

Laboratório Virtual Aplicado à Educação a Distância

Fernandez, Rodrigo O.¹, Borges, Adriana P.², Pérez-Lisboa, Maurício³,
Peixoto, Nathalia⁴ e Ramirez-Fernandez, F. Javier⁵

Sensores Integráveis e Microestruturas

Laboratório de Microeletrônica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Luciano Gualberto, Trav. 3, 158, Sala C2-57 – São Paulo – SP - 05508-900

Fone: (11) 3818-5310 - Fax: (11) 3818-5585 – Web: <http://sim.lme.usp.br>

¹rof@usp.br, ²apborges@lme.usp.br, ³mperez@lme.usp.br, ⁴nathalia@lme.usp.br,
⁵jramirez@lme.usp.br.

Introdução

A educação a distância data do final do século XIX e a sua evolução vem, ao longo dos anos, acompanhando o desenvolvimento dos meios de comunicação em geral [1]. Atualmente, com o advento da Internet, pode-se dizer que a educação a distância esteja entrando em sua quarta geração, após o emprego do correio, do rádio, da TV e dos recursos multimídia presentes nos microcomputadores surgidos nas décadas de 80 e 90 [2].

O aumento na largura de banda e uma maior difusão da Internet não apenas a torna viável como sistema de educação a distância, como também deverá ser responsável pelo seu desenvolvimento nos próximos anos. Complementando os outros modelos, a educação a distância através da Internet permite uma maior interação do aluno com os recursos didáticos, além de abrir uma série de novas formas de aprendizagem.

Porém uma das deficiências existentes para cursos de educação a distância é a falta de aulas práticas em laboratório. Há cursos que disponibilizam ao aluno simulações computadorizadas, geralmente implementadas com o auxílio de linguagem Java [3], que demonstram alguns fenômenos físicos e elétricos, mas aqui também é patente a colocação do aluno na situação passiva de mero observador (ou no máximo atuador através de um "clique de mouse"). Até agora não se dispõe de técnicas de realidade virtual avançadas o suficiente de forma a proporcionar uma experiência real à distância. Por isso o problema de implementação de um Laboratório no sentido real da palavra, ou seja, um local onde se realiza labor (trabalho), torna-se relevante.

Neste artigo pretende-se apresentar uma solução para este problema e embora não seja possível substituir o trabalho que o aluno realiza durante uma aula prática de laboratório, como por exemplo a montagem do aparato experimental, foi desenvolvido um ambiente de ensaios virtual onde o aluno pode interagir alterando os parâmetros a serem usados em um experimento real montado no Laboratório Virtual do Grupo Sensores Integráveis e Microsistemas do Laboratório de Microeletrônica (LME) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).

O ambiente que permite o acompanhamento e controle de experimentos e ensaios remotamente é chamado de Laboratório Virtual [4],[5]. Um esquema geral é mostrado na figura 1.

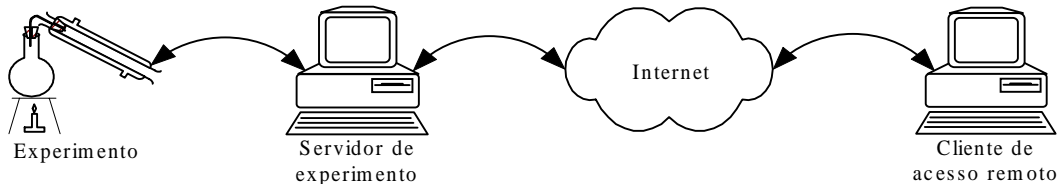


Figura 1: Esquema de ligação de um Laboratório Virtual básico.

No modelo proposto o servidor é responsável pelo envio dos dados para o computador do usuário via Internet, além de conter placas de aquisição de dados, placas de interface de comunicação com o protocolo GPIB ou até mesmo as portas de comunicação seriais ou paralelas para realizar a monitoração e o controle do andamento do experimento através de instrumentação virtual [6].

Eventualmente, pode-se utilizar uma configuração onde o servidor é responsável apenas pelo controle de acesso dos usuários remotos, enquanto outro computador controla o experimento. Esta solução, além de aumentar a segurança na transmissão de dados, também permite a realização de diversos experimentos no Laboratório Virtual.

Descrição

Para a demonstração e início de estudos sobre o conceito de Laboratório Virtual, foi definida uma experiência simples utilizando um microcomputador Pentium 166 MHz com 24MB de memória RAM conectado à Internet e uma placa de aquisição de dados (DAQ) modelo AT-MIO-16X (National Instruments) com 16 canais de entradas analógicas em modo comum (8 canais em modo diferencial), 2 canais de saídas analógicas e 8 canais digitais bidirecionais.

Nesta experiência pretende-se levantar as curvas de polarização de um transistor bipolar comercial NPN (2N3904). Esta caracterização foi escolhida devido à sua facilidade de elaboração e à possibilidade de aplicação nos cursos introdutórios de Eletrônica.

Para impor uma limitação de corrente compatível com as fontes de tensão disponíveis introduziram-se, além do transistor citado e das fontes de tensão disponíveis no sistema, resistores na base e no coletor do transistor conforme mostrado na figura 2.

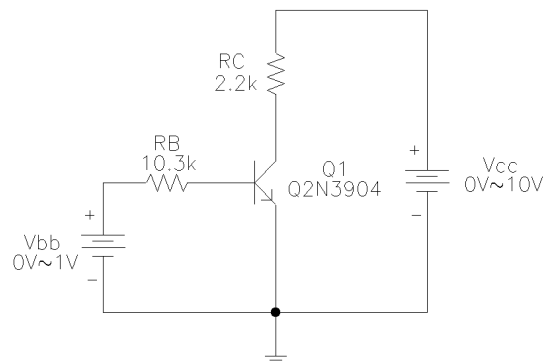


Figura 2: Circuito contendo o transistor a ser testado.

A tensão V_{cc} deve variar no intervalo máximo de 0V à 10V e é fornecida pelo canal 0 da saída analógica da DAQ, enquanto a tensão V_{bb} deve

variar no intervalo máximo de 0V a 1V e é fornecida pelo canal 1 da saída analógica da DAQ.

As tensões V_{cc} , V_{ce} (medida entre os terminais de coletor e emissor do transistor), V_{bb} e V_{be} (medida entre os terminais de base e emissor do transistor), são adquiridas através dos canais de entrada analógica 0, 1, 2 e 3, respectivamente.

O usuário pode traçar até cinco diferentes curvas de polarização para o transistor testado. Para levantar cada uma delas, primeiro fixa-se um valor de tensão, estabelecido pelo usuário, para ser aplicado em V_{bb} e em seguida a tensão V_{cc} é variada de 0V até um valor máximo também estabelecido pelo usuário. Um exemplo de gráfico resultante é mostrado na figura 3.

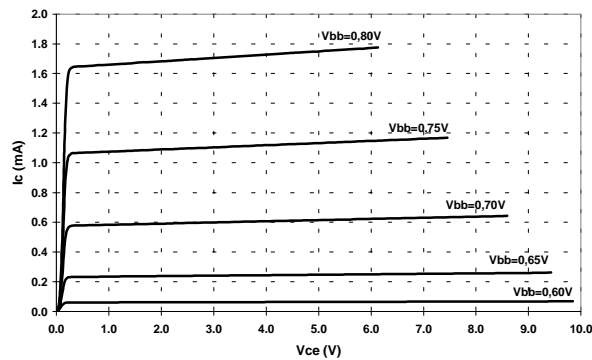


Figura 3: Gráfico simulado de I_c (mA) em função de V_{ce} (V) para V_{cc} máximo de 10V e diferentes valores de V_{bb} .

Para o cálculo do valor das correntes na base e no coletor do transistor são usadas as equações mostradas na figura 4.

$$I_b = \frac{V_{bb} - V_{be}}{R_B} \quad I_c = \frac{V_{cc} - V_{ce}}{R_C}$$

Figura 4 : Fórmulas usadas para o cálculo de I_b e I_c .

Para possibilitar o acesso remoto ao experimento foram desenvolvidos dois programas utilizando o *LabVIEW*[®] versão 5.1 da *National Instruments*. O *LabVIEW*[®] foi escolhido tanto pela sua facilidade de programação, o que permite alcançar resultados mais rapidamente, quanto pela sua excelente integração com os instrumentos que utilizam o protocolo de comunicação GPIB e com as placas de aquisição de dados usadas para implementação do Laboratório Virtual.

O primeiro programa, chamado de **Servidor**, é executado no computador diretamente ligado ao experimento através da DAQ e controla tanto a execução das medidas quanto a recepção e transmissão dos dados pela Internet, seu fluxograma simplificado é mostrado na figura 5.

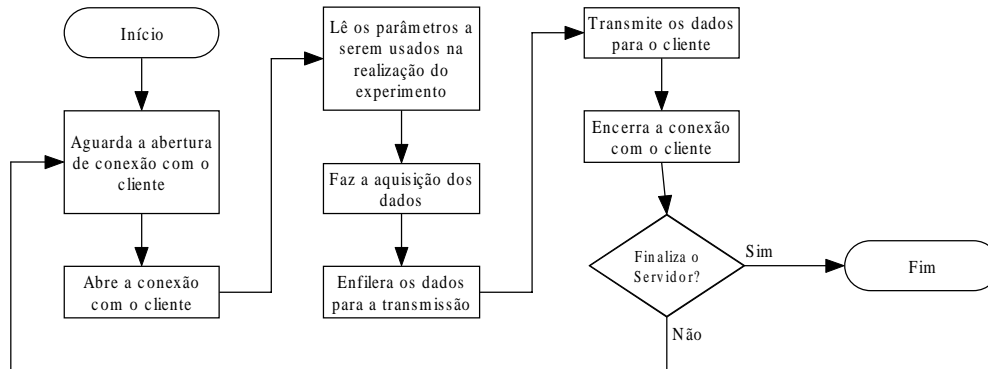


Figura 5: Fluxograma do programa Servidor.

O painel frontal do programa Servidor é mostrado na figura 6.

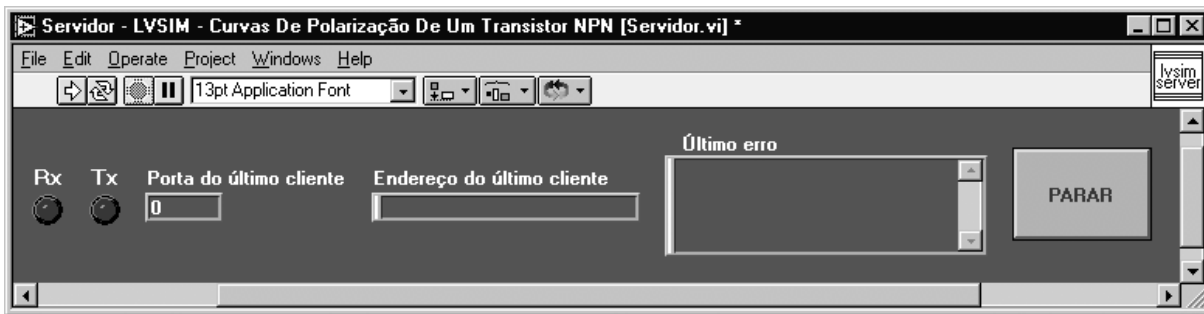


Figura 6: Painel frontal do programa Servidor.

As descrições dos controles e displays existentes no painel frontal do programa Servidor são mostradas na tabela 1.

Tabela 1: Controles e displays do programa de acesso remoto.

Rx	Indica se o servidor está recebendo dados do cliente remoto.
Tx	Indica se o servidor está transmitindo dados para o cliente remoto.
Porta do último cliente	Mostra o número da porta utilizada para a conexão com o servidor pelo último usuário remoto.
Endereço do último cliente	Mostra o endereço IP do último usuário conectado ao servidor.
Último erro	Descreve a ocorrência de erros durante a última conexão ao servidor.
Parar	Fecha as conexões abertas e interrompe a execução do programa.

Já o segundo programa, chamado de **Cliente**, deve ser executado no computador do usuário remoto e é responsável por enviar os parâmetros a serem utilizados no experimento bem como visualizar o gráfico com os resultados do mesmo. Seu fluxograma simplificado é mostrado na figura 7.

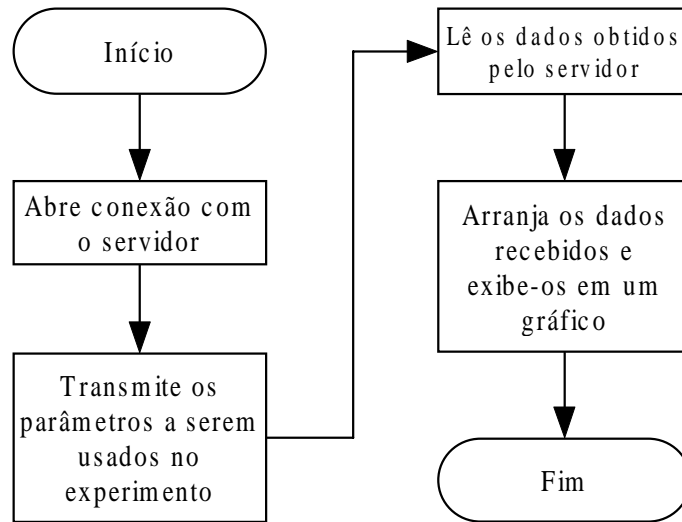


Figura 7: Fluxograma do programa Cliente.

O painel frontal do programa Cliente é mostrado na figura 8.

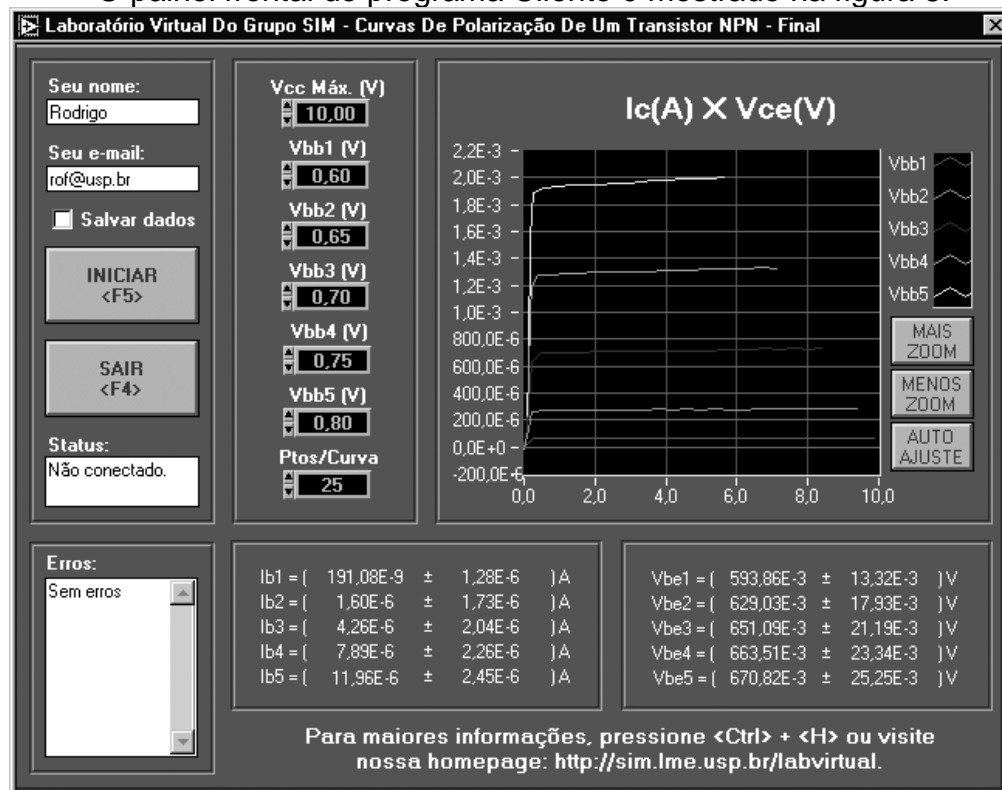


Figura 8: Painel frontal do programa Cliente.

As descrições dos controles e displays existentes no painel frontal do programa Cliente são mostradas na tabela 2.

Tabela 2: Controles e displays do programa de acesso remoto.

Seu nome e Seu e-mail	O preenchimento desses campos é obrigatório para que o programa inicie a experiência. Estes dados servirão para facilitar o feedback com os usuários do Laboratório Virtual.
Salvar dados	Permite ao usuário salvar os valores dos dados obtidos.

Iniciar	Conecta com o servidor e envia os parâmetros a serem utilizados.
Sair	Encerra a execução do programa.
Status	Mostra o estado atual da execução do programa
Vcc Máximo	Define o maior valor de tensão (de 0V à 10V) a ser usado em Vcc.
Vbb1~Vbb5	Define os valores de tensão (de 0V à 1V) a serem aplicados em Vbb.
Pontos por curva	Define o número de pontos (máximo de 1000, dependendo da velocidade da conexão estabelecida) a serem medidos em cada curva (quanto mais pontos, mais preciso e mais demorado é o processo).
Ic x Vce	Mostra o gráfico da corrente de coletor em função da tensão entre o coletor e o emissor do transistor, contendo as curvas de polarização correspondentes aos diferentes valores de Vbb
Erros	Mostra o último erro ocorrido.
Ib1~Ib5	Mostra os valores médios da corrente que entra na base do transistor para diferentes valores de Vbb.
Vbe1~Vbe5	Mostra os valores médios da tensão entre a base e o emissor do transistor para diferentes valores de Vbb.

Todos os dados obtidos durante a realização do experimento, entre eles nome, e-mail, endereço IP do usuário, além do código dos erros que tenham ocorrido, são gravados em um arquivo de registro no servidor do experimento. Esses dados são usados na melhoria e desenvolvimento do sistema.

Resultados e Discussões

Em medidas realizadas com um valor de 25 pontos por curva, são transmitidos do servidor do experimento até o computador do usuário remoto pacotes com cerca 1kB de tamanho.

Para verificar a funcionalidade do Laboratório Virtual, desenvolvido como ferramenta a ser utilizada na educação a distância, foram feitas medidas dos tempos de resposta para pacotes enviados através do protocolo TCP/IP [7] por três caminhos diferentes, entre o computador utilizado pelo Laboratório Virtual e computadores localizados na USP, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e Universidade de Bonn, Alemanha.

As medidas foram realizadas no período de uma semana, utilizando pacotes de 1kB de tamanho e com tempo máximo de espera definido a 10s. Após este tempo, o pacote é considerado perdido. Os resultados obtidos são mostrados nas figuras 9, 10 e 11.

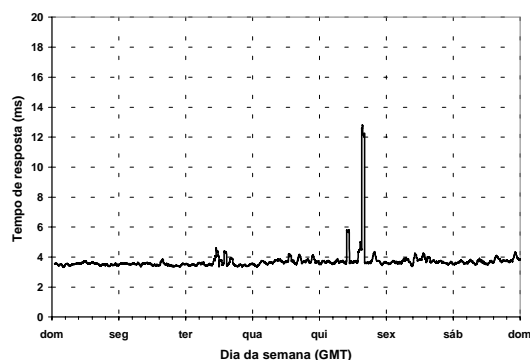


Figura 9: Tempo de resposta para o envio de pacotes de 1kB entre o servidor do experimento e um outro computador localizado no LME/USP.

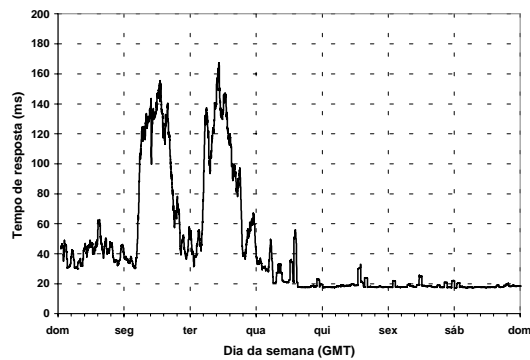


Figura 10: Tempo de resposta para o envio de pacotes de 1kB entre o servidor do experimento e um computador localizado na UNICAMP.

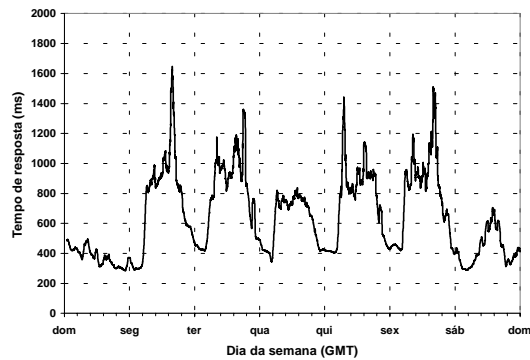


Figura 11: Tempo de resposta para o envio de pacotes de 1kB entre o servidor do experimento e um computador localizado na Universidade de Bonn, Alemanha.

Os tempos de resposta medidos e o percentual de pacotes perdidos são mostrados na tabela 3.

Tabela 3: Tempos de resposta medidos e percentagem de pacotes perdidos medidos.

Trajeto		Tempo médio (ms)	Tempo máximo ¹ (ms)	Tempo mínimo (ms)	Pacotes perdidos
USP	USP	3,7±4,2	330	3	2,37%
	Unicamp	40,9±44,6	755	17	6,65%
	Univ. of Bonn	617,4±370,7	5627	210	9,73%

Foi feita uma página na Internet contendo informações sobre o andamento do projeto, instruções sobre o funcionamento dos experimentos, além de possibilitar a cópia dos programas necessários para o acesso remoto ao Laboratório Virtual. Os leitores são convidados à visitá-la, e a contribuir com suas impressões para a constante melhoria deste projeto, disponível no seguinte endereço: <http://sim.lme.usp.br/labvirtual>.

¹ Excluindo-se os tempos de resposta superiores a 10s.

Discussão e Conclusões

A análise dos resultados obtidos, com uma velocidade de transmissão de dados satisfatória, mostra a funcionalidade e a potencialidade da utilização do Laboratório Virtual como importante ferramenta para a educação a distância ou até mesmo como complemento para os cursos normais.

Além disso, foi possível demonstrar que se pode elaborar e implementar um Laboratório Virtual com praticamente quaisquer experimentos gerais ou para fins específicos, utilizando uma infraestrutura de custo relativamente baixo em comparação com um laboratório usual. Entretanto continua a limitação da experimentação real, do desenvolvimento de experimentos que requerem a atuação do usuário, como discutido na introdução deste texto. A esta questão não há ainda respostas razoáveis: o laboratório virtual está até agora confinado às experiências também virtuais.

Entre as deficiências encontradas na implementação do experimento, destacam-se a sub-utilização da placa de aquisição, uma vez que foram usados apenas 4 dos 16 canais de entrada analógica disponíveis e não foi usado nenhum canal digital, além da necessidade de o usuário remoto fazer o *download* de arquivos relativamente grandes, o que dificulta o acesso de usuários com conexões de Internet muito lentas, embora esses arquivos possam vir a ser enviados em disquetes ou CD-ROMs através do correio.

No futuro, ainda explorando circuitos eletrônicos, pretende-se desenvolver experimentos mais elaborados utilizando os canais digitais da placa de aquisição de dados para viabilizar o controle de mudanças nos valores dos componentes e no próprio desenho do circuito. Além disso, também pretende-se iniciar o desenvolvimento de uma nova interface para o usuário, de modo que ele possa acessar e controlar o experimento do Laboratório Virtual a partir de qualquer *browser* que possua suporte à linguagem Java, permitindo que o experimento possa ser acessado por computadores com diferentes sistemas operacionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da empresa National Instruments do Brasil, por fornecer a cópia do software LabVIEW utilizada neste trabalho; além de PIBIC/CNPq, FAPESP (98/02911-9) e RECOPE/FINEP pelo suporte financeiro oferecido.

Referências

- [1] Passerini, K. e Granger, M. J., “**A developmental model for distance learning using the Internet**”, Computers & Education, Vol. 34, p. 1-15, 2000.
- [2] Mann, C. John, “**Teaching on the web**”, Computers & Geosciences, Vol. 24, Nº 7, p. 693-697, 1998.
- [3] Heermann, Dieter W. e Fuhrmann, Thomas T., “**Teaching physics in the virtual university: the mechanics toolkit**”, Computer Physics Communications, Nº 127, p. 11-15, 2000.

- [4] Arpaia, P., Baccigalupi, A., Cennamo, F. e Daponte, P., “**A remote measurement laboratory for educational experiments**”, Measurement, Vol. 21, N° 4, p. 157-169, 1997.
- [5] Waller, J. C. e Foster, N., “**Training via the web: a virtual instrument**”, Computers & Education, Vol. 35, p. 161-167, 2000.
- [6] Fernandez, R. O., Peixoto, N. e Fernandez, F. J. R. , “**Platinization and Microelectrode Impedance Monitoring by Internet**”, XV SBMicro International Conference on Microeletronics and Packaging, 2000.
- [7] Maciel, C. D. e Ritter, C. M., “**TCP/IP Networking In Process Control Plants**”, Computers Ind. Eng., Vol. 35, N°s 3-4, p. 611-614, 1998.