

# Ponderação e sequência de utilização de diferentes ambientes laboratoriais no processo ensino-aprendizagem

Maria C. Costa-Lobo, Marina I. Duarte, Paulo C. Oliveira, Gustavo R. Alves  
{mcqm, mic, pco, gca}@isep.ipp.pt  
Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431  
4200-072 Porto, PORTUGAL

## Resumo

*O processo ensino-aprendizagem tem sido alvo constante de estudos, em particular ao nível do Ensino Superior em consequência do aumento anual de novos alunos que, em termos meramente estatísticos, têm vindo a evidenciar um abaixamento progressivo das médias de acesso. A preocupação com a manutenção de um determinado nível de qualidade na formação destes alunos, conjugada com a vontade de alargar o acesso a todos aqueles que terminam o Ensino Secundário, despoletou uma maior intervenção dos especialistas em educação, em parceria com docentes de todas as áreas do Ensino Superior, na análise do problema. Considerando o caso particular das Ciências e Engenharias, onde a componente laboratorial no processo ensino-aprendizagem assume um papel relevante, os recentes avanços ao nível das tecnologias educativas criaram alternativas válidas aos ambientes laboratoriais tradicionais, nomeadamente os ambientes laboratoriais virtuais e remotos, ainda não totalmente exploradas. Em paralelo, assiste-se também a uma crescente preocupação com a análise dos estilos de aprendizagem, em resultado da crescente heterogeneidade que caracteriza, de forma global, os alunos que optam por aquelas áreas do Ensino Superior. Dispondo os docentes de uma variedade crescente de recursos educativos e de métodos de ensino, em face de um leque alargado de alunos com estilos de aprendizagem próprios, importa estudar de que forma se pode ponderar e sequenciar os diferentes tipos de ambientes laboratoriais, para atingir o objectivo geral de aumentar o nível do saber e das competências experimentais dos alunos que optam pelas Ciências e Engenharias.*

**Palavras-chave:** *laboratórios remotos, laboratórios virtuais, estilos de aprendizagem, experimentação remota, processo ensino-aprendizagem, competências experimentais, educação.*

## 1. Introdução

A aquisição de competências experimentais é fundamental para os alunos das áreas das ciências e engenharias (Feisel and Peterson, 2002). Usualmente adquiridas em ambientes laboratoriais ditos “tradicionais”, o aparecimento do computador em meados do século passado permitiu a criação de um novo ambiente laboratorial denominado de virtual. Um ambiente laboratorial virtual corresponde a um programa de simulação, onde o objecto (ou sistema) sobre experimentação e todos os instrumentos associados para controlo das entradas e observação das saídas correspondem a modelos computacionais. Mais recentemente, i.e. no início da década de 90, o desenvolvimento e utilização geral da rede mundial de computadores (*World Wide Web*, WWW) levou ao surgimento de um outro tipo de ambiente laboratorial denominado de remoto. Um ambiente laboratorial remoto consiste no acesso a equipamento real, i.e. o objecto ou sistema sob experimentação e os instrumentos de medição e controlo associados, através um interface para navegadores na rede (*web browsers*). Por outras palavras, um simples computador ligado à rede e um aplicativo geralmente fornecido com o mesmo (ou gratuitamente disponível para qualquer tipo de sistema operativo) permite a realização de experiências remotas sobre equipamento real.

Estes dois tipos de ambientes laboratoriais têm sido alvo, em separado, de diversos estudos de caracterização, em termos de vantagens, desvantagens, formas de utilização no processo ensino-aprendizagem, níveis de usabilidade e acessibilidade, entre outros aspectos. Vários desses estudos consideram a envolvente de utilização, i.e. de que forma um ambiente laboratorial virtual (ou remoto) se insere no processo ensino-aprendizagem, em geral, ou mais em particular no processo de aquisição de competências experimentais. A análise conjunta destes dois tipos de ambientes laboratoriais, a par da utilização dos laboratórios tradicionais, tem sido mais negligenciada, apesar de alguns estudos isolados e mais recentes. A consideração dos estilos de aprendizagem, como factor multiplicador ou limitador das características positivas e negativas de cada ambiente laboratorial tem igualmente sido ignorada nos referidos estudos. Importa assim alargar o universo de análise do processo de aquisição de competências experimentais, considerando nomeadamente a utilização combinada, com pesos variáveis, dos três tipos de ambientes laboratoriais referidos: tradicionais, virtuais, e remotos.

O artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: a secção 2 apresenta uma breve reflexão sobre as correntes teóricas actuais do processo ensino-aprendizagem; a secção 3 aprofunda as componentes do ensino das ciências e engenharias, em particular a componente experimental; a secção seguinte descreve em maior pormenor os tipos de ambientes laboratoriais; a secção 5 descreve os estilos de aprendizagem, com base em (Kolb, 1984); a secção 6 delinea o desenvolvimento das metodologias necessárias para adequar os tipos de ambientes laboratoriais a estilos de aprendizagem e métodos de ensino; e, finalmente, a secção 7 conclui o documento.

## 2. Correntes teóricas actuais do processo ensino-aprendizagem

Iniciamos esta reflexão partindo do pressuposto de que o professor deve conhecer as tendências que influenciaram o processo ensino-aprendizagem, para poder entender o contexto actual e reflectir sobre a sua actuação pedagógica com o objectivo de optimizá-la. As reflexões pedagógicas que se têm produzido nos últimos anos são convergentes na análise do carácter sistémico dos componentes do processo ensino-aprendizagem.

Pode dizer-se que não há pedagogia eficaz sem se ter uma ideia precisa do que se pretende que os alunos fiquem a saber no final. Só sabendo para onde se vai, se tomará o caminho certo para lá chegar (Jaques, 2003; Lesser, 2003; Levine, 1998; Peters, 2001). A definição prévia dos objectivos pedagógicos ou resultados esperados da aprendizagem (*learning outcomes*), bem como a análise dos métodos e meios pedagógicos torna mais claro o que se pretende alcançar com as acções pedagógicas que se projectam e empreendem, e no final avaliar todo o processo (fig. 1). Através da definição dos objectivos torna-se possível eliminar a ambiguidade que tantas vezes rodeia um momento pedagógico definido em termos de conteúdos ou aquisição de conhecimentos genéricos e difusos (Peters, 2001).



Figura 1: Componentes do triângulo de Mager (1976).

Os objectivos pedagógicos proporcionam ao docente uma directriz para as respectivas actividades de planeamento da aprendizagem, condução de aulas e avaliação dos resultados. Sabendo-se quais os objectivos a alcançar mais facilmente se saberá como alcançá-los. Com objectivos bem definidos o docente dispõe de um ponto de referência que lhe facilita e lhe garante maior rigor na selecção e estruturação das informações a prestar, das actividades a desenvolver e dos métodos mais adequados a aplicar. Assim, os objectivos conduzirão o docente a preocupar-se mais com o que o aluno deve aprender do que com o que pretende ensinar-lhe, garantindo maior adequação e pertinência aos trabalhos a executar. Finalmente, através da consecução, ou não, dos objectivos previstos será possível ao docente determinar o grau de êxito das suas estratégias e comportamentos pedagógicos, obtendo deste modo um meio importante de avaliação e controlo da sua acção. O conhecimento dos objectivos por parte do aluno é talvez um dos meios mais eficazes para a consecução da aprendizagem. Como diz Mager (1976), “... *se comunicar a um aluno os objectivos da sua aprendizagem talvez não tenha de fazer mais nada.*”. Na verdade, o conhecimento dos objectivos permite ao aluno:

- situar-se em relação ao fim a atingir;
- tomar consciência do que lhe vai ser exigido;
- distinguir o essencial do acessório;
- possuir um ponto de referência para avaliar e controlar os progressos.

### **3. Componentes do ensino das ciências e engenharias**

A propósito da experimentação remota, importa distinguir entre trabalho prático, laboratorial e experimental, tentando identificar o melhor enquadramento para aquele género de experimentação. Leite (2001), citando Hodson, faz a seguinte distinção:

- Trabalho prático é o conceito mais geral e inclui todas as actividades que exigem que o aluno esteja activamente envolvido. Interpretando este envolvimento como podendo ser de tipo psicomotor, cognitivo ou afectivo, o trabalho prático pode incluir actividades laboratoriais, de campo, de resolução de exercícios ou de problemas de papel e lápis, utilização de um programa informático de simulação, pesquisa de informação na *internet*, realização de entrevistas a membros da comunidade, etc.
- Trabalho laboratorial, por seu turno, inclui actividades que envolvem a utilização de materiais de laboratório. Apesar de estes materiais também poderem ser usados nas actividades de campo, as actividades laboratoriais realizam-se num laboratório enquanto as actividades de campo têm lugar ao ar livre, no local onde os fenómenos acontecem.
- Trabalho experimental inclui actividades que envolvem controlo e manipulação de variáveis e que podem ser laboratoriais, de campo ou outro tipo de actividades práticas.

Assim, verifica-se que o critério com base no qual se distinguem as actividades experimentais das não experimentais tem a ver com a necessidade, ou não, de controlar e manipular variáveis, enquanto que o critério que permite distinguir as actividades laboratoriais das de campo tem a ver, fundamentalmente, com o local onde a actividade decorre. Por outro lado, combinando os dois critérios acima referidos obtêm-se, por exemplo, as actividades laboratoriais de tipo experimental, que requerem tanto materiais de laboratório como o controlo e a manipulação de variáveis. Assim, de acordo com as definições apresentadas, a experimentação remota pode ser considerada como trabalho prático, uma vez que o aluno é cognitivamente activo, e como trabalho experimental, desde que o dispositivo laboratorial usado permita manipulação de variáveis. No entanto, dificilmente constitui trabalho laboratorial, no sentido em que o aluno não contacta fisicamente com o equipamento, nem se encontra no laboratório. Esta ausência de contacto e manipulação física também faz com que o papel dos alunos surja, assim, fortemente condicionado pela própria natureza das actividades, que tendem a ser fechadas, convergentes para a obtenção de

um produto determinado, com os alunos a desempenhar, sobretudo, o papel de executores de instruções explícitas com vista à obtenção da resposta desejada pelo professor. Por este motivo, a integração entre a teoria e a prática assume especial relevância.

*“Activity by itself is not enough. It is the sense that is made of it that matters.”*

Driver (1983)

Sobre a experimentação em contexto educativo, Lopes (2004), refere os seguintes aspectos como fundamentais:

- O trabalho experimental não pode estar isolado da abordagem teórica;
- O trabalho experimental é um esforço teórico e empírico no sentido de responder a um problema do conhecimento físico, relevante para o aluno;
- A planificação do trabalho experimental é uma tarefa que carece de modelização explícita das situações físicas, dos sistemas experimentais;
- As teorias e a informação empírica podem ser enriquecidas com o trabalho experimental. A abordagem teórica, por mais rica e profunda que seja, não se esgota em si mesma. Todo o projecto teórico só está completo se se preparar para enfrentar a experiência e ser completado por esta. Do mesmo modo, a informação empírica só tem verdadeiramente sentido se for recolhida e/ou produzida no contexto de uma abordagem teórica.

Lopes (2004) alarga a definição de trabalho experimental apresentada anteriormente, mencionando quatro aspectos importantes:

- O questionamento faz parte do trabalho experimental, tanto para o desencadear, como para o (re)orientar ou mesmo para o dar por terminado (é necessário olhar na direcção certa, saber como olhar e estar preparado para interpretar correctamente).
- A utilização/construção de um modelo é uma característica fundamental do trabalho experimental, pois é com ele que é possível tomar decisões, avançar no conhecimento, verificar se se estão a considerar as variáveis relevantes e até mudar o próprio modelo ou reformulá-lo. O trabalho experimental liga os modelos teóricos com a realidade e, por outro lado, os modelos teóricos só podem ser utilizados sobre modelos das situações físicas e não sobre as situações físicas elas próprias;
- A actividade sobre o referente empírico é uma constante e pode ser de vários tipos: montar, observar, medir, utilizar aparelhos, utilizar técnicas, manipular, aperfeiçoar o sistema experimental, etc. Esta actividade, pode, em certas circunstâncias, comportar a utilização de sistemas informáticos para aquisição de dados, permitindo-se, assim, que os alunos se centrem na interpretação dos dados e menos na obtenção e processamento dos mesmos;
- A interacção com a comunidade (pares, professor e conhecimento científico aceite) tem o papel de confrontar ideias, apurar raciocínios, comunicar resultados e conclusões, bem como o modo como se chegou até eles.

As condições para que o trabalho experimental promova o desenvolvimento conceptual são:

- A actividade experimental tem de estar bem pensada pelo professor e os aspectos conceptuais subjacentes devem estar todos explicitados;
- A exploração conceptual deve estar centrada na própria actividade experimental e não na relação desta com assuntos abordados anteriormente;
- É necessário investir tempo nas actividades experimentais de forma a que seja possível aprofundar os aspectos conceptuais da actividade experimental e se discuta e interprete os resultados experimentais à luz dos modelos utilizados.

Neste contexto, Lopes (2004) considera que as actividades do tipo trabalho experimental são as seguintes:

- Actividades do tipo prevê-observa-explica (POE);
- Verificação experimental (VE);
- Simulação/modelação computacional (SC);
- Actividade experimental orientada (AEO);
- Problema experimental (PE).

Na tabela seguinte incluem-se as características e funções educativas de cada uma das actividades (Lopes, 2004).

**Tabela 1:** Características e funções educativas das actividades de tipo trabalho experimental.

Tipo de actividade	Características	Funções educativas
Prevê-observa-explica	Perante um problema e/ou situação física é pedido que se faça uma previsão escrita apresentando uma justificação. O professor executa a experiência e, ao mesmo tempo os alunos registam o que observam. Em seguida confrontam o que registaram com o que previram e explicam as concordâncias ou discordâncias. O quadro pode ser utilizado para registar a sinopse das previsões e observações. A mediação da interpretação e das conclusões deve ter muito cuidado com as discordâncias manifestas.	Relacionar a abordagem teórica com a experiência com base em questões. Utilizar modelos teóricos e dos sistemas experimentais para fazer previsões e para explicar discrepâncias com o que se observa. Efectuar observação científica. Identificar e controlar variáveis relevantes. Iniciar os alunos nas competências de trabalho experimental. Reformular/estruturar/enriquecer um campo conceptual. Alargar/desenvolver/precisar a experiência sensível de fenómenos físicos.
Verificação experimental	Trata-se de verificar experimentalmente uma lei, ou um modelo teórico com um sistema experimental próximo do ideal. Geralmente, é guiado por um protocolo experimental. Dado que tem um protocolo rígido e o sistema experimental é próximo do ideal (e concebido pelo professor), a execução experimental pode ser feita pelos alunos sem grande acompanhamento do professor. A interpretação carece de ser mediada pelo professor. Só terá características de trabalho experimental se a dimensão questionar se mantiver intacta.	Ilustrar a teoria (e/ou estudar as condições de utilização da teoria). Estudar uma lei (e/ou os seus limites de validade). Observar e descrever um fenómeno produzido no quadro de uma teoria científica. Desenvolver competências de tratamento de dados. Desenvolver competências de trabalho experimental. Reformular/estruturar/enriquecer um campo conceptual. Alargar/desenvolver/precisar a experiência sensível de fenómenos físicos.
Modelação Simulação computacional	Trata-se de utilizar software para produzir modelações ou efectuar simulações utilizando modelos computacionais prévios. No sentido em que a dimensão actuar num referente empírico não está presente, pode não ser considerada como trabalho experimental. Mesmo assim, há uma componente de manipulação que consiste em interagir com o software e ver o que acontece. Se as restantes dimensões estiverem bem presentes, em particular a de questionar, há uma boa aproximação com vantagens e defeitos em relação ao trabalho experimental tradicional. Em qualquer uma das dimensões do trabalho experimental, o professor deve fazer uma mediação.	Estudar em profundidade um modelo teórico: os seus limites de validade, as variáveis pertinentes, os parâmetros relevantes, a evolução temporal dos sistemas físicos que podem representar, a mudança de sistemas físicos com a alteração das condições iniciais e os parâmetros, as consequências da alteração dos parâmetros, as relações funcionais e respectiva visualização, etc. Testar todos os aspectos referidos de um modelo teórico, mais rapidamente. Reformular/estruturar/enriquecer um campo conceptual.
Actividade experimental orientada	A ênfase é colocada numa questão (que poderá ser problema) e no seu enquadramento teórico. A questão deve ser relevante para os alunos, por eles apropriada (identificação do obstáculo e reformulação do seu enunciado sem lhe modificar o significado) e devidamente enquadrado pelo professor. O planeamento experimental e respectiva execução é da responsabilidade dos alunos. Todavia, são discutidas e acompanhadas, pelo professor, de forma que sejam feitas, pelos alunos, sem percalços, nem delongas, de maior. A interpretação é feita pelos alunos com a mediação do professor. Finalmente, é necessário fazer uma avaliação do que se aprendeu e dos erros que se cometeram.	Estudar a relação funcional entre variáveis. Aprofundar as relações entre teoria-experiência, aprofundando as condições de utilização de um modelo teórico, ou estudando as questões suscitadas pelos resultados experimentais. Desenvolver competências de trabalho experimental, nos alunos, implicando todas as suas dimensões (problema, identificação/controlar variáveis, planeamento e execução experimentais, registo de observações, obtenção de dados, produção de resultados, modelização de situação física e sistema experimental, utilização de modelos teóricos para relacionar previsões com resultados, obter conclusões, comunicar os resultados). Reformular/estruturar/enriquecer um campo conceptual. Alargar/desenvolver/precisar a experiência sensível de fenómenos físicos.
Resolução experimental de problema	É uma tarefa experimental que se inicia com um problema experimental explicitado dentro de um determinado contexto. O problema deve ser relevante para os alunos, por eles apropriado (identificação do obstáculo e reformulação do seu enunciado sem lhe modificar o significado) e devidamente enquadrado pelo professor. É uma pequena investigação dos alunos orientada pelo professor com muito maior controlo dos tempos e meios por parte dos alunos. Culmina com a apresentação de um produto e/ou de resultados. Pode ser utilizado curricularmente de 3 modos: i) Tarefa ligada às aulas não utilizando aulas para a sua execução. Utilizam-se aulas para se discutir o andamento da resolução do problema e comunicar resultados; ii) Tarefa independente das aulas, integrando actividades extracurriculares, permitindo que os alunos interessados dêem largas ao seu prazer intelectual; iii) Projecto.	Desenvolver competências de trabalho experimental, nos alunos, implicando todas as suas dimensões (problema, identificação/controlar variáveis, planeamento e execução experimentais, registo de observações, obtenção de dados, produção de resultados, modelização de situação física e sistema experimental, utilização de modelos teóricos para relacionar previsões com resultados, obter conclusões, comunicar os resultados). Construir/estudar/utilizar modelos teóricos. Construir/estudar/utilizar sistemas experimentais. Estender um modelo teórico a um referente empírico mais vasto. Fazer investigação sob orientação do professor. Desenvolver competências de comunicação e argumentação. Reformular/estruturar/enriquecer um campo conceptual. Alargar/desenvolver/precisar a experiência sensível de fenómenos físicos.

A análise da tabela 1 permite concluir que a experimentação remota é mais adequada para actividades de verificação experimental, nas quais a autonomia dos alunos é maior e os protocolos mais rígidos. Note-se que, ainda assim, o questionamento e a mediação feita pelo professor são dois elementos essenciais e imprescindíveis, o que limitará a possibilidade de desenvolvimento de competências no domínio psicomotor.

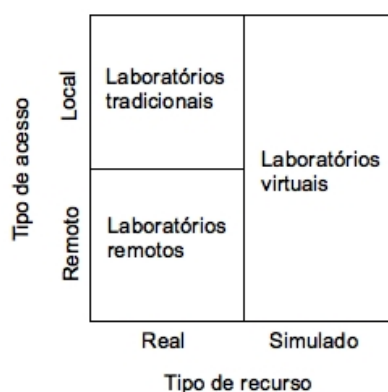
#### 4. Tipos de ambientes laboratoriais

As actividades experimentais podem ser classificadas com base em dois critérios (Bencomo, 2004):

1. A forma de acesso ao recurso experimental;
2. A natureza do recurso experimental.

Em relação ao primeiro critério existe o acesso remoto, através da Internet, e o acesso local, ou seja, não é necessário recorrer à Internet para manipular os vários componentes da experiência. No que respeita à natureza dos recursos estes podem ser reais ou corresponderem a modelos computacionais para simulação. Da combinação destes dois critérios obtemos três tipos de ambientes experimentais, que apesar de bastante diferentes englobam todas as possibilidades de realização experimental (fig. 2):

- *Acesso local a um recurso real*: representa o laboratório tradicional onde o estudante está em contacto com os vários componentes da experiência. A aquisição de dados pode ser feita ou não por computador;
- *Acesso local a um recurso simulado*: aqui todo o ambiente laboratorial é simulado através de uso de software e a aquisição de dados é feita por computador usando essa simulação;
- *Acesso remoto a um recurso real*: representa o acesso a uma experiência real através da Internet. O estudante controla a experiência através de interfaces criadas para o efeito. A esta possibilidade é habitual dar-se o nome de Laboratórios Remotos;
- *Acesso remoto a um recurso simulado*: esta forma de fazer experimentação é algo semelhante à anterior mas os sistemas reais são substituídos por sistemas virtuais. O estudante acede a estes recursos através da Internet. Uma das diferenças em relação aos anteriores é que vários utilizadores podem estar a utilizar o mesmo recurso, simultaneamente.



**Figura 2:** Tipos de ambientes experimentais.

Das duas formas de aceder aos recursos laboratoriais, local ou remota, esta última tem vindo a ser cada vez mais procurada porque permite que se proceda à experimentação a partir de qualquer local (Nickerson et al., 2007). Caso o sistema esteja bem construído permite levar a cabo uma experiência em qualquer computador com acesso à Internet.

Uma das razões mais populares para que os sistemas de controlo remoto sejam instalados é sem dúvida a redução de custos (Nickerson et al., 2007). Em alguns casos, a aquisição de todo o equipamento para a realização de uma série de experiências é inoportuna. Assim, se cada instituição adquirir material para a realização de uma actividade experimental e a colocar disponível para utilização remota é possível criar-se uma série experimental que irá ser usada por um maior número de pessoas (maior rentabilidade dos recursos). Para além disso, é possível que os alunos realizem as experiências sem terem custos de deslocação. No entanto, há que ter alguns cuidados pois a experimentação remota pode causar solidão, isolamento, falta de motivação ou outros sintomas em alguns estudantes. De forma a diminuir estes efeitos o ambiente de experimentação remota deverá obedecer a alguns critérios (Bencomo, 2004):

- *Fácil instalação e uso*: os ambientes experimentais têm que ser de fácil instalação e utilização. Esta simplicidade não deverá afectar o rigor na execução experimental. A actividade experimental também deve ser criada de forma a não necessitar de um professor;
- *Acesso pela Internet*: o acesso e a execução da experiência remota deverão ser feitos exclusivamente por Internet.
- *Sem custos*: os alunos não deverão ter que adquirir qualquer outro software para além daquele que é fornecido para a execução da experiência. A única despesa que devem ter é o acesso à Internet, ou podem aceder desde a sala de computadores da instituição a que pertencem;
- *Interactividade e realismo*: o ambiente experimental deverá criar interesse e motivação para a realização da experiência. Os processos mecânicos de manuseamento da experiência deverão dar resposta em tempo real às acções produzidas no terminal do computador.
- *Disponibilidade*: Não deverá haver nenhuma restrição temporal ao acesso à experiência. A única limitação poderá ser a lista de espera de utilizadores ou então quando for necessário fazer manutenção.

## 5. Estilos de aprendizagem

No livro *Experiential Learning* (1984), David Kolb apresenta um estudo teórico e prático da aprendizagem, no qual defende que, no adulto, a aprendizagem apresenta um enfoque nas relações entre ambiente e indivíduo, nas dimensões: aquisição, especialização e integração. Segundo Kolb (1984) a aprendizagem experiencial é o produto de como o adulto experimenta o mundo e modifica-se por meio da interacção homem-meio, nas suas relações de trabalho, educação e desenvolvimento pessoal.

Kolb apropriou-se de contribuições de Vygotski, não explicitamente, para consolidar a ideia de aprendizagem como processo de interacção entre as características internas e as circunstâncias externas, o conhecimento pessoal e o social. Segundo Kolb (1984), há uma aquisição da sensação ou experiência. Este estímulo e o repertório interagem e direccionam a especialização do conhecimento. As informações são adaptadas conforme as necessidades, para finalmente ocorrer a formulação ou a reformulação da experiência. Cada pessoa, por meio da interpretação da sua experiência, estrutura o seu processo de construção do conhecimento. A aprendizagem transita entre os eixos: captar e transformar. Captar é o "apreender", ocorre pela abertura à experiência, pela via concreta ou pela compreensão de conceitos. Transformar é "com-preender", descodificando as percepções ou os conceitos e aproximando-os da realidade, utilizando-se do repertório ou da aplicação da experiência. A informação ganha significado pela reflexão, numa via de intenção ou pela nova exposição à experiência, na via de extensão.

Segundo Kolb (1984), a aprendizagem é a modificação do comportamento como resultado de uma experiência. A aprendizagem experiencial valoriza a interacção da vivência do aluno e o meio ambiente (conceitos, experiências dos mestres e colegas). Há, primeiramente, uma aquisição

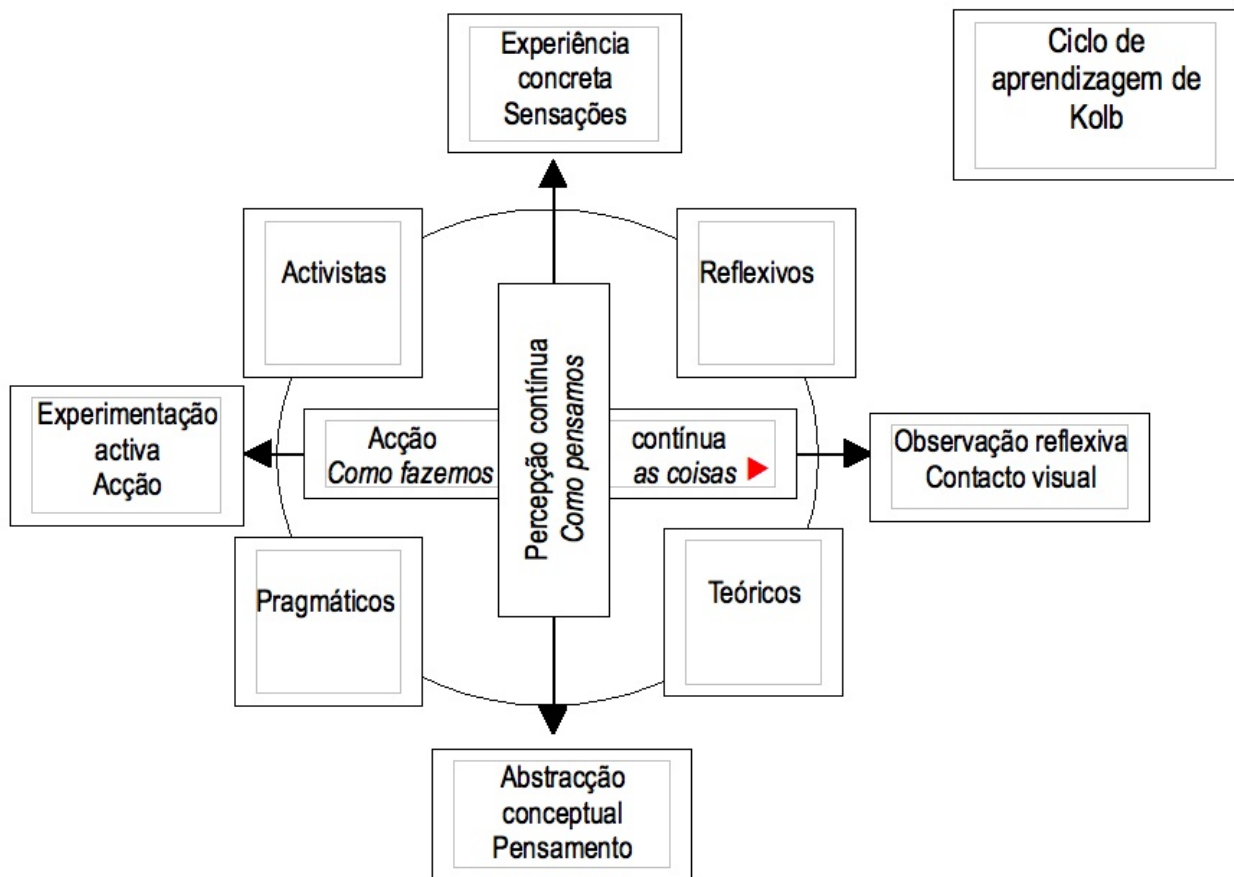
da informação, habilidade ou experiência. Este estímulo externo e o repertório interno do indivíduo interagem e direccionam a aprendizagem para outro momento, quando há uma especialização do conhecimento. As informações são adaptadas conforme as necessidades e interesses dos alunos, para finalmente ocorrer o momento de interacção, quando é efectivada a aprendizagem. É a intersecção entre a teoria e a prática, das necessidades individuais com as necessidades sociais. A aprendizagem vivencial, como um processo, transita entre dois eixos: captar e transformar. Captar ou prender algo intelectualmente no acto de aprendizagem, é o "aprender". Transformar é internalizar o que se aprendeu, "comprender". Captar é exercitar a percepção, descodificando as informações externas e aproximando-as da sua vivência, juntamente com o repertório armazenado. No processo de transformação, a informação antes isolada ganha uma significância através da reflexão e da análise crítica. Captar e transformar são acções permanentes da mente humana. Mas, todos os teóricos da área de Educação, de alguma maneira desdobram-nas e compõem estas duas dimensões em outras para poder explicar a construção do aprendiz.

Kolb aproveita os ensinamentos de Lewin, Dewey e Piaget, valorizando uma sequência de estágios que compõem os Estilos de Aprendizagem. A aprendizagem, segundo Kolb, é um ciclo de interacção, permitindo que cada nova informação seja experimentada, observada, reflectida e conceituada, podendo ser observados quatro estágios ou fases distintas na construção da aprendizagem (fig. 2):

1. Experiência Concreta: há uma ênfase na relação entre as pessoas, nas situações quotidianas, a informação é captada no ambiente. O aprendiz centra-se mais em seus sentimentos do que no enfoque sistemático dos problemas. Aprender é um resultado de uma experiência específica e do relacionamento com as pessoas. O aprendiz predispõe-se a uma nova experiência.
2. Observação Reflexiva: há o compromisso com as ideias e com as situações provenientes de diferentes pontos de vista. O aprendiz confia na objectividade e em juízos cuidadosos; nos seus próprios pensamentos e sentimentos para formular opiniões. Observar e reflectir simultaneamente permite a transformação de ideias anteriores em novas através de mecanismos internos.
3. Conceptualização abstracta: o resultado da observação reflexiva, com a experiência captada permite-nos criar esquemas, teorias e interpretações abstractas. O aprendiz utiliza mais a lógica, confia nas planificações sistemáticas para desenvolver teorias e ideias para solucionar problemas. A actuação é baseada na compreensão intelectual de uma situação. Nesta etapa o intelecto capta o novo, exclusivamente por processos mentais.
4. Experimentação Activa: aplicação dos esquemas, teorias e abstracções criados. O aprendiz actua com o objectivo de influenciar e modificar. Há um interesse em descobrir como teorias e esquemas funcionam na prática, em oposição a simples observação de uma situação. O aprendiz aprecia o cumprimento das tarefas e os resultados, assumindo riscos. É habilidoso para cumprir as tarefas e influencia por meio das acções. Para Kolb (1984; 101) "*a aprendizagem vivencial baseia-se numa teoria de conhecimento dual: a Experiência Concreta do empírico agarrando a realidade pelo processo directo de aprendizagem, e a Conceptualização Abstracta do racionalista analisando a realidade através da mediação pelo processo de conceptualização abstracta*".

Nos seus estudos, Kolb identificou cada um dos quatro estágios de aprendizagem, interrelacionando-os com as características individuais do aprendiz, a partir do seu Inventário de Estilo de Aprendizagem (*Learning Style Inventory*, LSI). Este instrumento é utilizado para atender a dois objectivos: o primeiro é, através da identificação do estilo construir caminhos para que os alunos respondam aos estímulos da aprendizagem, reduzindo as tensões entre o abstracto e o concreto, a acção e a reflexão. Por exemplo, para os alunos que enfatizam a "experiência concreta", o professor deve adoptar uma postura que facilite a troca de experiências. O professor, para os que enfatizam a "observação reflexiva", deverá ser um intermediário capaz de conduzir actividades que permitam ao aluno interpretar de forma crítica a experiência. Para o estágio da "conceptualização

abstracta", o professor deverá apresentar os conteúdos, sintetizados da forma mais lógica e concisa, permitindo que seus alunos reflitam e os adaptem à sua realidade. O professor, para o estágio da "experimentação activa", deverá adoptar uma postura desafiadora, convidando os alunos a experimentar na prática.



**Figura 3:** Tradução de David Kolb's Learning styles, 1984 (pp. 181).

Este autor defende uma abordagem experiencial, mediante a interacção entre a experiência concreta e a conceptualização abstracta. A aprendizagem é vista como um processo cíclico, constituído por quatro fases: experiência concreta, experimentação activa, abstracção conceptual e observação reflexiva. Os quatro tipos de aptidões são considerados necessários para que a aprendizagem seja eficaz, embora se acredite que a maioria das pessoas tem somente uma ou duas mais desenvolvidas devido às suas experiências anteriores, tipo de escolaridade e outros factores sociais e culturais.

Kolb pressupõe que todo conhecimento resulta da interacção entre teoria (conceitos abstractos) e experiência, e o IEA (Inventário dos Estilos de Aprendizagem) é baseado neste conceito de educação experiencial. O IEA define o processo de aprendizagem experiencial. Para entendermos o processo de aprendizagem baseado no modelo aprendizagem experiencial de Kolb, podemos analisar a seguinte situação:

Quando deparados com a tarefa de determinarmos um procedimento, primeiro formulamos uma teoria sobre a solução do problema (concepção abstracta). Daí testamos esta teoria (experiência concreta); reflectimos sobre esta, e possivelmente fazemos modificações na nossa teoria original (reflexão e observação) e daí, testamos o nosso plano modificado, baseado na experiência acumulada da execução do primeiro plano (experimentação activa). Cada vez que este ciclo é completo, ganhamos mais saber, e portanto estamos a passar por um processo de educação experiencial.

Completado o IEA, identificamos qual(is) o(s) estilo(s) de aprendizagem tendemos a rentabilizar mais ao encontrar situações novas ou diferentes. Ao aplicarmos este processo de aprendizagem ao passado, presente e situações por vir, a aprendizagem torna-se intencional, no lugar de accidental. Ao encontrar uma nova situação de aprendizagem podemos tomar decisões conscientes sobre qual estilo de aprendizagem apoiará mais o processo de aprender. Ao ampliar as nossas escolhas em termos de estilos de aprendizagem tornamo-nos “aprendizes” mais eficientes e eficazes. As versões resumidas dos estilos de aprendizagem são:

**Activistas:** aprendem melhor a partir de tarefas relativamente curtas, tipo aqui-e-agora. Têm mais dificuldade de aprender a partir de situações envolvendo um papel passivo, como ouvir palestras ou leitura.

**Reflexivos:** aprendem melhor a partir de actividades em que possam ficar recuados, ouvindo e observando. Gostam de colher informações e que lhes seja dado o tempo para pensar sobre elas. Têm mais dificuldade de aprender quando “atirados” sobre as actividades, sem o tempo necessário para planear.

**Teóricos:** aprendem melhor quando podem reavaliar as coisas, como: um sistema, um conceito, um modelo ou uma teoria. Interessam-se em absorver ideias, ainda que possam estar distantes da realidade actual. Têm mais dificuldade de aprender a partir de actividades sem este tipo de configuração explícita ou implícita.

**Pragmáticos:** aprendem melhor quando há uma clara ligação entre a visão do sujeito e o problema ou a oportunidade no trabalho. Gostam de confrontos com a técnica e com processos que podem ser aplicados em circunstâncias imediatas. Têm mais dificuldade de aprender a partir de acontecimentos que parecem distantes de sua própria realidade. “Isso aplica-se a mim?”

Fry (1978) elaborou a noção de ambiente de aprendizagem para mostrar como diferentes modalidades de aprendizagem podem ser apropriadas em diferentes contextos de aprendizagem. Este autor sugere que qualquer ambiente de aprendizagem tem um certo grau de complexidade ao nível de cada uma das quatro dimensões: afectiva, perceptiva, simbólica e comportamental. Cada uma das quatro dimensões ambientais orienta-se para um dos quatro modos de aprendizagem de Kolb. Desta forma, um ambiente afectivo põe em relevo o experienciar de acontecimentos concretos; um ambiente perceptivo sublinha a observação e a apreciação, ao passo que o ambiente comportamental dá ênfase à acção.

## **6. Adequação dos ambientes laboratoriais a estilos de aprendizagem e métodos de ensino**

No contexto da aquisição de competências experimentais importa estudar de que forma as características dos laboratórios tradicionais, virtuais e remotos se adaptam a cada um dos anteriores vértices do triângulo de Mager (1976). Apesar de aparentemente se poder efectuar uma análise em separado, é conveniente perceber que existe uma maior ou menor adequabilidade de um determinado método (ou meio), ou ainda de um determinado mecanismo de avaliação a um determinado método ou meio (que estará ligado ao objectivo). Estas ligações implícitas entre vértices influenciarão naturalmente a análise, que terá assim de compreender múltiplos planos para, numa primeira fase, se entenderem as relações explícitas e, numa segunda fase, as implícitas. Por outras palavras, através da análise esquematizada na tabela 2 percebe-se que, no contexto da aquisição de competências experimentais, cada laboratório será mais ou menos apropriado para determinado objectivo, método / meio, e mecanismo de avaliação. De igual modo torna-se importante perceber se “re-equacionar” determinado objectivo, método / meio, ou mecanismo de avaliação permitirá uma melhor adaptação a determinado tipo de laboratório. Considerando um grau de liberdade superior, poder-se-á também conjecturar se a existência conjugada destes três tipos de laboratórios não permitirá a criação de novos objectivos, métodos / meios, ou mecanismos

de avaliação. Posteriormente, importa também estudar se a sequência de exposição aos tipos de laboratório poderá influenciar a percepção que o aluno terá de cada um, dado o efeito de memória e as expectativas criadas. Em suma, é importante que a metodologia de análise considere todas estas questões por forma a produzir um manual de boas práticas, susceptível de influenciar os agentes de ensino das Ciências e Engenharias.

**Tabela 2:** Análise cruzada de tipos de laboratórios vs. vértices do triângulo de Mager (1976).

	Lab. tradicionais	Lab. virtuais	Lab. remotos
Objectivos	<i>Criar uma metodologia para classificar / graduar / adequar cada tipo de laboratório de acordo com um dado objectivo, método / meio, ou mecanismo de avaliação.</i>		
Métodos e meios			
Avaliação			

A tabela anterior não esgota a análise necessária para entender a melhor ponderação e sequência de utilização dos tipos de laboratórios. Efectivamente, se a tabela 2 corresponde a uma análise do ponto de vista do professor (que define o objectivo educacional, o melhor método ou meio para o ensinar, e o mecanismo para avaliar a sua apreensão pelo aluno), a tabela 3 corresponderá a uma análise do ponto de vista do aluno. Por outras palavras, importa igualmente analisar a adequação de cada tipo de laboratório a cada tipo de estilo de aprendizagem. Por exemplo, é possível admitir, através de um mero exercício de raciocínio, que um aluno com um estilo de aprendizagem reflexivo poderá privilegiar os laboratórios virtuais e remotos, em função da dimensão tempo, i.e. não estarem sujeitos a um limite temporal que normalmente caracteriza as sessões laboratoriais do tipo presencial. Novamente, considerando que um dado aluno poderá ser caracterizado marcadamente por um só estilo de aprendizagem, ou exibir características de dois tipos, importa estudar a ponderação e a sequência de utilização de cada tipo de laboratório, por forma a maximizar a eficiência da aprendizagem.

**Tabela 3:** Análise cruzada de tipos de laboratórios vs. estilos de aprendizagem (Kolb, 1984).

	Lab. tradicionais	Lab. virtuais	Lab. remotos
Activistas	<i>Criar uma metodologia para classificar / graduar / adequar cada tipo de laboratório de acordo com cada estilo de aprendizagem.</i>		
Reflexivos			
Teóricos			
Pragmáticos			

## 7. Conclusão

Neste artigo discutiu-se a necessidade de estudar a ponderação e sequência de utilização dos tipos de laboratórios actualmente existentes (tradicionais, virtuais, e remotos), para apoiar a aquisição de competências experimentais nos alunos de ciências e engenharias, ao nível do ensino superior. O estudo deverá seguir linhas de orientação centradas no processo ensino-aprendizagem, em particular nas componentes do ensino das ciências e engenharias, e nos estilos de aprendizagem. No final é de esperar a obtenção de duas metodologias: uma para classificar, graduar, e adequar cada tipo de laboratório a cada tipo de objectivo de aprendizagem, método / meio de ensino, e mecanismo de avaliação; e uma outra para efectuar o mesmo processo de classificação / graduação / adequação em relação aos estilos de aprendizagem definidos por Kolb (1984). Com base nos resultados fornecidos por estas duas metodologias será possível, em princípio, definirem-se percursos de aprendizagem únicos para cada aluno, no que se refere à aquisição de competências experimentais. A informação de entrada englobará um dado objectivo de aprendizagem, os meios

disponíveis (repartidos pelos três tipos de laboratório), os mecanismos de avaliação, e o estilo de aprendizagem do aluno. A informação de saída consistirá na recomendação de uma dada sequência de utilização dos meios, personalizada para o aluno em questão. No final do processo, poder-se-á ainda equacionar a possibilidade de utilizar o resultado do percurso dessa sequência para realimentar o processo, i.e. actualizar (a um maior nível de pormenor) a definição do estilo de aprendizagem do aluno, por exemplo através do seu portfólio electrónico (Haag, 2006).

## Referências bibliográficas

Bencomo, S. D. (2004). Control learning: present and future. *Annual Reviews in Control*. 28(1), 115-136.

Feisel, L. D. & Peterson, G. D. (2002). A Colloquy on Learning Objectives for Engineering Education Laboratories. *Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. Retirado em Dezembro, 26, 2007, de <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/White%20Papers/Laboratory%20Learning%20Objectives.pdf>

Haag, S., Cummings, M., McCubbrey, D., Pinsonneault, A. & Donovan, R. (2006). Management Information Systems for the Information Age. *Building an E-portfolio(XLM-J)*. Toronto: Mcgraw-Hill.

Jaques, P. A., Bercht, M., Bocca, E. & Viccari, R. (2003). *Cognitive Reasoning to Respond Affectively to the Student*. Artigo apresentado na IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education. Retirado em Janeiro, 28, 2008, de <http://www.inf.unisinos.br/~pjaques/trabalhos>.

Jinks, R. (1994). Developing experimental skills in engineering undergraduates. *Engineering Science and Education Journal*, 3(6), 287-290.

Kolb, D. (1984). *Experiential Learning*. New Jersey: Prentice-Hall.

Leite, L. (2001). Caetano, H. V. & Santos, M. G. Santos (org.). *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências*. Cadernos Didácticos de Ciências, 1. Lisboa: Ministério da Educação.

Lesser, V., Ortiz Jr., C. L. & Tambe, M. (2003). Introduction to a Multiagent Perspective. In G. Weiss (Series Ed.) & V. Lesser, C. L. Ortiz Jr. & M. Tambe (Vol. Eds.), *Multiagent Systems, Artificial Societies, and Simulated Organizations: Vol. 9. Distributed Sensor Networks: A Multiagent Perspective* (1ª ed., pp. 13-14). United Kingdom: Kluwer Academic Publishers.

Levine, T., Donitsa-Schmidt, S. (1998). Computer use, confidence, attitudes, and knowledge: A causal analysis. *Computers in Human Behavior*, 14(1), 125-46.

Lopes, J. B. (2004). *Aprender e Ensinar Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian & Fundação para a Ciência e Tecnologia

Ma, J. and Nickerson, J. V. (2006, Setembro). Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. *ACM Computing Surveys*, 38(3), Artigo 7. Retirado em Dezembro, 26, 2007, de <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1132960.1132961>

Mager, R. F. (1976). *Atitudes favoráveis ao ensino* (José Darcy C. Rodrigues, trad.). Porto Alegre: Globo. (Original publicado em 1976).

Nickerson, J. V., Corter, J. E., Esche, S. K., & Chassapis, C. (2007). A model for evaluating the effectiveness of remote engineering laboratories and simulations in education. *Computers & Education*, 49(3), 708-725.

Peters, O. (2001). *Didática do Ensino à Distância. Experiências e estágio da discussão numa visão internacional*. Rio Grande do Sul: Editora Unisinos.

Wasserstein, J. (2005). Learning and teaching with new technologies - from innovation to impact. In A. Gaskell & A. Tait (Eds.), *The 11th Cambridge International Conference on Open and Distance Learning* (pp. 219-225). Cambridge: The Open University.