

# UTILIZAÇÃO DE LABORATÓRIOS CONTROLADOS REMOTAMENTE NO ENSINO EXPERIMENTAL DA ENGENHARIA

H. Fernandes<sup>a</sup> J. Pereira<sup>b</sup>

Av. Rovisco Pais 1049, Lisboa, [elab@e-escola.pt](mailto:elab@e-escola.pt)<sup>a</sup>, [jp@edunau.pt](mailto:jp@edunau.pt)<sup>b</sup>

A aplicação das novas tecnologias da informação no ensino experimental tem tido alguns constrangimentos apesar do sucesso de algumas iniciativas. A Universidade Técnica de Lisboa através do Instituto Superior Técnico tem vindo a apostar no “e-learning” de uma forma modesta mas determinada, tendo criado recentemente o primeiro laboratório real controlado remotamente para o ensino experimental (E-Lab). A aplicação do E-Lab numa disciplina de Física Experimental do IST (Licenciatura Engenharia Informática e Computadores, 1º ano, 1º semestre) é discutida, sendo igualmente apresentados os respectivos resultados pedagógicos.

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino experimental nas disciplinas dos primeiros anos das licenciaturas em engenharia tem vindo a decair em consequência da redução da componente de ciências básicas desses cursos, da predominância da componente teórica sobre a prática quando essa redução é efectuada, das dificuldades orçamentais para a aquisição de equipamento e da carência de pessoal técnico de apoio aos laboratórios. Contudo a engenharia está intimamente ligada ao “saber fazer”, no contexto de uma ciência para a criação de utilidade, como normalmente é entendida. Quer isto dizer que os licenciados em engenharia não têm muitas vezes a necessária preparação prática, mesmo em cursos de referência. As razões são várias e à longa data inventariadas, mas a necessidade de uma mão-de-obra mais intensiva e de equipamentos mais dispendiosos, refletem sempre os condicionamentos financeiros, indissociáveis da qualidade do ensino.

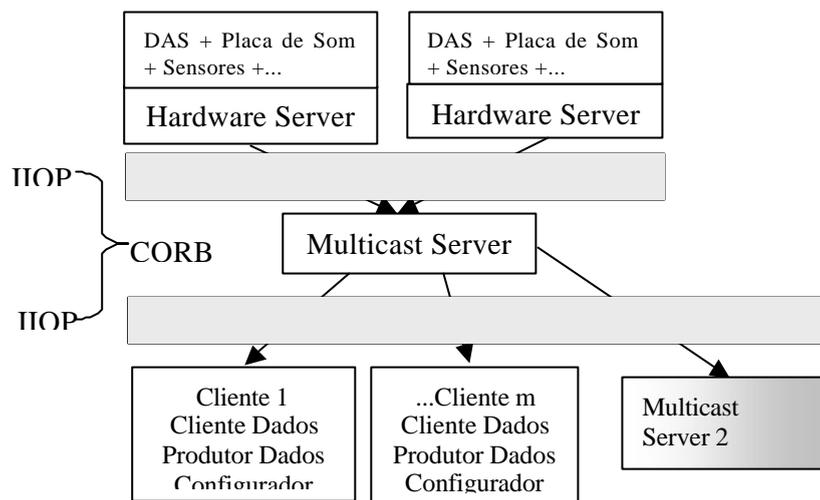
Uma abordagem possível para colmatar parcialmente este problema é a massificação da utilização da instrumentação laboratorial sem a necessidade de apoio docente e com a sua utilização 24 horas por dia. O E-Lab surge assim como um potenciador do ensino experimental, complementar mas não o seu substituto.

## 2. E-LAB

O E-Lab é um local na Internet onde estudantes e professores podem realizar “online”, em tempo quasi-real, experiências científicas de física e outras cujas montagens experimentais são monitorizadas remotamente pelo cliente e que estão fisicamente instaladas numa sala/laboratório do Instituto Superior Técnico. O acesso é efectuado através do canal de ciências básicas do portal de conhecimento da UTL ([www.e-escola.utl.pt](http://www.e-escola.utl.pt)), onde estão acessíveis vários protocolos experimentais ligados a cada experiência.

Os testes preliminares para a consolidação do projecto foram fundamentais para decidir qual a tecnologia a empregar. Com efeito não só a velocidade de ligação do cliente se mostrou decisiva neste projecto, mas sobretudo das várias tecnologias actualmente disponíveis[4],[5], a maioria revelou-se ineficaz para conseguir o efeito de tempo real à escala humana. A implementação em CORBA (“Common Object Request Broker Architecture”) e Java [6,7,8] foi a opção final tomada.

Na figura 1 é apresentado um diagrama lógico da implementação do E-Lab. O “Hardware Server” é responsável pela aquisição de dados e controlo da experiência (DAS – “Data



**Figura 1 - Diagrama da implementação lógica do E-Lab**

Aquisition System”) e transmissão de dados para o Multicast Server através de IOP (“Internet Inter-ORB Protocol”). O “Multicast Server” é responsável pela coordenação de transmissão para os clientes e pelo controle dos diversos “hardwares” registados. Os clientes podem estar a exercer diferentes funções:

1. Cliente de dados: recebe os dados de uma aquisição em curso.
2. Produtor de dados: produz dados que podem ser reenviados para os vários clientes ligados, através de um “Hardware Server” específico para o efeito, denominado “Echo Hardware Server”.
3. Configurador: O cliente está em controle de um determinado hardware e está a configurá-lo para uma experiência. Note-se que vários clientes podem estar a exercer esta função ao mesmo tempo, mas apenas o utilizador mais antigo na fila é atendido e os outros mantêm-se na fila e a sua configuração em “wait-state”.

O “Multicast Server” pode ser ainda cliente de outro “Multicast Server”, e assim podem-se construir redes mais complexas de aquisição de dados numa filosofia “daisy-chain”.

Em termos práticos a informação flui de um modo bidireccional entre os utilizadores e a experiência através do(s) servidor(es), embora essa bidireccionalidade seja limitada no caso dos utilizadores que não estejam em controlo da experiência. De todos os inscritos na fila de espera ao mais antigo é conferido o direito de controlar a experiência por um tempo limitado. Contudo todos os inscritos podem receber dados de acordo com a parametrização efectuada por esse administrador.

Na tabela seguintes estão enumeradas as experiências em concepção para 2003.

### Experiências “online” previstas para 2003

|  |
|--|
| Estudo das radiações   |
| Lei de Boyle-Mariotte  |
| Pêndulo simples amortecido                                       |
| Velocidade do som e ondas estacionárias                          |
| Variação da pressão com a densidade e profundidade               |
| Colisão de veículos (Filmagem no referencial do Centro de Massa) |
| Solitões: velocidade e forma da onda                             |
| Interacção electromagnética entre duas bobines                   |
| Pêndulo gravítico  |

### 3. ENSINO DE FÍSICA EXPERIMENTAL

A disciplina onde foi aplicado pela primeira vez e complementarmente o ensino experimental assistido remotamente tem cerca de 200 alunos inscritos, dos quais 170 em primeira inscrição. Sendo uma disciplina do primeiro semestre do primeiro ano, implica obrigatoriamente que os alunos à partida não tenham muito conhecimento entre si e a constituição de grupos experimentais de quatro alunos resulta numa elevada heterogeneidade. A figura 2 demonstra isso mesmo ao provar sem qualquer ambiguidade a inexistência de correlação entre as notas do laboratório e as dos testes ou exames.

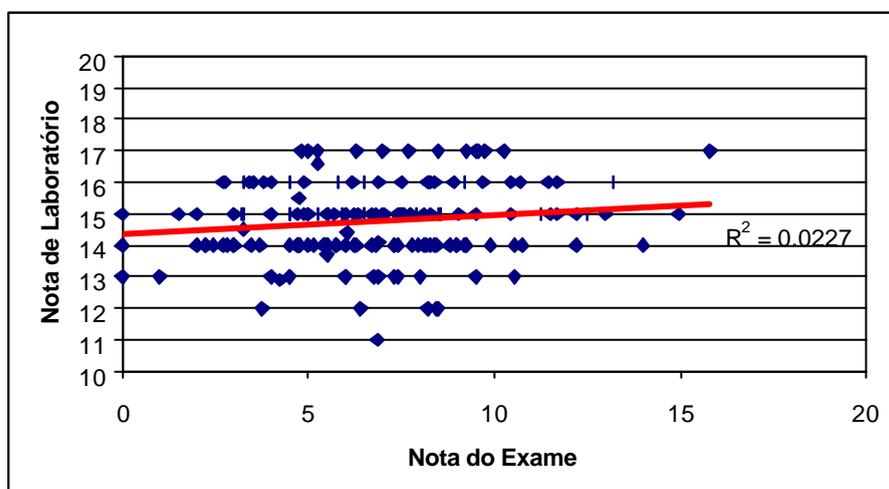


Figura 2 - Notas de laboratório em função da nota do exame.

Este resultado é fruto de existirem frequentemente grupos com elementos que geralmente executam todo o trabalho e os restantes apenas intervêm passivamente no acompanhamento da experiência.

Quando a avaliação é efectuada recorrendo a testes, sendo um a meio do semestre e o outro no final, a correlação aumenta para o dobro (0.3) mas continua insatisfatória (Fig. 3). Apesar do universo da amostra ser distinto nos dois gráficos, existe uma explicação lógica, uma vez que quando se dá a avaliação por testes, o primeiro é extremamente fraco (o “choque” da avaliação universitária), o que faz com que após este teste os alunos se apliquem mais, levando a um melhor desempenho ao nível das aulas laboratoriais no resto do semestre.

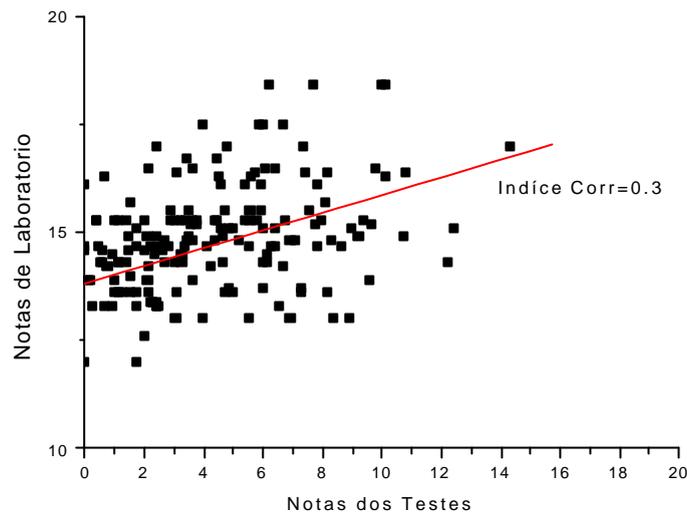


Figura 3- Notas de laboratório em função da nota média dos teste

#### 4. APLICAÇÃO À DISCIPLINA DE FÍSICA EXPERIMENTAL

A utilização do E-Lab na disciplina de Física Experimental foi efectuada com um peso equivalente aos restantes trabalhos laboratoriais sendo o seu impacto a nível da avaliação de um valor em vinte (1/20). Esta experiência foi utilizada primordialmente por alunos em riscos de não-aprovação à disciplina. Devido ao seu carácter de realização individual, foi possível dissociar o efeito negativo de grupo na aferição do conhecimento tal como demonstrado na secção 2, e deste modo aferir o desempenho revelado por cada aluno.

Por outro lado, sendo uma experiência disponível em permanência 24 horas por dia, sete dias por semana, facultou aos alunos a liberdade de escolherem a data da execução da experiência como lhes conveio.

O trabalho proposto contribui com um valor suplementar para a nota, sendo cotado em 3 níveis: 0 (Não satisfaz), 1,25 (Satisfaz) e 2,5 (Bom). Isto permite evitar o bónus aritmético das correcções estatísticas das notas muitas vezes efectuados para garantir um número satisfatório de aprovações, premiando os alunos que voluntariamente desenvolvem trabalho e, numa base individual, avaliar o seu desempenho experimental.

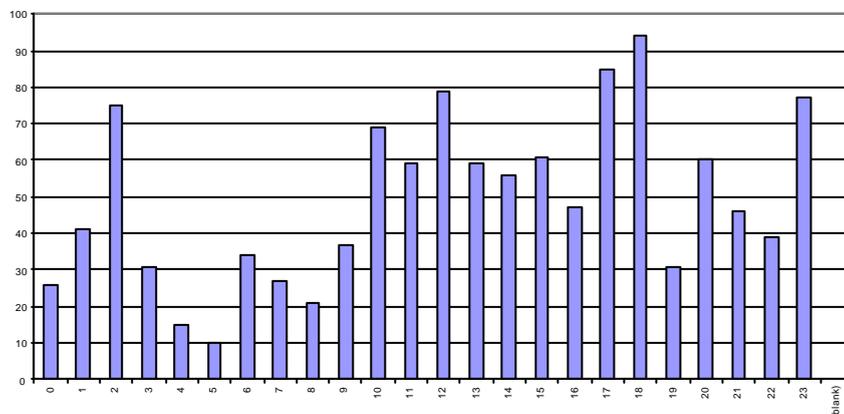
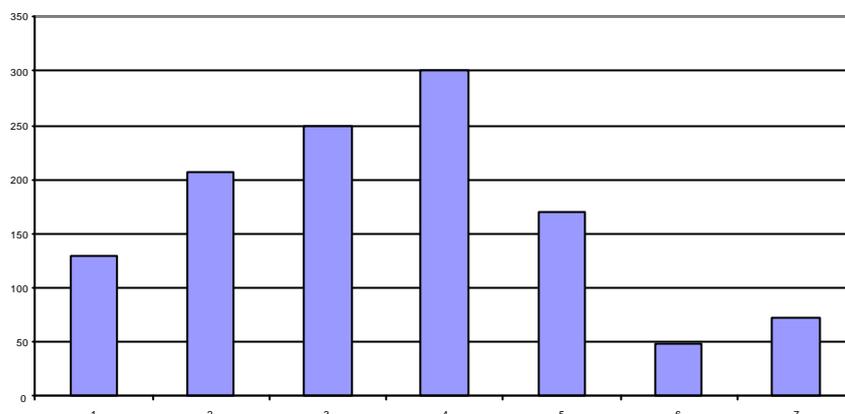


Figura 4 – Histograma da utilização diária do E-Lab.

Nos gráficos pode-se constatar que a experiência tem uma razoável utilização ao fim-de-semana (15%) e uma grande parte das experiências foram efectuadas num período nocturno (20h-8h), sendo de salientar a fraca utilização no período da manhã.



**Figura 5 – Histograma da utilização semanal do E-Lab, de segunda a domingo.**

Como seria de esperar, uma maioria de alunos (64%) realiza o trabalho apenas para conseguir a aprovação à disciplina, enquanto que 36% dos restantes alunos o faz para melhoria de nota. Isto quer dizer que um número significativo dos alunos avaliados acaba por conseguir aprovação à disciplina devido ao trabalho realizado por recurso ao E-Lab (13%). Embora o teste tivesse uma pergunta sobre a matéria do E-Lab (radioactividade), não foi relevante a melhoria do desempenho nesta questão, provavelmente devido ao laboratório em causa ter sido realizado após o segundo teste, não sendo correcto estabelecer qualquer correlação entre ambos.

## 5. EXPERIÊNCIA PROPOSTA: A RADIOACTIVIDADE

O ensino experimental das radiações comporta em si um risco, normalmente psicológico, que levou, por exemplo, à interdição de fontes radioactivas nas escolas portuguesas. No entanto as radiações são uma constante à superfície da Terra e o seu ensino experimental extremamente rico, principalmente devido à componente aleatória do decaimento radioactivo, sendo por isso uma experiência vocacionada para permitir a introdução da estatística na física.

Foi por isso esta a experiência escolhida para testar o E-Lab, uma vez que permite a obtenção de elevado número de dados e por outro lado seria uma experiência difícil de efectuar num laboratório comum.



**Figura 6 – Caixa-resumo da parametrização da experiência em curso.**

**RadioActividade** - □ ? X

| Recursos  | Informação | Fila de Espera |     |           |            |  |
|-----------|------------|----------------|-----|-----------|------------|--|
| Sample nº | Date       | Time           | ms  | Contagens | eContagens |  |
| 21        | 15-02-2003 | 00:19:40       | 039 | 135.0     | 1.0        |  |
| 22        | 15-02-2003 | 00:19:42       | 130 | 147.0     | 1.0        |  |
| 23        | 15-02-2003 | 00:19:44       | 239 | 161.0     | 1.0        |  |
| 24        | 15-02-2003 | 00:19:46       | 339 | 128.0     | 1.0        |  |
| 25        | 15-02-2003 | 00:19:48       | 439 | 142.0     | 1.0        |  |
| 26        | 15-02-2003 | 00:19:50       | 539 | 135.0     | 1.0        |  |
| 27        | 15-02-2003 | 00:19:52       | 639 | 131.0     | 1.0        |  |
| 28        | 15-02-2003 | 00:19:54       | 739 | 135.0     | 1.0        |  |
| 29        | 15-02-2003 | 00:19:56       | 839 | 156.0     | 1.0        |  |
| 30        | 15-02-2003 | 00:19:58       | 939 | 135.0     | 1.0        |  |
| 31        | 15-02-2003 | 00:20:01       | 039 | 133.0     | 1.0        |  |
| 32        | 15-02-2003 | 00:20:03       | 130 | 158.0     | 1.0        |  |
| 33        | 15-02-2003 | 00:20:05       | 239 | 134.0     | 1.0        |  |
| 34        | 15-02-2003 | 00:20:07       | 339 | 126.0     | 1.0        |  |
| 35        | 15-02-2003 | 00:20:09       | 439 | 131.0     | 1.0        |  |
| 36        | 15-02-2003 | 00:20:11       | 539 | 145.0     | 1.0        |  |
| 37        | 15-02-2003 | 00:20:13       | 639 | 137.0     | 1.0        |  |
| 38        | 15-02-2003 | 00:20:15       | 739 | 134.0     | 1.0        |  |
| 39        | 15-02-2003 | 00:20:17       | 839 | 169.0     | 1.0        |  |

... ▶ ■  
 A experiência foi parada!  
 Pode controlar a experiência durante os próximos 10 s

**e-lab**

**Figura 6 - Interface gráfica da experiência da radioactividade**

O protocolo experimental dividia-se em duas componentes: (i) A medida da atenuação da intensidade da radiação consoante os materiais (empregues materiais comuns: madeira, tijolo, cortiça, metais variados) e (ii) a determinação da semi-espessura de um metal (Cobre), ou seja a espessura que leva à redução para metade da intensidade da radiação. Este protocolo pode ser consultado em detalhe em <http://www.e-escola-utl.pt->E-Lab->Radioactividade>.



**Figura 7 - Exemplo de vídeo difundido com a realização de uma experiência.**

A experiência pode ser seguida como o demonstra a figura 8 em tempo real através de uma “WebCam“ montada no laboratório, estando patente nas figuras 6 e 7 os principais painéis da interface gráfica. Para a elaboração de uma sessão experimental e respectiva realização do relatório, um aluno necessita em média de efectuar cerca de oito a doze experiências (aquisições de dados). A difusão de vídeo é efectuada através de uma estação de “streaming”

Windows Media Services que reúne o vídeo de várias experiências. O vídeo é difundido em três formatos de qualidade correspondente a duas bandas reduzidas e a um formato de elevada qualidade (224kbit/s) em formato “multiple bit rate “(MBR).

## 6. INQUÉRITO

Para aferir da aceitação pelos alunos deste tipo de experiências on-line foi realizado um inquérito de resposta livre cujo resumo se encontra na tabela seguinte. Procurou-se resumir os conteúdos mais relevantes, sem cair na tentação de suprimir as críticas negativas.

|   |
|---|
| <b>1) Achou o E-Lab motivador?</b>  |
| “tentativa de introduzir mais qualidade na evolução da disciplina”<br>“acompanhar as novas tecnologias”<br>“ideia bastante oportuna”<br>“superou as expectativas”<br>“não estava à espera que a realização do relatório envolvesse este tipo de interacção”<br>“perspectiva nova do trabalho de laboratório”<br>“representa um passo em frente no ensino de cadeiras fundamentalmente práticas” |
| <b>2) Como compara o E-Lab aos laboratórios "clássicos"?</b>  |
| “acaba por ser mais pratico devido ao facto de se poder realizar os trabalhos a partir de casa”<br>“inovador”<br>“perde-se o trabalho em grupo”<br>“bastante cómodo”<br>“conforto”  |
| <b>3) O E-Lab contribuiu para aprofundar os seus conhecimentos nesta área da matéria (Radioactividade)?</b>   |
| “bastante”<br>“afirmativo”<br>“contribuiu bastante”   |
| <b>4) Teve dificuldades na utilização da interface gráfica? Quais?</b>  |
| “Negativo”<br>“mínimo de espírito explorador e consegue-se tudo”<br>“está muito bem conseguida”<br>“tudo bastante claro”  |
| <b>5) Teve dificuldades no cumprimento/execução do protocolo experimental proposto ou na obtenção do controlo da experiência? Detalhe.</b>  |
| “quando estava tudo a funcionar normalmente, estava eficiente e rápido”   |

“ultrapassadas algumas dificuldades iniciais, consegui realizar a experiência sem dificuldades”

NOTA: São reportado alguns problemas com “firewalls” embora alunos com NAT (“Network Address Translation” não tivessem tido qualquer problema.

**6) Acha oportuno o E-Lab numa cadeira como FEX? E noutra cadeira do seu curso?**

“penso que é uma grande ideia”

“muito oportuno”

“outras cadeiras também seria agradável realizar experiências e outros trabalhos desta maneira”

**7) Gostaria de ter realizado mais experiências via WWW?**

“Afirmativo”

“Gostava, apesar de achar que a componente do laboratório clássico é bastante importante”

**8) Se instalou o software proposto indique se teve dificuldades em instalá-lo e quais essas dificuldades, indicando o sistema operativo usado, browser e hardware.**

“Tudo funcionou correctamente, nada a relatar”

NOTA: A maioria não manifesta ter tido problemas embora alguns manifestem dificuldades na instalação do “framework” Java

São reportados escassos problemas no acesso à experiência, e apenas uma referência em relação ao tempo de espera.

A maioria utiliza windows XP, browser Internet Explorer 6.0, CPUs superiores a Pentium III

**9) O que melhoraria no ELab?**

“melhoraria o vídeo de acompanhamento “

“o aspecto gráfico”

“adicionar-lhe mais funcionalidades

“lista de espera melhorada”

“por vezes quando há várias pessoas a fazer a experiência ao mesmo tempo, torna-se demorado”

“mais experiências”

“a estabilidade do sistema”

“uma sala de chat que possibilitaria troca de impressões sobre a experiência”

“FAQ”

NOTA: Quer o “chat” quer a “FAQ” estão em fase de implementação

**10) Teve entusiasmo em realizar a experiência ou "deixou para o fim" das suas tarefas académicas?**

“alguma curiosidade na execução da mesma uma vez que era a primeira vez que fazia uma experiencia via internet”

“gostei de trabalhar com o E-lab mesmo apesar dos problemas”

“Normalmente foi deixado para o fim...”

“Devo confessar que deixei para o fim, pois a principio não estava com grande entusiasmo, talvez por nunca ter feito uma experiência via www.Mas depois disso fi-la com entusiasmo”

Um resumo sintético das questões mais objectivas é apresentado no gráfico da figura 10.

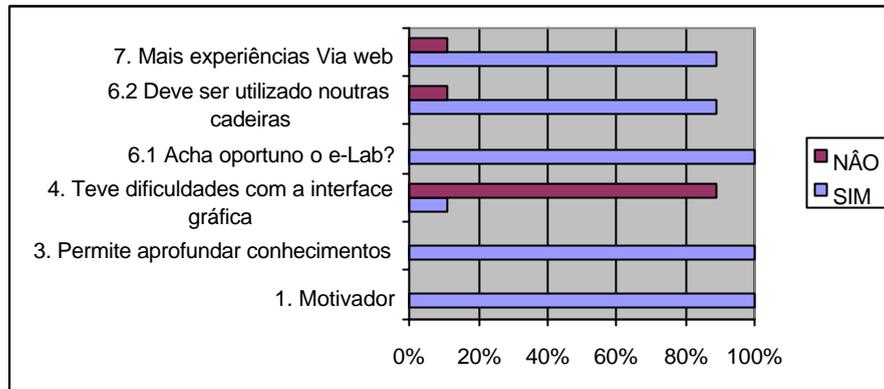


Figura 8 - Inquérito aos alunos que utilizaram o E-Lab

## 7. CONCLUSÃO

Da análise exhaustiva dos inquéritos e da experiência desenvolvida, concluímos que o E-Lab respondeu de uma forma eficaz aos objectivos inicialmente propostos. É de salientar que mesmo os alunos com mais dúvidas iniciais em utilizar este meio de ensino vieram a revelar um grande entusiasmo depois de contactar com a plataforma. Apesar do E-Lab não poder ser encarado como um substituto massificador da utilização do laboratório presencial, é um bom complemento à actividade lectiva experimental. É de salientar principalmente a facilidade na obtenção de elevado volume de informação cuja principal utilidade prende-se com a componente do estudo estatístico de dados e a introdução do paradigma da aquisição de dados actual. A introdução de um “chat”, actualmente em curso, permite criar uma comunidade de debate em torno de cada experiência.

## Referências

- [1] Life Sciences Research Board at OMG Site – Laboratory Equipment Control Interface System: <http://www.omg.org/homepages/lsr/index.html>
- [2] <http://www.e-escola.utl.pt> (E-Lab)
- [3] E-LAB, Laboratórios robotizados interactivos, SPF, Évora 2002
- [4] Microsoft Developers Network Website – <http://msdn.microsoft.com>
- [5] R. Orfali, D. Horkey, “Client/Server Programming with Java and CORBA”, second edition
- [6] G. Brose, A. Vogel, K. Duddy, “Java Programming with CORBA”, third edition
- [7] Java IDL Tutorial Online – <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/idl/TOC.html>
- [8] CORBA 2.3 Specification: <http://cgi.omg.org/cgi-bin/doc?formal/98-12-01.pdf>