

# Utilização de sensores no ensino das ciências

Adriano Sampaio e Sousa<sup>1</sup>, Paulo Simeão Carvalho<sup>2,3</sup>

1. Escola Secundária com 3º Ciclo de Fontes Pereira de Melo, Rua de O Primeiro de Janeiro, 4100-366 Porto

2. Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto

3. Instituto de Física dos Materiais da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto

sampaio.sousa@netcabo.pt

psimeao@fc.up.pt

## Resumo

Os sensores são componentes cada vez mais utilizados na sociedade actual. O seu uso no ensino, nomeadamente em actividades práticas, pode potenciar muito a aprendizagem eficaz das ciências e um melhor conhecimento e explicação dos fenómenos. Neste trabalho apresentamos uma revisão sobre as características dos sensores, suas principais classificações e contextos em que a sua aplicação é justificável. São também discutidos aspectos didácticos de enquadramento do uso dos sensores na prática lectiva.

## O que são sensores?

Um sensor é um dispositivo que recebe um sinal de determinado tipo, designado por estímulo e responde através de um sinal eléctrico. Entende-se assim como estímulo a quantidade, propriedade ou condição que é detectada e convertida em sinal eléctrico.

Podemos dizer, por outras palavras, que um sensor é um “tradutor” de um valor, na maior parte dos casos não eléctrico, para um valor eléctrico; este pode ser canalizado, amplificado e modificado através de dispositivos electrónicos adequados. O sinal de saída pode apresentar-se na forma de d.d.p., corrente ou carga eléctrica; estas podem ser ainda descritas em termos de amplitude, frequência e fase. Tal conjunto de características é designado por formato do sinal de saída [1].

Assim, um sensor apresenta propriedades de entrada – *input*, que podem ser de qualquer tipo, e propriedades eléctricas de saída – *output* (Figura 1).



Fig. 1 - O que é um sensor

Um sensor é um caso particular de um transdutor. Este último converte um tipo de energia noutra, enquanto o primeiro converte qualquer tipo de energia em energia eléctrica.

É habitual associar-se a palavra sensor a um dispositivo construído pelo Homem. No entanto, na definição apresentada incluem-se também alguns sensores naturais, associados aos cinco sentidos. A tabela 1 sintetiza os sensores naturais, estabelecendo uma correspondência entre estes e alguns dispositivos de funcionamento análogo [2]:

## 1. Como funcionam?

Um sensor (seja ele passivo ou activo) nunca funciona por si só: faz sempre parte de um sistema mais abrangente de aquisição de dados – DAS, do inglês *Data Acquisition System*, que pode incorporar

**Tabela 1.** Sensores naturais

Sentido	Tipo de Sinal	Propriedade	Sensor	Dispositivo Análogo
Visão	Radiante	Intensidade luminosa e comprimento de onda da luz	Bastonetes e cones da retina	Filme fotográfico, fotodíodo, fototransistor
Audição	Mecânico	Intensidade e frequência do som	Caracol (cóclea) no canal auditivo interno	Microfone
Tacto	Mecânico	Pressão, força	Terminais dos nervos	Potenciómetro e LVDT. Detectores ópticos e sensores matriciais tácteis
Olfacto	Químico	Odores	Papilas olfactivas no nariz	Nariz electrónico
Paladar	Bioquímico	Proteínas	Papilas gustativas na língua	-

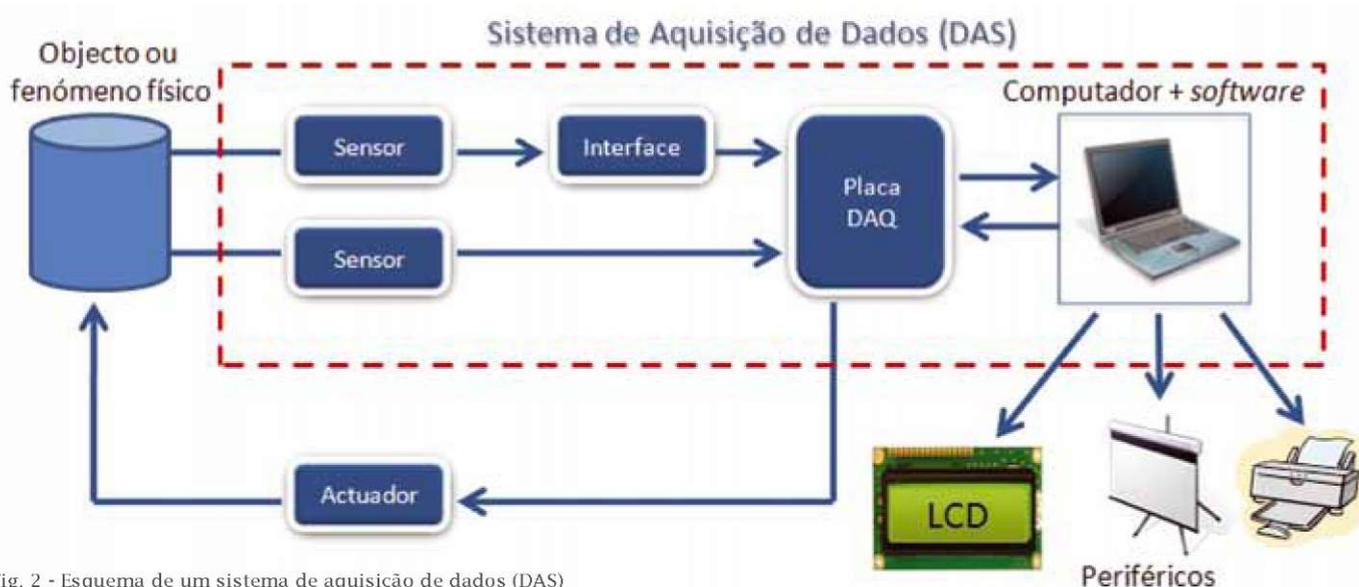


Fig. 2 - Esquema de um sistema de aquisição de dados (DAS)

outros componentes como interfaces, dispositivos de acondicionamento (amplificadores, filtros, placas de aquisição de dados - DAQ, do inglês *Data Acquisition* e conversores de analógico para digital), processadores de sinal, computadores e software adequado. Este sistema de aquisição de dados processa os sinais obtidos do objecto ou fenómeno físico em estudo, enviando depois os resultados para sistemas periféricos e/ou para actuadores que agem sobre o objecto ou fenómeno (Figura 2).

Para ilustrar o modo como um sistema destes funciona, consideremos um automóvel [1]. Cada uma das suas portas está dotada de um sensor que detecta a posição da porta (aberta ou fechada); em muitos casos, o sensor é um simples interruptor eléctrico. Os sinais de todas as portas são transportados para o microprocessador interno do automóvel (sem necessidade de um conversor analógico/digital, posto que todos os sinais das portas se encontram no formato digital, 0 ou 1). O micropro-

cessador identifica que porta se encontra aberta e envia um sinal de alerta para os dispositivos periféricos (um indicador na consola do carro e um alarme audível). O condutor (actuador) recebe a mensagem e actua sobre o objecto, fechando a porta.

Os sistemas de aquisição de dados utilizados no ensino das Ciências são normalmente mais simples, limitando-se aos sensores e interfaces. Estas podem dispor de diversos canais de entrada, quer analógicos, quer digitais, que permitem a ligação simultânea de vários tipos de sensores; algumas dispõem de geradores de frequência e amplificadores de potência incorporados. Existem igualmente no mercado sistemas em que os sensores se ligam ao computador ou calculadora gráfica através de uma porta USB ou mini-USB, dispensando o uso de interfaces dispendiosas.

Para sensores mais antigos, há actualmente adaptadores que também permitem ligá-los directamente pelas portas USB ou mini-USB.

Em alguns casos, os sensores podem ser ligados directa-

**Tabela 2.** Características Técnicas

Sensibilidade ou resolução Estabilidade (a curto e longo prazo) Tempo de resposta Características de sobrecarga Erro de histerese Vida operacional Custo, dimensões, peso	Gama de medida Selectividade Condições ambientais permitidas Linearidade de resposta Banda morta Formato de saída Outras
---	--

**Tabela 3.** Material de que são fabricados

Inorgânico Condutor Semicondutor Substância biológica	Orgânico Isolador Líquido, gás ou plasma Outros
--	--

**Tabela 4.** Meios de detecção utilizados

Biológico Químico Eléctrico, magnético ou onda electromagnética Calor, temperatura	Deslocamento ou onda mecânica Radioactividade, radiação Outros
---	--

**Tabela 5.** Mecanismo de conversão empregue

<b>Físico</b> Termoeléctrico Fotoeléctrico Fotomagnético Magnetoeléctrico Elastomagnético Termoelástico Electroelástico Termomagnético Termoóptico Fotoelástico Outros	<b>Químico</b> Transformação química Transformação física Processo electroquímico Espectroscopia Outros  <b>Biológico</b> Transformação bioquímica Transformação física Efeito em cobaia Espectroscopia Outros
---	--

**Tabela 6.** Tipo de estímulo

<p><b>Acústico</b> Amplitude de onda, fase Espectro Velocidade de onda Outros</p> <p><b>Biológico</b> Biomassa (tipos, concentrações) Outros</p> <p><b>Químico</b> Componentes (identidades) Outros</p> <p><b>Eléctrico</b> Carga, corrente Potencial, d.d.p. Campo eléctrico (amplitude, fase) Condutividade Permitividade Outros</p> <p><b>Magnético</b> Campo magnético (amplitude, fase) Fluxo magnético Permeabilidade Outros</p> <p><b>Óptico</b> Amplitude de onda, fase Velocidade de onda Índice de refacção Emissividade, reflectância Outros</p>	<p><b>Mecânico</b> Posição (linear, angular) Aceleração Força Tensão, pressão Deformação Massa, densidade Momento, torque Velocidade de fluxo, taxa de transporte de massa Forma, rugosidade Dureza Viscosidade Cristalinidade, integridade estrutural Outros</p> <p><b>Radiante</b> Gama de radiação Energia Intensidade Outros</p> <p><b>Térmico</b> Temperatura Fluxo Capacidade térmica mássica Condutividade térmica Outros</p>
---	--

**Tabela 7.** Campos de aplicação

<p>Agricultura Engenharia civil, construção Distribuição, comércio, finanças Energia, potência Saúde, medicina Manufactura Militar Medição científica Transporte (excluindo automóvel)</p>	<p>Automóvel Doméstico, electrodomésticos Ambiente, meteorologia, segurança Informação, telecomunicações Marinha Recreação, brinquedos Espaço Outros</p>
--	--

mente a um dispositivo periférico, como por exemplo, os sensores de passagem (*light-gates*), os de radiação, os de voltagem ou os termopares.

Existe uma enorme variedade de sensores com diferentes funções. O seu funcionamento baseia-se em princípios físicos igualmente variados que, se em alguns casos são simples, noutros podem ser muito complexos. Não fazendo a sua abordagem parte dos objectivos deste trabalho, remetemos os interessados para as referências [1,3].

## 2. Que tipos de sensores existem?

Os sensores podem ser classificados, genericamente, em dois tipos: passivos ou activos.

Os sensores passivos geram directamente um sinal eléctrico como resposta a um estímulo externo, sem necessidade de uma fonte de alimentação adicional. Exemplos: o termopar, o sensor de pH ou o sensor piezoeléctrico.

Os sensores activos necessitam de uma fonte de alimentação que produz um sinal de excitação. Este sinal é utilizado pelo sensor para produzir, então, o sinal de saída. Exemplos: o sensor de passagem, o de intensidade de corrente ou o de movimento.

Os sensores podem ainda ser classificados de acordo com critérios específicos. Nas tabelas seguintes apresentam-se alguns dos mais importantes [4]:

- características técnicas (tabela 2)
- material de que são fabricados (tabela 3)
- meios de detecção utilizados (tabela 4)
- mecanismo de conversão empregue (tabela 5)
- tipo de estímulo (tabela 6)
- campos de aplicação (tabela 7)

## 3. Em que situações o seu uso é vantajoso?

O uso de sensores revela-se vantajoso em determinadas situações:

- Quando se pretende efectuar um grande número de medições, que se estendem ao longo de um intervalo de tempo considerável. Neste caso, a aquisição automática de dados dispensará o experimentador de uma tarefa monótona e cansativa que poderia conduzir, nomeadamente, ao aparecimento de erros acidentais.

- Quando se pretende efectuar um determinado número de medições num intervalo de tempo muito curto. Neste caso, embora sendo oposto ao anterior, também se tornam evidentes as vantagens do uso de sensores: dificilmente o experimentador conseguiria ler e registar todos os valores num intervalo de tempo reduzido, como por exemplo acontece nas medições da posição de um objecto em função do tempo.

- Quando se pretende medir diferentes grandezas na mesma actividade. O uso de vários sensores em simultâneo dispensará a existência de diferentes experimentadores, pois cada um só poderia ocupar-se da medição e registo dos valores de uma, ou quando muito, duas grandezas.

- Quando se pretende eliminar possíveis erros sistemáticos cometidos pelo experimentador.

- Quando o uso de sensores permite uma redução significativa de custos.

Todavia, quando a medição pode ser feita, de modo mais rápido e expedito, de outra forma, não faz sentido utilizar sensores. Por exemplo, se pretendemos simplesmente medir a d.d.p. nos terminais de um elemento qualquer de um circuito eléctrico, o uso de um instrumento de medida convencional, como o voltímetro, será certamente mais racional.

## 4. Como se enquadra a sua utilização na perspectiva actual do Ensino das Ciências?

O fascínio que as novas tecnologias exercem sobre os jovens e a sua enorme carga motivacional são um factor que não pode ser desprezado pelo professor, quando selecciona as estratégias de ensino e aprendizagem. Deste modo, a utilização de sensores em actividades práticas, laboratoriais ou não, representa uma mais-valia importante no que respeita à adesão e envolvimento dos alunos [5], proporcionando-lhes uma aprendizagem activa.

Por outro lado, a possibilidade de obtenção de gráficos em tempo real, permite que o aluno estabeleça relações correctas entre a realidade do mundo que o rodeia e as representações lógico-matemáticas ou modelos utilizados nas Ciências. Isto é particularmente vantajoso em situações potenciadoras de concepções menos correctas por parte dos alunos, tal como descrito nos resultados da investigação didáctica [6, 7].

Um exemplo concreto pode ser dado na área da Física: é sabido que os alunos confundem habitualmente a trajectória de um corpo com o gráfico  $x = f(t)$  [8]; a observação simultânea do movimento do corpo e da representação gráfica das suas posições em função do tempo, é, então, uma boa estratégia, quer preventiva, quer terapêutica, para combater aquele equívoco [9]. Alguns investigadores confirmaram que os resultados da aprendizagem no estudo dos movimentos melhoravam de facto, quando os alunos observavam os gráficos produzidos imediatamente após a recolha de dados [10, 11]; contudo, um simples atraso de 20 s era suficiente para que a compreensão fosse significativamente afectada [10].

O software que, em geral, acompanha os sensores permite imediatamente a visualização de gráficos correspondentes a diferentes funções, como, por exemplo, no caso dos movimentos, gráficos posição - tempo, velocidade - tempo, aceleração - tempo, força - tempo e ainda a construção de outros, de forma personalizada, como energia (potencial, cinética, mecânica) - tempo. Algum desse software permite ainda determinar declives e áreas directamente a partir do gráfico, facilitando assim a interpretação do seu significado físico e o cálculo das grandezas que lhes estão associadas (grandezas obtidas por derivação ou integração numérica, respectivamente). Contudo, é fundamental que se aproveite o tempo poupado pelo uso do computador, para trabalhar

com os alunos no sentido do desenvolvimento de uma linguagem científica, adequada à descrição e interpretação dos gráficos obtidos [6, 12].

A possibilidade de medição simultânea de várias grandezas, proporciona também ao aluno a investigação de relações que possam existir entre essas grandezas, conduzindo a uma aprendizagem verdadeiramente significativa.

Também noutras áreas científicas, foram encontradas vantagens no uso de sensores. Um exemplo concreto na área da Química é referido por Nakhleh *et al* [13], onde no estudo experimental de titulações se verificava uma melhor aprendizagem de conceitos como ácido, base e pH.

O uso de sensores (e das novas tecnologias em geral) não deve, contudo, ser encarado como uma receita para todos os problemas de aprendizagem em ciências. Alguns investigadores notaram que os alunos tendem a olhar de modo acrítico para os



**Adriano Sampaio e Sousa** é professor aposentado do Ensino Secundário. Durante uma década foi Assistente Convidado do Departamento de Física da FCUP. Os seus interesses estão relacionados com a didáctica da física e a formação de professores.

gráficos obtidos em computador, mostrando uma maior abertura para discutir gráficos construídos por eles próprios [14]. Assim, pelo menos nos níveis mais básicos, continua a ser muito importante desenvolver competências experimentais elementares, tais como:

- planificar e efectuar montagens experimentais
- utilizar correctamente instrumentos de medida
- construir e analisar tabelas de valores experimentais
- elaborar e interpretar gráficos

Podemos concluir que a utilização de sensores no ensino das ciências tem vantagens, sendo em algumas situações mesmo incontornável, desde que não sejam descurados os aspectos básicos da aprendizagem. Como tal, o uso de sensores é “mais uma” excelente ferramenta posta à disposição do professor e do aluno, para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem.



**Paulo Simeão Carvalho** é professor auxiliar do Departamento de Física e Astronomia da FCUP. Os seus interesses são na área dos cristais líquidos, bem como na didáctica da física e sua relação com a actividade docente.

## Referências

- [1] J. Fraden, "Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs and Applications" - Second Edition, Springer Verlag, New York (1996).
- [2] J. W. Gardner, "Microsensors - Principles and Applications", John Wiley & Sons, New York (1994).
- [3] L. J. Weber, D. L. McLean, "Electrical Measurement Systems for Biological and Physical Scientists", Addison-Wesley, New York (1975).
- [4] R. M. White, "A Sensor Classification Scheme", IEEE Trans. Ultrason. Ferroelec. Freq. Contr., vol. UFFC-34 (2), 124-126 (1987).
- [5] D. Kennedy, S. Finn, "The Use of Datalogging in Teaching Physics and Chemistry in 2<sup>nd</sup> Level Schools in Ireland", Report Submitted to the National Centre for Technology in Education and The Department of Education and Science (2000).
- [6] R. Barton, "IT in Practical Work. Assessing and increasing the value-added" in "Practical Work in School Science: Which way now?", Routledge, London (1998).
- [7] J. R. Mokros, R. F. Tinker, "The Impact of Microcomputer-Based Labs on Children's Ability to Interpret Graphs", J. Res. Sci. Teach. 24 (4), 369-383 (1987).
- [8] L.C. McDermott, M.L. Rosenquist, E.H. Van Zee, "Student Difficulties in Connecting Graphs and Physics: Examples from Kinematics", Am. J. Phys. 55 (6), 503-513 (1987).
- [9] A. Arons, "Teaching Introductory Physics", John Wiley & Sons, New York (1997).
- [10] H. Brasell, "The Effect of Real-Time Laboratory Graphing in Learning Graphic Representations of Distance and Velocity", J. Res. Sci. Teach. 24 (4), 385-395 (1987).
- [11] L. Rogers, P. Wild, "Data-logging: Effects on Practical Science", Journal of Computer Assisted Learning 12 (3), 130-145 (1996).
- [12] J., Frost, "Learning to Teach Science in the Secondary School", Routledge, London (1998).
- [13] M. Nakhleh, J. Krajcik, "Influence of Levels of Information as Presented by Different Technologies on Students' Understanding of Acid, Base and pH Concepts", J. Res. Sci. Teach. 31 (10), 1077-1096 (1994).
- [14] R. Nachmias, M. Linn, "Evaluations of Science Laboratory Data: The Role of Computer Presented Information", J. Res. Sci. Teach. 24 (5), 491-50 (1987).