacharel em física pela UFCE Universidade Federal do Ceará ,  
mestre e doutor livre docente pela Universidade Estadual de  
Campinas - Unicamp

Atua como professor nos cursos de graduação e pós-graduação  
no curso de Engenharia Elétrica da Unicamp.

Estamos a disposição para qualquer informação adicional que  
se fizer necessária.