Projetos Interdisciplinares no Ensino Superior: Análise do Ensino e Aprendizagem do Cálculo no 1º semestre do 1º ano

Marinez Cargnin-Stieler[+], Rui M. Lima[*], Anabela Alves[*], Marcelo C. M. Teixeira[#]

[+] Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Tangará da Serra, 78300000 Mato Grosso, Brasil. Bolsista da CAPES-PDSE.
[*] Department of Production and Systems, School of Engineering, University of Minho, Campus of Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal
[#] Department of Electrical Engineering, UNESP – Univ Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Lab. de Pesquisa em Controle. 15385-000 - Ilha Solteira – São Paulo. Brasil

Email: marinez@unemat.br, rml@dps.uminho.pt, anabela@dps.uminho.pt, marcelo@dee.feis.unesp.br

Abstract

This paper objective is to identify and analyze the activities developed by Integrated Master of Industrial Engineering and Management students in a context of Project-Based Learning (PBL) in the Calculus curricular unit and discusses learning during the interdisciplinary project development thru the first semester of 2012/2013. This research is based on a case study developed in the context of one program of School of Engineering, University of Minho, Portugal. To accomplish this case study were collected and analyzed documents produced by the students such as preliminary and final reports, preliminary and final presentations and feedback reports. The results indicate that Calculus contents were applied a content during the interdisciplinary project. Additionally, it can be said that contents of curricular unit give support to the decisions taken by the students in the production system design (the students' project objective), showing interest and more contents integration relevance.

Keywords: Engineering Education; project approaches; Project-Based Learning (PBL).

1 Introdução

A formação diferenciada é almejada pela comunidade acadêmica. Esperam-se também alunos/profissionais com potencial diferenciado que sejam capazes de promover ações e realizar investigações. Habilidades profissionais envolvem conhecimentos técnicos e capacidade de desenvolver e buscar novos conhecimentos bem como a capacidade de desenvolver atividades seja pesquisas ou projetos em grupos (Mohan *et. al.*, 2010). Essas habilidades podem ser adquiridas em leituras direcionadas, na própria academia ou em atividades diferenciadas.

Entender "como as pessoas aprendem" discutido por Bransford, Brown e Cocking (2001) pode facilitar a aprendizagem e também modificar a "arte de ensinar". Aprender significa relacionar a visão de mundo intrínseca em cada um com os conhecimentos abordados e ou adquiridos recentemente.

Nas reflexões de Masetto (2001), o docente necessita estar atento às novas exigências da sociedade para com o futuro profissional. Sobre a crescente exigência na qualidade do ensino universitário, o autor argumenta que a sociedade impõe certas condições de atualização para o futuro profissional de forma que este precisa se adaptar a essas exigências, a demonstrar além do conhecimento a capacidade de relacioná-lo com informações atuais.

Com o intuito de facilitar a aprendizagem e desenvolver competências o professor ou um grupo de professores pode modificar a arte de ensinar. Entre várias metodologias de ensino, a aprendizagem baseada em projetos (PBL) tem crescido e se destacado como uma excelente prática pedagógica também em cursos de engenharia. A metodologia de projetos inicialmente foi desenvolvida para a educação básica como uma forma de motivar os alunos para a aprendizagem podendo ainda implicar em uma teorização da prática além de uma questão teórica de cunho metodológico.

O norte-americano Willian Kilpatrick (1871-1965), professor de Matemática na educação básica, desenvolveu o Método dos Projetos como uma atividade intencional que consiste em desenvolver as atividades escolares através de projetos baseados em problemas reais do dia-a-dia do aluno (Inter-transdisciplinaridade, Kilpatrick, 1918, 1921).

Entre outros autores, Sáinz (1958) descreveu uma metodologia de projetos para ser aplicada ao ensino fundamental como uma forma de motivar o aluno a aprender. Para Kilpatrick um projeto didático deveria ser caracterizado por um plano de trabalho de preferência manual que implica em uma diversidade ampliada de ensino em um ambiente natural tendo uma atividade motivada por meio de uma consequente intenção (Inter-Transdisciplinaridade). Portanto, a aprendizagem através de projetos não é uma metodologia nova e sim readaptada à realidade vivenciada, em

especial aos cursos de engenharia por possibilitar o desenvolvimento de competências. É uma metodologia ativa, ou seja, centrada no aluno. E também demanda do professor uma compreensão ampliada não só do conhecimento específico de sua disciplina, mas também de técnicas e de sensibilidade para perceber o momento mais adequado para a apresentação das questões de ordem teórica.

Segundo Lima (2012a), a experiência de PBL no ensino superior, é uma metodologia inovadora, pois envolve os alunos que aprendem com mais profundidade e relata que os resultados surpreendem todos os envolvidos, seja aluno, professor, ou gestor. Para Lima (2012b), PBL envolve uma aprendizagem colaborativa, ou seja, os alunos aprendem uns com os outros além de desenvolver autonomia e criatividade. O professor Lima (2012a) afirma que os resultados com PBL podem ser acadêmicos ou de aprendizagem além de envolver os alunos em atividades em grupo por abarcar a interdisciplinaridade. Cabe destacar que a habilidade de trabalhar em grupo de forma colaborativa é uma importante característica exigida pelo mercado de trabalho e o PBL vai permitir o desenvolvimento dessa habilidade (Alves et al., 2012a). Na visão de Alves *et. al*. (2012b) adotar o PBL exige mudanças substanciais nos métodos de ensino e aprendizagem, entretanto tem um impacto significativo na aprendizagem dos alunos e na motivação.

Percebe-se que a aprendizagem baseada em projetos ou em problemas (PBL) pode variar na forma e a intensidade de ser aplicada em cada instituição e/ou curso. Mitchell, Canavan e Smith (2010) divulgaram resultados obtidos através da PBL utilizando-se de problemas ao desenvolver trabalhos em grupos com cinco ou seis alunos que, além da capacidade de trabalhar em grupo, relataram várias habilidades desenvolvidas com a atividade.

Lima *et al*. (2007; 2009), afirmam que o método PBL foi adotado, a partir de 2004, na Escola de Engenharia da Universidade do Minho (UMINHO), Portugal, e continua em aperfeiçoamento pelos professores dessa universidade em função da análise crítica das experiências obtidas em cada semestre além de avaliar a aprendizagem dos alunos envolvidos durante o processo (Alves *et al*., 2012b).

Nesta direção, a proposta da presente investigação é um estudo de caso para identificar e analisar as atividades realizadas pelos alunos com o intuito de discutir a aprendizagem adquirida durante a execução dos projetos interdisciplinares no decorrer do 1º semestre do 1º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (MIEGI) da Universidade do Minho na unidade curricular (UC) de Cálculo no 1º semestre letivo de 2012.

2 Contextualização

A metodologia de ensino e aprendizagem baseada em projetos interdisciplinares a ser analisado neste artigo insere-se no contexto dos documentos elaborados pelo 1º semestre do 1º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (MIEGI) da Universidade do Minho. Segundo o Guia (de projeto) MIEGI (2012, p. 3) o Projeto integrado de Engenharia e Gestão Industrial (PIEGI1) tem como objetivo: "Promover a aprendizagem centrada no aluno; fomentar o trabalho em equipa; desenvolver o espírito de iniciativa e criatividade; desenvolver capacidades de comunicação; desenvolver o pensamento crítico".

> A fase de *definição* tem início de uma semana a um mês antes do início do semestre e tem os seguintes objetivos principais: definição e especificação do tema de projeto; definição e planejamento de pontos de controle; definição do processo de avaliação do projeto e das UCs; definição da forma de avaliação do todo o processo; elaboração do guia de projeto. Durante essa fase, a equipe de coordenação constrói um plano coerente para todo o semestre que está materializado no guia de projeto. Esse guia funciona como um documento de especificação do projeto ("Project Charter"), descrevendo os objetivos principais, o âmbito, os pontos de controle e o processo de avaliação. (Lima *et. al.* 2011, p. 94. Grifo do autor).

A Universidade de Minho (UMINHO) está a desenvolver o ensino de engenharia de forma diferenciada desde 2004/2005 (Moreira et. al., 2009 e Lima et. al. 2007). No 1º semestre do 1º ano do MIEGI da UMINHO, foi adotado o PBL, metodologia implantada por uma equipe de professores do Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia antes do processo de Bolonha ser adotado em Portugal (Alves *et. al*., 2012b). Os fins ao utilizar-se de *Project Based Learning* (PBL), no MIEGI do Departamento de Produção e Sistemas na Escola de Engenharia da UMINHO, são aumentar a motivação dos alunos, a relevância das aprendizagens e desenvolver competências profissionais (Lima, 2012c).

Segundo Lima (2012a), os alunos aprendem os conteúdos em profundidade e na Escola de Engenharia existe uma equipe de pesquisa interdisciplinar que continua a estudar os conceitos da aprendizagem baseada por projetos (PBL) no sentido de aprofundar conhecimentos e desenvolver competências. Essa situação evidencia um grupo de trabalho/pesquisa com embasamento teórico sobre o porquê, para que, para quem e como utilizar a PBL, ou seja, o grupo além da proposta de trabalho realizada e aprimorada a cada semestre, dedica-se a pesquisa para aperfeiçoar e discutir teoricamente a metodologia de ensino mais adequada. Na UMINHO os projetos são interdisciplinares e desenvolvidos em equipes com duração de um semestre.

No 1º semestre letivo de 2012 participaram "cinco Unidades Curriculares (UC) de apoio direto ao projeto (PSC – 'Project Supporting Courses'): 'Introdução à Engenharia e Gestão Industrial' (IEGI), 'Algoritmia e Programação' (AP), 'Cálculo EE' (CEE), 'Química Geral EE' (QG) e 'Álgebra Linear EE' (AL)" (GUIA MIEGI, 2012, p. 3). Foi decidido depois pela equipa de coordenação que a UC de Álgebra não entraria para o projeto pois é uma UC, que após uma reestruturação do curso, aparece pela primeira vez no 1º semestre. Calculo EE e Álgebra Linear EE são duas UCs do departamento de Matemática da Escola de Ciências que atribui além de um docente para cada uma destas UCs, atribui um docente para exclusivamente dar apoio ao projeto no âmbito destas duas UCs nas sessões de acompanhamento destinadas a este efeito.

Dentre essas UC optou-se por analisar o ensino aprendizagem em Cálculo por ser uma disciplina das ciências exatas, em geral considerada como umas das maiores dificuldades mesmo para os futuros engenheiros (Baracat, Witkowski & Cutri, 2012). Também foi a disciplina mais citada no relatório PLE MIEGI11 de 2007/2008 como UC que merecia atenção especial na "Carta dos Alunos PLE 2007/2008" aos futuros caloiros (Mesquita, 2008). Essa UC também concentra o maior número de créditos nesse semestre em estudo no MIEGI da UMINHO.

3 Metodologia

Descreve-se, de forma sucinta, a abordagem de pesquisa e os procedimentos metodológicos a serem utilizados no plano de ação para o desenvolvimento da investigação.

A pesquisa, quanto aos objetivos, será descritiva e terá uma abordagem qualitativa. Nessa abordagem, o raciocínio é dialético e indutivo, preocupando-se com a qualidade das informações, o que possibilita narrativas ricas e interpretações individuais ou partilhadas, dependendo do contexto. Para Oliveira (2002, p.117):

> As pesquisas que se utilizam da abordagem qualitativa possuem a facilidade de poder descrever a complexidade de uma determinada hipótese ou problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos experimentados por grupos sociais, apresentar contribuições no processo de mudança, criação ou formação de opiniões de determinado grupo e permitir, em maior grau de profundidade, a interpretação das particularidades dos comportamentos ou atitudes dos indivíduos.

Para o autor, essa abordagem permite uma pesquisa não estruturada de caráter exploratório que favorece ao pesquisador um entendimento significativo do contexto de inserção do problema. Além disso, há um acompanhamento mais detalhado e pormenorizado da situação que é a pretensão, ao desenvolver as atividades. O estudo exploratório permite ao pesquisador alargar sua experiência, aprofundar o estudo e adquirir maior conhecimento sobre o problema (Triviños, 1987).

Com o intuito de evidenciar os resultados da pesquisa, analisaram-se os documentos produzidos no decorrer do 1º semestre letivo de 2012/13 (setembro a janeiro) pelos seis grupos de alunos do 1º semestre 1º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (MIEGI) da Universidade do Minho, ou seja, seus trabalhos escolares interdisciplinares que em suma são os relatórios (preliminar e final), apresentação (preliminar e final) e os *feedback* documentos produzidos durante a elaboração e execução dos projetos. Segundo Alves-Mazzotti (1999, p. 169), documento é "qualquer registro escrito que possa ser usado como fonte de informação". O *feedback* é obtido face a um conjunto de aspectos técnicos relacionados com as UCs, fornecidos pelos alunos ao participarem da avalição do relatório preliminar de outros grupos (Fernandes, 2010) ou seja ao avaliarem seus pares.

4 Análise e discussão da introdução dos conteúdos de Cálculo no projeto

Este capítulo apresenta uma breve descrição do funcionamento do Projeto integrado de Engenharia e Gestão Industrial do 1º ano (PIEGI1). Seguidamente faz-se a análise e discussão da introdução dos conteúdos de Cálculo no projeto com base nos relatório preliminares e *feedback*, apresentações e relatórios finais entregues pelos alunos para a avaliação.

4.1 Apresentação e funcionamento do Projeto integrado de Engenharia e Gestão Industrial do 1º ano (PIEGI1)

Na primeira semana do 1º semestre letivo de 2012/13 para os alunos do 1º semestre do 1º ano entre outras atividades ocorreu a apresentação do Projeto integrado de Engenharia e Gestão Industrial (PIEGI1) e do projeto-piloto além da constituição dos grupos e atribuição dos tutores. Os tutores são professores e normalmente pesquisadores de educação em engenharia (Lima *et. al.* 2011). Os grupos foram constituídos por sete ou oito alunos e na segunda semana tiveram a incumbência de elaborar e apresentar um miniprojeto com o "objetivo de simular o processo do semestre inteiro" (Lima *et. al.* 2011, p. 91). No início do semestre, durante uma a duas semanas, os alunos devem executar o miniprojeto. Percebe-se que dessa forma o aluno pode situar-se rapidamente na universidade e visualiza a

responsabilidade de estar no ensino superior e não mais no secundário. Nesse sentido, Fernandes e Flores (2011) concebem a inclusão do PIEGI1 no 1º semestre do 1º ano como um fator fundamental na inclusão desses alunos no contexto universitário. Para os alunos, a tutoria pode representar uma oportunidade de aproximar os estudantes de engenharia dos profissionais da área bem como dos docentes envolvidos, fatores positivos e de relevância para a comunidade acadêmica e principalmente para caloiros.

A proposta do projeto apresentada aos alunos foi criar um sistema de produção de uma linha de desmontagem de produtos eletroeletrônicos obsoletos/descartados (Guia MIEGI, 2012). Quanto aos recursos físicos para a realização dessas atividades em grupo, na UMINHO "estão reservadas três salas de projeto no Departamento de Produção e Sistemas, com espaço para dois grupos cada, durante todo o semestre" (Guia MIEGI, 2012, p. 14). Portanto cada grupo dispõe de um espaço físico (uma sala com computador portátil e acesso a *internet*) disponível para a equipe se reunir e elaborarem suas atividades em grupos colaborativos. Para a monitorização deste projeto foram estabelecidos 6 pontos de controlo, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Pontos de controlo do PIEGI11 2012_2013 (Guia do MIEGI 2012, p. 10).

Ponto de Controlo	Data	Requisito
1	2012.09.28 (Semana 2)	14:00 – Apresentação do mini-projeto
2	2012.11.02 (Semana 7)	14:00 – Apresentação do andamento do projeto
3	2012.11.23 (Semana 10)	14:00 - Tutorial alargado
4	2012.12.14 (Semana 13)	18:00 – Entrega: Relatório preliminar (máximo de 50 páginas)
5	2013.01.18 (Semana 16)	18:00 – Entrega: Relatório final (máximo de 60 páginas) + Protótipos
6	2013.01.24 2013.01.25 (Semana 17)	10:00 – Teste final 14:00 – Apresentação final e discussão.

Desde 2008/2009, considerou-se que seria uma boa aprendizagem que os alunos participassem na avaliação de um relatório preliminar de outro grupo fornecendo *feedback* (Fernandes; Flores e Lima 2011), ante um conjunto de aspectos técnicos relacionados as UCs. No Guia de Aprendizagem, esta informação vem: "Os alunos terão uma participação ativa na avaliação do relatório preliminar, que será sujeita a validação pela equipa de coordenação do Projeto. Cada grupo irá avaliar outro relatório, baseando a sua avaliação em critérios previamente definidos e negociados entre a equipa de coordenação e os alunos. O peso da avaliação dos alunos é de 25% na classificação do relatório preliminar." (Guia do MIEGI 2012, p. 11).

As empresas projetadas foram na linha de reaproveitamento e desmontagem de "*Playstation* 3", "autorrádios", "impressoras multifuncionais", "televisores", "secadores" e "telemóvel". Eletroeletrônicos utilizados em larga escala e consequentemente obsoletos/descartados com o passar do tempo. Observou-se também que todos os projetos cumpriram o objetivo proposto de: "Identificar os diferentes componentes químicos empregues na produção do produto. Discutir o modo de tratamento e a recuperação/reutilização de cada componente de forma a reduzir impacto no homem e no ambiente. Avaliar o impacto ambiental de uma deposição errada no solo, água, ou ar, considerando a eficiência/ineficiência dos processos atuais e da solução proposta no âmbito deste projeto" (Guia do MIEGI 2012, p. 6).

Também foi possível perceber a inclusão dos conteúdos das UCs como suporte para desenvolver o projeto proposto durante o semestre letivo. Cada UC disponibiliza no guia de aprendizagem as competências técnicas que se espera que os alunos adquirem durante a realização do projeto assim como o modelo de avaliação para cada.

No caso da UC de Cálculo as competências no âmbito da UC foram: "Fazer o estudo duma função real de variável real: monotonia, continuidade e diferenciabilidade no seu domínio; Aplicar derivadas na resolução de problemas; Compreender a definição de integral definido de uma função limitada definida num intervalo real; Aplicar o cálculo de integrais em diversas aplicações; Estudar a convergência de uma série numérica; Definir uma série de potências e determinar o intervalo de convergência" (Guia do MIEGI 2012, pp. 7 e 8) e no âmbito do desenvolvimento do projeto: aplicar os conhecimentos adquiridos (Guia do MIEGI 2012).

Nesse semestre, durante o decorrer do projeto, o docente que apoiava o projeto no âmbito das UCs de matemática e vendo dificuldades dos alunos na tentativa de aplicaram matemática no projeto decidiu direcioná-los para problemas específicos. Assim nas sessões de acompanhamento ao projeto apresentou-lhes o "desafio" no âmbito do cálculo de mínimos de funções de uma variável (envolve também o conceito de derivada):

Problema *1: Considerem-se três contentores fechados aos quais associamos três sólidos: um cilindro de raio R e altura h; um paralelepípedo de base quadrada com perímetro 4a e altura b; e finalmente o sólido que resulta se se seccionar o cilindro já referido ao meio mediante um plano vertical que passe pelo seu eixo (base e topo passam a ser apenas meio círculo). O objetivo é determinar, para cada um destes sólidos, qual a escolha das dimensões - (R,h) ou (a,b) - que minimiza a área da sua superfície mantendo o volume do sólido igual a V. Pretende-se ainda saber qual destes três sólidos apresenta a razão Área da Superfície / Volume mais baixo. Se acharem útil podem considerar, adicionalmente, outros sólidos que permitam fazer este tipo de cálculo.*

No Problema 2 era para o grupo considerar o volume de um sólido de revolução gerado pela rotação em torno do eixo X da região limitada pelo gráfico de uma função contínua e não negativa, e por retas verticais. Usar as expressões para calcular o volume de um sólido de revolução e a área da superfície para obter as fórmulas usadas no problema proposto anteriormente para o cálculo do volume e da área da superfície. Entre o sólido de revolução gerado e o sólido do problema 1, saber qual sólido apresenta a razão Área da Superfície / Volume mais baixo .

Como resultado geral, ao observar os relatórios e apresentações preliminares percebeu-se que estão acima do esperado para alunos do primeiro semestre do primeiro ano de um curso superior. Uma análise inicial quanto aos relatórios preliminares apresentados na 13ª semana, observou-se que cumpriram o número máximo de 50 páginas permitido, além dos anexos. Destaca-se também a qualidade dos textos produzidos. Apresentam resumo, referências e citações conforme normas acadêmicas. Portanto o conhecimento acadêmico se faz pressente entre as habilidades adquiridas.

4.2 Análise dos Relatórios preliminares e *feedback*

Inicialmente optou-se por analisar o *feedback* dos grupos sobre os relatórios peliminares. Os aspetos técnicos que as equipas deviam ter em conta nesse relatório para a UC de Cálculo eram:

1. Explicar e justificar a utilização do cálculo de áreas e/ou volumes, bem como do cálculo de extremos de funções reais de variável real.
2. Escrever uma pequena introdução teórica apresentando as fórmulas a utilizar (fórmula da área plana ou superfície, volume de revolução, comprimento de arco, etc, consoante o caso)
3. Explicitar todas as componentes sujeitas a cálculo (de preferência apresentando desenhos sempre que tal faça sentido)
4. Definir corretamente a fórmula de cálculo para a situação em concreto (volume + comprimento de arco ou área de superfície de revolução)
5. Cálculo correto dos integrais e outras quantidades presentes na(s) fórmula(s) do ponto anterior, bem como do(s) extremo(s) de uma função real de variável real

Analisou-se o *feedback* relativo a UC de Cálculo e dos seis relatórios analisados, três estavam de acordo com os aspetos a serem considerados. Mesmo assim os grupos orientaram seus pares com o intuito de clarificar os conteúdos abordados. Para exemplificar cita-se:

> *Poderiam ter apresentado desenhos dos três sólidos do primeiro problema (Feedback G5 ao G1).*

ou

> *Acho que deveria ter colocado uma espécie de formulário ao longo da resolução do exercício, principalmente com as fórmulas dos integrais (Feedback G1 ao G3).*

Para o grupo G5 a imagem dos objetos em estudo facilitaria a compreensão dos conteúdos estudados, entretanto o G1 visualiza a evidencia das fórmulas como um fator relevante para a apreensão do assunto abordado. Ambas as sugestões exigem conhecimento do grupo avaliador e requerem do grupo avaliado novo debruçar e reorganização das ideias abordadas.

Entre os aspetos técnicos relacionados com a UC e que foram considerados incompletos descreve-se que no relatório do G4, o grupo avaliador considerou que o "5. Cálculo correto dos integrais e outras quantidades presentes na(s) fórmula(s) do ponto anterior, bem como do(s) extremo(s) de uma função real de variável real" que:

> *(...) é que o cálculo dos zeros da função derivada do meio cilindro não parecem estar corretos, e consequentemente, as contas que prosseguem relativas ao meio cilindro (Feedback G2 ao G4).*

Evidencia-se que para perceberem as incoerências abordadas possivelmente analisaram os relatórios com conhecimento suficiente para emitirem parecer. Considera-se mais acessível descrever e realizar os cálculos necessários do que avaliar se os respetivos cálculos e fórmulas condizem com os conceitos abordados.

Os dois aspetos técnicos a considerar das Unidades Curriculares para os relatórios descritos como não atingidos plenamente pelo grupo G2 também foram os que ocorreram reincidência de outro grupo, portanto pode ser considerado os objetivos com maior complexidade para serem atingidos em um projeto interdisciplinar a envolver os alunos em um sistema de produção de uma linha de desmontagem de produtos eletroeletrônicos obsoletos/descartados. É possível também observar que esses aspectos representam a parte mais teórica do cálculo e, portanto com maior dificuldade inclusive para professores experientes para abordar o conteúdo de forma contextualizada a envolver um projeto. No relatório do G2 o grupo avaliador percebeu que ao "2. escrever uma pequena introdução teórica apresentando as fórmulas a utilizar (fórmula da área plana ou superfície, volume de revolução, comprimento de arco, etc, consoante o caso)":

> *No primeiro problema não apresentaram a introdução, começando directamente nos cálculos. Porém referiram as fórmulas pedidas na conclusão. No segundo problema a introdução está bastante completa e bem estruturada embora não haja uma sinalização notória da separação do primeiro para o segundo problema (Feedback G6 ao G2).*

Desta forma direcionaram o grupo avaliado para reconstruir seu relatório e atender as expectativas. Também observaram que:

> *Deviam ter justificado a utilidade e função do cálculo e ainda fazer uma pequena introdução explicativa do que iriam desenvolver nesta parte do relatório (Feedback G6 ao G2)*

Ao analisarem se o grupo atingiu o objetivo de "1. explicar e justificar a utilização do cálculo de áreas e/ou volumes, bem como do cálculo de extremos de funções reais de variável real". Ambas as sugestões exigem do grupo avaliador conhecimento dos conteúdos abordados para direcionar os aspectos de aprendizagem a serem melhorados e por sua vez o grupo avaliado tem a possibilidade de verificar sua escrita e aprimorar seus conhecimentos e seu relatório.

O relatório do G5 foi que obteve maior número de aspetos técnicos relacionado com a UC não atingidos plenamente, segundo o grupo avaliador. Entre as sugestões:

> *Na primeira parte é apresentada de uma forma organizada e clara todas as componentes sujeitas a cálculo. Na segunda parte que diz respeito ao cálculo de área e volume do sólido de revolução as componentes sujeitas a cálculo são apresentadas de uma forma por vezes incorreta e desorganizada (Feedback G4 ao G5)*

Como orientação para "3. explicitar todas as componentes sujeitas a cálculo (de preferência apresentando desenhos sempre que tal faça sentido)". Para "4. definir correctamente a fórmula de cálculo para a situação em concreto (volume + comprimento de arco ou área de superfície de revolução)" observaram que:

> *Tanto na primeira como na segunda parte de cálculos são apresentadas algumas incorreções tanto da resolução do problema como a nível de apresentação de fórmulas. Deveriam definir corretamente algumas fórmulas antes de procederem a alguns cálculos. (Exemplo. Pag.35 antes do cálculo de áreas e volumes do cilindro usando integrais) (Feedback G4 ao G5).*

Observou-se que o grupo avaliador foi criterioso na avaliação e apresentou sugestões bem como as incoerências entre o problema proposta e a resolução deste. O grupo prima pela organização e definição das fórmulas a serem utilizadas na resolução das atividades propostas.

Entre os Relatórios do 1º ano do 1º semestre de 2012/13 do MIEGI foi realizado um apanhado geral dos *feedback*s sobre os aspectos técnicos a considerar na UC de Cálculo de todos os grupos. Dos seis grupos, quatro grupos consideraram que o aspeto 1 e 2 dos relatórios dos outros grupos estavam bem elaborados e nos outros 3 aspetos foram 5 grupos a considerar atingidos, conforme Tabela 2. Esta tabela inclui dados de análise do *feedback* dos grupos.

Tabela 2: Relatórios do 1º ano do 1º semestre de 2012/13 do MIEGI com *feedback* em concordância sobre os "aspectos técnicos a considerar das Unidades Curriculares para os relatórios" na UC de Cálculo.

"Aspectos técnicos a considerar das Unidades Curriculares para os relatórios".	Relatório em concordância
1.Explicar e justificar a utilização do cálculo de áreas e/ou volumes, bem como do cálculo de extremos de funções reais de variável real	4
2.Escrever uma pequena introdução teórica apresentando as fórmulas a utilizar (fórmula da área plana ou superfície, volume de revolução, comprimento de arco, etc, consoante o caso)	4
3.Explicitar todas as componentes sujeitas a cálculo (de preferência apresentando desenhos sempre que tal faça sentido)	5
4.Definir correctamente a fórmula de cálculo para a situação em concreto (volume + comprimento de arco ou área de superfície de revolução)	5
5.Cálculo correcto dos integrais e outras quantidades presentes na(s) fórmula(s) do ponto anterior, bem como do(s) extremo(s) de uma função real de variável real	5

4.3 Análise dos relatórios finais

Os relatórios finais apontam a dedicação e criatividade dos grupos em realizar a tarefa solicitada. Em todos os relatórios foi encontrado a inclusão da UC de Cálculo como elemento a ser considerado na consolidação da empresa planejada. A aplicação da UC de Cálculo ficou evidenciada em vários pontos dos relatórios em estudo. Além dos conteúdos da UC de Cálculo descritos nos relatórios preliminares, os grupos observaram as sugestões dos pares, portanto o relatório final foi descrito com maior rigor e clareza. Também foi encontrado entre os relatórios agradecimentos a UMINHO, a coordenação do Curso, a equipe de coordenação de projetos, aos professores do semestre e ao tutor e mencionam o aprendizado adquirido e inclusive destacam a metodologia utilizada.

Procurou-se no decorrer da análise do relatório final argumentos que evidenciassem a compreensão da UC de Cálculo de forma espontânea. Em todos os relatórios a matemática foi utilizada também para minimizar custos, maximizar lucros, realizar previsão e médias com o intuito de viabilizar o projeto economicamente além das precauções legais e ambientais. Cabe ressaltar que em um dos relatórios foi observado:

> *Torna-se importante a definição da forma dos contentores utilizados na empresa, não só por razões económicas, como também por razões sustentáveis. Assim, é necessário ter em conta os custos dos contentores, sendo por isso relevante encontrar recipientes que minimizem a quantidade de material que os constitui, poupando-se dinheiro e material (Relatório final G3, p. 3).*

Com esse propósito o grupo evidenciou o contentor (sólido geométrico) que melhor se adequava a proposta de minimizar os gastos com material e, portanto a importância do Cálculo ficou diluída entre os saberes, ou seja, é possível visualizar a interdisciplinaridade. Entre os relatórios percebe-se também a leveza e descontração para com os conteúdos da UC de Cálculo desenvolvida durante o projeto como:

> *A matemática surge no projeto através de um desafio. Para a resolução deste desafio utilizou-se, no âmbito da unidade curricular Cálculo, o conceito de derivada e de integral definido para o cálculo de mínimos de funções de uma variável e para o cálculo de áreas e volumes de sólidos de revolução (Relatório final G4, p.37).*

Também foi possível observar que ao longo do desenvolvimento do projeto implicitamente ou explicitamente desenvolveram vários cálculos e raciocínios matemáticos como para determinar o número de funcionários ou o tempo gasto na desmontagem e reaproveitamento dos componentes dos objetos escolhidos entre outros com o intuito de clarificar a decisão tomada para avaliar o funcionamento do sistema produtivo da empresa planejada.

Os grupos evidenciaram a importância do projeto para com o Cálculo como a consolidação dos conteúdos abordados em sala. A percepção que se obteve ao analisar os relatórios converge com essa análise, pois todos aplicaram os conceitos de primitivação e de integração na determinação de áreas planas, áreas de superfícies e volumes de sólidos de revolução. Os dois últimos foram os que ganharam maior destaque nos relatórios. Portanto é possível concluir que os objetivos da UC de Cálculo foram atingidos com sucesso.

Ao concluir o projeto um dos grupos analisa o processo do conhecimento adquirido e evidencia que:

> *Na unidade curricular de Matemática deparámo-nos com algumas dificuldades, nomeadamente em chegar a valores em função de V(volume) para realizar o cálculo da área superficial dos três sólidos (Relatório final G3, p.53).*

Foi a única dificuldade explícita nos relatórios sobre a UC de Cálculo.

Entretanto na sequencia da análise do conhecimento obtido não mencionam claramente o Cálculo ou qualquer outra UC, porém nomeiam competências provocadas com o trabalho como:

> *Por fim, é de referir que este projeto foi benéfico em vários aspetos: fomentou o trabalho em grupo, promoveu a criatividade e a capacidade de comunicação e melhorou a capacidade de pesquisa, comunicação e análise de informação (Relatório final G3, p. 53).*

São competências transversais enunciadas espontaneamente pelos próprios alunos.

Em especial nas conclusões dos relatórios foi possível perceber avaliações e reflexões sobre o projeto como um todo bem como a aplicação dos saberes adquiridos nas UCs como o esperado. Nas entrelinhas é possível perceber competências adquiridas ao longo do semestre. Para exemplificar:

> *A realização deste projeto permitiu ao grupo a aquisição de uma perspectiva geral mais concreta sobre o objetivo do mesmo, bem como um estímulo constante para a sua execução. A experiência de aplicar conhecimentos teóricos obtidos em todas as unidades curriculares é inquestionavelmente gratificante, pois torna subordinante o emprego prático de saberes, em detrimento da sua memorização tão característica do ensino livresco ao qual estamos tão habituados que nem questionamos. Fomos consciencializados não só em relação à importância do nosso papel em melhorar a sociedade, mas também ao poder que adquirimos quando nos reunimos em grupo norteados na mesma direcção, gerindo corretamente o nosso recurso mais precioso, o tempo. (Relatório G6, p. 56).*

É possível perceber que o grupo ao relatar tal situação antes a vivenciou e também foi capaz de compreender o crescimento adquirido ao longo de um semestre letivo. Para Fernandes (2010, p. 37), "na perspectiva construtivista, a aprendizagem é entendida como um processo social mediante o qual os aprendentes constroem significados com base na interacção entre a informação previamente adquirida e as novas experiências de aprendizagem. O objectivo consiste em proporcionar aos alunos experiências relevantes permitindo-lhes a (re)construção da aprendizagem". Compreende-se que para os alunos em estudo o projeto interdisciplinar proporcionou a construção dos significados para os conteúdos abordados na UC de Cálculo por hora aqui analisado.

Percebeu-se também que para alguns grupos a inclusão dos conteúdos da UC de Cálculo em partes se deu como uma obrigação a ser atingida e não como uma ferramenta que os auxiliasse na tomada de decisão para implantar a empresa planejada. Esse último seria a proposta idealizada e então os objetivos totalmente alcançados. Entretanto compreende-se que incluir os conteúdos de Cálculo dessa forma para alunos do 1º semestre do 1º ano de um curso superior é exigir tomadas de decisões embasadas em conhecimento técnico e científico que podem ser adquiridas ao longo dos cinco anos do curso.

4.4 Discussão

Pode-se afirmar que os alunos resolveram a contento também o desafio apresentado pelo docente que apoiava o projeto no âmbito das UCs de matemática uma vez que os grupos primaram pela otimização e redução de custos. Para exemplificar, nos relatórios ocorreu o cálculo da área total de superfície de três sólidos geométricos (cilindro, paralelepípedo e cilindro seccionado por um plano) com o intuito de encontrar o mais adequado para armazenar os produtos reaproveitados e reduzir custos. Ou seja, atribuíram o volume V a todos os sólidos e seguiram com o cálculo das funções de uma incógnita (raio, altura ou base), as derivadas e os zeros, para obter os mínimos, necessários para revelar que o cilindro seria a melhor opção. Entretanto ocorreu diferenciação entre os relatórios no decorrer das explanações e descrições dos resultados obtidos. A elucidar poderiam ter explorado e inclusive teriam ampliado seus conhecimentos na área do Cálculo se abordassem outros sólidos ou a combinação (como marketing da empresa), ou o melhor empilhamento ou viabilidade no transporte entre outras possibilidades, ou seja, não consideraram "úteis", pois no problema 1 estava: "*Se acharem útil podem considerar, adicionalmente, outros sólidos que permitam fazer este tipo de cálculo".*

Quanto ao problema 2, ao abordarem sólidos de revolução (sólidos gerados pela rotação de uma figura plana em torno do eixo dos X, limitados por uma função contínua e não negativa e por retas verticais). Observou-se que neste caso ocorreu diferenciação entre os relatórios, pois variaram a figura plana, as funções continuas e as retas verticais e, portanto se diferenciaram ainda mais nas conclusões obtidas. Com o possível direcionamento, os grupos exploraram basicamente os conteúdos de Cálculo na mesma intensidade e, portanto a comparação entre os trabalhos pode ser facilitada. O enriquecimento dos trabalhos poderia ser ampliado ao instigar os grupos a buscarem alternativas diferenciadas para solucionar o problema, em função do material a ser utilizado, da viabilidade dos entornos, ou seja, lançar inquietações, pois quanto mais os grupos criarem e diferenciarem-se, visualiza-se outras possibilidades de exercitarem os conteúdos da UC de Cálculo.

Entende-se que a visão mais ampla da aprendizagem do Cálculo é dos docentes envolvidos. O docente da UC de Cálculo avaliou positivamente o aprendizado dos alunos e atribuiu a consolidação dos conteúdos aos trabalhos realizados em grupo no PBL. Entretanto a avaliação do docente que apoiava o projeto no âmbito das UCs de matemática alega que nem todos obtiveram o sucesso esperado, pelo menos, na avaliação do teste final sobre o relatório final entregue pela equipa. De certa forma compreende-se, pois o professor procura estratégias para os alunos atingirem os objetivos e quer que todos os alunos obtenham os melhores resultados. Também pode ter ocorrido entre o grupo de trabalho uma divisão de tarefas como uma forma de diminuir as responsabilidades, entretanto percebe-se que compartilhar a aprendizagem é um fator primordial a ser alcançado.

5 Considerações finais

O artigo investigou as atividades realizadas pelos alunos e discutiu a aprendizagem adquirida durante a execução dos projetos interdisciplinares no decorrer do 1º semestre do 1º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (MIEGI) da Universidade do Minho na unidade curricular (UC) de Cálculo no 1º semestre letivo de 2012/13. Os documentos analisados foram os relatórios (preliminar e final), as apresentações (preliminar e final) e os *feedback* produzidos pelos alunos. Em linhas gerais, foi possível entender que os conteúdos de Cálculos foram aplicados a contento ao longo do projeto interdisciplinar. Também ocorreram e pode-se dizer que com maior relevância a integração dos conteúdos, a vivencia dos alunos, ou seja, os alunos ativamente puderam experienciar a metodologia de projetos e demonstraram o interesse em planejar uma empresa e dessa forma os conteúdos deram suporte para as decisões a serem tomadas. Como um todo, os relatórios estão além do esperado para alunos do 1º semestre do 1º

ano de um curso superior. É possível evidenciar que em todos os relatórios ocorreu a integração das UCs, ou seja, a interdisciplinaridade se fez presente durante a execução dos projetos.

Nos relatórios também foi possível perceber as competências transversais descritas pelos próprios alunos como atingidas durante a realização dos projetos.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado por projetos da Fundação para a Ciência e Tecnologia – FCT, Portugal, com a seguinte referência PEST-OE/EME/UI0252/2011.

Referências

Alves, A. C., Mesquita, D., Moreira, F., Fernandes, S., 2012a. *Teamwork in Project-Based Learning: engineering students' perceptions of strengths and weaknesses*, Paper presented at the International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE'2012): Organizing and Managing Project Based Learning Challenges, São Paulo – Brasil, pp. 23-32.

Alves, A. C., Moreira, F., Lima, R. M., Sousa, R. M., Dinis-Carvalho, J., Mesquita, D., Fernandes, S., & van Hattum-Janssen, N., 2012b, "Project Based Learning in first year, first semester of Industrial Engineering and Management: some results" Proceedings of the ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE2012), November 9-15, 2012, Houston, Texas, USA.

Alves-Mazzotti, Alda Judth. 1999. O planejamento de pesquisas qualitativas. In: Alves-Mazzotti, A: J.; Gewandsnajder, F. O método nas ciências naturais e sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa. 2ª ed. São Paulo: Pioneira, 1999.

Baracat, D. E.; Witkowski, F. M. e Cutri, R. 2012 Proposição de projetos e o uso de informática no ensino de Cálculo Diferencial e Integral II na engenharia. In: PAEE'2012 - Project Approaches in Engineering Education: Organizing and Managing Project Based Learning, 2012, São Paulo-PUC/SP Brazil. 4th International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE 2012s): Organizing and Managing Project Based Learning. 111-118.

Bransford, J. D.; Brown, A. L. & Cocking, R. R. 2001. How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School, Eds. Washington, DC: Nat. Academy Press, 2001.

Fernandes, S.; Flores, M. A. e Lima, R. M., 2011. "A Avaliação dos Alunos no Contexto de um Projeto Interdisciplinar". In: Educação em Engenharia. Novas Abordagens. CAMPOS, Luiz Carlos de; DIRANI, Ely Antonio Tadeu e Manrique, A. L. (Orgs). São Paulo: Educ, 2011.

Fernandes, S. & Flores, M. A. 2011. "O Project-Led Education (PLE) como Estratégia de Aprendizagem Cooperativa: Potencialidades e Constrangimentos". UM. CIEd. Actas do Congresso Ibérico/ 5º Encontro do GT-PA 2011.

Fernandes, S. 2010. Aprendizagem baseada em Projectos no Contexto do Ensino Superior: Avaliação de um dispositivo pedagógico no Ensino de Engenharia. Tese de Doutoramento em Ciências da Educação. Especialidade de Desenvolvimento Curricular. Universidade de Minho, Braga. Portugal. 2010.

Guia MIEGI 11 PIEGI1 2012. Guia De Projeto de Aprendizagem 2011/2012 MIEGI 11 - PIEGI11. UMINHO, 2012. 16.

Inter-Transdisciplinaridade e transversalidade. Instituto Paulo Freire/Programa de Educação Continuada. Disponível em: <http://www.inclusao.com.br/projeto_textos_48.htm>. Acesso em: 17 out. 2012.

Kilpatrick, W. H., 1918, "The project method" Teachers College Record, Vol. 19, No. 4, pp.319-335.

Kilpatrick, W. H., 1921, "Dangers and difficulties of the project method and how to overcome them: Introductory statement: Definition of terms" Teachers College Record, Vol. 22, No. 4, pp.283-287

Lima, R. M., Carvalho, D., Flores, M. A. and van Hattum-Janssen, N., 2007, "A case study on project led education in engineering: students' and teachers' perceptions." European Journal of Engineering Education, 32(3): 337 - 347. (http://dx.doi.org/10.1080/03043790701278599)

Lima, R. M., Carvalho, D, Sousa, R. M., Alves, A. 2009. "Management of interdisciplinary Project Approaches in Engineering Education: a case Study". 1st Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education – PAEE 2009, UMINHO, Portugal.

Lima, R. M., Carvalho, D., Sousa, R. M. S., Alves, A., Moreira, F., Mesquita, D. &Fernandes, S. 2011. "Estrutura de Gestão para Planejamento e Execução de Projetos Interdisciplinares de Aprendizagem em Engenharia". In: Educação em Engenharia. Novas Abordagens. CAMPOS, Luiz Carlos de; Dirani, Ely Antonio Tadeu e Manrique, Ana Lúcia (Orgs). São Paulo: Educ, 2011.

Lima, R. M. 2012a. O que é PBL? Publicado em 05/03/2012 Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=43LbarfoIUo&feature=autoplay&list=PLDD4C2BFA23656E29&playnext=1> 2012a. Acesso em: 02 out 2012.

Lima, R. M. 2012b. O método PBL. Entrevista. Publicado em 03/08/2012 Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=2PXNEO93L6A&feature=bf_prev&list=PLDD4C2BFA23656E29> 2012.b. Acesso em: 02 out 2012.

Lima, R. M. 2012c Aprendizagem baseada em projetos interdisciplinares: conceitos, implementação e resultados. ENCEP - Natal - Maio de 2012. Disponível em: <www.abepro.org.br/arquivos/websites/41/PBL_RUI%20LIMA.pptx> 2012.c. Acesso em: 12 out 2012.

Masetto, M. T. 2001. Atividades pedagógicas no cotidiano da sala de aula universitária: Reflexões e sugestões práticas. In: Castanho, Sergio e Castanho, Maria Eugênia (orgs). Temas e textos em metodologia do ensino superior. Campinas: Papirus, 2001.

Mesquita, D. 2008. Avaliação Processual da Experiência PLE: Uma reflexão sobre as dinâmicas e as práticas do trabalho em equipa. Anexo IV: Carta dos Alunos PLE 2007/2008. Relatório de Estágio 2008. Universidade do Minho, Braga. 2008.

Mitchell, J. E.; Canavan, B., & Smith, J. 2010. Problem-Based Learning in Communication Systems: Student Perceptions and Achievement. IEEE Transactions on Education. November 2010. 587-594.

Mohan, A.; Merle, D; Jackson, C; Lannin, J.& Nair, S. S. 2010 Professional Skills in the Engineering Curriculum. IEEE Transactions on Education. November 53(4), 2010.

Moreira, F.; Souza, R.; Leão, P.C.; Alves, A. & Lima, R. M.2009. Project-led engineering education: assessment model and rounding errors analysis 3rd International Conference on Integrity, reliability and Failure, Anais, Porto/Portugal, 20-24 july, 2009.

Sáinz, F. 1958. El método de proyectos. Série: La Nueva Educacion; 1 Buenos Aires: Losada, 1958. 112.

Triviños, A. N. S.1987. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

Oliveira, S. L. d. 2002 Tratado de Metodologia Científica: projetos de pesquisas, TGI, TCC monografias, dissertações e teses. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.