



**Autoaprendizagem com Projetos de I&D:  
Estudo de Caso no Âmbito das  
Infraestruturas de Transporte**

Silvino Capitão

Artigo integrado na  
**Parte 4 "Domínio das Engenharias"**  
da publicação.

**Páginas do artigo**  
257 a 275

**Título da Publicação**  
Ciências Aplicadas: Coletânea de Estudos

**Coordenação**  
Susana Gonçalves, Helena Almeida, Paula Fonseca, Cândida Malça,  
Fátima Neves, Carlos Dias Pereira e Marco Veloso

**Data de publicação**  
Fevereiro de 2017

**Editor**  
CINEP/IPC

**ISBN (impresso)** 978-989-99463-0-9

**ISBN(ebook)** 978-989-99463-1-6

## Nota biográfica

### Silvino Capitão

Engenheiro Civil, Especialista em Transportes e Vias de Comunicação pela Ordem dos Engenheiros, doutorado pela Universidade de Coimbra em Engenharia Civil (Urbanismo, Ordenamento do Território e Transportes) e pós-graduado em gestão (Executive MBA). É Professor Coordenador no ISEC, UO do Instituto Politécnico de Coimbra e membro investigador do CERIS/CESUR (Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability) no IST (Universidade de Lisboa) desde 2011. Desenvolve a sua atividade na área das infraestruturas de transporte, sendo responsável pelo Laboratório de Pavimentos Rodoviários (LPR). Tem participado em tarefas de cooperação empresarial na área das infraestruturas de transporte, particularmente em trabalhos de consultoria relacionados com Pavimentação Rodoviária e Aeroportuária. Mais recentemente tem lecionado também na área da Logística, do Empreendedorismo e Inovação. É representante do ISEC na Centro Habitat - Plataforma para a Construção Sustentável desde 2007.



## **Autoaprendizagem com Projetos de I&D: Estudo de Caso no Âmbito das Infraestruturas de Transporte**

Silvino Capitão

O curso de mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), unidade orgânica do Instituto Politécnico de Coimbra (IPC), iniciou-se em 2008, tendo decorrido até ao momento sete edições. O curso tem a duração de dois anos letivos, sendo constituído por quinze unidades curriculares, doze no primeiro ano e três no segundo, as quais correspondem a 75 ECTS (do Sistema Europeu de Transferência de Créditos). Além disso, no segundo ano, os alunos realizam uma dissertação, um projeto ou um estágio de natureza profissional (no que se segue designado por projeto), correspondente a 45 ECTS.

O projeto é uma componente diferenciadora do curso comparativamente à aprendizagem formal dos alunos de engenharia civil. Até esta fase da sua formação, o processo de ensino/aprendizagem baseia-se em aulas, estruturadas por um docente, que decorrem em regime presencial. Durante o projeto, apenas ocorrem contactos regulares entre o aluno e o orientador para troca de ideias e discussões sobre o trabalho em curso.

Este texto refere-se ao processo de aprendizagem dos estudantes do referido mestrado durante o projeto quando realizado na área das infraestruturas de transporte. Além disso, debruça-se sobre a metodologia seguida, apresentando algumas reflexões sobre os aspetos positivos e negativos do processo de aprendizagem dos alunos.

### **Aprendizagem em engenharia civil com base em projetos**

Alguns autores, como Schon (1987), citado por Gavin (2011), sugerem que

os engenheiros quando atuam na sua profissão refletem durante a ação e, por isso, as competências necessárias à sua formação não podem ser ensinadas num ambiente de sala de aula ou de laboratório mas apenas num estúdio de projeto.

A indústria da engenharia tem uma natureza dinâmica e isso exige uma constante mudança no processo educativo (Toft, Howard, & Jorgensen, 2003, citados por Stewart, 2007). Os modernos programas de formação de engenheiros deveriam preparar os estudantes para cenários que imitam os ambientes que terão de enfrentar enquanto profissionais. A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) tem ajudado os estudantes, em certa medida, a utilizarem os fundamentos conceituais da engenharia para desenvolver, de forma holística, soluções aceitáveis para problemas de engenharia (Ribeiro & Mizukami, 2005, citados por Stewart, 2007).

Através da ABP os estudantes procuram soluções para problemas não triviais, questionando e refinando perguntas, debatendo ideias, fazendo previsões, concebendo planos e/ou experiências, recolhendo e analisando dados, tirando conclusões, comunicando as suas ideias e resultados a outros (Blummenfeld *et al.*, 1991, referidos por Pomales-García & Barreto, 2014). A inovação conseguida em projetos de I&D não compreende apenas o desenvolvimento de produto mas também o autodesenvolvimento das pessoas envolvidas (Bary & Rees, 2006).

Esta forma de consideração do problema da aprendizagem tem levado a um crescente interesse pela aplicação de ABP. De Graaff & Ravesteijn (2001) referem que a ABP dá a oportunidade para desenvolver competências ao nível do trabalho de equipa, da resolução de problemas e da liderança numa estrutura, verificando-se que os alunos aceitam controlar o que deve ser aprendido e do modo como isso deve acontecer. O *Project Based Learning in Engineering* (PBLE, 2003) refere que a ABP apresenta os seguintes benefícios: melhoria na compreensão; melhoria do contexto e motivação dos alunos; a teoria é compreendida e aplicada numa situação que se assemelha a um cenário laboral; melhoria das competências de comunicação de matérias baseadas na



teoria; capacidade de aplicação da teoria para aplicações reais; melhoria na retenção.

Porém, a aprendizagem da engenharia tende a ser hierárquica, o que pode resultar em falhas quando determinados conceitos essenciais ficam em falta (Perrennet, Bouhutjs & Smits, 2000, referidos por Gavin, 2011). À medida que a aprendizagem de noções essenciais à formação de um engenheiro vai sendo consolidada, maior é o sucesso esperado para uma ABP.

Por exemplo, no programa de mestrado em engenharia civil da *University College Dublin*, com dois anos de duração após o primeiro ciclo de três anos, têm aplicado com sucesso um modelo híbrido no qual os alunos frequentam aulas presenciais convencionais e, em paralelo, participam em módulos que envolvem cerca de 30% da quantidade de trabalho, nos quais resolvem casos de estudo em projetos especialmente concebidos para o efeito (Gavin, 2011).

Outro exemplo, apresentado por Stewart (2007), relata os resultados obtidos num projeto de aplicação de ABP num curso de pós-graduação em engenharia e gestão industrial na Universidade de Griffith. Os resultados sugerem que os estudantes que têm uma maior capacidade de autogestão da sua aprendizagem tiram maior ganho de ambientes de ABP. Segundo aquele autor, esta conclusão não parece ser surpreendente porquanto a APB exige aos estudantes que explorem e reúnam conhecimento, e tomem decisões em tempo útil. Além disso, os estudantes que são proativos e sistemáticos no seu processo de aprendizagem são capazes de recolher dados mais cedo e de tomar decisões de forma mais informada nos diferentes estágios do projeto, produzindo resultados mais completos. Verificaram ainda que os estudantes ficam mais satisfeitos com a ABP porquanto podem explorar os problemas numa forma mais profunda, ganhando mais competências.

Noutro caso em que os projetos se destinavam a resolver problemas concretos da comunidade, Goggins (2012) verificou que os estudantes adquirem um sentido de orgulho e satisfação ligado ao facto do seu trabalho poder ajudar comunidades e que a aprendizagem não é apenas para obter resultados para

ter sucesso num exame. Aquele autor verificou também o sentido de posse do próprio conhecimento por parte dos estudantes que participaram nos projetos.

Os processos de implementação de ABP não estão isentos de obstáculos. Podem referir-se como exemplos a relutância do corpo docente, a falta de capacidade deste para que a ABP dê bons resultados ou a existência de alunos pouco adaptados a uma aprendizagem autodirigida, por terem tido no passado uma aprendizagem predominantemente centrada no professor (Stewart, 2007).

## **Conceção e desenvolvimento dos projetos de I&D em infraestruturas de transporte**

### **Planeamento e objetivos**

Os projetos desenvolvidos no âmbito das infraestruturas de transporte têm sido realizados de forma individual pelos alunos. Porém, alguns projetos foram planeados de forma a obter benefícios de um trabalho colaborativo entre dois ou três estudantes, o que lhes tem permitido um desenvolvimento mais completo dos projetos.

Num período inicial, por proposta do orientador ou do aluno, analisam-se vários problemas reais de engenharia civil com potencial para serem analisados e resolvidos no âmbito do trabalho que se pretende realizar. Esta análise é feita numa sessão de discussão entre o estudante e o orientador, de modo a antever as dificuldades e a delinear possíveis metodologias de trabalho. Tem-se verificado que a sessão de debate inicial é fundamental para cativar o aluno para as diferentes temáticas envolvidas, o que, por um lado, aumenta a sua motivação para a participação em determinado projeto e, por outro lado, o prepara para ultrapassar os obstáculos futuros.

A sessão inicial é o ponto de partida para o planeamento e definição dos objetivos do projeto. Nesta fase, o aluno decide o projeto que vai realizar e, a partir desse instante, passa a demonstrar um certo sentido de posse do projeto

que escolheu.

O orientador e o estudante elaboram um plano, por escrito, no qual identificam as áreas de conhecimento envolvidas, os intervenientes (em geral, o aluno, o orientador e entidades externas) e os pré-requisitos em termos de meios humanos e materiais previsivelmente necessários. É também no plano que se regista a motivação do trabalho e o seu enquadramento, e se estabelecem os principais objetivos a atingir. As várias etapas do projeto e a sua calendarização são também definidas no plano.

O planeamento das ações é um ato de reflexão que permite ao aluno identificar-se com as grandes linhas orientadoras do projeto que terá de realizar: organiza a sua forma de atuar, ajuda a antecipar as dificuldades, estabelece metas importantes, ajuda à programação temporal das atividades e identifica os objetivos a atingir. Este exercício formal, provavelmente nunca antes efetuado pelo aluno, contribui para o desenvolvimento de competências transversais (*soft skills*) imprescindíveis para a atividade profissional futura.

### **Implementação e *feedback***

A implementação do projeto exige o envolvimento contínuo do orientador e do estudante. Nos casos em que o projeto se baseia em atividades preferencialmente experimentais, é necessário colocar à disposição do aluno as condições materiais indispensáveis à prossecução do plano de ensaios. Além disso, o orientador contribui para estabelecer, quando necessário, pontes com as empresas que podem colaborar no fornecimento de matérias-primas ou informação, para o desenvolvimento do projeto. Noutros casos, os alunos desenvolvem projetos de forma embebida no ambiente profissional e o orientador estabelece a ligação com a entidade de acolhimento, para que o plano inicialmente traçado seja completado com sucesso.

A implementação do projeto inicia-se por um período de leitura orientada sobre as temáticas do mesmo. Trata-se de uma etapa importante porquanto

permite ao estudante adquirir a percepção da envolvente do problema que está a resolver. Além do conhecimento técnico adquirido nesta etapa do projeto, deve ser incentivada a capacidade de pesquisa, de análise e de síntese dos alunos. Ao contrário dos hábitos de aprendizagem passados, o estudante é confrontado com a necessidade de escolher fontes de informação fidedignas e textos relevantes que lhe permitam alcançar o conhecimento necessário para o projeto.

As etapas calendarizadas sofrem desvios por diversas razões: avaria de equipamentos, condições de trabalho de campo não reunidas nos prazos previstos, dados necessários indisponíveis, resultados experimentais inesperados, entre outras. Trata-se da fase habitualmente mais longa e, por isso, aquela que permite ao aluno desenvolver várias componentes das suas competências pessoais: tolerância à pressão, resiliência, manutenção dos níveis de motivação e procura de estratégias alternativas para ultrapassar os obstáculos.

Nesta etapa, continua a ser crucial o apoio consistente do orientador, de modo a contribuir para que as dificuldades se transformem em oportunidades de evolução das competências dos alunos. Há uma clara rutura dos hábitos de aprendizagem dos alunos em relação ao passado e isso leva os estudantes a sentirem-se perdidos e ansiosos, sem capacidade para decidir o que fazer (Bary & Rees, 2006). Por isso, o apoio deve procurar que os alunos expressem os seus receios que possam inibir o desenvolvimento de competências. É também fundamental que o orientador, no seu papel de facilitador, forneça ideias claras sobre o que pode ser feito.

A interação entre o orientador e o estudante deve ser intensa neste período. A realização de sessões de debate e reflexão, com uma periodicidade de cerca de uma semana, é indispensável para dar *feedback* ao aluno sobre o trabalho desenvolvido, quer do ponto de vista da quantidade de tarefas efetuadas, quer em termos da sua qualidade. A este propósito, Usher (1985) refere que a função de suporte aos alunos deve permitir-lhes tomar consciência do conhecimento e competências que adquiriram através das suas práticas de aprendizagem.





Nos casos que servem de base a este texto foram realizadas sessões de acompanhamento semanais, entre o orientador e o aluno, durante as quais o estudante apresentava, de forma informal, o trabalho realizado. Estes momentos de reflexão permitiram discutir ao longo do tempo em que se desenvolveram os projetos, por exemplo, as metas definidas, as ações implementadas e os recursos mobilizados. Os exercícios de reflexão que as sessões envolveram contribuíram bastante para reforçar e confrontar a direção de autoaprendizagem seguida pelo estudante com o ponto de vista de um “especialista” (Bary & Rees, 2006).

Segundo Bary & Rees (2006), o estudante é chamado a sair da representação escolástica clássica da aprendizagem para um ponto de vista mais autónomo e ativo, tomando à sua responsabilidade o processo da sua aprendizagem. Isso implica abandonar uma abordagem centrada no conhecimento para uma abordagem centrada nas competências. O objetivo não é o conhecimento propriamente dito mas a capacidade de o utilizar de forma apropriada.

## Resultados

Desde 2010 o autor participou como orientador em cerca de 20 projetos de I&D na área de infraestruturas de transporte, tendo incluído projetos com várias tipologias: uns marcadamente laboratoriais com e sem trabalho de campo associado, outros realizados através da interação com organizações para a análise de informação fornecida por aquelas, e outros, ainda, desenvolvidos em ambiente profissional dentro das organizações parceiras.

Os resultados que se apresentam nesta secção dizem apenas respeito à perspectiva do orientador. A perceção dos alunos sobre as suas aprendizagens e competências adquiridas, assim como as dificuldades experimentadas, são apresentadas mais adiante.

O resultado material de um projeto realizado é um texto, apresentado na forma de dissertação ou relatório. O texto é submetido à apreciação de um júri, o qual inclui docentes de outras escolas de engenharia portuguesas, considerados

especialistas na área dos projetos. A prova pública de avaliação do trabalho compreende uma apresentação por parte do autor do projeto e uma discussão.

Das competências desenvolvidas pelos alunos no âmbito da preparação da prova final, devem destacar-se as relativas à produção de um documento extenso e estruturado. De facto, não obstante a ação de aconselhamento do orientador, os alunos têm de estruturar o documento de forma coerente, em termos da sequência de ideias, e formalmente adequada. Na maioria dos casos, nunca antes os alunos participaram numa tarefa do mesmo género. Por isso, a tarefa que realizam confere-lhes competências ao nível da organização de matérias, da escrita, da capacidade de síntese e de análise, e de edição eletrónica de textos.

Além disso, não raras vezes os alunos utilizam análises prévias aos resultados que obtiveram, recorrendo a aplicações informáticas específicas, como folhas de cálculo eletrónicas, programas de tratamento estatístico de dados, sistemas de informação geográfica, programas de modelação específicos, só para referir alguns. Trata-se, sem dúvida, de uma forma muito proveitosa de adquirir competências transversais necessárias à prática profissional de engenheiro.

Os alunos têm de estruturar a apresentação de forma a evidenciar os aspetos relevantes do projeto que se propuseram desenvolver, da metodologia utilizada, das dificuldades que foi necessário ultrapassar para a prossecução dos objetivos, dos resultados alcançados, e dos trabalhos que deverão ser prosseguidos no futuro para o desenvolvimento de aspetos que não foram cobertos pelo projeto. Em projetos que envolvem alguma complexidade, a clareza da exposição e a capacidade de síntese são competências cruciais para o sucesso da tarefa.

Nos projetos já concluídos, cada um dos alunos participou numa apresentação prévia, seguida de uma sessão de reflexão com o orientador. Este exercício permitiu a análise crítica conjunta da apresentação, ajudando os alunos, por um lado, a identificarem aspetos importantes do projeto, pouco evidenciados na apresentação e, por outro lado, a excluírem tópicos menos relevantes. Além disso, o orientador controlou o tempo de apresentação, o que lhe permitiu



dar indicações para o cumprimento do tempo. Note-se que alguns alunos evidenciaram dificuldades na clareza da apresentação o que foi melhorado com o exercício prévio de reflexão.

A prova pública oral pressupõe a avaliação técnica das matérias tratadas no projeto. Os alunos estão cientes disso e preparam-se habitualmente de forma adequada para um bom desempenho nessa área. Porém, em geral, estão menos preparados para um exercício de argumentação muito comum em provas orais. Ora, verificou-se que o percurso de autoaprendizagem e de sessões de reflexão, sobre as atividades realizadas e as decisões tomadas ao longo do projeto, contribuíram de forma relevante para as competências de argumentação dos alunos. Nalguns casos, verificou-se que os alunos, após cerca de nove meses de atividade no projeto, desenvolveram muito boas capacidades a este nível, o que avaliza o processo de autoaprendizagem seguido.

O ambiente de aprendizagem seguido nos projetos sobre infraestruturas de transportes tem-se mostrado particularmente benéfico para os alunos. Tem-se verificado que o seu desempenho na realização das etapas do projeto, na conceção e escrita do documento final e na prova pública têm superado largamente o desempenho médio dos mesmos alunos na parte do curso com aulas formais, não obstante uma parte significativa daquelas incluírem pequenos projetos e trabalhos práticos. O grau de motivação evidenciado pelos alunos ao longo do projeto é um fator fundamental para os resultados finais, quer no que se refere ao desenvolvimento da parte técnica do projeto, quer no que diz respeito à aquisição de competências transversais.

Dependendo dos níveis de motivação dos alunos e do grau de inovação dos projetos desenvolvidos, os alunos desenvolveram alguns sentimentos de pertença relativamente às técnicas e soluções que estudaram e desenvolveram durante os projetos.

Como corolário de cada um dos projetos desenvolvidos, têm sido apresentados em conferências nacionais e internacionais da especialidade artigos relativos aos projetos desenvolvidos. Trata-se de uma forma de aumentar o nível de

satisfação dos alunos em relação ao trabalho desenvolvido e de lhes permitir o contacto com uma realidade com a qual não tinham qualquer relação anterior.

### **Perceção dos estudantes em relação ao processo de autoaprendizagem**

Recolheu-se informação para avaliar, de forma qualitativa, a perceção dos alunos em relação ao processo de autoaprendizagem que se descreveu, questionando os estudantes envolvidos no processo. De seguida, apresenta-se uma súmula das principais ideias referidas nas respostas a quatro questões.

#### **Nível de competências dos alunos antes do projeto**

Cerca de 85% dos alunos que responderam ao questionário referiram que as suas competências técnicas e científicas antes da realização do projeto na área do conhecimento do mesmo eram reduzidas ou mesmo nulas.

No que diz respeito às metodologias de pesquisa de informação, os alunos manifestaram, de forma claramente maioritária, que dispunham das habilidades necessárias adquiridas durante a parte letiva do mestrado.

No que se refere às competências para obtenção e análise de resultados, incluindo a utilização de *softwares* específicos para o efeito, as opiniões dos alunos não apresentam uma tendência clara. Nalguns casos utilizaram *softwares* e competências laboratoriais que já dominavam parcialmente, enquanto noutros casos não dispunham de quaisquer competências em relação a esses aspetos.

#### **Competências dos alunos adquiridas durante o projeto**

Os alunos respondentes destacam dentre as competências adquiridas durante o projeto as seguintes:

- Competências transversais: melhoria das rotinas de trabalho; melhoria da capacidade de planeamento e da gestão do tempo; maior foco no cumprimento de objetivos nos prazos estabelecidos; melhoria da capacidade para organizar um documento escrito; maior espírito e capacidade de análise; melhoria da capacidade para escolher a informação mais relevante; melhoria da escrita, utilizando linguagem adequada, clara e objetiva; maior poder de síntese; maior capacidade para explorar assuntos desconhecidos e para identificar lacunas na informação disponível; aprendizagem com os erros; maior capacidade para contornar a adversidade; melhoria da autoconfiança no trabalho; capacidade para analisar os problemas sob vários pontos de vista.
- Competências profissionais: aprofundamento dos conhecimentos sobre o tema o projeto; maior conhecimento das metodologias de recolha de dados e de análise de resultados; consolidação de conhecimentos; alargamento dos conhecimentos sobre temáticas complementares ao projeto; aquisição de experiência laboratorial; maior sensibilidade sobre as propriedades dos materiais decorrente da sua manipulação no laboratório; aquisição de conhecimentos do quadro normativo nacional e europeu aplicável; mais agilidade na utilização de *software* específico.

### **Dificuldades sentidas em relação ao processo de autoaprendizagem**

A lista que se apresenta a seguir resume as dificuldades identificadas pelos alunos:

- gestão do tempo; incerteza sobre a relevância dos dados disponíveis; falta de competências de pesquisa bibliográfica em fontes fidedignas; insuficiente capacidade para a análise da relevância da informação; excesso de informação disponível; utilização da terminologia adequada em língua portuguesa a partir de documentos em inglês e francês; capacidade de escrita; assimilação de conceitos pouco conhecidos; relacionamento de

várias temáticas envolvidas no projeto; estabelecimento de procedimentos laboratoriais quando não normalizados; falta de tempo para a realização das tarefas do projeto e da atividade profissional; necessidade de aprender por um processo de tentativa e erro; dificuldade em cumprir prazos por incumprimentos de terceiros (por exemplo, empresas); insuficiente capacidade crítica e analítica.

### **Pontos fortes e pontos fracos da autoaprendizagem**

Os alunos identificaram um conjunto de pontos fortes e fracos associados ao processo de autoaprendizagem seguido, e que se reproduzem a seguir.

- Pontos fortes: desenvolvimento de um sentimento de responsabilidade, maior nível de autonomia e empenho; melhoria das competências de trabalho em grupo (nos casos aplicáveis); mais segurança na tomada de decisão; identificação de qualidades pessoais desconhecidas, como a persistência em relação às dificuldades; autodisciplina; melhoria da autoconfiança e autonomia; reuniões de reflexão semanais; realização de ensaios laboratoriais e análise dos resultados, para comparação com outros casos de estudo; exploração de capacidades do *software* específico utilizado, de modo a resolver problemas complexos; reuniões de reflexão *online* e com flexibilidade de horário; acesso a muita informação bibliográfica sobre o tema do projeto; acesso a grande diversidade de dados; reflexão sobre diferentes visões de diferentes autores sobre o mesmo tema; realização de um trabalho por etapas, com metas parcelares; necessidade de estruturar muito bem cada etapa; necessidade de organizar os resultados laboratoriais alcançados para análise posterior; desenvolvimento de capacidades de pesquisa, organização de ideias e de escrita.
- Pontos fracos: dependência de terceiros para obtenção de dados; necessidade de uma orientação próxima no início do processo; incumprimento de prazos quando as entidades externas não cumprem as datas estabelecidas; o sucesso da metodologia depende muito da atitude



do orientador e do aluno envolvidos no projeto; alcance de objetivos muito dependente de recursos existentes; falta de qualidade de alguns dados obtidos externamente.

### **Contributos para a sociedade decorrentes dos projetos de I&D**

Os projetos realizados permitiram estudar materiais ou técnicas inovadores ou pouco conhecidos, destinados a conservar, de forma mais sustentável (ou seja, com menos risco para as gerações futuras), estradas e caminhos de ferro, os quais contribuem de forma vital para a mobilidade de pessoas e mercadorias no território e, portanto, para a economia dos países.

Estudou-se a utilização de betão britado (um RCD - resíduo de construção e demolição) como material constituinte de misturas betuminosas para pavimentos rodoviários, em substituição de rocha natural britada. O material obtido tem características que podem ser consideradas adequadas para algumas camadas dos pavimentos, ao mesmo tempo que permite reciclar e valorizar um volume considerável de RCD.

Outro projeto focou-se no estudo de misturas betuminosas com incorporação de granulado de pneus em fim de vida. Dada a boa resistência das misturas com borracha à propagação de fendas, foi possível evidenciar que aquele tipo de misturas têm uma durabilidade superior à das convencionais quando utilizadas como camadas de reforço de pavimentos degradados.

Fez-se uma análise de uma mistura betuminosa temperada, ou seja, que consome menos energia que as convencionais no seu fabrico. Além disso, incorporou-se material reciclado de pavimentos degradados (MBR), e produziu-se uma mistura do tipo SMA, a qual resiste mais em climas quentes como o português. O estudo mostrou que pelo facto da mistura ser temperada e incorporar MBR não influenciou negativamente a sua resistência.

Um outro estudo centrou-se na obtenção de propriedades de misturas betuminosas de acordo com a Diretiva Europeia dos Produtos de Construção,



a qual permite a eliminação de barreiras técnicas ao comércio de produtos de construção no mercado europeu, através da marcação CE. As metodologias (de formulação) que permitem estabelecer as proporções dos diversos constituintes sofreram evoluções consideráveis. Por isso, procedeu-se à formulação volumétrica de uma mistura betuminosa, de modo a evidenciar as diferenças entre a composição que se chega em comparação com as metodologias mais convencionais.

Fez-se a avaliação de características superficiais de camadas de desgaste, como a resistência à derrapagem, quando se utilizam agregados de seixo britado (material abundante na região centro e pouco utilizado). Mostrou-se que a resistência à derrapagem esperada é adequada, garantindo condições de segurança à circulação.

Com base num inquérito realizado a 25 municípios portugueses, ficou a conhecer-se a situação existente sobre as técnicas de conservação utilizadas e o processo de decisão envolvido. Desenvolveu-se uma metodologia simples de apoio à decisão, permitindo maior objetividade no processo na aplicação das ações de conservação dos pavimentos rodoviários dos municípios.

Construiu-se também um modelo físico de um pavimento, para o estudo *in situ* das propriedades das suas várias camadas, formadas por diferentes materiais, durante e após a sua construção, recorrendo a diversos equipamentos ligeiros que têm a capacidade de utilizar métodos não destrutivos. Verificou-se que é possível relacionar parâmetros caracterizadores dos materiais obtidos por diferentes processos e de forma rápida.

Analisaram-se as metodologias de inspeção e de manutenção utilizadas em duas redes ferroviárias portuguesas distintas, a da REFER e a do Metro do Porto. As exigências dos utilizadores levam a que as entidades gestoras tenham de administrar da melhor forma possível os seus recursos, para tornarem as redes eficientes, modernas e atrativas para novos utilizadores. O projeto caracterizou a manutenção de vias-férreas realizada em Portugal, comparando o modo de atuação das duas entidades.





Analisaram-se dados recolhidos durante 16 anos na rede rodoviária americana, de modo a estudar a evolução do estado de conservação dos pavimentos, em função das técnicas de conservação aplicadas. Dada a inexistência de dados semelhantes em Portugal, o estudo procurou transpor as conclusões para o território português, tendo em consideração as condições climáticas e de solicitação do tráfego.

Estudaram-se três anos de registos de acidentes na cidade de Coimbra (2010 a 2012). Utilizou-se o parâmetro VHL – valor hierárquico do local como indicador de segurança das vias e das interseções (o VHL associa o volume de tráfego, o número de acidentes e a sua gravidade). A metodologia apresentada é útil para, de forma relativamente simples, apoiar as entidades gestoras na monitorização da segurança rodoviária nas redes rodoviárias urbanas, de forma a reduzir a sinistralidade, ao mesmo tempo que permite àquelas entidades comunicar os resultados à população de forma que a mesma possa entender.

## **Conclusões**

A metodologia de autoaprendizagem que tem sido aplicada no âmbito dos projetos de mestrado em engenharia civil do ISEC, na área das infraestruturas de transporte, é percecionada pelos alunos como benéfica para o desenvolvimento de competências transversais e profissionais, verificando-se um elevado nível de satisfação.

Os resultados qualitativos obtidos estão em linha com as indicações da bibliografia, comprovando-se a utilidade da metodologia, quer para a formação de um engenheiro, quer como contributo para a sociedade decorrente dos projetos de I&D realizados.

## Referências

- Bary, R. & Rees, M. (2006). Is (self-directed) learning the key skill for tomorrow's engineers? *European Journal of Engineering Education*, 31(1), 73-81.
- Blummenfeld, P., Soloway, E., Marx, R., Krajcik, J., Guzdial, M. & Palincsar, A. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, 26 (3/4), 369–398.
- Graaff, E. & Ravesteijn, W. (2001). Training complete engineers: global enterprise and engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 26 (4), 419–427.
- Gavin, K. (2011). Case study of a project-based learning course in civil engineering design. *European Journal of Engineering Education*, 36 (6), 547-558.
- Goggins, J. (2012). Engineering in communities: learning by doing. *Campus-Wide Information Systems*, 29(4), 238-250.
- PBLE (2003). *A Guide to Learning Engineering through Projects*. Fund for the Development of Teaching and Learning. Project Based Learning in engineering.
- Perrennet, J., Bouhutjs, P. & Smits, J. (2000). The suitability of problem-based learning for engineering education: theory and practices. *Teaching in Higher Education*, 5 (3), 2–16.
- Pomales-García, C. & Barreto, K. (2014). Comparative analysis of student self-reflections on course projects. *European Journal of Engineering Education*, 39 (6), 685-699.
- Ribeiro, L. & Mizukami, M. (2005). Problem-based learning: a student evaluation of an implementation in postgraduate engineering education. *Eur. J. Engng Educ.*, 30, 137–149.



- Schon, D. (1987). *Educating the reflective practitioner: Towards a new design for teaching professional*. New York: Basic Books.
- Stewart, R. (2007). Investigating the link between self directed learning readiness and project-based learning outcomes: the case of international Masters students in an engineering management course. *European Journal of Engineering Education*, 32 (4), 453-465.
- Toft, Y., Howard, P. & Jorgensen, D. (2003). Human-centred engineers – a model for holistic interdisciplinary communication and professional practice. *Int. J. Ind. Ergonom*, 31, 195–202.
- Usher, R. (1985). Beyond the anecdotal: adult learning and the use of experience. *Studies in the Education of Adults*, 1(17), 59–74.