

## **DO PAPEL E LÁPIS AO MUNDO REAL: ESTUDO DE CASO NO ENSINO DA MECÂNICA DE FLUIDOS**

**Anabela Guedes** – afg@isep.ipp.pt

**Maria Teresa Sena Esteves** – mte@isep.ipp.pt

**Cristina Moraes** – lcm@isep.ipp.pt

CIETI - Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial

ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431

4200-072 Porto

Portugal

**Filomena Soares** – filomena.soares@algoritmi.uminho.pt

**Celina P. Leão** – celina.p.leao@algoritmi.uminho.pt

Centro ALGORITMI

Escola de Engenharia da Universidade do Minho

Campus de Azurém

4804-533 Guimarães

Portugal

**Resumo:** *O objetivo deste estudo foi analisar o impacto da introdução de um Trabalho Prático na aprendizagem dos conteúdos programáticos da unidade curricular de Sistemas de Transporte de Fluidos, da licenciatura em Engenharia Química, do Instituto Superior de Engenharia do Porto. O trabalho foi proposto e orientado pelos professores da Unidade Curricular mas foi dada ao aluno a liberdade de escolher o caso de aplicação. Assim, os alunos tiveram que dimensionar uma bomba centrífuga para alimentação de água a uma moradia independente ou a um prédio e dimensionar as respetivas tubagens. As percepções dos alunos foram analisadas através dos resultados obtidos após o preenchimento de um questionário. Da análise dos resultados obtidos, concluiu-se que o Trabalho Prático tornou o processo de aprendizagem dos alunos mais reflexivo e menos acomodativo, obrigando-os a ter pensamento crítico e a partilhar opiniões.*

**Palavras-chave:** *Ensino de Engenharia, Estilos de Aprendizagem, Mecânica de Fluidos, Percepções dos alunos.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O processo de ensino/aprendizagem tem vindo a ser alvo de análise e reflexão e várias alterações têm vindo a ser propostas. Uma das grandes mudanças é considerar o aluno como o centro do processo de ensino/aprendizagem, no qual ele deverá ter um papel ativo. O formato tradicional de aulas de exposição de matéria pelo professor, em que o aluno é um espectador passivo, tem vindo a dar lugar à implementação de novas abordagens e ferramentas de

ensino/aprendizagem: a disponibilização de livros eletrônicos, *e-books* (BRITO *et al.*, 2012), o desenvolvimento de laboratórios virtuais, utilizando simuladores matemáticos e animações gráficas (LEMOS *et al.*, 2008), a implementação de laboratórios remotos com a utilização partilhada de recursos materiais (GOMES & BOGOSYAN, 2009), entre outras ferramentas inovadoras. A utilização da Internet como fonte de conhecimento e a disponibilidade da rede sem fios no campus universitário possibilitam a utilização dessas ferramentas, otimizando recursos, espaços e tempo.

Para alunos dos cursos de Engenharia, o conhecimento prático dos fenômenos, ou seja, a aplicação do conceito “Aprender fazendo” é particularmente relevante (HANSEN, 1990). Nestes cursos existem vários Laboratórios disponíveis na Web para problemas de eletrônica, de controlo de processos e de sistemas biomédicos, funcionando em ambiente virtual com simuladores, animações e vídeos ou com casos práticos do mundo real (BAGNASCO *et al.*, 2005; CARNEVALI & BUTTAZO, 2003; COITO *et al.*, 2005; NEDIC *et al.*, 2003).

No caso particular do ensino da mecânica de fluidos vários têm sido os autores que propõem novas ferramentas de aprendizagem.

CFDnet é um programa de simulação da dinâmica de fluidos que permite aos alunos configurar, resolver e visualizar os seus próprios problemas de fluxo de fluidos. Os alunos podem aceder ao CFDnet através da Internet a partir de uma interface baseada em Java. A utilização do CFDnet foi integrada com sucesso no plano curricular de Dinâmica de Fluidos em duas universidades canadianas. A sua utilização permitiu a redução de demonstrações e experiências laboratoriais dispendiosas (MILITZER *et al.*, 2000).

Em SETTLES *et al.*, 2006, os autores descrevem a introdução de vídeos de 10 a 15 minutos em textos de apoio para ilustrar conceitos básicos de mecânica de fluidos. Os autores defendem que a utilização complementar de ferramentas multimédia, visuais e sonoras, facilita a aprendizagem.

De forma a motivarem os alunos de mecânica de fluidos, ABSI *et al.*, 2011, aplicaram uma pedagogia inovadora baseada em jogos. Os alunos foram desafiados a procurar situações do mundo real correspondentes a aplicações de mecânica de fluidos e experimentá-las de forma a verificar e validar os conceitos teóricos previamente adquiridos. A aprendizagem por jogos fomentou a motivação e o desempenho dos alunos no processo de aprendizagem, verificando-se uma melhoria na sua avaliação final.

O estudo apresentado em BALDOCK & CHANSON, 2007, descreve o impacto pedagógico de projetos experimentais baseados em casos de estudo do mundo real, realizados como parte do programa curricular de Mecânica dos Fluidos, num curso avançado de graduação numa universidade australiana. Os projetos foram propostos como complemento das aulas tradicionais e de forma a preparar os alunos para os desafios de projeto profissional, modelação dos sistemas, recolha e análise de dados. Os estudos de modelação matemática de sistemas físicos combinam o trabalho experimental, analítico e numérico, a fim de desenvolver as capacidades dos alunos para resolver problemas do mundo real. O processo adotado assenta no ensino baseado em projetos e em trabalho colaborativo como complemento do ensino tradicional tutorial. A avaliação da unidade curricular engloba apresentações orais avaliadas por pares e relatórios escritos que têm como objetivo maximizar a reflexão e desenvolvimento do aluno. Os alunos indicaram uma forte motivação para os cursos que incluem uma componente do projeto baseado em casos de estudo do mundo real.

No presente artigo é analisado o impacto da introdução de um Trabalho Prático na aprendizagem dos conteúdos programáticos da unidade curricular de Sistemas de Transporte de Fluidos, da licenciatura em Engenharia Química, do Instituto Superior de Engenharia do



Porto (ISEP). As percepções dos alunos foram analisadas através dos resultados obtidos após o preenchimento de um questionário previamente validado.

## **2. A MECÂNICA DE FLUIDOS NO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

O curso de Engenharia Química do ISEP está dividido em dois ciclos: Licenciatura em Engenharia Química (3 anos) e Mestrado em Engenharia Química (2 anos). A Licenciatura em Engenharia Química fornece competências técnicas e científicas que permitem actuar em áreas industriais, controlo laboratorial e serviços. O Mestrado em Engenharia Química reforça as competências em Engenharia Química e proporciona formação especializada em dois ramos: Tecnologias de Protecção Ambiental e Optimização Energética na Indústria Química.

A mecânica de fluidos é leccionada na unidade curricular (UC) de Sistemas de Transporte de Fluidos da Licenciatura em Engenharia Química e na UC de Fenómenos de Transporte do Mestrado em Engenharia Química. O estudo apresentado refere-se à UC de Sistemas de Transporte de Fluidos.

### **2.1 Caracterização e Funcionamento da UC**

A UC de Sistemas de Transporte de Fluidos faz parte do 2º ano, 1º semestre da licenciatura em Engenharia Química do ISEP. Esta UC fornece conhecimentos básicos e competências estruturantes no domínio da engenharia de projecto de sistemas de transporte de fluidos, servindo de apoio a outras UC de Tecnologia Química de Processos. A UC tem 1 h de aulas teóricas e 3 h de aulas teórico-práticas por semana com uma média de 85 alunos inscritos em horário diurno e pós-laboral. Nas aulas teóricas são utilizados os métodos expositivo e interrogativo e também diversas técnicas do método demonstrativo e activo (aplicação dos conhecimentos na resolução conjunta de problemas/caso(s) concreto(s)). Nas aulas teórico-práticas são utilizadas preferencialmente técnicas do método activo, com a aprendizagem baseada em resolução de problemas e casos concretos (individualmente e em grupo).

### **2.2 Objetivos da UC**

Esta UC tem como objetivos gerais a aquisição de conhecimentos fundamentais na área de mecânica de fluidos, tornando os alunos aptos a aplicar os conhecimentos adquiridos na escolha/dimensionamento de sistemas de transporte de fluidos e equipamento associado. No final desta UC, os alunos devem ser capazes de efetuar balanços de massa e de energia, em estado estacionário e não estacionário, para fluidos incompressíveis e compressíveis, que lhes permitam dimensionar sistemas e seleccionar o equipamento adequado (medidores de caudal, bombas centrífugas, alternativas ou rotativas e compressores ou ventiladores).

### **2.3 Conteúdo Programático da UC**

O conteúdo programático desta UC é constituído por duas partes. A primeira parte engloba os princípios fundamentais de transporte de massa, energia e quantidade de movimento e a segunda parte inclui os sistemas de transporte de fluidos (dimensionamento de tubagens, válvulas e acessórios, medidores de caudal, bombas, compressores e ventiladores).

## **2.4 Avaliação da UC**

A avaliação na UC pode ser feita com a realização de dois testes (T1 e T2) e um Trabalho Prático (TP) ou com um exame final e o Trabalho Prático. Os testes T1 e T2 têm um peso de 40% cada um na nota final e o TP tem um peso de 20%. No caso de optarem por realizar o exame final este tem um peso de 80%. Não existe nota mínima em qualquer das componentes de avaliação.

## **2.5 Resultados da Aprendizagem na UC**

É expectável que no final da UC o aluno consiga identificar e compreender os fenómenos fundamentais associados à mecânica dos fluidos (estática, dinâmica de fluidos Newtonianos). Deverá ainda compreender as conversões de energia e calcular as perdas de carga e a energia/pressão necessária em sistemas com transporte de fluidos. Em termos de prática em engenharia, o aluno deverá ser capaz de escolher e dimensionar sistemas de transporte de fluidos e equipamento associado (tubagens, válvulas, medidores de caudal, bombas, ventiladores, compressores), compreendendo o respetivo funcionamento. Com a realização do Trabalho Prático proposto os alunos deverão adquirir capacidades e competências para interagir e integrar equipas de projeto/otimização de sistemas de transporte de fluidos.

# **3. APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO**

No Trabalho Prático apresentado neste artigo, os alunos devem aplicar a um caso de estudo do mundo real os conceitos teóricos adquiridos nas aulas teóricas. O Trabalho Prático tem como objetivo a aplicação de conhecimentos adquiridos na segunda parte do programa, especificamente sobre a seleção de bombas centrífugas.

## **3.1 Trabalho Prático da UC**

O Trabalho Prático é proposto pelo professor responsável pela UC e tem como tema geral *Substituição de uma bomba centrífuga no sistema de abastecimento de água a um prédio/moradia independente*. Os vários sistemas de abastecimento de água são apresentados aos alunos durante as aulas, no entanto, é dada ao aluno a liberdade de escolha do tipo de sistema de aplicação. Os alunos podem optar por realizar o trabalho individualmente ou em grupo de 2 ou 3 elementos. Este trabalho é obrigatório e é realizado fora do horário das aulas. Durante a realização do trabalho os alunos podem discutir opções com os professores da UC em contexto de sala de aula ou noutros horários fixados para o efeito. Os alunos dispõem de diversa bibliografia de apoio para a realização do trabalho (ASSIS, 1995; CASCAES, 1998; MUNSON *et al.*, 1994), que pode ser consultada no Moodle (site de suporte de informação das UC's). O trabalho é iniciado após 75% das aulas lecionadas e deve ser entregue no final do semestre sob a forma de um relatório escrito de acordo com diretivas disponibilizadas no Moodle.

## **3.2 Soluções Apresentadas pelos Alunos**

Apresentam-se seguidamente alguns esquemas de abastecimento de água a moradias independentes (Figuras 1 a 4) e a prédios (Figuras 5 e 6) descritos pelos alunos no Trabalho Prático proposto na UC.

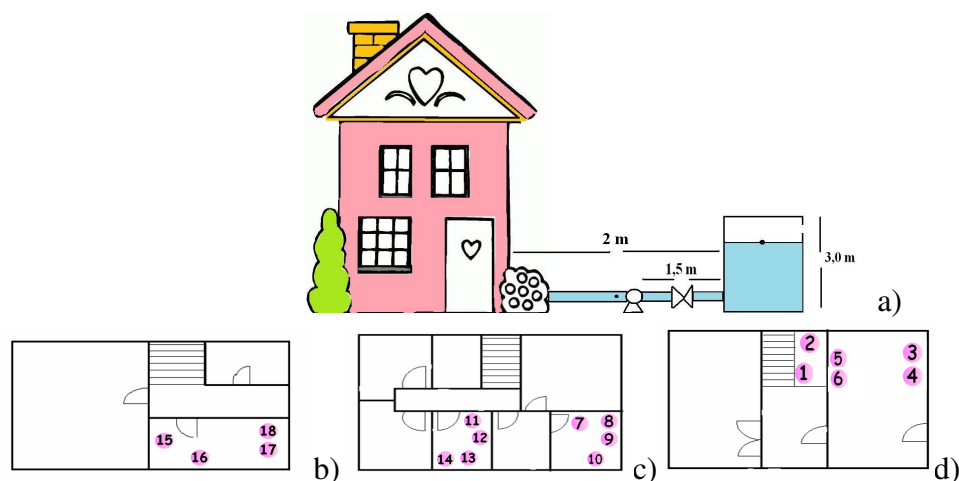


Figura 1 – Esquema do sistema de abastecimento de água de um reservatório com bomba centrífuga externa a uma moradia independente com 3 pisos (a); planta do rés-do-chão (b); planta do 1º piso (c); planta do 2º piso (d) (SOUSA *et al.*, 2014).

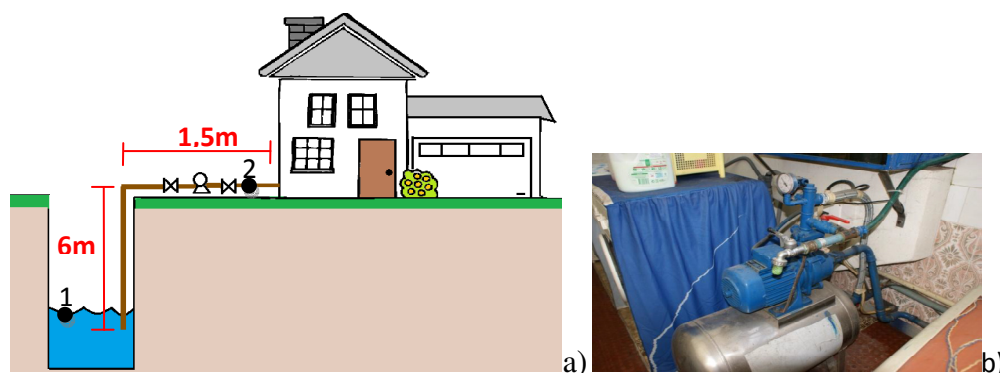


Figura 2 – Esquema do sistema de abastecimento de água de um poço com bomba centrífuga externa a uma moradia independente com 2 pisos (a); fotografia da bomba que avariou e deve ser substituída (b) (CERQUEIRA *et al.*, 2011).

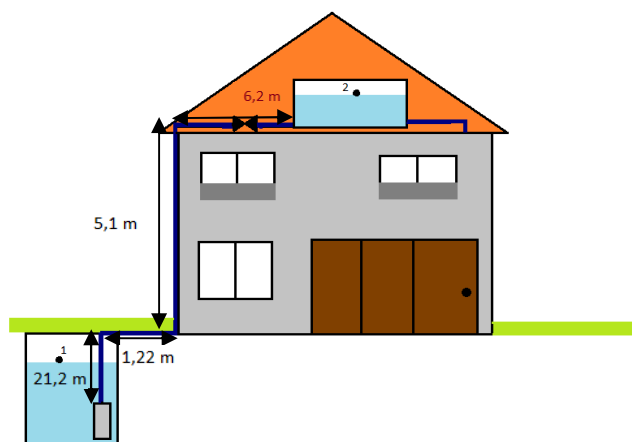


Figura 3 – Esquema do sistema de abastecimento de água de um furo (20 m profundidade) com bomba centrífuga submersível a um reservatório numa moradia independente com 2 pisos (FONSECA *et al.*, 2014).

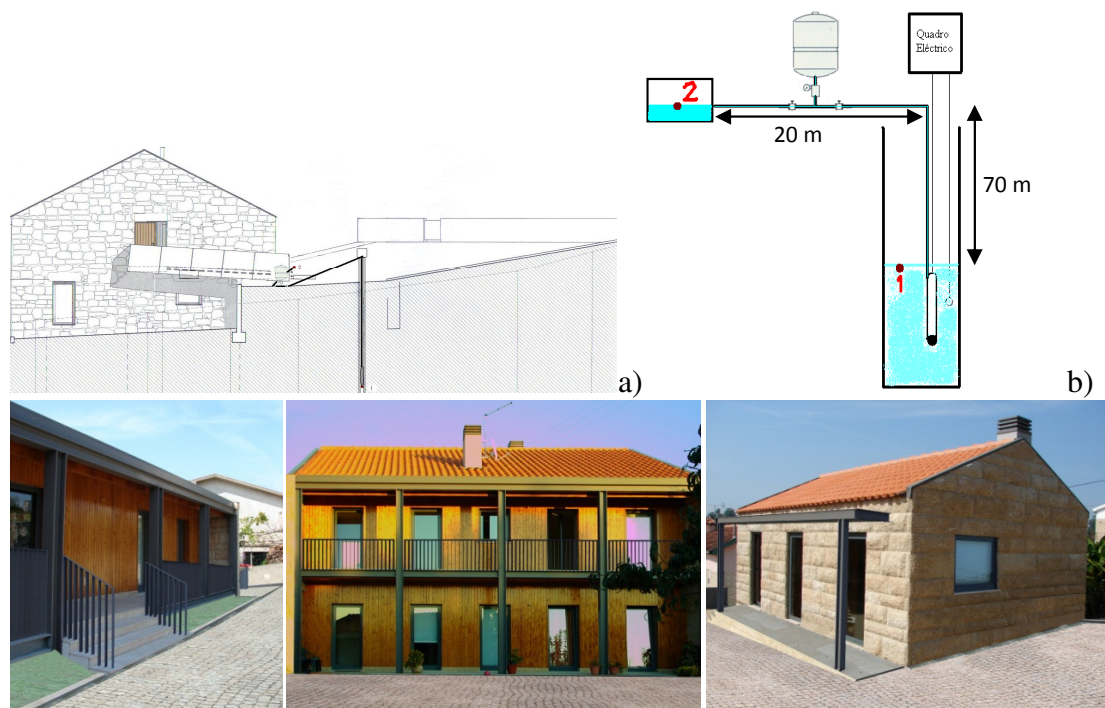


Figura 4 – Esquema do sistema de abastecimento de água de um furo (70 m profundidade) com bomba centrífuga submersível a uma moradia independente com 2 pisos e anexos: moradia, furo e tubagens (a); pormenor do sistema de abastecimento: bomba centrífuga, tubagens e depósitos (b); vista da casa (frente, traseira e anexos) (c) (RIBEIRO *et al.*, 2011).

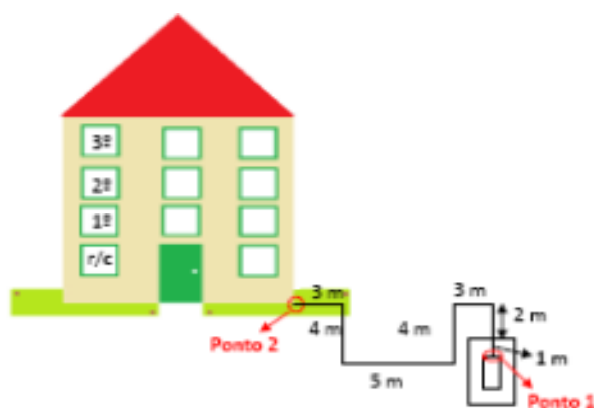


Figura 5 – Esquema do sistema de abastecimento de água de um poço com bomba centrífuga submersível a um prédio de 4 pisos com um total de 25 habitações (MARTINS *et al.*, 2014).

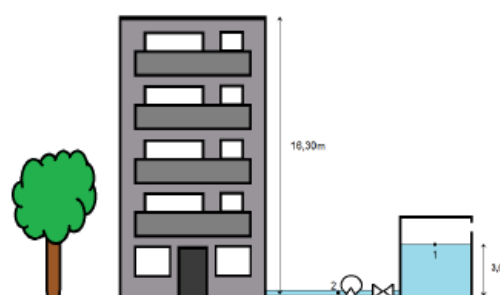


Figura 6 – Sistema de abastecimento de água de um reservatório com bomba centrífuga externa a um prédio de 5 pisos com um total de 5 habitações (MAIA *et al.*, 2011).

#### 4. PERCEPÇÕES DOS ALUNOS

Nesta secção são descritos a metodologia (materiais e método) desenvolvida e aplicada, e os resultados obtidos.

#### **4.1. Materiais e Método**

Os resultados do estudo tiveram como base os dados recolhidos através de um questionário distribuído em mão durante as aulas laboratoriais e após a realização de um teste de frequência. De notar que os questionários foram respondidos de uma forma voluntária, no semestre posterior ao funcionamento da UC. No sentido de se obter uma amostra significativa, alunos que frequentaram a UC no ano anterior também foram considerados. Os alunos demoraram aproximadamente 5 a 10 minutos a responder ao questionário. Participaram 138 alunos, da Licenciatura em Engenharia Química (1% do 1º ano, correspondente a alunos inscritos em avanço, 52,9% do 2º ano e 46,1% do 3º ano) de ambos os horários (75,4% do horário diurno e 26,4% do horário pós-laboral). Destes alunos 84,7% frequentaram a UC uma vez e 2,2% mais do que 3 vezes. A maioria dos alunos é do sexo feminino (56,5%) com uma idade média de 22 anos (d.p.=3,67; amplitude 19-51 anos de idade) tendo maioritariamente idade inferior ou igual a 21 anos de idade (61,6%). De salientar que 68% dos alunos (48% do horário diurno e 20% do horário pós-laboral) referem que foi a primeira vez que realizaram um Trabalho Prático deste género.

#### **4.2. Descrição do Questionário**

O questionário desenvolvido teve como objetivo principal identificar e avaliar a opinião/percepção dos alunos sobre a realização do Trabalho Prático no âmbito da UC. As respostas obtidas contribuíram não só para aferir a mais-valia do trabalho na aquisição de conhecimentos como também na melhoria/atualização do funcionamento da UC. O questionário teve como base trabalhos anteriores (BARROS *et al.*, 2013; SOARES *et al.*, 2014) tendo unicamente que se atualizar e contextualizar algumas questões para o tema em análise. Com esta atualização, os questionários foram pré-avaliados com um grupo de alunos a fim de se identificarem questões eventualmente ambíguas e pequenos erros.

O questionário compreende várias partes permitindo a caracterização do aluno e a avaliação do Trabalho Prático realizado. Assim, e após a identificação do objetivo a que o questionário se propõe, a primeira parte inclui questões de âmbito geral para a identificação do aluno respondente (sexo, idade, ano curricular, horário, número de vezes que frequentou a UC). O questionário também permite o conhecimento da percepção dos alunos em relação ao seu próprio estilo de aprendizagem e a identificação do estilo de aprendizagem que o aluno utilizou durante a realização do Trabalho Prático, com base na teoria de Kolb (KOLB, 1984; KOLB & KOLB, 2005). De seguida, e para a avaliação das competências técnicas adquiridas com o Trabalho Prático, foi proposto um conjunto de questões/afirmações com respostas possíveis segundo a escala de Likert de 5 níveis (1- Muito Fraco; 2- Fraco; 3- Razoável; 4- Bom; 5- Muito Bom). Algumas questões abertas e perguntas de Sim/Não foram também incluídas.

Como o Trabalho Prático utilizou um caso do mundo real para uma melhor compreensão dos conteúdos programáticos da UC, foi ainda colocado um grupo de afirmações de forma a permitir avaliar a compreensão do conceito.

Algumas das competências transversais foram também avaliadas pelos alunos tendo em consideração uma escala de concordância (1- Discordo totalmente; 2- Discordo; 3- Não discordo nem concordo; 4- Concordo; 5- Concordo totalmente).

#### **4.3. Resultados do Questionário**

A teoria de Kolb considera dois níveis ou duas atividades de aprendizagem, percepção e processamento, salientando quatro modos de aprendizagem: conceptualização abstrata

(aprendizagem pelo pensamento), experimentação ativa (aprendizagem pela realização), experiência concreta (aprendizagem pela experiência) e observação reflexiva (aprendizagem ao refletir). A representação típica das atividades de aprendizagem de Kolb é baseada em dois eixos: o eixo horizontal corresponde à medição da atividade de transformação, a forma como nos aproximamos de uma situação, que vai desde a experimentação ativa para a observação reflexiva (abstrata); o eixo vertical é a medida da atividade de perceber por distinguir entre a experiência concreta e da conceituação abstrata (refletiva), quantificando a nossa resposta emocional ou a nossa maneira de pensar. Os estilos de aprendizagem são a combinação de duas linhas de eixos (KOLB, 1984).

É interessante verificar que, maioritariamente, os alunos se identificam com o estilo de aprendizagem (no processo e na percepção) acomodativo (80%). Os alunos aprendem através de situações práticas que propõem a resolução de desafios. Durante o processo de aprendizagem os alunos trocam opiniões com os colegas de forma a construir a ideia final (SOUZA *et al.*, 2013). De seguida, os alunos identificam-se com o estilo convergente (10%) em que a aprendizagem está relacionada com a criação de conceitos. Para ambos os estilos, os alunos realizam as coisas pela experimentação ativa, conforme ilustra a Figura 7.

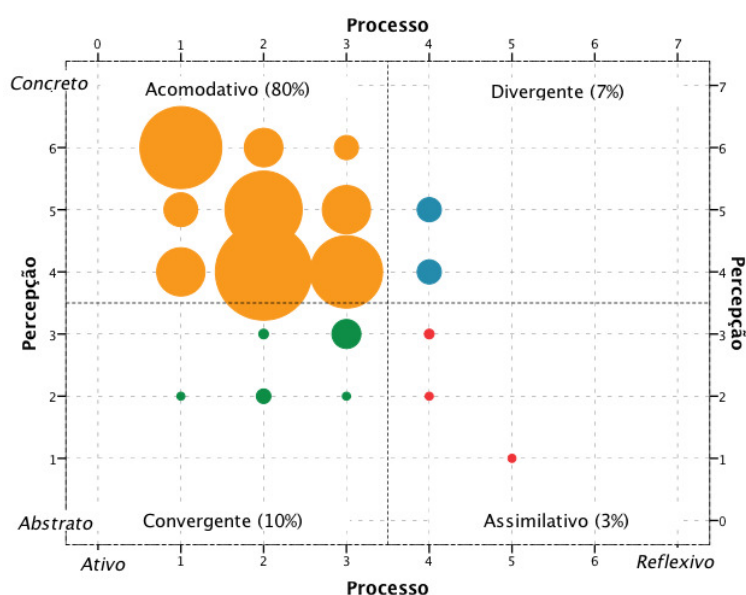


Figura 7 –Representação dos estilos de aprendizagem identificados pelos alunos (baseado na teoria de Kolb (KOLB, 1984).

Relativamente às competências técnicas adquiridas com o trabalho prático são apenas analisadas algumas das afirmações/questões colocadas no questionário:

CT1 – Classifique o Trabalho Prático como uma ferramenta útil no apoio à UC;

CT2 – Este Trabalho Prático permite uma melhor compreensão dos conteúdos da UC;

CT3 – No geral, posso dizer que a realização do Trabalho Prático ajudou-me a assimilar os conceitos transmitidos ao longo do semestre;

CT4 – No geral, posso dizer que a realização do Trabalho Prático tornou a minha aprendizagem mais objetiva;

CT5 – O Trabalho Prático motivou-me para aprender os conteúdos da UC?

CT6 – Considero que o Trabalho Prático deveria ser menos orientado pelo docente? Identifique o porquê.

CT1, CT2, CT3 e CT4 foram respondidas de acordo com uma escala de satisfação de 1 a 5, em que 1 representa uma opinião de muito fraco e 5 muito bom. CT5 e CT6 são questões com resposta Não/Sim.

As respostas obtidas para cada uma destas afirmações/questões demonstraram interesse e motivação por parte dos alunos a este tipo de incentivo e prática (Figura 8). Os resultados obtidos representam uma opinião positiva. A grande maioria dos alunos avalia positivamente (75% com avaliação 4-“Bom” e 5-“Muito Bom”) as quatro afirmações colocadas (Figura 8a), mostrando que o Trabalho Prático desenvolvido é uma ferramenta útil no apoio às matérias lecionadas no âmbito da UC, melhorando a sua compreensão. É interessante observar que os alunos, embora motivados, consideram que o Trabalho Prático deve ser orientado pelos professores da UC (Figura 8b).

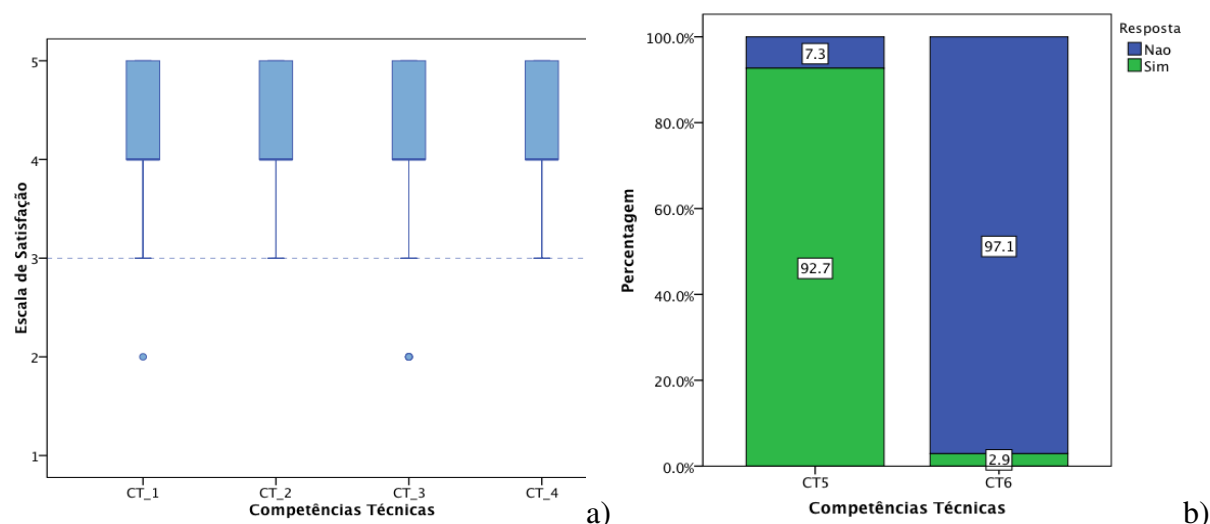


Figura 8 – Avaliação de algumas das Competências Técnicas feita pelos alunos.

Fazendo uma análise das justificações dadas pelos alunos no sentido de perceber as suas respostas em relação à orientação do Trabalho Prático pelos professores, verifica-se que a razão “*é importante o acompanhamento pelo docente*” e “*a ajuda do docente é fundamental*” pois “*o aluno pode não entender o trabalho*”, sendo esta última a mais indicada.

Em relação à Compreensão do Conceito os alunos podiam escolher apenas uma das seguintes afirmações:

CC\_a – Sou capaz de selecionar uma bomba e projetar o sistema envolvente (características da bomba e do sistema, custos, ...) para qualquer outra situação;

CC\_b– Sou capaz de selecionar uma bomba e projetar o sistema envolvente (características da bomba e do sistema, custos, ...) para habitação/prédio;

CC\_c– Sou capaz de selecionar uma bomba (características da bomba, custos, ...) para qualquer outra situação;

CC\_d– Sou capaz de selecionar uma bomba (características da bomba, custos, ...) para habitação/prédio;

CC\_e– Não sou capaz de selecionar uma bomba e projetar o sistema envolvente (características da bomba, custos, ...) para habitação/prédio.

A situação mais apontada pelos alunos (cerca de 42%) foi a CC\_b. Esta escolha vem, de certa forma, confirmar a opinião expressa pelos alunos quando indicam que o Trabalho Prático deve ser orientado pelo professor. O Conceito compreendido pelos alunos corresponde ao objetivo geral do Trabalho Prático: os alunos serem capazes de selecionar uma bomba e projetar o sistema envolvente para um prédio/moradia independente correspondente a um caso do mundo real. Enquanto 22% dos alunos referiram que conseguem para qualquer outra situação, só 3% dos alunos indicaram não serem capazes de selecionar uma bomba e projetar o sistema envolvente. Esta percentagem corresponde a alunos do 3º ano de Licenciatura e do horário pós-laboral que realizaram o trabalho prático há mais de um ano e meio e que já não se recordam dos passos necessários para atingir o objetivo em questão.

A identificação do estilo de aprendizagem utilizado durante a realização do Trabalho Prático demonstra que 61% dos alunos considerou um estilo convergente (segundo quadrante, marcas laranja na Figura 9), enquanto 17% identifica um estilo assimilador.

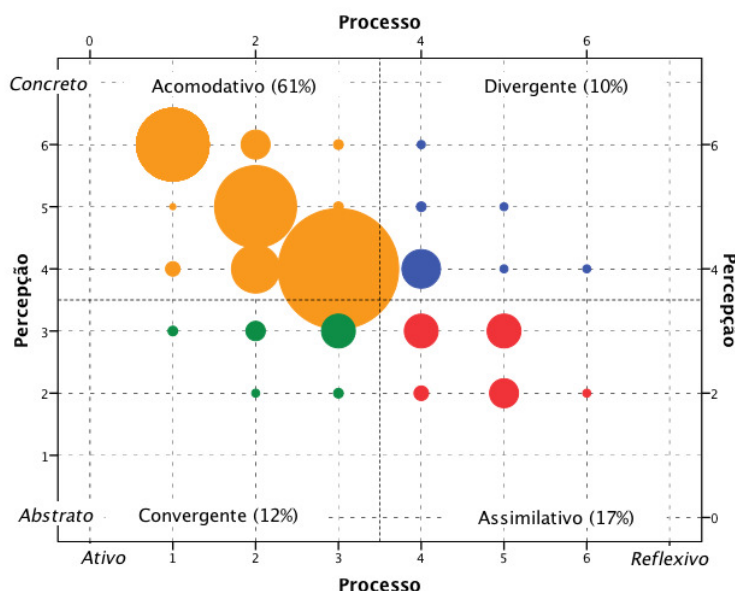


Figura 9 –Representação dos estilos de aprendizagem utilizados pelos alunos durante a realização do Trabalho Prático (baseado na teoria de Kolb, KOLB (1984)).

Estes resultados obtidos quando comparados com os estilos de aprendizagem identificados pelos alunos (Figura 7) demonstram algumas diferenças, especialmente na atividade de processo. Alguns alunos consideram que a atividade durante a realização do Trabalho Prático passou a ser mais reflexiva e não tão ativa em relação ao que pensam que são. Tal comportamento poderá ser devido a que alguns alunos tiveram que pesquisar, determinar características e escolher, partilhando as suas opiniões com os colegas de grupo. De notar que durante a realização do Trabalho Prático, os alunos foram acompanhados pelos professores da UC e seguiram normas para a realização do relatório final.

As diferenças encontradas entre o que os alunos pensam que são, e o que eles consideram que foi utilizado durante a realização do Trabalho Prático, quer para a atividade processo quer para a atividade percepção, são estatisticamente significativas ( $W(134)=4,46$ ,  $p<0,001$  para a atividade processo;  $W(134)=3,69$ ,  $p<0,001$ ).

Em termos médios, os estilos de aprendizagem identificados pelos alunos e o que eles consideram que utilizaram durante a realização do Trabalho Prático, situam-se no segundo quadrante (2,2 e 4,5, respectivamente para processo e percepção para o que os alunos são e, 2,8 e 4,1, respectivamente para as atividades processo e percepção utilizadas durante o Trabalho Prático), sendo portanto considerados acomodativos. Embora ainda seja considerada uma experiência ativa, toma uma conceptualização um pouco mais abstrata, onde compreender significa também construir conceitos e obriga a refletir (KOLB, 1984).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste estudo de caso foram analisadas as percepções dos alunos face à realização de um Trabalho Prático como complemento no processo de ensino/aprendizagem na unidade curricular de Sistemas de Transporte de Fluidos, da licenciatura em Engenharia Química, do ISEP.

Dado tratar-se de uma UC com uma forte componente teórica (de papel e lápis), um dos objetivos da realização do Trabalho Prático foi que os alunos conseguissem estabelecer relações entre a teoria e a prática com aplicação a casos do mundo real. Através da análise dos resultados obtidos, com base nas percepções dos alunos, pode concluir-se que os objetivos a que o Trabalho Prático se propôs, foram cumpridos: os alunos tornaram o seu processo mais reflexivo e menos acomodativo, sendo obrigados a ter um pensamento crítico e a partilhar opiniões.

### ***Agradecimentos***

Os autores agradecem aos alunos que amavelmente se disponibilizaram para responder aos questionários cujos resultados são apresentados neste artigo. Os autores agradecem também ao Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial, CIETI, pelo apoio concedido.

## **6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABSI, R.; NALPAS, C.; DUFOUR, F.; HUET, D.; BENNACER, R.; ABSI, T. Teaching Fluid Mechanics for Undergraduate Students in Applied Industrial Biology: from Theory to Atypical Experiments, *Int. Journal of Engineering Education*, v. 27, n. 3, p. 550–558, 2011.

ASSIS, Carlos; INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO. Bombagem de fluidos incompressíveis. 1995. (textos de apoio à unidade curricular Sistemas de Transportes de Fluidos da Licenciatura em Engenharia Química).

BAGNASCO, A.; PARODI, G.; PONTA, D.; SCAPOLLA, A.M. A Modular and Extensible Remote Electronic Laboratory, *International Journal of Online Engineering*, v. 1, n. 1, ISSN: 1861-2121, 2005.

BALDOCK, T.E.; CHANSON, H. Undergraduate Teaching of Ideal and Real Fluid Flows: the Value of Real-World Experimental Projects, *Annals of Research in Engineering Education (AREE)*, v. 3, n. 1, 2007.



BARROS, C; LEÃO, C.P.; SOARES, F.; MINAS, G.; MACHADO, J. Students' perspectives on Remote Physiological Signals Acquisition Experiments. CISPEE. Porto: ISEP, Portugal, 2013.

BRITO, J.; SOARES, F.; LEÃO, C.P. Digital Control eBook: A Flashier Way to Study, in ASME 2012 IMECE, v. 5: Education and Globalization; General Topics, p. 69-73, Houston, Texas, USA, November 9–15, 2012. ISBN: 978-0-7918-4521-9.

CARNEVALI, G.; BUTTAZO, G. A Virtual Laboratory Environment for Real-time Experiments, Proceedings 5th IFAC International Symposium on Intelligent Components and Instruments for Control Applications, Aveiro, Portugal, Julho 9-11, p. 39-44, 2003.

CASCAES, Maria Emília; INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO. Hidráulica II – Sistemas de distribuição e de drenagem de águas em edifícios. 1998. (textos de apoio à unidade curricular Hidráulica II da Licenciatura em Engenharia Civil).

CERQUEIRA, A.S.; SARAIVA, C.; MENDES, A.; MORAIS, C.; ESTEVES, M.T.S. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO. Substituição de uma bomba centrífuga no sistema de abastecimento de água a uma habitação. 2011. (trabalho de alunos no âmbito da unidade curricular Sistemas de Transportes de Fluidos da Licenciatura em Engenharia Química).

COITO, F.; ALMEIDA, P.; PALMA, L.B. SMCRVI-A Labview/Matlab Based Tool for Remote Monitoring and Control, 10th IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Facoltà di Ingegneria, Catania, Italy, 19-22 September 2005.

FONSECA, C.; CARMO, V.; MORAIS, C.; ESTEVES, M.T.S. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO. Substituição de uma bomba centrífuga numa habitação. 2014. (trabalho de alunos no âmbito da unidade curricular Sistemas de Transportes de Fluidos da Licenciatura em Engenharia Química).

GOMES, L.; BOGOSYAN, S. Trends in Remote Laboratories, IEEE Transactions on Industrial Electronics, v. 56, n. 12, p. 4744-4756, 2009.

HANSEN, E. The role of interactive video technology in higher education: Case study and proposed framework, Education Technology, p. 13-21, 1990.

KOLB, D.A. Experiential learning: Experience as the source of learning and development. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1984.

KOLB, A.Y.; KOLB, D.A. The Kolb learning style inventory–version 3.1 2005 technical specifications, 2005.

LEMOES, F.; CARVALHO, N.C.; SOARES, F.; LEÃO, C.P.; FERNANDES, T.; RODRIGUES, H. User-centred, dynamic and shared Web sites to support the learning activities for University students – concepts, ICEE08, Pecs e Budapeste, Hungria, 2008.

MAIA, J.B.; SOUSA, J.P.; MORAIS, C.; ESTEVES, M.T.S. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO. Substituição de uma bomba centrífuga no sistema de abastecimento de água a um prédio de 4 andares. 2011. (trabalho de alunos no âmbito da unidade curricular Sistemas de Transportes de Fluidos da Licenciatura em Engenharia Química).



MARTINS, D.; AZEVEDO, M.T.; MORAIS, C.; ESTEVES, M.T.S. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO. Substituição de uma bomba centrífuga no sistema de abastecimento de água a uma habitação. 2014. (trabalho de alunos no âmbito da unidade curricular Sistemas de Transportes de Fluidos da Licenciatura em Engenharia Química).

MILITZER, J.; BELL, T.A.; HAM, F.E. CFDnet: A Tool for Teaching Fluid Dynamics over the Internet, TICE 2000: Technologies of information and communication in education for engineering and industry, Troyes, 18-20 October, p.17-21, 2000.

MUNSON, B.R.; YOUNG, D.F.; OKIISHI, T.H. Fundamentals of Fluid Mechanics. 2<sup>nd</sup> ed. Wiley, 1994.

NEDIC, Z.; MACHOTKA, J.; NAFALSKI, A. Remote Laboratories versus Virtual and Real Laboratories, 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boulder, CO, November 5-8, 2003.

RIBEIRO, D.; MARTINHO, S.; MORAIS, C.; ESTEVES, M.T.S. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO. Substituição de uma bomba centrífuga no sistema de abastecimento de água a uma habitação. 2012. (trabalho de alunos no âmbito da unidade curricular Sistemas de Transportes de Fluidos da Licenciatura em Engenharia Química).

SETTLES, G.S.; TREMBLAY, G.; CIMBALA, J.M.; DODSON, L.J.; MILLER, J.D. Teaching Fluid Mechanics with Flow Visualization Videos, 12th International Symposium on Flow Visualization, German Aerospace Center (DLR), Göttingen, Germany, 2006.

SOARES, F.; LEÃO, C.P.; CARVALHO, V.; VASCONCELOS, R.M.; COSTA, S. Automation and remote control laboratory: a pedagogical tool. International Journal of Electrical Engineering Education, v. 51, n. 1, p. 54-67, 2014.

SOUSA, A.; RODRIGUES, N.; MORAIS, C.; ESTEVES, M.T.S. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO. Substituição de uma bomba centrífuga no sistema de abastecimento de água a uma habitação. 2012. (trabalho de alunos no âmbito da unidade curricular Sistemas de Transportes de Fluidos da Licenciatura em Engenharia Química).

SOUZA, G.H.S.; LIMA, N.C.; COSTA, A.C.S.; SANTOS, P.C.F.; JUNIOR, J.F.V.P.; PENEDO, A.S.T. Estilos de Aprendizagem dos Alunos Versus Métodos de Ensino dos Professores do Curso de Administração. XXXVII Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro, Brasil, 2013.



## **FROM PAPER AND PENCIL TO THE REAL WORLD: A CASE STUDY IN TEACHING FLUID MECHANICS**

**Abstract:** *The main objective of this case study is to analyze the impact of a Practical Work in the learning process of the Fluids Transport Systems Curricular Unit of the Bachelor degree in Chemical Engineering of the Instituto Superior de Engenharia do Porto. The Practical Work is proposed under supervision of the responsible teachers. Nevertheless the students are free to choose the application case. So, the students must select a centrifugal pump to supply water to houses or buildings and to design the piping system. The students' perceptions were analyzed through a questionnaire designed for that purpose. The results show that the students have changed their learning process becoming more reflective and less accommodative, forcing them to think critically and share opinions.*

**Keywords:** *Fluid Mechanics, Learning Styles, Students Perceptions, Teaching Engineering.*