

O Ensino da Física em Cursos de Engenharia: elementos potenciadores do sucesso dos estudantes

Nilza Costa¹, Paulo C. Oliveira², Cristina G. Oliveira¹

¹Departamento de Educação e Centro de Investigação Didáctica e Tecnologia na Formação de Professores (CIDTFF), Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal.

²Departamento de Engenharia Electrotécnica, Instituto de Engenharia do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal.

E-mail: nilzacosta@ua.pt

Abstract

O insucesso escolar em disciplinas introdutórias de Física, nomeadamente em Cursos Superiores da área da Engenharia em Portugal e noutros Países, é uma realidade que tem vindo a ser referida por diversos autores [1, 2]. Independentemente da complexidade das razões que lhe estão subjacentes, temos vindo a realizar investigações que nos evidenciam que é possível melhorar a motivação e o envolvimento dos estudantes, assim como os seus resultados de aprendizagem [3]. As investigações realizadas, e que reportaremos na nossa comunicação, têm mostrado que existem pelo menos dois factores que conduzem a essa melhoria, a saber: (a) um novo desenho curricular, promotor de aprendizagens activas dos estudantes e (b) o desenvolvimento profissional dos docentes, em particular conseguido por um trabalho colaborativo entre estes e investigadores da Didáctica de Física no Ensino Superior.

A presente comunicação tem por objectivos (a) apresentar, fundamentadamente (do ponto de vista teórico e sustentado por evidências empíricas), estratégias e instrumentos usadas no ensino introdutório de Física (por exemplo, o recurso a questões conceptuais, a elementos integradores curriculares) e discutir o seu impacto ao nível das aprendizagens dos estudantes e (b) analisar como o trabalho colaborativo entre docentes e investigadores é promotor de práticas de ensino e aprendizagem de maior sucesso educativo.

Keywords: Ensino da Física, Aprendizagem Activa, Trabalho Colaborativo, Ensino Superior.

Resumen

El fracaso escolar en los cursos introductorios de Física, en particular en los Cursos de Ingeniería, es una realidad que ha sido referida por varios autores [1, 2]. Aparte la complejidad de las razones subyacentes, seguimos realizando investigaciones en ese contexto que nos prueban que es posible mejorar la motivación y la participación de los estudiantes, así como sus resultados de aprendizaje [3]. Las investigaciones llevadas a cabo, y que vamos a presentar en esta comunicación, han demostrado que hay por lo menos dos factores que llevan a esta mejora, es decir: un nuevo plan curricular, promotor del aprendizaje activo de los estudiantes y (b) el desarrollo profesional de los profesores, en particular, logrado por un trabajo colaborativo entre estos y los investigadores de Didáctica de la Física de Educación Superior.

Esta comunicación tiene por objetivo (a) presentar las estrategias y los instrumentos (desde el punto de vista teórico apoyado por evidencias empíricas) utilizados en la enseñanza introductoria de la Física (por ejemplo, el recurso a cuestiones conceptuales y a elementos integradores del sistema curricular) y analizar su impacto en relación al nivel de aprendizaje de los estudiantes e (b) ilustrar cómo el trabajo colaborativo entre profesores e investigadores es promotor de las prácticas de mayor éxito educativo de enseñanza y aprendizaje.

Palabras clave: Enseñanza de la Física, Aprendizaje Activo, Trabajo Colaborativo, Educación Superior.

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a investigação educacional sobre o Ensino Superior tem vindo a questionar a forma tradicional usada no processo de ensino e aprendizagem, nomeadamente no que diz respeito à sua centralidade na transmissão de conhecimentos pelo professor. No caso do ensino da Física, e em particular em Cursos de Engenharia, vários estudos têm sido realizados e os resultados podem ser sintetizados da seguinte forma:

- para muitos estudantes de Engenharia o ensino tradicional não produz resultados positivos ao nível das suas aprendizagens, uma vez que estes têm dificuldades em compreender a importância da Física e não

aprendem os conceitos adequadamente nem a sua aplicação na resolução de problemas [4, 5, 6, 7];

- os estudantes não são “tábuas rasas” prontas a ser preenchidas com informações transmitidas pelos professores. Os seus conhecimentos prévios, as suas experiências e atitudes afectam significativamente as suas aprendizagens [8, 9].
- os processos de ensino deverão proporcionar aos estudantes ambientes nos quais eles possam melhorar a sua aprendizagem, ajudando-os a alterar as suas concepções prévias e atitudes. Isto só é possível se os estudantes forem elementos activos na sua aprendizagem [2].

O ensino tradicional praticado ainda em muitas salas de aula de Instituições de Ensino Superior, nomeadamente em

Nilza Costa, Paulo C. Oliveira, Cristina G. Oliveira

Portugal, é baseado na transmissão de conhecimentos [1, 10]. Neste tipo de ensino, o estudante é considerado um mero receptor de informação, muitas vezes memorizando mais do que compreende, adoptando um papel passivo [11, 12]. Assim, os estudantes não conseguem desenvolver conhecimentos científicos e competências, mantendo inalteradas as concepções que foram construindo ao longo do tempo. A alteração deste cenário obriga a que os estudantes deixem o seu papel passivo e se tornem elementos activos nas suas aprendizagens [4, 13, 14, 15, 16, 17, 18]. As aprendizagens dos estudantes no Ensino Superior devem, assim, centrar-se no desenvolvimento activo da compreensão e da capacidade de mobilização de conhecimentos a situações práticas variadas. Pode-se resumir o que se acabou de referir numa ideia simples: a mudança do estudante como sujeito passivo no processo de ensino e aprendizagem para o estudante como sujeito activo no mesmo [3, 19].

Esta mudança implica que os professores promovam ambientes geradores de aprendizagem activa. Embora o termo aprendizagem activa seja do conhecimento de muitos professores, o significado que lhe é atribuído na literatura não coincide sempre com o deles [20]. Por exemplo, alguns professores consideram que aprender activamente implica apenas a realização de actividades (mesmo que rotineiras) e que os estudantes estão activos quando ouvem uma apresentação de um determinado conteúdo ou é feita a resolução de um exercício pelo professor. No entanto, a literatura sugere que estar activo é muito mais do que simplesmente ouvir. Deve envolver os estudantes, através da realização de leituras e sua análise, da escrita, da argumentação, do questionamento e da resolução de problemas [19, 20].

Na secção seguinte será desenvolvido o conceito de aprendizagem activa assim como de estratégias que a promovam.

II. APRENDIZAGEM ACTIVA E ESTRATÉGIAS PARA A SUA PROMOÇÃO

Existem várias definições de aprendizagem activa na literatura, porém a maior parte delas refere as seguintes características [20, 21]:

- os estudantes estão envolvidos nas tarefas propostas, não se limitando só a ouvir;
- os estudantes estão envolvidos em tarefas de elevado grau cognitivo (análise, síntese, avaliação);
- o ensino centra-se menos na transmissão de informação e mais atenção é dada ao desenvolvimento de competências dos estudantes;
- o ensino tem em consideração os valores e atitudes dos estudantes.

Num contexto de aprendizagem activa é necessário promover estratégias para que os estudantes se envolvam activamente nas tarefas que lhe são propostas e, sobretudo, reflectam no que fazem. O uso desse tipo de estratégias em ambiente de sala de aula é extremamente importante para potenciar aprendizagens de qualidade e desenvolver as

competências nos e com os estudantes. Alguns estudos [16, 17, 22, 23, 24] mostraram que os estudantes preferem as aulas que promovem aprendizagens activas, quando comparados com as aulas tradicionais.

De seguida, apresenta-se uma síntese do tipo de estratégias sugeridas na literatura para promover aprendizagem activa:

- **Perguntas conceptuais** - são perguntas de escolha múltipla, formuladas pelo professor, e têm diferentes aplicações, na medida em que tanto podem ser utilizadas para a apresentação de um tema, para despertar a curiosidade dos estudantes face ao mesmo ou, ainda, para verificação de aprendizagem de conceitos. Neste último tipo, o professor ao obter as respostas das perguntas pode avaliar se os conceitos estão a ser compreendidos pelos estudantes, e estes podem verificar o nível de compreensão dos mesmos. Como estas perguntas são frequentemente sobre conceitos que muitas vezes desafiam o senso comum, elas levam a que os estudantes não concordem com a resposta científica surgindo, assim, discussões quer entre colegas (aprendizagem entre pares – *peer instruction*), quer com o professor. Estas discussões, segundo diversos autores [14, 21, 25], são promotoras de mudança conceptual.
- **Folhas de dúvidas/perguntas** - solicita-se aos estudantes que, no final da aula, escrevam numa folha de papel as suas dúvidas sobre a aula e/ou perguntas que gostassem de ver respondidas, mas que na aula não houve oportunidade de as colocar [26, 27, 28]. Este tipo de estratégia permite aos estudantes a reflexão sobre os conteúdos abordados, a reorganização conceptual da informação recebida, e o desenvolvimento da competência de questionamento. O professor ao analisar o conteúdo das folhas, após o seu preenchimento pelos estudantes, avalia, em particular, a profundidade dos conhecimentos, na medida em que as dúvidas/perguntas podem ser classificadas como pertencentes a diferentes níveis cognitivos. Alguns estudos defendem que uma pergunta de qualidade elevada requer do estudante poder de aplicação, análise, síntese e avaliação, e que as perguntas de qualidade inferior são aquelas em que o estudante solicita apenas uma informação ou a compreensão superficial de um assunto [19]. Este tipo de estratégia também promove a interacção professor-estudante porque dá oportunidade aos estudantes de fazerem perguntas que, de outra forma, não seriam apresentadas ao professor. Existem estudantes que se sentem constrangidos em falar em público e ao escreverem as suas dúvidas não se expõem, conseguindo, de uma forma indirecta, falar com o professor e receber feedback das suas questões [19, 29].
- **Feedback** - é toda a informação que o professor fornece ao estudante acerca da sua prestação ou desempenho e tem uma finalidade essencialmente formativa e formadora. Vários estudos demonstram que o feedback pode ser uma estratégia de avaliação promotora de aprendizagem activa [30, 31, 32, 33, 34]. Para Biggs & Tang [31] há que distinguir dois tipos de avaliação, a sumativa e a formativa, que têm objectivos e efeitos

O Ensino da Física em Cursos de Engenharia: elementos potenciadores do sucesso dos estudantes

diferentes nos estudantes. A avaliação sumativa é feita, geralmente, após o ensino e informa os estudantes se a sua aprendizagem correspondeu ou não ao que era esperado. Por sua vez, a avaliação formativa é feita durante o processo de aprendizagem e informa os estudantes (e também os professores) de como esta está a evoluir e quais as acções a tomar para que ela melhore. A importância do feedback no processo de avaliação, nomeadamente de carácter formativo, merece na literatura actual grande destaque. Contudo, para que este feedback seja eficaz é necessário que os estudantes tenham consciência do que já aprenderam, e do que ainda falta aprender, e saibam, por isso, o que é esperado deles. O feedback deve dar, ainda, a informação necessária para que os estudantes minimizem esta diferença [31, 33, 35]. Em conclusão, pode-se afirmar que o feedback, no processo de avaliação formativa, é de importância elevada para a aprendizagem dos estudantes. Para que tenha resultados positivos implica, contudo, uma interacção colaborativa intensa e atempada entre professor e estudantes. Este procedimento traz grandes vantagens para o estudante, pois permite que este se aperceba se o seu desempenho está próximo do pretendido. Caso o esteja serve de motivação para continuar. Caso contrário, pode ser motivo de incentivo ao seu desenvolvimento. Neste caso temos um processo de aprendizagem activa fundamentada na interacção com o professor.

- **Trabalho de grupo** - permite que os estudantes reflectam e discutam com os seus pares, em particular sobre o que aprenderam tornando-os mais activos e responsáveis pelo seu desenvolvimento [36, 37]. O trabalho de grupo pode ser eficaz para a aprendizagem, pois oferece aos estudantes a oportunidade de [36, 38, 39]:

- partilhar conceitos e procedimentos;
- desenvolver competências de argumentação e manipulação de ideias;
- reflectir sobre o que aprenderam.

Vários estudos mostram [36, 38, 40, 41] que as respostas a problemas complexos, obtidas através do trabalho de grupo, são melhores, mais estruturadas e fundamentadas que as obtidas através do trabalho individual.

- **Trabalhos Para Casa (TPC)** - são tarefas que são atribuídas aos estudantes para serem realizadas fora da sala de aula. Os efeitos dos TPC em várias disciplinas revelaram que a marcação e a realização dos mesmos têm efeitos positivos no rendimento escolar. Os efeitos quase triplicam quando os professores dedicam tempo a classificá-los ou a avaliá-los, a corrigi-los e a fazer comentários específicos sobre o que pode ser melhorado, por outras palavras se o professor fornecer feedback aos estudantes, assim como a discutir exercícios e respectivas soluções com os estudantes, tanto a nível individual como com toda a turma [42]. Por outro lado, os TPC constituem, também, um elemento importante para orientar o trabalho autónomo do estudante.

- **Resolução de Problemas** - segundo Watts [43] a “*resolução de problemas é aprendizagem activa*” (p.4), uma vez que os estudantes têm que tomar a responsabilidade do problema e da sua resolução antes de poderem alcançar a solução. Para este autor, a resolução de problemas envolve um conjunto de competências que são desenvolvidas através do envolvimento dos estudantes na sua resolução, podendo estas ser usadas, novamente, em outras ocasiões. Solucionar problemas reais é uma tarefa que se espera de um engenheiro. Assim, faz todo o sentido que o processo de ensino dos estudantes desta área passe pelo desenvolvimento de competências que permitam resolver problemas desde as primeiras disciplinas do ensino superior.

- **Elemento Integrador** - é uma estratégia didáctica capaz de integrar os conteúdos e raciocínios desenvolvidos numa disciplina. Fâ-lo através de um projecto constituído por problemas e tarefas que são propostos aos estudantes [3]. Na procura de potenciar a sua relevância para os estudantes, o projecto apresenta uma vertente de aplicação ao mundo real, e fâ-lo através da escolha de um contexto, ou situação, próximo do futuro profissional dos estudantes [44]. As tarefas propostas podem desenrolar-se ao longo do semestre, serem dependentes umas das outras e, no final, devem ser integradas conjuntamente e apresentadas sob a forma de um relatório. O desenvolvimento de um Elemento Integrador deve incluir várias estratégias de aprendizagem activa nomeadamente: a) trabalho grupo; b) resolução de problemas e c) avaliação formativa com feedback. Com um Elemento Integrador pretende-se que os estudantes para além de adquirirem conhecimentos, desenvolvam também capacidades de os mobilizar, de forma a enfrentar situações que poderão encontrar no seu futuro profissional.

Com esta abordagem educacional, que incluiu as estratégias acima sumariamente descritas, em que os processos de ensino se centram nos estudantes, responsabilizando-os pela sua aprendizagem, torna-se necessário repensar a formação pedagógica dos docentes. Leccionar é uma actividade complexa que exige a reflexão contínua sobre o que é o ensino e a aprendizagem e uma análise das próprias práticas [45]. Assim, compete a cada docente, preferencialmente com o apoio das instituições a que se encontra vinculado, desenvolver competências ao nível da construção e comunicação de conhecimento, envolver-se em processos de auto-formação e de formação com os outros tendo em vista o seu desenvolvimento profissional. Para Canha & Alarcão [46], o desenvolvimento profissional pode ser alcançado através de processos de colaboração entre professores e investigadores em Didáctica. Entende-se por colaboração todo o processo que envolve pessoas de contextos e experiências profissionais diferentes que trabalham em conjunto, como iguais, para alcançarem benefícios mútuos [47]. A colaboração pode ser vista, ainda, como um compromisso conjunto entre membros de diferentes áreas do conhecimento com o objectivo de planejar e proporcionar oportunidades para a melhoria do

Nilza Costa, Paulo C. Oliveira, Cristina G. Oliveira ensino, das aprendizagens e da formação de professores [47].

Uma proposta de colaboração foi avançada por C.G. Oliveira [48] denominada de **Colaboração Disciplinar**. Este tipo de colaboração pode ser definido como um trabalho conjunto que se estabelece entre um investigador em Didáctica, e que possui formação base na área das disciplinas onde irá intervir, com o(s) professor(es) das respectivas disciplinas mas que não são da área da Educação.

A **Colaboração Disciplinar** apresenta várias vantagens, tais como [48]:

- **a da proximidade entre o investigador e o professor** – o investigador tendo formação na área da unidade curricular fala a mesma linguagem disciplinar que o professor. Este facto permite ao professor: ultrapassar algum preconceito em relação à Didáctica; ultrapassar a barreira de linguagem utilizada pela Didáctica.
- **a da eficácia nas sugestões** – pelo facto de o investigador conhecer os conteúdos a serem abordados pode, com mais facilidade, sugerir estratégias e os respectivos materiais didácticos.
- **aumenta a segurança do professor na implementação das estratégias** – pelo facto do investigador compreender as dificuldades inerentes aos conteúdos abordados na disciplina e às competências que se pretende desenvolver, traz confiança ao professor na implementação da estratégias sugeridas.
- **permite o desenvolvimento profissional contextualizado** – uma vez que permite ao professor discutir e reflectir sobre as suas práticas, com o investigador, de forma contextualizada.
- **aproxima a investigação da prática e vice-versa** – permite que a investigação em Didáctica tenha impacto na prática e que esta enriqueça, também, o seu domínio de estudo.

Apresentam-se na secção seguinte dois estudos empíricos realizados pelos dois últimos autores desta comunicação [3, 48], sob a supervisão da primeira autora, e onde foram mobilizadas as ideias expostas anteriormente. Em ambos os estudos, integrados em projectos de doutoramento, foram implementadas estratégias de aprendizagem activa em disciplinas de Física Introdutória a cursos de Engenharia em instituições de Ensino Superior portuguesas. O primeiro estudo foi realizado pelo investigador (segundo autor desta comunicação, P. C. Oliveira, 2009), também professor de Física, na sua prática lectiva. O segundo envolveu uma colaboração entre uma professora de Física e uma investigadora em Didáctica da Física do Ensino Superior (última autora desta comunicação, C. G. Oliveira, 2011).

III. ESTUDOS EMPÍRICOS

A. Implementação de estratégias de aprendizagem activa no Ensino da Física num Curso de Engenharia por um Professor-Investigador

Este estudo foi realizado na disciplina de Física I do primeiro semestre do primeiro ano do Curso de Engenharia

VI Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria

Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), em Portugal, no ano lectivo 2006/07. A disciplina tinha três tipos de aulas: Teóricas (2 horas/semanais), Teórico-práticas (2 horas/semanais) e Práticas (2 horas/semanais). O autor deste estudo foi o responsável pela leccionação das aulas Teóricas e Teórico-práticas a uma turma, com um total de 38 estudantes.

Uma das estratégias de aprendizagem activa implementadas nas aulas Teórico-práticas foi a utilização do Elemento Integrador. Este consistia na elaboração de um projecto de um elevador a que se deu o nome de Projecto do Elevador da Física (PEF). Este projecto tinha dois grandes objectivos: aplicação da Física ao mundo real e a integração dos raciocínios e conteúdos da disciplina num único elemento de estudo. O primeiro objectivo prende-se com o facto de muitos estudantes afirmarem que as leis Físicas têm pouca aplicabilidade nas situações reais. Assim, este projecto foi pensado de forma a tornar os conceitos Físicos relevantes e úteis para os estudantes, e partiu do seguinte problema: “Como aplicar a Física a um elemento real”. O segundo foi encontrar um elemento, neste caso um elevador, que fosse capaz de ser integrador, ou seja, que todos os conteúdos e raciocínios abordados na disciplina pudessem ser estudados numa única entidade coerente. Deste modo, todas as semanas era dada aos estudantes um sub-problema sobre o elevador que estava directamente relacionada com os conteúdos abordados nas aulas Teóricas. Todos os sub-problemas estavam interligados, não se podendo avançar para o seguinte sem que o anterior estivesse concluído. Para a realização do problema e sub-problemas os estudantes foram organizados em grupos e, em todas as aulas Teórico-práticas, os primeiros 30 minutos eram utilizados para os discutir. Este momento servia para que os estudantes pudessem discutir entre eles e com o professor as abordagens possíveis para a resolução do sub-problema proposto e obterem um rápido feedback para a conclusão do mesmo. A Figura 1 sumariza as características principais do Elemento Integrador usado.

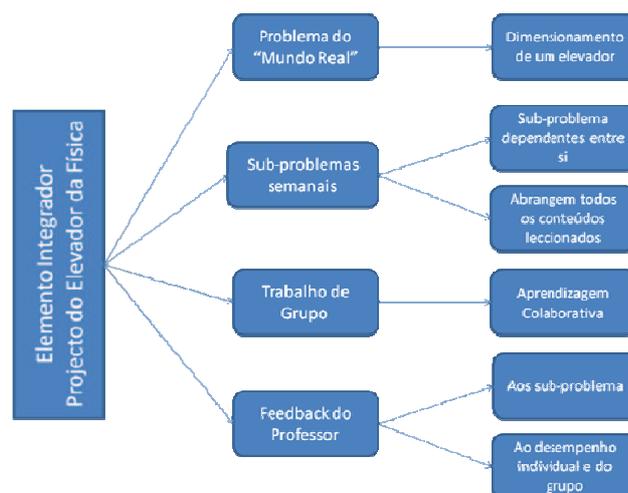


FIGURA 1. Características Principais do Elemento Integrado – Elevador da Física.

O Ensino da Física em Cursos de Engenharia: elementos potenciadores do sucesso dos estudantes

O primeiro sub-problema, que os vários grupos tiveram que realizar, consistiu na definição das características principais do elevador que iriam projectar, tais como:

- Tipo de elevador (residencial, hospitalar, de carga...);
- O número de andares do edifício e respectivo pé direito;
- O número máximo de pessoas (ou carga máxima) a transportar;
- As dimensões da cabina;
- Os valores da velocidade e aceleração máximas;
- O peso do contrapeso;
- Eventualmente outros elementos que o grupo considere necessário.

Após definirem as características principais do “seu” elevador, cada grupo de estudantes teve que resolver mais 8 sub-problemas. Na Figura 2 encontram-se dois exemplos destes. No final do semestre, cada grupo teve que elaborar um relatório onde constavam todos os sub-problemas realizados.

De forma a compreender qual o impacto desta estratégia, junto dos estudantes, aplicaram-se no final do semestre um inquérito por questionário e uma entrevista. Obtiveram-se 35 respostas ao questionário e realizaram-se 8 entrevistas. Os critérios para a selecção dos estudantes para as entrevistas foram: i) ter frequentado pelo menos 90% das aulas (Teóricas, Teórico-práticas e de Laboratório); ii) disponibilidade para ser entrevistado.

O objectivo do questionário era o de conhecer a opinião dos estudantes sobre o PEF. Este era composto por perguntas de resposta fechada, associadas a uma escala de Likert de 1 a 5 (em que 1 corresponde ao menos favorável e 5 ao mais favorável). A análise foi realizada com SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Considerou-se como opinião positiva as respostas com valores da escala de Likert superiores a 3 (ou seja, 4 e 5).

Para aprofundar os resultados obtidos no questionário foi criado um guião de entrevista. A análise de conteúdo das entrevistas foi feita com o software QSR NVivo 7.

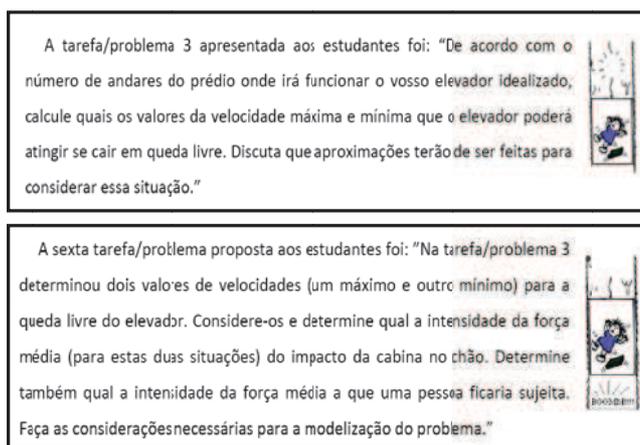


FIGURA 2. Exemplos de sub-problemas usados no Projecto Elevador da Física (PEF).

A.1. Resultados

Nesta secção iremos apresentar os principais resultados VI Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria

obtidos a partir do questionário (Q) e das entrevistas (E). No final, faremos a triangulação dos resultados obtidos.

Dos resultados das respostas ao questionário podemos afirmar que para:

- 83,3% dos estudantes o Projecto do Elevador da Física foi capaz de promover a interligação dos conteúdos abordados na disciplina com o “mundo real”.
- 80% dos estudantes as discussões feitas em grupo sobre os sub-problemas apresentadas foram úteis para a sua aprendizagem;
- 70,0% dos estudantes o Projecto do Elevador da Física foi um elemento importante para esclarecer os vários conteúdos abordados no curso;
- 63,3% dos estudantes o Projecto do Elevador da Física foi um elemento capaz de promover a sua participação nas aulas.

De forma a aprofundar os resultados do questionário foram realizadas entrevistas a oito estudantes, numerados de 1 a 8 (E1 a E8). Estas, depois de transcritas, foram analisadas. O Elemento Integrador - Projecto do Elevador da Física foi analisado segundo as dimensões e categorias indicadas na Figura 3.



FIGURA 3. Dimensões e Categorias de análise do Projecto Elevador da Física.

A Erro! A origem da referência não foi encontrada. sintetiza os resultados obtidos em função das dimensões de análise e do número de estudantes.

TABELA I. Número de estudantes por dimensão analisada

Dimensões	Feedback	Conteúdos abordados	Trabalho de Grupo	Ligação ao mundo real	Aprendizagem	Opinião	
						Vantagens	Desvantagens
Nº de estudantes	6	8	6	7	7	8	0

Dos resultados da Tabela I podemos constatar que 6 dos 8 estudantes entrevistados (75,0%) referiram terem tido **Feedback** durante a realização do Projecto do Elevador da Física. Para ilustrar a opinião dos estudantes transcrevem-se dois excertos:

- “No caso do nosso grupo, nós elaboramos o projecto de uma determinada maneira e quando enviamos o projecto para o professor este achou que o projecto estava com bastantes deficiências...disse que tínhamos

Nilza Costa, Paulo C. Oliveira, Cristina G. Oliveira
que rectificar...” (E2);

- “Houve feedback por parte do professor às várias versões entregues. No nosso caso o relatório sobre o trabalho do elevador foi feito ao longo do semestre e durante esse tempo entregamos duas versões preliminares que depois foram sendo corrigidas” (E3).

Analisando a dimensão **Conteúdos abordados**, podemos afirmar que a totalidade dos estudantes entrevistados considerou que o Projecto do Elevador da Física envolveu todos, ou quase todos, os conteúdos abordados na disciplina de Física I. Podemos transcrever alguns extractos de entrevistas que assim o corroboram:

- “Acho que foram quase todos. O elevador tocou quase todos os pontos ao longo de todo o semestre. Aliás o fim do projecto coincidiu com o fim das aulas Teórico-práticas.” (E2);
- “O projecto do elevador trata de todo o programa de Física I. Ao elaborarmos esse relatório estamos a trabalhar esses conteúdos” (E7).

Na dimensão **Trabalho de Grupo**, 6 estudantes (75,0%) referiram a importância do trabalho de grupo para o desenvolvimento de competências sociais e profissionais. Citando dois deles:

- “Quem trabalha numa empresa, ou num escritório trabalha sempre em grupo, portanto temos de estar habituados às opiniões dos colegas ou a algumas contrariedades...” (E1);
- “No que respeita aos outros conhecimentos logo à partida sobressai o de gestão de grupo, gestão das relações.” (E8).

No que respeita à dimensão **Ligação ao mundo real**, 7 dos 8 entrevistados (87,5%) reconheceram que o Projecto do Elevador da Física promoveu aplicação da Física a situações do mundo real. Transcrevemos de seguida duas opiniões dos estudantes que ilustram esta ligação:

- “...acho que é muito mais interessante aprender seja o que for aplicando na prática do que propriamente só ser teoria. Neste caso aplicar a informação, os conteúdos dados numa disciplina a algo que conhecemos todos os dias e que utilizamos mais ou menos todos os dias acho que é muito interessante...” (E3);
- “... depois põe problemas da vida real, e é mais fácil transportar os conceitos físicos para alguma coisa que nós vemos e sentimos. E para entender física também é preciso isso” (E7).

Em relação a **Aprendizagem**, 7 dos 8 entrevistados (87,5%) reconheceram que o Projecto do Elevador da Física foi um elemento importante na aprendizagem da disciplina porque: a) permitiu a interligação, sistematização de conceitos e a sua aplicação a algo prático; b) abrangeu todos os conteúdos leccionados permitindo a sua aplicação na resolução dos problemas; c) permitiu acompanhar a disciplina com através de tarefas, centradas em sub-problemas articulados com um problema central, u ao longo do semestre; d) permitiu ao estudantes estarem activos e participativos. Transcrevem-se dois excertos das entrevistas em que os estudantes falaram da relação do Projecto do Elevador da Física com a sua aprendizagem:

- “O facto de termos que o compilar e dentro de algumas normas deu para reflectir e verificar. Assim a matéria estava sempre presente, podíamos corrigir alguns erros. As tarefas estavam ligadas umas às outras. Ou seja, as tarefas tinham seguimento por vezes tínhamos que voltar a trás para corrigir e perceber melhor a matéria” (E5);
- “O relatório final obrigou-nos a rever todos os pontos da matéria que até aí tinha sido estudada e que foi aplicada nesse projecto, servindo para consolidar saberes” (E8).

Finalmente, analisando a dimensão **Opinião** podemos constatar que nenhum estudante referiu desvantagens na utilização deste tipo de projecto. No que respeita à categoria Vantagens todos os estudantes apontaram vantagens, das quais se destacam: a) aprender Física com recurso a uma aplicação do dia-a-dia; b) a ligação da Física com a sua área profissional futura; c) esclarecer conceitos; d) estudar para o exame através da realização do relatório final; e) ter uma atitude activa nas aulas e na sua aprendizagem. Citando dois exemplos:

- “As vantagens, como eu disse, é mantermo-nos activos em relação a toda a matéria que vamos dando e depois como o projecto é entregue antes do exame permite-nos passar a limpo e relembrar toda a matéria que vai sair no exame” (E2);
- “...Achei o projecto muito bom, porque através de um trabalho prático, que a maior parte dos colegas que acabar o curso vai encontrar nas obras, conseguiu-se motivar e aplicar a física a uma coisa do dia-a-dia que nos ajuda a percebê-la melhor...” (E4).

Analisando os resultados obtidos quer pelo questionário, quer pelas entrevistas consideramos ter evidências para afirmar que o Elemento Integrador (Projecto do Elevador da Física) foi, no contexto em estudo, uma estratégia promotora de aprendizagem (Q – 80,0% e E – 87,5%). Segundo os estudantes este projecto foi promotor de aprendizagem porque lhes permitiu fazer a interligação de conceitos numa aplicação prática, uma vez que esteve presente ao longo da disciplina, os manteve activos, participativos e, ainda, porque num único projecto conseguiram mobilizar todos os conteúdos e raciocínio abordados. Estes resultados estão de acordo com Whitelegg & Parry [49], pois segundo estes autores a aplicação dos conteúdos abordados numa disciplina a um problema da vida real promove aprendizagem, porque os estudantes vêem a sua aplicação e utilidade dando-lhes significado. Também é de realçar que a maioria dos estudantes (E – 75,0%) referiram ter tido apoio do professor ao longo da execução do projecto, nomeadamente através do feedback obtido. Esta avaliação formativa é importante para promover aprendizagem, pois segundo Irons [50] a existência de vários momentos de avaliação com feedback promove a motivação dos estudantes e permite melhorar os seus níveis de aprendizagem. Ainda relacionado com a aprendizagem, será de referir que os estudantes consideraram que as discussões ocorridas no âmbito do trabalho de grupo foram importantes para a sua aprendizagem porque permitiram a consolidação de

O Ensino da Física em Cursos de Engenharia: elementos potenciadores do sucesso dos estudantes

conhecimentos, o aprofundamento de conteúdos e a aprendizagem com os colegas. Estes resultados estão de acordo com Johnson & Johnson [41], pois estes autores afirmam que o trabalho de grupo permite a partilha de conhecimentos e o desenvolvimento da argumentação científica dos estudantes, promovendo assim as suas aprendizagens.

Assim, pelos resultados obtidos neste trabalho, e tendo em conta a sua leitura com estudos de referência, julgamos ter evidências para afirmar que a proposta didáctica – Elemento Integrador – utilizada nas aulas Teórico-práticas da disciplina de Física I permitiu aos estudantes:

- aprender com a mobilização dos conhecimentos leccionados;
- mobilizar conhecimentos e competências aplicando-os a situações práticas do dia-a-dia com relevância para o seu futuro profissional;
- relacionar e interligar, através de problemas ou temas, diferentes conceitos abordados na disciplina.

Para além destas características, o Elemento Integrador (no nosso caso o “Elevador da Física”) apresenta potencialidades para:

- motivar os estudantes;
- promover a participação e envolvimento dos estudantes nas diferentes actividades propostas;
- permitir maior interacção professor-estudante e estudante-estudante;
- dar sentido à disciplina (no nosso caso de Física) no curso em que esta se integra (no nosso caso um curso de engenharia);
- melhorar a aprendizagem.

A.2. Implicações didácticas

Na continuidade do referido considera-se que o uso de Elementos Integradores é uma forma de promover a aprendizagem activa dos estudantes.

Reconhece-se, no entanto, que o uso de Elementos Integradores exige do professor outras competências pedagógico-didácticas que não são requeridas num ensino mais tradicional. Desta forma, julga-se importante sistematizar, aqui, linhas orientadoras pedagógico-didácticas para a sua concepção e utilização no ensino.

Para a construção de um Elemento Integrador, nomeadamente no Ensino da Física, o professor deverá encontrar uma situação que:

- esteja relacionada com a futura actividade profissional dos estudantes;
- permita a formulação de diferentes sub-problemas, associados ao problema central, com aplicação prática e com diferentes resoluções possíveis;
- seja passível de integrar todos, ou quase todos, os conteúdos e raciocínios mobilizados na disciplina.

Depois de se encontrar o Elemento Integrador o professor deverá planificar um projecto que:

- inclua a explicitação da sua finalidade assim como os critérios a usar na avaliação do mesmo;
- inclua diferentes sub-problemas e tarefas, com sub-productos identificados e datas de realização definidas.

Esses sub-problemas deverão acompanhar a disciplina ao longo do semestre;

- garanta que os sub-problemas sejam dependentes uns dos outros e intimamente associadas ao projecto no seu todo;
- garanta que os sub-problemas não sejam só de aplicação directa de fórmulas e/ou expressões, mas que criem necessidade aos estudantes de aprofundar os conhecimentos sobre os tópicos abordados;
- seja resolvido em grupos de estudantes (de 4 a 7);
- crie um ambiente de sala de aula que permita aos estudantes interagirem entre si e com o professor;
- o professor fomente e oriente as discussões em grupo, apoiando e clarificando sempre que necessário;
- o professor forneça feedback atempado ao desempenho dos grupos e dos estudantes, com base nos critérios de avaliação definidos.

B. Implementação de aprendizagens activas no Ensino da Física em Cursos de Engenharia como resultado de um trabalho colaborativo¹

Este segundo estudo realizado é o resultado de uma colaboração entre a 3ª autora deste trabalho e uma professora de Física do Ensino Superior. A colaboração decorreu durante dois anos lectivos (2007/08 e 2008/09) numa disciplina introdutória de Física (Elementos de Física – EF), do primeiro ano do primeiro semestre, leccionada a diferentes cursos de Engenharia da Universidade de Aveiro (Portugal). A disciplina de Elementos de Física possuía a seguinte escolaridade: aulas Teórico-práticas (TP, 2h/semana); aulas Práticas (P, 2h/semana) e uma aula de Orientação Tutorial (OT, 1h/semana).

De forma a promover a aprendizagem activa na disciplina de Elementos de Física utilizaram-se sugestões referidas na literatura, e atrás descritas, nomeadamente o uso de perguntas conceptuais, folhas de dúvidas/perguntas, Trabalho para Casa (TPC), feedback e trabalho de grupo. A escolha destas estratégias, como veremos na secção seguinte, foi o resultado do diálogo entre a investigadora e a professora na procura de motivar os estudantes para o ensino da Física. Nesta secção ilustra-se a forma como as mesmas foram utilizadas na disciplina.

As **perguntas conceptuais** foram utilizadas no final de algumas aulas Teórico-práticas (cerca de 50%). Um dos seus objectivos foi proporcionar: a) aos estudantes a possibilidade de verificarem o grau de compreensão sobre os conteúdos abordados e de lhes promover uma reflexão sobre os mesmos; b) à docente uma percepção dos conhecimentos desenvolvidos durante a aula.

As **folhas dúvidas/perguntas** foram utilizadas em todas as aulas Teórico-práticas, sendo reservados os últimos 5 minutos de cada aula para a sua utilização. Os objectivos da utilização destas folhas foram possibilitar: a) a colocação de dúvidas por parte de estudantes mais tímidos; b) a colocação de questões que os estudantes não tiveram

¹ Estudo financiado pela FCT (Referência da Bolsa: SFRH/BD/37872/2007)

Nilza Costa, Paulo C. Oliveira, Cristina G. Oliveira

oportunidade de o fazer durante a aula; c) um momento de reflexão, por parte dos estudantes, dos conteúdos abordados; d) à docente conhecer dúvidas dos estudantes e, assim, (re)orientar o seu ensino.

Outra estratégia usada foi a utilização de **Trabalho Para Casa (TPC)**. Nas aulas Teórico-práticas eram sugeridos exercícios considerados fundamentais, pela professora, para a compreensão dos conteúdos abordados. Estes exercícios seriam para resolver fora da sala de aula e seriam discutidos posteriormente nas aulas de Orientação Tutorial.

O **feedback** quer às perguntas conceptuais, quer às folhas de dúvidas, quer aos TPC realizados foi sistematicamente fornecido aos estudantes e, por isso, foi utilizado em todo o tipo de aulas (Teórico-práticas, Práticas e Orientação Tutorial). Nas Teórico-práticas era dado feedback às folhas de dúvidas/perguntas e às perguntas conceptuais. Nas Práticas era dado feedback aos relatórios que eram realizados em grupo pelos estudantes, no fim de cada uma das experiências laboratoriais. Nas aulas de Orientação Tutorial era dado feedback aos Trabalho para Casa (TPC) propostos nas Teórico-práticas.

Finalmente o **trabalho de grupo** também foi incentivado, não só nas aulas Práticas, em que obrigatoriamente tinham que o fazer, mas também nas aulas Teórico-práticas. Nestas foi pedido aos estudantes que discutissem entre eles os exercícios propostos antes da resolução, final, no quadro. Os objectivos do trabalho de grupo eram de permitirem aos estudantes (a) a troca de ideias e com isso aprenderem uns com os outros (peer instruction); b) o desenvolvimento de competências de comunicação, argumentação e gestão interpessoal.

Em síntese, as estratégias usadas nas práticas lectivas da disciplina para promover aprendizagem activa por parte dos estudantes são as apresentadas na Figura 4.

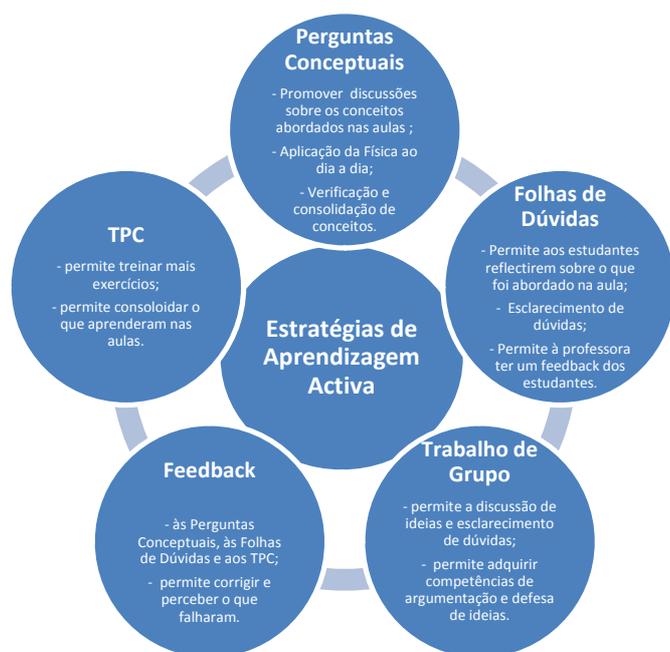


FIGURA 4. Estratégias promotoras de aprendizagem activa utilizadas na disciplina.

B.1 Resultados

Em cada um dos anos lectivos (2007/08 e 2008/09), a disciplina foi frequentada por 42 estudantes, num total de 84, distribuídos por vários Cursos. Os Cursos que tinham maior representatividade eram os de Engenharia do Ambiente, Engenharia Civil e Engenharia de Materiais.

A avaliação das estratégias de aprendizagem activa é aqui analisada do ponto de vista dos estudantes. A opinião dos estudantes sobre as estratégias utilizadas, e que foram referidas anteriormente, foi obtida através:

- da aplicação de um Questionário aos estudantes, elaborado para o efeito, e aplicado no final de cada um dos semestres (obtiveram-se 76 questionários, 38 de cada ano lectivo);
- da realização de entrevistas a 14 estudantes também no final do semestre (7 estudantes de cada um dos anos lectivos). Os critérios para a selecção dos estudantes foram: i) ter pelo menos um estudante dos cursos mais representativos; ii) terem frequentado pelo menos 90% das aulas Teórico-práticas e das aulas Práticas; iii) terem disponibilidade para serem entrevistados.

Os objectivos do questionário consistiam em avaliar a opinião dos estudantes sobre a disciplina, em função dos diferentes tipos de aulas, nas dimensões: a) interacção professor/estudante; b) organização dos diferentes conteúdos; c) estratégias utilizadas.

O questionário era constituído por 38 perguntas de resposta fechada e associadas a uma escala de *Likert* (de 1, correspondente a “discordo totalmente”, até 5, correspondendo ao “concordo totalmente”). Na apresentação dos resultados, que se segue, consideram-se como respostas positivas a soma das percentagens correspondentes aos níveis 4 e 5.

De referir, ainda, que as respostas ao questionário foram analisadas com o programa SPSS - *Statistical Package for Social Sciences*.

Das respostas dadas pelos estudantes ao questionário podemos concluir que estes consideraram que:

- nas aulas Práticas foram incentivados a discutir os resultados e as conclusões dos trabalhos práticos (83%);
- durante as aulas Teórico-práticas foram estimulados a reflectir sobre os conteúdos abordados (80%);
- a resolução dos TPC's e o feedback dado contribuíram para melhorar a sua aprendizagem (79%);
- a possibilidade de poder fazer perguntas por escrito no fim da aula foi importante para o esclarecimento de dúvidas (70%);
- o feedback dado pelo professor às dúvidas colocadas por escrito foram importantes para o esclarecimento das mesmas (68%);
- foram incentivados a participar e a discutir as suas ideias (61%);
- as perguntas conceptuais foram importantes para o esclarecimento dos conteúdos abordados na aula (61%);

Os objectivos das entrevistas são semelhantes ao do questionário e foram realizadas de forma a aprofundar os resultados deste. As entrevistas foram conduzidas no final

do semestre a 14 estudantes (7 de cada ano lectivo). A informação recolhida nas entrevistas, transcritas e validadas pelos estudantes, foram alvo de análise de conteúdo com QSR NVivo 7. As dimensões de análise encontram-se na Figura 5.



FIGURA 5. Dimensões de análise das estratégias implementadas vs aprendizagem.

A Tabela 2 sintetiza os resultados obtidos em função das dimensões de análise e do número de estudantes.

TABELA II. Número de estudantes por estratégia

Estratégia vs Aprendizagem	Folha de Dúvidas	Perguntas Conceptuais	Trabalho de Grupo	Feedback	TPC's
Nº de estudantes	9	14	7	14	7

Da análise da Tabela II pode-se afirmar que 9 estudantes consideram que as folhas de dúvidas foram importantes para a sua aprendizagem porque no momento em que estavam a escrever as suas dúvidas reflectiam sobre o que tinha sido dado na aula e de alguma forma tinham a oportunidade de voltar aos conteúdos abordados, tomando consciência do que não tinham compreendido. Por outro lado, como estas dúvidas tinham na aula seguinte feedback por parte da professora, os estudantes tinham nova oportunidade de aprofundar os conceitos:

- “Durante o tempo que estávamos a escrever as dúvidas estávamos a analisar a matéria que tínhamos dado naquela aula e pedíamos ajuda à professora para ela tentar colmatar as nossas falhas”(E3);
- “...esse método indirecto de falar com a professora ajuda muita gente. O feedback na aula seguinte é muito importante para nós, era uma revisão da aula anterior...”(E10).

Em relação às perguntas conceptuais, todos os estudantes entrevistados consideraram que estas foram potenciadoras de aprendizagem, pois: i) permitiam verificar se os conteúdos apreendidos estavam correctos ou não; ii) promoviam discussões e nessas discussões podiam esclarecer dúvidas; iii) faziam a ligação da Física ao mundo real:

- “Eram importantes porque, por vezes, suscitava discussões e dúvidas nos alunos que a professora esclarecia...Estas perguntas têm muita utilidade, dá para verificar se percebemos o que foi dado na aula” (E1);

- “...deve-se sempre fazer uma avaliação de como os alunos estão a adquirir a matéria que está a ser dada durante as aulas, isso é sempre importante para tentar arranjar soluções para melhorar o aproveitamento dos alunos. Acho que essas perguntas são bastante valiosas...” (E5).

Quando questionado sobre os trabalhos de grupo, 7 estudantes disseram ser uma forma de aprenderem uns com os outros e de aprofundar os conhecimentos através da discussão:

- “...Quando fazíamos em conjunto usávamo-nos uns aos outros para atenuar as dificuldades...”(E2);
- “...Por vezes eu não compreendia os exercícios e falava com o meu colega do lado e era uma ajuda, caso ele tivesse percebido, ele explicava e depois com a explicação final da professora percebia melhor ...” (E12).

No que respeita ao feedback dado pela professora, todos os estudantes reconheceram a sua importância no sentido de melhorarem os seus conhecimentos e corrigir onde tinham falhado:

- “...Eram importantes, porque uma pessoa tem que aprender com os erros. Muitas vezes respondemos mal e a indicação que a professora nos dava ajudava-nos a perceber onde erramos e a corrigir...” (E3);
- “...Acho que é importante termos oportunidade, de no fim da aula, escrevermos as nossas dúvidas relativamente a essa aula e na aula a seguir, no início da aula, essas dúvidas serem tiradas. Assim no final da aula temos que rever toda a matéria para escrevermos as dúvidas. Ajuda a rever o que nos demos para não esquecermos. Mas sem feedback imediato não vale a pena...” (E8).

Finalmente, 7 estudantes consideram o TPC's importantes para a sua aprendizagem porque: i) permitia-lhes fazer mais exercícios e desta forma consolidavam a matéria; ii) a tentativa de resolução permitia encontrar dificuldades e assim procurar formas de as ultrapassar:

- “...os TPC's permitiram praticar mais exercícios e assim perceber melhor o que tinha sido dado...” (E3);
- “...os TPC's forma importantes porque ao tentar fazê-los deparei-me com dificuldades e desta forma consegui aperceber-me e tirar as minhas duvidas” (E14).

Analisando os resultados obtidos quer pelo questionário, quer pelas entrevistas consideramos ter evidências para afirmar as estratégias implementadas foram promotoras de aprendizagem. Assim, as folhas de dúvidas foram consideradas pelos estudantes entrevistados como promotora de aprendizagem (E=64%) porque no momento em que estavam a escrever as suas dúvidas, no papel, reflectiam sobre o que tinha sido dado na aula, e de alguma forma, tinham a oportunidade de rever os conteúdos abordados tomando consciência do que não tinham compreendido. Este resultado está em concordância com os resultados do questionário, pois 70% dos estudantes consideraram importante ter oportunidade de fazer perguntas ou colocar dúvidas por escrito à professora, e 68% pensam que o feedback, dado pela professora a essas perguntas/dúvidas, foi importante para a sua aprendizagem.

Nilza Costa, Paulo C. Oliveira, Cristina G. Oliveira

Estes resultados estão de acordo com o referido na literatura, por exemplo, para Cross [26] os estudantes ao escreverem as suas dúvidas no papel tomam consciência do que aprenderam, conseguindo de alguma forma monitorizar a sua aprendizagem. Em relação às perguntas conceptuais, como já mencionado, todos os estudantes, nas entrevistas, consideraram que a sua utilização foi uma estratégia importante para a sua aprendizagem, argumentando que: permitiam verificar se os conceitos tinham sido compreendidos correctamente; promoviam discussões e nessas discussões podiam esclarecer dúvidas; faziam a ligação da Física ao mundo real, ou seja, viam a aplicação dos conceitos a algo concreto. Este resultado foi corroborado pelo questionário onde os estudantes disseram que as perguntas conceptuais foram importantes para esclarecer os conteúdos abordados (Q-61%). Estes resultados estão em concordância com a literatura. Por exemplo, Crouch & Mazur [51] afirmam que as perguntas conceptuais melhoram a compreensão conceptual dos assuntos abordados e que os estudantes tornam-se mais participativos. Para, Nicol & Boyle [52] as discussões que ocorrem em sala de aula são importantes para a aprendizagem, pois o debate de ideias, entre os estudantes, permite, por um lado, a partilha de conhecimento e, por outro, a defesa de ideias promove a capacidade de argumentação e a mobilização de conhecimentos. Outra estratégia referida pelos estudantes como promotora de aprendizagem foi o trabalho de grupo (E-50,0%), pois aprendem uns com os outros através da discussão dos conteúdos e raciocínios abordados nas experiências. Este resultado está em concordância com diversos autores [3, 36, 39, 53] que defendem que o trabalho de grupo poderá ser útil para a aprendizagem dos estudantes, pois permite-lhes: i) partilhar conceitos e procedimentos; ii) desenvolver capacidades de argumentação e manipulação de ideias; iii) reflectir sobre o que aprenderam. Em relação ao feedback todos os estudantes consideraram-no importante para a sua aprendizagem (E-100%). Também no questionário os estudantes consideram que o feedback dado às folhas de dúvidas e aos TPC foi importante para as suas aprendizagens (Q-68% e Q-79% respectivamente). Ainda em relação aos TPC, os estudantes entrevistados disseram que estes e o feedback dado foram úteis porque lhes permitia consolidar a matéria, e que durante a sua resolução, quando se deparavam com dúvidas podiam solicitar ajuda para as ultrapassar (E-50,0%). Estes resultados encontram eco na literatura, pois segundo Cooper et al [54] um dos principais benefícios dos TPC é melhorar a compreensão e a retenção dos assuntos abordados na aula.

B.2 Colaboração Disciplinar

Nesta secção descreveremos, de forma sucinta, a colaboração estabelecida entre a investigadora em Didáctica e a professora de Física. Esta colaboração enquadra-se numa Colaboração Disciplinar, uma vez que a investigadora é Licenciada e Mestre na área da Física e a intervenção didáctica ocorreu numa disciplina de Física.

Qualquer tipo de colaboração deve ser iniciada por um processo de negociação e pela contratualização do trabalho a desenvolver. Nesse sentido, a investigadora solicitou um primeiro encontro com a professora de Física, em 19 de Outubro de 2007, que teve a duração de, aproximadamente, 2 horas.

Outro aspecto a ter em conta no início de um processo colaborativo prende-se com a escolha dos actores da colaboração. No caso específico, solicitou-se a colaboração de uma professora que tinha sido co-orientadora de mestrado da investigadora. Sendo assim, para além do bom relacionamento pessoal, existia também confiança a nível científico e profissional.

Os principais objectivos do primeiro encontro realizado, assim como alguma informação sobre a consecução dos mesmos, descrevem-se de seguida:

- contextualizar a solicitação da colaboração no projecto de doutoramento da investigadora, nomeadamente através da descrição dos seus objectivos. Tendo em vista uma mais aprofundada compreensão do estudo a realizar em sala de aula, a investigadora apresentou, ainda, resultados de outros estudos já realizados em contextos semelhantes (ensino introdutório de Física em Cursos de Engenharia, promotores do sucesso dos estudantes);
- explicitar os objectivos da colaboração do ponto de vista da investigadora (implementar, em colaboração com a professora, uma intervenção didáctica, que teria como objectivo principal alterar a percepção dos estudantes para o ensino introdutório da Física);
- negociar com a professora a colaboração a realizar. Relativamente a este objectivo, refira-se que a professora se mostrou receptiva à colaboração, manifestando que o processo de ensino e aprendizagem sempre foi algo que a preocupou e interessou, assim como, a falta de motivação dos seus estudantes. Assim, a professora concordou em colaborar com a investigadora na implementação de uma intervenção didáctica com o objectivo de procurar alterar a percepção e a motivação dos seus estudantes para o ensino da Física, assim como de compreender o processo implementado.

Atendendo à aceitação da colaboração pela professora, a investigadora sugeriu e apresentou-lhe várias estratégias referenciadas na literatura como promotoras de aprendizagem activa e que poderiam motivar os seus estudantes. Após uma análise das mesmas escolheram-se as estratégias a implementar. A investigadora forneceu, ainda, à professora os materiais didácticos necessários à implementação das mesmas (perguntas conceptuais e as folhas de dúvidas).

Para além deste 1º encontro ocorreram outros durante o processo de implementação da intervenção didáctica. Estes encontros eram de dois tipos: formais e informais. Os formais realizaram-se no início e no fim de cada semestre com o intuito de analisar os resultados obtidos e planear a próxima intervenção. Os informais ocorriam no fim de cada aula para troca de opiniões sobre a aula.

Para além dos encontros presenciais entre a investigadora e

O Ensino da Física em Cursos de Engenharia: elementos potenciadores do sucesso dos estudantes uma forma de consolidarem aquilo que foi dado na aula”.

a professora, a investigadora ainda:

- assistia às aulas para (a) dar apoio emocional à professora na implementação das estratégias, (b) fazer a recolha das folhas de dúvidas e das respostas às perguntas conceptuais, e (c) observar a reacção dos estudantes às estratégias implementadas;
- analisava as respostas dos estudantes às folhas de dúvidas, bem às perguntas conceptuais, fornecendo os resultados à professora para que esta, na aula seguinte, desse feedback aos estudantes;
- desenhava, e propunha à professora, os instrumentos de recolha de dados para avaliação das estratégias implementadas (questionário e guião de entrevista aos estudantes) e analisava os seus resultados.

A Figura 6 apresenta as principais dimensões da colaboração desenvolvida.

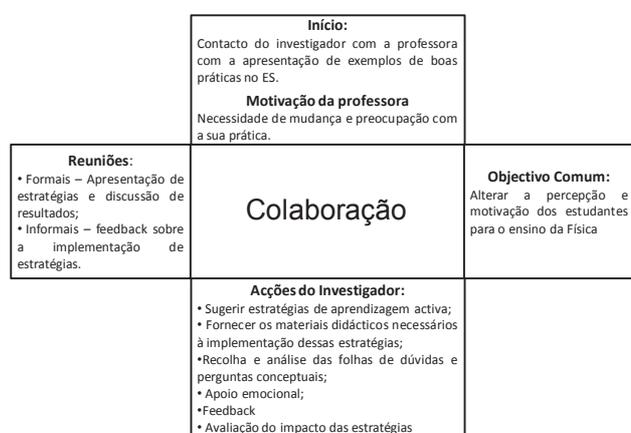


FIGURA 6. Desenho da colaboração desenvolvida

No final do processo colaborativo realizou-se uma entrevista à professora, no sentido de compreender qual a sua opinião sobre a utilização das estratégias utilizadas e, também, sobre o processo colaborativo. Apresenta-se, de seguida, uma súmula desses resultados.

Em relação à intervenção didáctica, a professora avaliou-a de forma positiva, como se ilustra abaixo através de transcrições da entrevista realizada.

No que respeita as perguntas conceptuais a professora foi de opinião que *“As perguntas conceptuais promovem uma reflexão. Acho que isso é muito positivo, pois dessa forma consolidam os conhecimentos sobre os conteúdos abordados... são perguntas, normalmente, sobre coisas do dia-a-dia, coisas com que os estudantes lidam e que provavelmente não fizeram essa ponte, e naquele momento fazem-na...”*.

Em relação às folhas de dúvidas a professora considera que a aplicação destas *“é francamente positivo porque é dada uma oportunidade aos estudantes de comentarem a aula, pronunciarem-se e colocarem as suas dúvidas. Se queremos uma aprendizagem activa acho que esta componente é importante porque viram que depois as dúvidas foram analisadas e que houve uma tentativa de explicar e de lhes esclarecer essas dúvidas...”*.

No que respeita ao TPC a professora pensa que estes são importantes porque permitem o estudo autónomo, *“pois é*

Em relação ao trabalho de grupo, a professora reconheceu que este *“é muito benéfico porque quando se trabalha em grupo a discussão é promovida, temos que respeitar a opinião das outras pessoas, respeitar o seu raciocínio, partilhar opiniões. Temos também que desenvolver as nossas capacidades de argumentação. Por outro lado, quando eles estão a discutir uns com os outros têm uma linguagem que é diferente da nossa e por vezes aprendem uns com os outros”*.

Finalmente em relação ao feedback, a professora reconheceu a sua importância porque *“motivava os estudantes e estes sentiam que a aprendizagem deles era importante para a professora”*.

Será importante lembrar que muitas destas opiniões foram corroboradas nas respostas dos estudantes conforme se viu anteriormente.

Em relação ao processo de colaboração, a professora reconheceu que este serviu para o seu desenvolvimento profissional, uma vez que lhe permitiu conhecer novas estratégias de ensino, aprendizagem e avaliação. Para além disso também reconheceu que um outro olhar sobre as suas práticas foi bastante importante: *“as conversas que tivemos onde se discutiram as estratégias, em que tu sugeriste estas metodologias novas tais como as perguntas conceptuais, as folhas de dúvidas, a rotatividade nos laboratórios...muitas dicas que foram muito importantes. Além disso é sempre bom ter alguém que assista às nossas aulas e que vê as coisas noutra perspectiva e que nos ajuda também a fazer a interpretação de algumas atitudes e um pouco do que se vai passando, acho que isso é muito bom.”*

Ainda relacionado com o desenvolvimento profissional docente, a professora reconheceu, uma vez mais, a importância da colaboração para questões para as quais não estava sensibilizada: *“Do meu ponto de vista, como docente, esta colaboração também me alertou para algumas questões que estava menos sensibilizada para elas. Não foi só bom para o aluno, mas foi bom para mim que me alertou para determinados pormenores que foram muito importantes, as perguntas conceptuais, coisas práticas, as perguntas relacionadas com o dia-a-dia que são fundamentais e de preferência direccionadas para o curso deles, para eles verem a importância da unidade curricular no curso. Isso na prática é uma mais-valia”*.

A professora reconheceu, também, a vantagem da investigadora ter formação na área da Física, pois para além de sugerir estratégias que se aplicassem à disciplina, também permitiu que a investigadora seleccionasse e analisasse as respostas dos estudantes e, deste modo, ser possível fornecer feedback em tempo útil *“a disponibilidade [da investigadora] para fazer a análise das folhas de dúvidas e das perguntas conceptuais foi importante, pois sem isso seria impossível eu dar uma resposta em tempo útil...também o facto de teres-me fornecido as perguntas conceptuais e não ter precisado de perder tempo na sua elaboração. Isto só foi possível por seres da área, teres outras competências que não tem uma pessoa de outra área, teres o know-how científico necessário para teres uma sensibilidade diferente para*

Nilza Costa, Paulo C. Oliveira, Cristina G. Oliveira sugerir metodologias, discutir ideias, abordagens, propostas de trabalho, trabalhos científicos específicos sobre física e não só sobre a parte pedagógica...”.

Em síntese, na opinião da professora o trabalho colaborativo foi rico porque:

- permitiu-lhe conhecer novas estratégias de ensino, aprendizagem e avaliação;
- permitiu-lhe ter um outro olhar sobre as suas práticas;
- alertou-a para aspectos da prática docente que estava menos sensibilizada

Assim, podemos dizer que o tipo de colaboração desenvolvido neste trabalho permitiu o desenvolvimento profissional da professora, contribuindo para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

IV. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentadas e justificadas algumas estratégias de aprendizagem activa que mostraram ser eficazes para as aprendizagens dos estudantes. As estratégias utilizadas alteraram a percepção que os estudantes tinham sobre as disciplinas de Física e motivou-os para o seu estudo. A maior parte dos estudantes que participaram nos dois estudos sentiram interesse pelas respectivas disciplinas conseguindo compreender a sua importância para o futuro profissional. Para estes estudantes a Física é uma disciplina base para o seu curso de Engenharia, na qual se aprende os métodos científicos que, para qualquer engenheiro, são importantes.

Os dois estudos aqui apresentados mostram também duas formas distintas de alcançar o desenvolvimento profissional docente. No primeiro estudo, este é atingido através da auto-formação docente, se bem que integrado num percurso investigativo conducente ao grau de doutor, uma vez que foi o docente que pesquisou e implementou estratégias de aprendizagem activa que pudessem ser implementadas nas suas aulas. Sendo o seu contributo mais importante ao nível da concepção, implementação e avaliação da estratégia denominada de Elemento Integrador.

O segundo estudo mostrou outra forma de atingir o desenvolvimento profissional docente. Neste caso, este foi conseguido através de um processo de colaboração denominado por Colaboração Disciplinar. Este processo permitiu ao professor tomar conhecimento, aplicar e aderir ao uso de estratégias de aprendizagem activa que pode mais tarde voltar a utilizar, para além de se ter tornado mais reflexivo sobre as suas práticas.

REFERÊNCIAS

[1] Cravino, JP., *Ensino da Física Geral nas Universidades Públicas Portuguesas e sua Relação com o Insucesso Escolar*. Departamento de Física Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro; 2004.
 [2] Saul, JM., *Beyond Problem Solving: Evaluating Introductory Physics Courses Through the Hidden Curriculum*. Faculty of the Graduate School of the University of Maryland; 1998.

[3] Oliveira, PC., *Ensino da Física num Curso Superior de Engenharia: Na Procura de Estratégias Promotoras de uma Aprendizagem Activa*. Aveiro: Universidade Aveiro; 2009.
 [4] Halloun, I., Hestenes, D., *The Initial Knowledge State of Students*. American Journal of Physics 1985; Volme: **1043**.
 [5] Hestenes D, Wells, M., Swackhamer G., *Force Concept Inventory*. The Physics Teacher 1992; Volme: **141**.
 [6] McDermott, L.C., *Millikan Lecture 1990: What we Teach and What is Learned — Closing the Gap*. American Journal of Physics 1991; Volme: **301**.
 [7] Thornton R.K., Sokoloff, D.R., *Learning Motion Concepts Using Real-time Microcomputer-based Laboratory Tools*. American Journal of Physics 1990; Volme: **858**.
 [8] Clement, J., *Students' Preconceptions in Introductory Mechanics*. American Journal of Physics 1982; Volme: **66**.
 [9] Trowbridge, D.E., McDermott, L.C., *Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension*. American Journal of Physics 1980; Volme: **1020**.
 [10] Pinheiro, M., *Metodologias PBL em Ambientes Simulados no Ensino Superior Profissionalizante*. Secção Autónoma de Ciências Sociais, Jurídicas e Políticas. Aveiro: Universidade de Aveiro; 2008.
 [11] Cachapuz, A., Praia, J., Jorge, M., *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação; 2002.
 [12] Vasconcelos, C., Praia, J.F., Almeida, L., *Teorias de Aprendizagem e o Ensino/aprendizagem das Ciências: da Instrução à Aprendizagem*. Psicolesceduc 2003; Volme: **11**.
 [13] Bernhard, J., *Improving Engineering Physics Teaching - Learning From Physics Education Research*. PTEE2000 "Physics Teaching in Engineering Education". Budapest 13 - 17 June 2000; 2000.
 [14] Mazur, E., *Peer Instruction: A user's manual*. New Jersey: Prentice Hall, Inc; 1997.
 [15] Mazur, E., *Understanding or Memorization: Are we Teaching the Right Thing?* Conference on the Introductory Physics Courses on the Occasion of the Retirement of Robert Resnick. New York: Wiley; 1997, p. **113**.
 [16] Redish, E., *The Implications of Cognitive Studies for Teaching Physics*. American Journal of Physics, (6), (1994) 1994; Volme: **796**.
 [17] Redish, E., *Teaching Physics with the Physics Suite*. John Wiley&sons; 2003.
 [18] Redish, E., Smith, K.A., *Looking Beyond Content: Skill Development for Engineers*. Journal of Engineering Education 2008; Volme: **295**.
 [19] Neri de Souza, F., *Perguntas na Aprendizagem de Química no Ensino Superior*. Departamento de Didática e Tecnologia Educativa. Aveiro: Universidade de Aveiro; 2006, p. **531**.
 [20] Bonwell C.C., Eison, J.A., *Active learning: Creating Excitement in the Classroom*. Washington, D.C: The George Washington University, School of Education and Human Development; 1991.
 [21] Meltzer, D.E., Manivannan, K., *Transforming the Lecture-hall Environment: The Fully Interactive Physics Lecture*. American Journal of Physics 2002; Volme: **639**.

- [22] Oliveira, P.C., *Relatório do Estudo Exploratório sobre a Intervenção Realizada nas Disciplinas de Física I e II do Curso de Engenharia Civil do ISEP*. Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro 2006.
- [23] Oliveira, P.C., Costa, N., Neri de Souza, F., Oliveira, C.G., *Changing Lectures in Higher Education in Physics Classes for Future Civil Engineers*. In: Várady G, editor. International Conference on Engineering Education - ICEE 2008 "New Challenges in Engineering Education". Pécs and Budapest: Mecs, J.; 2008.
- [24] Pedrosa de Jesus, H., Neri de Souza, F., Teixeira-Dias, J., Watts M., *Organising the chemistry of question-based learning: a case study*. Research in Science & Technological Education 2005;Volme:179.
- [25] Mazur E. *Peer Instruction: Getting Students to Think in Class*. In: Redish EF, Rigden JS, editors. The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities: AIP; 1997, p. 981.
- [26] Cross, K.P., *Classroom Research: Implementing the Scholarship of Teaching*. American Journal of Pharmaceutical Education 1996;Volme.
- [27] Dyson, B., *Assessing Small-Scale Interventions in Large-Scale Teaching: A General Methodology and Preliminary Data*. Active Learning in Higher Education 2008;Volme:265.
- [28] Stowe, K., *A Quick Argument for Active Learning: The Effectiveness of One-Minute Papers*. Journal for Economic Educators 2010;Volme:33.
- [29] Oliveira, C.G., Costa, F.M., Costa, N., Neri de Souza, F., *O Ensino Introdutório de Física em Cursos de Engenharia: Estratégias Promotoras de uma Aprendizagem Activa*. In: Huet I, Costa N, Tavares J, Baptista AV, editors. A Docência no Ensino Superior: Partilha de Boas Práticas. Aveiro: Universidade de Aveiro; 2009, p. 95.
- [30] Bell, B., Cowie, B., *Formative Assessment and Science Education*: Kluwer Academic Publishers; 2000.
- [31] Biggs, J., Tang, C., *Teaching for Quality Learning at University: What Students Does* 3rd ed: Mc. Graw Hill. Society for Research into Higher Education & Open University Press; 2007.
- [32] Higgins, R., Hartley, P., Skelton, A., *The Conscientious Consumer: Reconsidering the Role of Assessment Feedback in Student Learning*. Studies in Higher Education 2002;Volme:53.
- [33] Nicol, D.J., Macfarlane-Dick, D., *Formative Assessment and Self Regulated Learning: A Model and Seven Principles of Good Feedback Practice*. Studies in Higher Education 2006;Volme:199.
- [34] Yorke, M., *Formative Assessment in Higher Education: Moves Towards Theory and the Enhancement of Pedagogic Practice*. Higher Education 2003;Volme:477.
- [35] Loacker, G., Cronwell, L., O'Brien, K., *Assessment in Higher Education: to Serve the Learner*. Conference on Assessment in Higher Education; 1985.
- [36] Burdett, J., *Making Groups Work: University Students' Perceptions*. International Education Journal 2003;Volme:177.
- [37] Wellington, V., *Improving Teaching and Learning Group Work and Group Assessment*: University Teaching Development Centre Victoria University of Wellington; 2004.
- [38] Heller, P., Keith, R., Anderson, S., *Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 1: Group Versus Individual Problem Solving*. American Journal of Physics 1992;Volme:627.
- [39] Lopes, J.B., *Aprender e Ensinar Física*: Fundação Calouste Gulbenkian; 2004.
- [40] Felder, R.M., Brent, R., *Cooperative Learning*. In: Mabrouk PA, editor. Active Learning: Models from the Analytical Sciences, ACS Symposium Series 970. Washington, DC: American Chemical Society.; 2007, p. 34.
- [41] Johnson, D., Johnson, R., *Learning Together & Alone. Cooperative, Competitive & Individualistic Learning (Second Ed.)*. Prentice-Hall International; 1987.
- [42] Walberg, H.J., Paik, S., *Handbook of Research on Improving Student Achievement*. Chicago: Educational Practices Series; 2000.
- [43] Watts. M., *The Science of Problem Solving: A Practical Guide for Science Teachers*. London: Cassell Educational; 1991.
- [44] Oliveira, C.G., Costa, N., Neri Souza, F., Oliveira, P.C., *Physics Teaching Quality in Engineering Courses in Bologna Transition Period: Teacher's Conceptions* In: Rasteiro MG, editor. International Conference on Engineering Education (ICEE-2007) "The Moving Frontiers of Engineering". University of Coimbra: Sá Furtado, C. 2007.
- [45] Cachapuz, A., *Em Defesa do Aperfeiçoamento Pedagógico dos Docentes do Ensino Superior*. In: Reimão, C., editor. A Formação Pedagógica dos Professores do Ensino Superior. Lisboa: Edições Colibri; 2001, p. 63.
- [46] Canha, M., Alarcão, I., *Colaboração e Comunidade: Conceitos Sustentadores de Projectos para o Desenvolvimento Profissional*. XV ENDIPE - Encontro Nacional de Didáctica e Prática de Ensino. Belo Horizonte, Brasil: XV ENDIPE; 2010.
- [47] Stewart, H., *Metaphors of Interrelatedness: Principles of Collaboration*. In: Christiansen H, Goulet, L., Krentz, C., Maeers, M., editors. Recreating Relationships: Collaboration and Educational Reform. New York: State University of New York Press; 1997, p. 27.
- [48] Oliveira, C.G., *Ensino da Física em Cursos de Engenharia: Percursos Colaborativos no Ensino Superior*. Departamento de Educação. Aveiro: Universidade de Aveiro; 2011.
- [49] Whitelegg, E., Parry, M., *Real-Life context for learning physics: meanings, issues and practice*. Phys Educ 1999;Volme:68.
- [50] Irons, A., *Enhancing Learning Through Formative Assessment and Feedback*: Routledge; 2007.
- [51] Crouch C.H., Mazur, E., *Peer Instruction: Ten Years of Experience and Results*. American Association of Physics Teachers 2001;Volme.
- [52] Nicol D.J., Boyle J.T., *Peer Instruction Versus Class-wide Discussion in Large Classes: A Comparison of Two*

Nilza Costa, Paulo C. Oliveira, Cristina G. Oliveira

Interaction Methods in the Wired Classroom. Studies in Higher Education 2003;Volme:**458**.

[53] Heller. P., Hollabaugh, M., *Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 2: Designing Problems and Structuring Groups. American Journal of Physics* 1992;Volme:**637**.

[54] Cooper, H., Robinson, J.C., Patall, E.A., *Does Homework Improve Academic Achievement? A Synthesis of Research, 1987–2003. Review of Educational Research* 2006;Volme:**1**.