

## Proposta de uso de sensores de baixo custo no ensino: vantagens para a inserção de minorias

ALISSON RODOLFO LEITE  
Able Eletrônica Ltda – São Paulo – Brasil  
<alisson\_rodolfo5@yahoo.com.br>

EDUARDO YOITI MATSUY  
Faculdade de Tecnologia de São Paulo – São Paulo – Brasil  
<eyoiti@hotmail.com>

MICHELE YURIKO IEIRI  
Faculdade de Tecnologia de São Paulo – São Paulo – Brasil  
<myieiri@yahoo.com.br>

ROBERTO DA ROCHA LIMA  
Instituto de Física da USP – São Paulo – Brasil  
<rrlima@if.usp.br>

MARIA LÚCIA PEREIRA DA SILVA  
PROGRAMA DE MESTRADO DO CENTRO PAULA SOUZA  
Faculdade de Tecnologia de São Paulo – São Paulo – Brasil  
<malu@lsi.usp.br>

**Resumo** – Atualmente o ensino de nível superior precisa não só ensinar novos conceitos como também se expandir, para atingir, em geral, minorias pouco atendidas até o momento. Entre as mudanças necessárias está o uso de equipamentos menos custosos e ambientalmente corretos para ensino nas áreas de engenharia. Nesse contexto, este artigo propõe um sistema eletrônico simples – *hardware e software* - para aquisição simultânea de dados enviados por equipamentos eletrônicos distintos. O sistema foi testado com sensores simples e de baixo custo para o controle de compostos orgânicos voláteis presentes no ambiente. O conjunto é portátil, de baixo custo e com bom limite de detecção, sendo útil no ensino superior como equipamento didático, mas provavelmente possível de se adaptar para pesquisa no ensino médio.

**Abstract** – Nowadays, graduate teaching must not only provide new concepts but also find ways to include minorities on such knowledge. Among the consequent required changes, it is included the use of low cost and environmentally correct equipment on the engineering fields. On such context, this paper proposes an electronic system – hardware and software – to simultaneous data acquisition from several distinct sources. This system was tested using low cost small sensors to control the presence of volatile organic compounds on the indoor environment. The whole system is portable, low cost and presents a good detection limit, which indicates its use as didactic equipment for engineering education; nonetheless it can also be adapt to research on high schools.

**Palavras-chave:** ensino, construção de equipamento, análise ambiental, atendimento a minorias.

**Key words:** teaching, equipment manufacturing, environmental analysis, involving minorities.

## Introdução

Atualmente, as grandes e contínuas mudanças da sociedade exigem que novos conceitos e habilidades sejam fornecidos aos alunos de nível superior. Assim, dentre as habilidades desejadas para a área tecnológica encontra-se, na formação específica, a capacidade de desenvolver equipamento e produtos, com rapidez e eficiência, mas, essa habilidade deve ser desenvolvida com novas metodologias como o *design for X*, e novos conceitos, como o da Ecologia Industrial. *Design for X* é uma metodologia onde X significa uma série que se estende desde características técnicas, como facilidade de montagem e desmontagem, até considerações mais gerais, como ser ou não ambientalmente correto [1]. A Ecologia Industrial preconiza a necessidade de processos mais similares aos biológicos, resultando em pouco ou nenhum impacto ambiental, com otimização do uso de recursos, energia e capital, além de promover intensas trocas de matéria e energia [2,3,4,5]. Assim, a Ecologia Industrial obedece aos “12 princípios da Engenharia Verde” [6,7], ou seja, é adequada para se obter o Desenvolvimento Sustentável, como recomendado pela Agenda 21 [8]. Como consequência dessas mudanças, ocorreram grandes reformas curriculares [9,10,11] e tornou-se corriqueiro o uso da abordagem PBL (*problem based learning*) como ferramenta de ensino, em geral aliada à pesquisa incipiente, considerada conhecimento indispensável para profissionais da área tecnológica [12], e, de certo modo, também do ensino médio [13], o que favoreceu a criação da FEBRACE (Feira Brasileira de Ciências e Engenharia) [14] no país.

Tanto a pesquisa como o ensino carece de equipamentos de análise química e/ou ambiental, principalmente se estes apresentarem bom limite de detecção a baixo custo. A opção de diminuição de custo, nesse caso, vai em direção à miniaturização e apresenta como solução desde a fabricação de simples sensores descartáveis até sistemas complexos, para análise de matrizes com maior número de interferentes, como os  $\mu$ TAS (*micro total analysis system*) [15]. Dentre as análises ambientais importantes encontra-se a determinação de compostos orgânicos (VOCs ou COVs). Estes compostos encontram-se tanto no ciclo hidrológico como na atmosfera e correspondem a uma contaminação ambiental séria, já que são produtos emitidos em profusão pelos processo de produção moderno [16]. Sensores de baixo custo para VOCs, e com baixo limite de detecção, são comuns e um deles já foi utilizado para ensino em um arranjo de baixo custo [17].

Assim, foi objetivo deste trabalho a construção de um sistema eletrônico simples – *hardware e software* - para aquisição simultânea de dados enviados por equipamentos eletrônicos distintos, em especial os sensores de baixo custo para VOCs.

## Metodologia

Estabeleceram-se como condições de contorno: 1) produção de sistemas de baixo custo e ambientalmente corretos, 2) utilização de componentes de fácil acesso, 3) respeito aos “12 princípios de Engenharia Verde”. Essas condições de contorno têm como um dos objetivos garantir que minorias, tais como estudantes de zonas sem acesso à tecnologia, em geral mulheres e população de baixa renda, possam se beneficiar de tal desenvolvimento [18].

As etapas do trabalho são: Para o circuito: 1) projeto de circuito eletrônico; 2) projeto/produção de placa circuito; 3) construção do circuito; 4) testes elétricos. Para o conjunto: Após os testes iniciais, o conjunto sensor+circuito foi certificado, utilizando-se um sistema de admissão controlado por rotâmetro e válvulas já descrito anteriormente [19], com admissão contínua de n-hexano e 2-propanol, grau P. A. Para este trabalho foi construído e demonstrado um possível projeto de pesquisa para o nível médio.

## Resultados e Discussões

Este item descreve o projeto, a montagem e os testes que comprovam o comportamento do arranjo experimental proposto.

### Projeto e testes do circuito:

O circuito eletrônico projetado tem como função a comunicação de dados *online* para o computador de dois ou mais dispositivos que estejam controlando a emissão de VOCs em uma determinada região. Neste caso a emissão de VOCs é medida com um sensor de óxido de estanho e o sensor utilizado foi o TGS 2620, Figaro, Japão [1], cujo circuito de uso, como sugerido pelo fabricante, pode ser visto na Figura 1a. Devido ao seu pequeno tamanho, o conjunto foi montado em um pedestal simples (Figura 1b) e um resistor de  $470\Omega$  foi utilizado para conseguir sensibilidade de medida na ordem de ppb. No projeto do circuito eletrônico optou-se pela comunicação serial, e não pela comunicação paralela, devido às limitações destas, isto é, dificuldade de manutenção e baixa intensidade de sinal. Neste circuito, os dados da placa de comunicação precisam ser convertidos de nível TTL em RS232 e vice-versa, o que é feito com o circuito integrado MAX232. Para interpretador utiliza-se o microcontrolador AT89S8252 da Atmel. Além disso, tem-se uma fonte de tensão DC interna ( $\pm 5V$ ) para alimentação do circuito e do sensor. A placa é alimentada por fonte externa DC, de 9V. O sistema é capaz de adquirir sinais de até 8 sensores simultaneamente e o desenho do circuito para permitir a comunicação entre sensor e computador é apresentado na Figura 2.

Após o projeto do circuito eletrônico uma placa de circuito impresso foi desenhada, usando o programa Eagle [2], como pode ser observado na Figura 3a. Este desenho é simples o suficiente para permitir a produção da placa por processo convencional e na Figura 3b apresentada-se foto do circuito já montado. O circuito foi testado utilizando-se osciloscópio para estabelecer a melhor taxa de amostragem de sinal, que corresponde a um valor registrado por segundo em cada uma das entradas. O custo total da placa e respectiva caixa não ultrapassa R\$100. Portanto, o custo maior deve-se principalmente ao sensor.

O *software* utilizado para aquisição de dados foi desenvolvido em Delphi e tem como principal função adquirir o sinal de cada sensor e transportá-lo para uma planilha Excel™, onde também se registra o horário de aquisição. A tela do *software* é simples, como se pode observar na Figura 3c.

---

<sup>1</sup> <http://www.figaro.co.jp/en/pdf/2620ProductInfo0105.pdf>

<sup>2</sup> trata-se de programa *freeware*

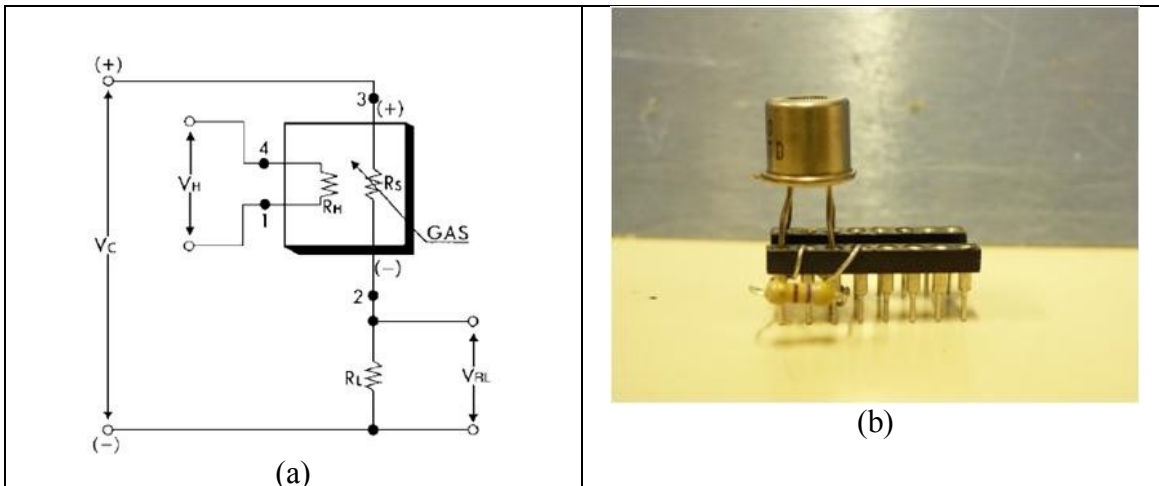


Figura 1 - Circuito eletrônico do sensor utilizado (a), onde  $V_c=V_h=5\text{ V}$  e respectiva foto da montagem (b).

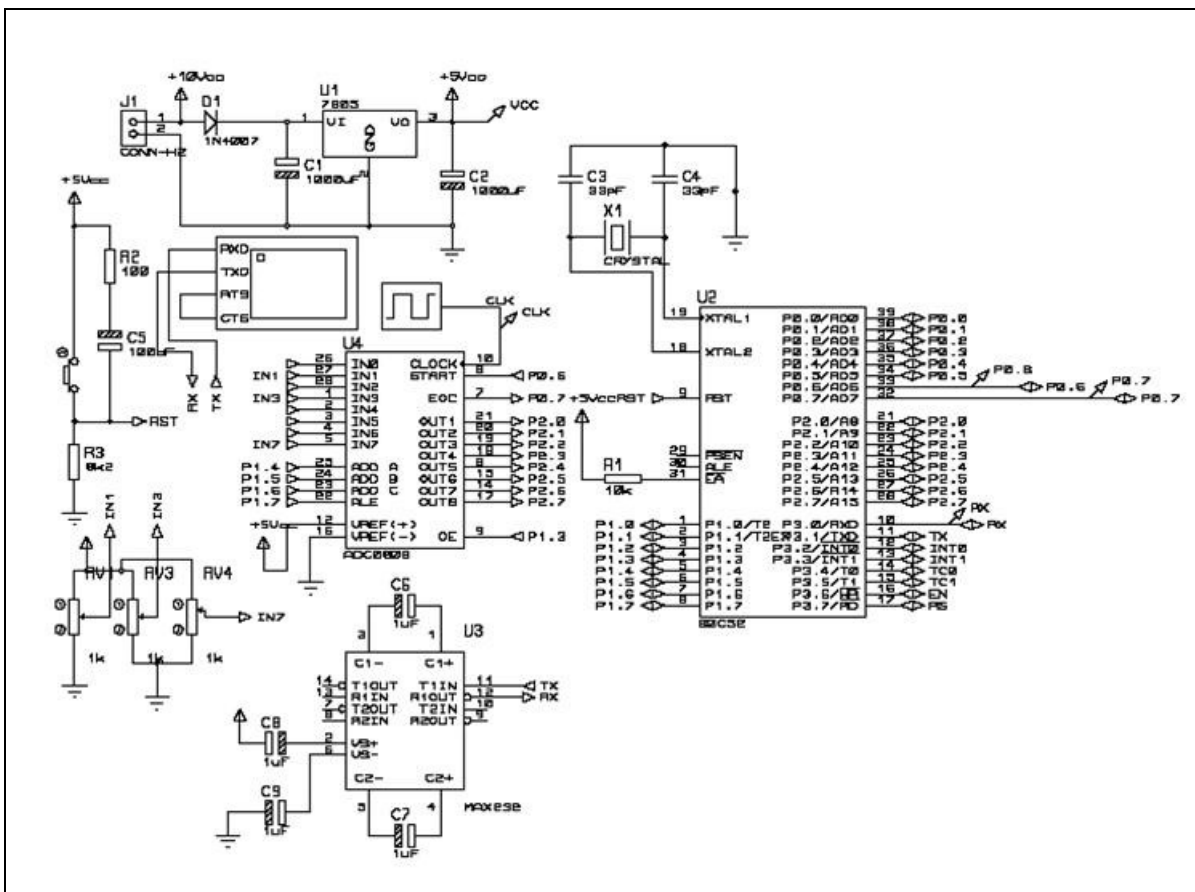
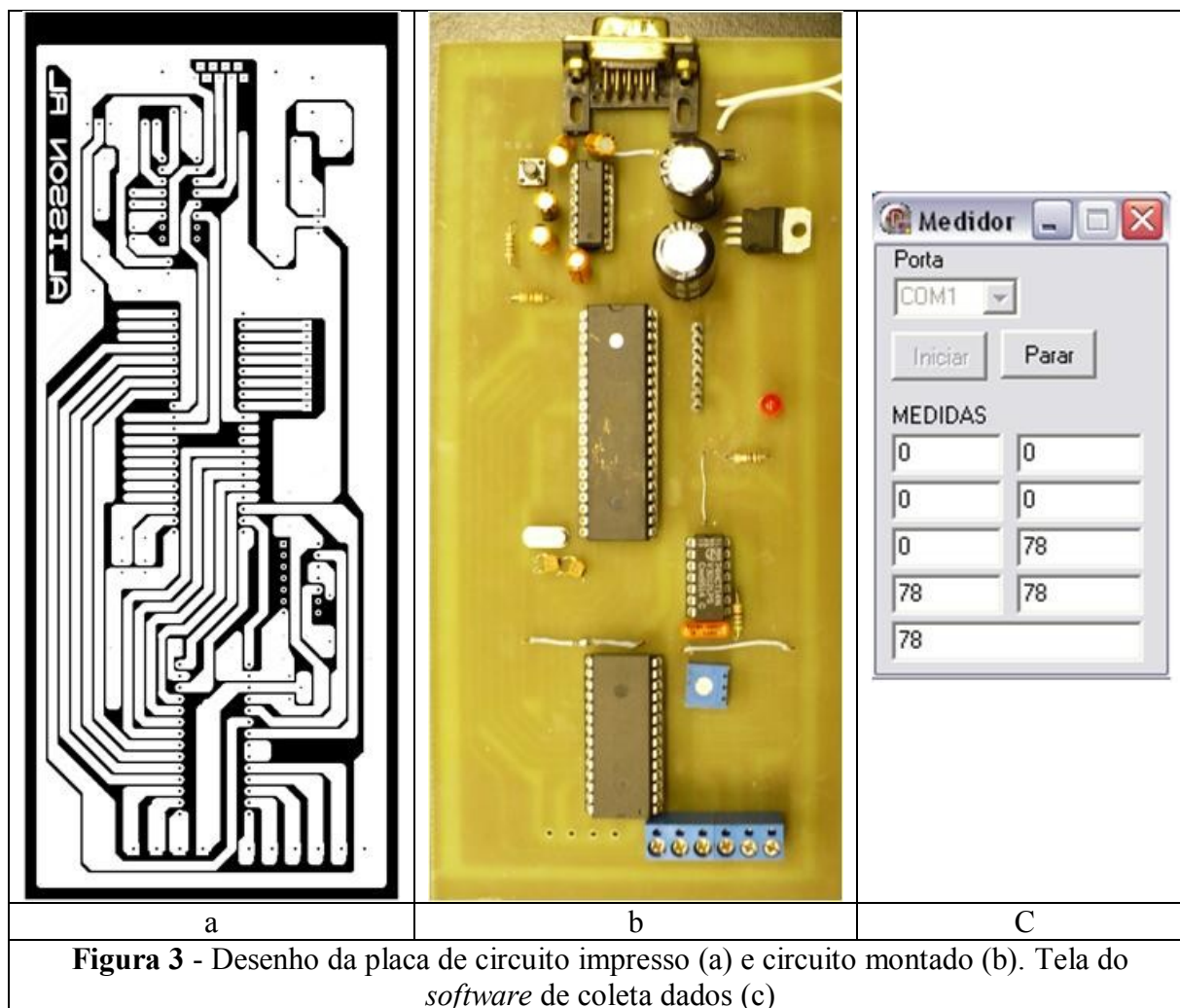


Figura 2 - Desenho do circuito eletrônico projetado.



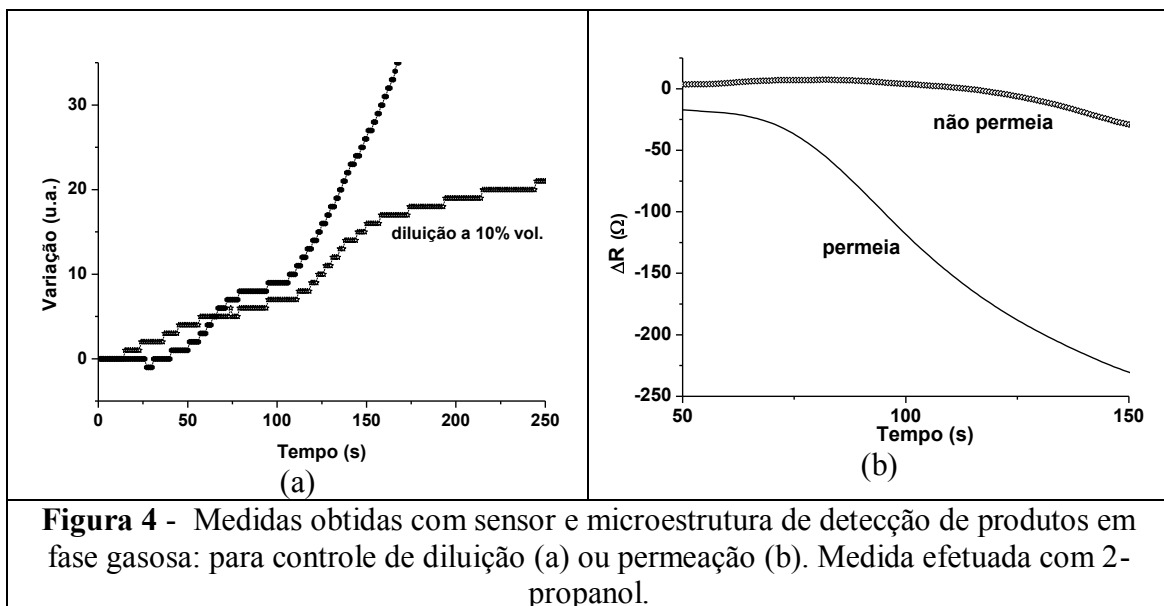
**Figura 3** - Desenho da placa de circuito impresso (a) e circuito montado (b). Tela do software de coleta dados (c)

Testes do conjunto sensor+placa de aquisição: O conjunto foi montado e testado em *setup* adequado para a pesquisa. Nessas condições é possível obter respostas como a apresentada na Figura 4, para um sensor controlando uma microestrutura de detecção de produtos em fase gasosa ou a permeação por uma membrana seletiva. Resultado semelhante só pode ser obtido com equipamentos caros ou, de modo qualitativo, com uso de equipamento na faixa de centenas de reais [3].

Uma proposta para uso no ensino médio foi montada e testada. No presente caso sugere-se o uso dos sensores para o ensino de controle de poluição em ambiente fabril, porque, entre outras coisas, permite compreender a dificuldade de criar cenários e também de os relacionar com as medidas obtidas. Foi montado um pequeno *setup*, constando de sistema de admissão de gás, mas usando apenas vidraria básica de laboratório de ensino de química além de um rotâmetro de pouca precisão e compressor de ar. Nesse *setup* um cenário foi desenhado, e é formado essencialmente por pontos de emissão fabril (representado pela imagem da indústria) e pontos móveis de emissão, providenciados por pequenos carros de brinquedo que funcionam por fricção. O cenário é apresentado na Figura 5, onde é possível observar a

<sup>3</sup> Ver, por exemplo, [www.instrutherm.com.br](http://www.instrutherm.com.br), e o detector modelo DFG400

localização dos sensores. Os sensores encontram-se localizados no solo (S1), próximo à emissão atribuída ao empreendimento (S2) e acima deste, disposto a cada 10 cm em 90° de rotação (S3 a S5), para perceber se há simetria, ou não, na dispersão do poluente. Nesse conjunto é possível inserir variáveis como uma região de pouca dispersão de poluentes, simplesmente cobrindo-se o conjunto, enquanto a alta dispersão pode ser simulada com o uso de um pequeno ventilador. Outras situações típicas, como derramamento de produtos, o que pode caracterizar acidente com grande impacto ambiental, podem ser simuladas pela adição de pequena quantidade de um produto dentro da região de montagem. Assim, o controle da evaporação em função do tempo em cada sensor irá informar o comportamento da poluição em cada região.



**Figura 4** - Medidas obtidas com sensor e microestrutura de detecção de produtos em fase gasosa: para controle de diluição (a) ou permeação (b). Medida efetuada com 2-propanol.

Um resultado típico para o arranjo proposto pode ser visto no gráfico apresentado na Figura 5. A localização dos sensores em relação ao ponto de emissão distam praticamente zero (sensor na altura da emissão), 10 cm (sensor em distância média) ou 30 cm (sensor na altura da emissão). É possível observar que há profunda variação no sensor que se encontra próximo ao empreendimento, ou seja, o controle da empresa mostraria que houve emissão enquanto o sensor que está a apenas 10 cm mostra valor elevado, mas não distingue variações como ventos e o bem distante não coleta informação de emissão.

Portanto, é possível criar instrumentos de baixo custo mas boa performance e que são indicados para o ensino de disciplinas muitas vezes multidisciplinares, como por exemplo controle de fatores ambientais e criação de modelos para a inter-relação destes fatores.

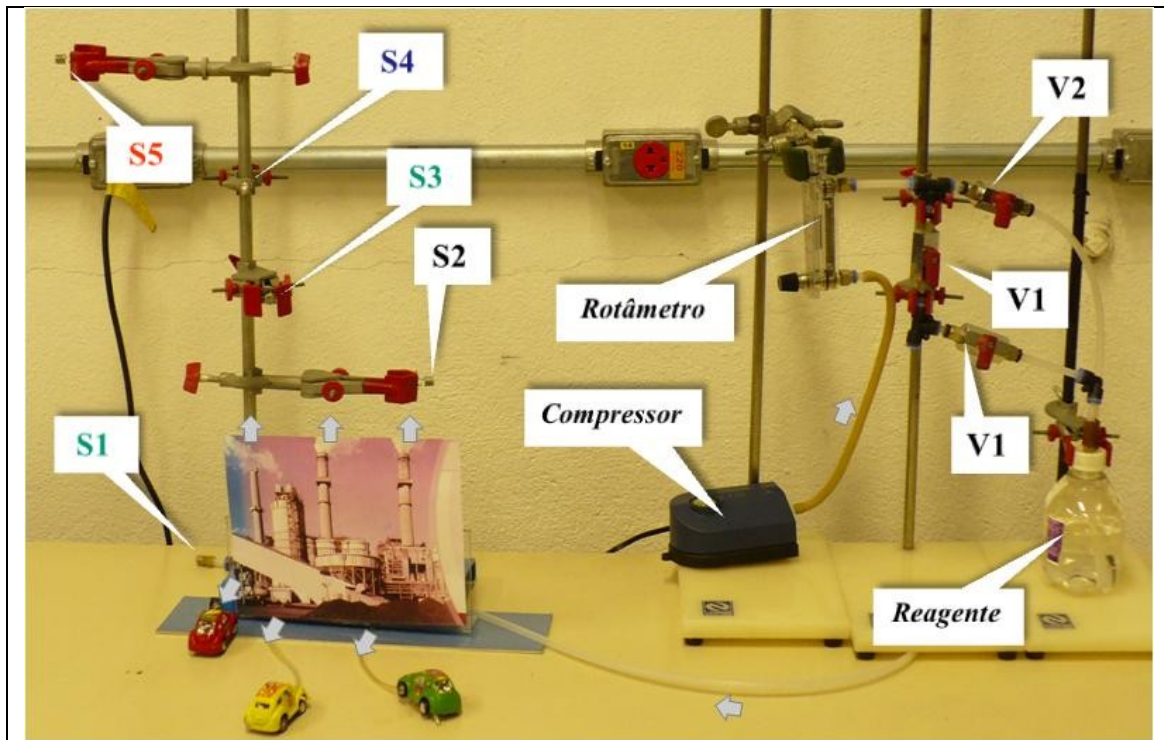


Figura 5 - Setup utilizado para os testes de conjunto no ensino médio.

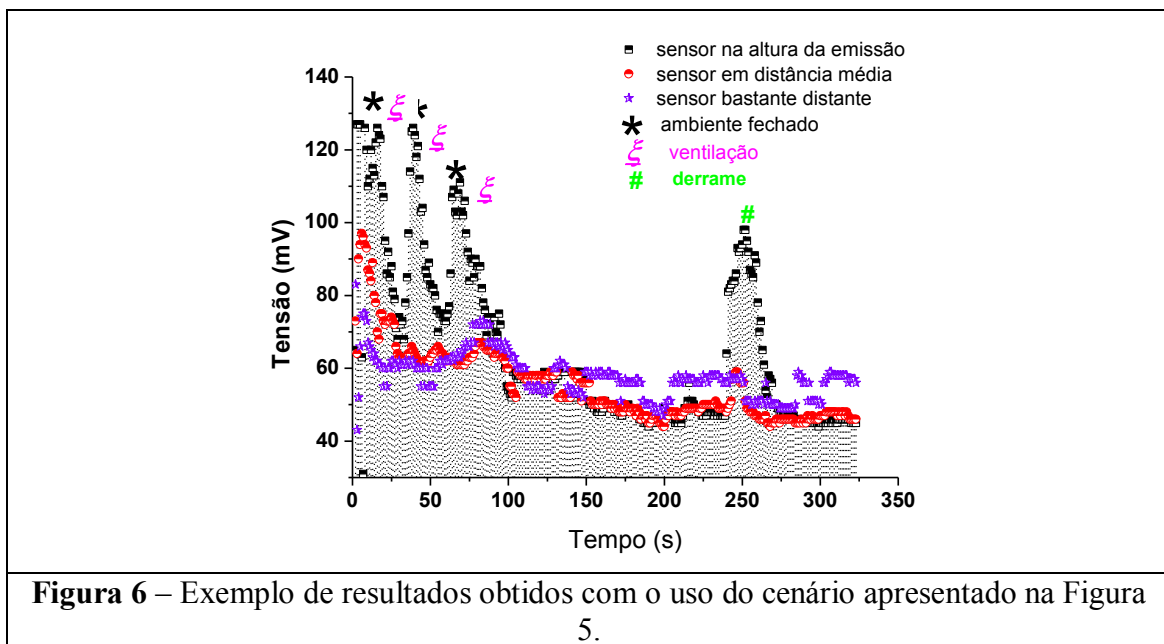


Figura 6 – Exemplo de resultados obtidos com o uso do cenário apresentado na Figura 5.

## Conclusões

Este trabalho conseguiu propor e testar um dispositivo de baixo custo, portátil e com performance razoável para ser usado no ensino de análises, especialmente na área ambiental. O baixo custo favorece seu uso para ensino também no nível médio e a sua boa performance poderia permitir a formação de um núcleo de pesquisas com esta população estudantil. Todas essas possibilidades são formas interessantes de favorecer a inclusão de minorias – ou seja, estudantes com menor acesso a recursos didáticos modernos - no ensino na área de tecnologias.



## Agradecimentos

À FATEC pelo uso da infra-estrutura para a produção da placa , FAPESP e CNPq pelo apoio financeiro.

## Referências

- 
- [<sup>1</sup>] Yutaka Nomaguchi, Kikuo Fujita, **Ontology building for design knowledge management systems based on patterns embedded in design-for-X methodologies**, International Conference On Engineering Design, Iced'07, 28 - 31 August, 2007, Cite Des Sciences Et De L'industrie, Paris, France
- [<sup>2</sup>] LW Jelinski et al, **Industrial Ecology: Concepts and Approaches**, DW McCall and CKN Patel Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol 89, p. 793-797, 1992.
- [<sup>3</sup>] Allenby, B., Richards, D. (eds.) **The greening of industrial ecosystems**, The National Academy of Engineering Pub., Washington, DC, 1994.
- [<sup>4</sup>] Allenby, B. R., **Industrial Ecology: Policy Framework and Implementation**, Prentice Hall, N. Jersey, 1999.
- [<sup>5</sup>] Ayres, R. U., **Industrial Metabolism: Theory and Policy, in the greening industrial ecosystems**, National Academy Press, Washington, DC, 1994.
- [<sup>6</sup>] Shonnard, D. R., Allen, D. T., Guyen, N., Weilaustin, S., Esketh, A., **Green Engineering Education Through A U.S. Epa/Academia Collaboration**, Environ. Sci. Technol., 37, p. 5453-5462, 2003.
- [<sup>7</sup>] Dennis L. Hjeresen et al, **Green Chemistry and Education**, Journal of Chemical Education Vol. 77 No. 12 December, p. 1543-1547, 2000.
- [<sup>8</sup>] **Agenda 21: Earth Summit - The United Nations Programme of Action from Rio**, UN, 1992 ISBN: 9211005094 ou <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/index.htm>
- [<sup>9</sup>] Richard M. Felder et al, **The Future Of Engineering Education II. Teaching Methods That Work**, Engr. Education, 34(1), p. 26-39, 2000.
- [<sup>10</sup>] Felder, R. M., Brent, R., **The Intellectual Development Of science And Engineering Students 2. Teaching To Promote Growth**, Journal of Engineering Education, 93 (4), p. 279-291, 2004.
- [<sup>11</sup>] James E. Stice et al, **The Future Of Engineering Education: IV. Learning How To Teach**, Engr. Education, 34(2), p. 118-127, 2000.
- [<sup>12</sup>] Scott Rogers, Recep Goktas, Ulas Tezel, **Exploring Academic Factors Affecting Engineering Graduate Student Research Proficiency**, AC 2007-271, Proceedings of 2007 American Society for Engineering Education, April 1-3, 2007, Louisville, Kentucky, USA
- [<sup>13</sup>] Portilho, Evelise Maria Labatut and ALMEIDA, Siderly do Carmo Dahle de. **Avaliando a aprendizagem e o ensino com pesquisa no Ensino Médio. Ensaio: aval.pol.públ.Educ.** 2008, vol.16, n.60, pp. 469-488
- [<sup>14</sup>] <http://www.lsi.usp.br/febrace/>
- [<sup>15</sup>] Mark R. Cave, Owen Butler, Jennifer M. Cook, Malcolm S. Cresser, Louise M. Gardend, Douglas L. Milesia J. **Environmental analysis** Anal. at. Spectrom, v. 15, p. 181-235, 2000.
- [<sup>16</sup>] Judith C. Chow and John G. Watson, Jitendra J. Shah, C.S. Kiang, Christine Loh, Miriam Lev-On, James M. Lents, Mario J. Molina, Luisa T. Molina, **Megacities and Atmospheric Pollution** *Journal of the Air & Waste Management Association* Volume 54, 2004, 1226-1235
- [<sup>17</sup>] Érika Kameoka, Alexsander Tressino de Carvalho, Maria Lúcia Pereira da Silva, Henrique Estanislau Maldonado Peres, Roberto da Rocha Lima, **Sistemas de baixo custo, para detecção de compostos orgânicos voláteis, úteis no ensino e na PESQUISA**, Boletim Técnico da FATEC, 2008
- [<sup>18</sup>] Mary Frank Fox, Gerhard Sonnert, Irina Nikiforova, **Successful Programs for Undergraduate Women in Science and Engineering: Adapting versus Adopting the Institutional Environment**, Research in Higher Education, Volume 50, Number 4 / June, 2009, 333-353
- [<sup>19</sup>] Santos, L.C., Beraldo, F.P., Hernandez, L.F., Carvalho, R.A.M., da Silva, M.L.P., **Desenvolvimento de Testes Semi-automatizados de Miniestruturas**, Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo, v. 25 (2006), n. 2, 75-81

## Contato

Alisson Rodolfo Leite, Able Eletrônica Ltda., Rua Cesar Pena Ramos, no. 67, 11-22396166, <[alisson\\_rodolfo5@yahoo.com.br](mailto:alisson_rodolfo5@yahoo.com.br)>.