

O TEMPO DO APRENDIZADO: CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTRUTURAS CURRICULARES PARA ENGENHARIA

Marcos Azevedo da Silveira

DEE/PUC-Rio, R. Marquês de São Vicente, 225, 22453-900, Rio de Janeiro, RJ,
marcos@ele.puc-rio.br

José Alberto dos Reis Parise

DEM/PUC-Rio, R. Marquês de São Vicente, 225, 22453-900, Rio de Janeiro, RJ,
parise@mec.puc-rio.br

Resumo: Discute-se o tempo do aprendizado, em especial no que toca disciplinas de projeto e o desenvolvimento de currículos de engenharia em torno deste tipo de atividade. Mais especificamente, após uma crítica às "grades curriculares" tradicionais, três classes de estruturas curriculares inovadoras são apresentadas a partir de exemplos, e discutidos os problemas encontrados para sua implementação.

Palavras-chave: Educação em engenharia, currículos de engenharia, disciplinas de projeto.

1. INTRODUÇÃO: SOBRE CURRÍCULOS DE ENGENHARIA

Uma das perguntas mais repetidas no COBENGE2003 foi a de como organizar um currículo de curso de engenharia a partir de uma lista de competências, escolhida dentro da liberdade concedida pela atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia. A questão é complexa, devendo ser abordada desde a escolha dos valores da escola e do perfil de formação pretendido, até a montagem e implementação do novo currículo, assuntos de (da Silveira, 2004). Passa por identificar os atores (professores, escolas, candidatos, mercado de trabalho, etc.), levantar suas opiniões e interesses, prospectar o futuro, formar uma visão de futuro e escolher um nicho de trabalho (público a ser atingido, alcance regional ou mais amplo, setor do mercado de trabalho a ser atendido, etc.), e então, definir o perfil do profissional desejado e estabelecer as suas competências.

Neste ponto começa a discussão sobre o currículo e a escolha das metodologias pedagógicas para preparar profissionais de acordo com o perfil desejado. Uma das dúvidas mais frequentes, nesta hora, diz respeito à estrutura do currículo, pois o esquema habitual, em torno da montagem da "grade curricular" a partir de uma lista de conteúdos, não considera as competências gerais atualmente exigidas pelas Diretrizes Curriculares (por exemplo) – em especial as ligadas à formação de empreendedores dotados de visão de conjunto sobre sua esfera de atuação (da Silveira e Scavarda do Carmo, 1999). Ao contrário, as competências voltadas para o fazer do engenheiro – visto como um solucionador de problemas de base tecnológica em um contexto político-econômico moderno, e não apenas um conhecedor de técnicas aplicáveis em uma dada classe de problemas especializados – estão exigindo novos encaminhamentos para a sua formação, onde a atividade "projeto" ganha especial relevância.

Este artigo pretende abrir o campo desta discussão, mostrando que a estrutura curricular pode ir além das clássicas grades curriculares. Para fornecer subsídios nesta direção, o tempo e o espaço do aprendizado serão discutidos, em especial no que toca as disciplinas de projeto e o desenvolvimento de currículos em torno deste tipo de atividade. Mais especificamente, após uma crítica às "grades curriculares" tradicionais, serão apresentadas três classes de

exemplos de currículos inovadores, e discutidos os problemas encontrados em sua implementação.

2. UMA CRÍTICA À "GRADE CURRICULAR"

O grande trabalho na montagem de um currículo tradicional para um curso de engenharia está na escolha das diferentes disciplinas ao longo do tempo, de forma a cobrir todo o conteúdo inicialmente estipulado dentro de uma ordem racional. Tal é possível – dentro de uma perspectiva tradicional - porque a grade curricular, ao dividir o tempo do aprendizado em disciplinas separadas, organizadas semanalmente de forma idêntica, isola o trabalho da administração escolar do trabalho dos professores. A administração responde apenas pela organização:

- ★ dos fluxos de alunos e professores dentro dos espaços escolares, rigidamente organizados em salas de aula, laboratórios e auditórios;
- ★ dos fluxos de controle (listas de chamadas e notas).

Os professores estão restritos às suas disciplinas, mas completamente soltos dentro delas, desde que se atenham a certas regras de "respeitabilidade" e ministrem o conteúdo mínimo determinado. Apenas episódicos "conselhos de classe" reúnem professores em torno dos alunos e dos objetivos do curso, em geral esquecidos diante dos problemas imediatos (disciplinares e administrativos) a serem resolvidos.

A grade curricular assim definida elimina o olhar acadêmico ou pedagógico sobre o conjunto da formação do aluno, deixando-o por conta de uma lógica que se pressupõe ter existido na organização geral do currículo. Isto é, a grade curricular limita o professor a seu entorno disciplinar, isolando-o do ser humano "aluno", que vive um tempo repartido em um conjunto desagregado de disciplinas e de atividades externas. A escola tradicional é, pedagogicamente falando, desintegrada – e por isso o currículo torna-se uma "grade" tentando reunir administrativamente as partes isoladas.

Os conteúdos, ou a seqüência de disciplinas, costumam ser definidos a partir de leis ou normas existentes (os currículos mínimos preparados por comissões de especialistas, como ocorria no passado recente), e de currículos já existentes (consulta-se os currículos das principais escolas). Críticas e sugestões dos professores da comissão responsável pelo currículo ou vindas dos conselhos da universidade, que o analisam e aprovam, resultam em modificações superficiais. Um trabalho de bricolagem curricular em torno de uma estrutura tradicional. Mesmo mudanças aparentemente estruturais costumam apenas acomodar currículos anteriores a algumas inovações pontuais. Exceções são raras, quase todas restritas à parte mais especializada dos currículos.

Por outro lado, o currículo real se move ao longo do tempo: professores alteram suas disciplinas, adaptando-as ou modernizando-as; a realidade externa se modifica, alterando o peso das diferentes atividades na vida do aluno e alterando a forma como ele as considera. A integração suposta existir no plano curricular inicial torna-se mais fraca ainda, e o "perfil de formação" inicialmente postulado não é mais reconhecido por nenhum dos atores do processo. O perfil de formação real passa a ser obtido mais por reação dos alunos ao currículo real que por iniciativa da escola, isto é, à revelia das idéias postuladas pela escola e por seus professores.

A lógica da grade curricular é a lógica da simplicidade organizacional e da facilidade de gerenciamento, onde os controles são formais e superficiais, e o objetivo – a formação do cidadão e do futuro profissional na direção de um perfil determinado – é esquecido frente à sua racionalidade instrumental e simplificadora. A mesma lógica aparece na divisão do espaço pedagógico: importa que cada aluno e cada professor saiba exatamente onde estará ao longo do período escolar, em espaços pré-fixados com grande antecedência, segundo a conveniência da administração escolar, restritos a salas de aula e laboratórios específicos.

3. ORGANIZAÇÕES CURRICULARES DIFERENTES

Podemos mostrar atualmente exemplos de organizações curriculares mais flexíveis, onde o tempo é o tempo do projeto e o tempo do aprendizado, onde o espaço é ocupado de acordo com as necessidades destes, abrindo-se, inclusive, ao espaço exterior à escola – porém pagando o preço de uma maior complexidade gerencial. Nesta seção serão discutidos rapidamente alguns destes exemplos, todos já em aplicação.

3.1. Disciplinas de projeto

Nesta sub-seção serão estudados alguns exemplos de currículos tradicionais, montados sobre distribuições sequenciais de conteúdos, mas agregando disciplinas de projeto ou orientadas para a resolução de problemas, de forma a motivar os alunos, desenvolver determinadas atitudes e a integrar diferentes disciplinas.

Um primeiro destes exemplos foi a disciplina Projeto de Produto, organizada na PUC-Rio pelo professor Luís Meirelles, atualmente na UFRJ. A disciplina foi estruturada em torno de um problema: registrar uma invenção no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Isto obriga o aluno a encontrar algo que o incomoda e que possa ser resolvido na forma de um produto passível de registro: o calo no dedo causado pela escrita manual, o torcicolo causado pelo uso do telefone celular enquanto realiza outras tarefas com a mão, o controle de consumo de combustível do automóvel, o aquecimento da marmita no emprego, etc. O trabalho era organizado em grupos de dois ou três alunos, com um calendário preciso: datas para a apresentação (oral e escrita) da definição do problema a ser resolvido, do esboço inicial do produto com análise de seu nicho de mercado, do projeto e de um protótipo nos moldes exigidos pelo INPI, do resultado da primeira tentativa de registro no INPI (na prática, sempre mal sucedida), do resultado da consulta aos registros de patentes para analisar os concorrentes, do projeto final e seu protótipo e de seu registro no INPI. O calendário rígido mostrou-se essencial, sem o qual os alunos sentiam-se completamente perdidos, sem saber como organizar o tempo de estudo e trabalho. Situação gerada pela falta de provas e testes escandindo o tempo de estudo, ou, olhando por outro lado, pela maior autonomia permitida aos alunos neste novo tipo de trabalho.

A quantidade de trabalho era enorme. Os alunos acabavam completamente absorvidos pela atividade, principalmente a partir da metade do período escolar. O uso do registro de patentes como defesa da propriedade industrial e como fonte de informação era descoberto pelos alunos, assim como as noções de produto e de nicho de mercado, e a sistemática de apresentação e argumentação de um projeto (frente ao INPI). Mais espetacular era o caráter formativo: os alunos percebiam serem capazes de inventar e inovar, no sentido de resolver problemas de utilidade dentro das limitações concretas das técnicas existentes e da história da tecnologia. A formação do caráter empreendedor passa pela auto-estima assim gerada, pela competência assim demonstrada e percebida, e pelas habilidades assim desenvolvidas. Mostrou-se muito importante uma discussão final levando à compreensão do processo de aprendizado em si, ilustrada pela apresentações dos protótipos construídos pelos grupos ao coletivo de alunos - mais uma vez a abstração reflexionante - de forma que o aluno, além de vivenciar uma experiência apaixonante, tome consciência de sua capacidade e do processo utilizado para solicitá-la e desenvolvê-la.

De um lado, a disciplina permaneceu isolada dentro do currículo tradicional, dependendo de forma crucial do professor que a ministrava. Por outro lado, seria impossível aos alunos acompanharem duas ou mais disciplinas por período seguindo esta metodologia, devido ao tempo e ao esforço despendido. Os outros professores (o autor, inclusive) ressentiam-se deste efeito em suas disciplinas.

O mesmo tipo de questão apareceu quando da aplicação da metodologia no laboratório de Circuitos Elétricos, na PUC-Rio (da Silveira et. al., 1998a). Estudando as conseqüências,

pudemos mostrar que os alunos alteraram o seu perfil (da Silveira e da Silva, 1999), tornando-se mais empreendedores, auto-confiantes e exigentes. A importância da apresentação, do domínio do discurso oral e escrito, da capacidade de argumentação e da auto-disciplina foi compreendida por todos.

Dois períodos após terem cursado Circuitos Elétricos, os alunos matriculavam-se em Controles e Servomecanismos, outra disciplina de projeto. Comentavam que seria inviável cursar as duas disciplinas no mesmo período com bom aproveitamento: excesso de trabalho, agravado pela realização de estágios.

Encontramos aqui o uso de disciplinas de projeto e ensino concorrente (da Silveira e Scavarda do Carmo, 1999) dentro de um currículo tradicional, mas sem uma organização curricular adaptada. Os benefícios são claros, mas ficam perdidos em meio a uma grande atividade (seqüencial) de domínio de discursos disciplinares. As lições aprendidas, embora importantes e formativas, não chegaram a marcar de forma decisiva o aluno - embora tenha despertado parte deles para a atitude empreendedora, um dos objetivos do curso da PUC-Rio.

Contrapondo-se a estas disciplinas, podemos citar os cursos *hands-on* da universidade de Maryland (Regan, 1997a, 1997b). No primeiro deles os alunos enfrentam um problema de engenharia inversa e a melhora incremental de um equipamento. Começa-se discutindo o funcionamento de uma furadeira elétrica, a análise de seu desempenho e suas peças, e a busca de melhora de um componente problemático. O estudo é feito com a ajuda de engenheiros da Black&Decker, e realizado sobre um modelo antigo de furadeira - o componente problemático já tendo sido trocado nos modelos mais recentes. No final, as soluções apresentadas pelos alunos são comparadas com as soluções industriais recentes.

Na segunda disciplina aborda-se o projeto completo da furadeira, estudando-o por partes na lógica de seu desenvolvimento. Só em uma terceira disciplina projetos de engenharia são encarados *ab initio*, do problema que o motiva à proposição de soluções - embora sejam projetos muito simples, reduzidos ao achado técnico.

O caminho percorrido nesta seqüência aproxima as disciplinas *hands-on* das disciplinas seqüenciais, adaptando pouco a pouco o aluno ao ambiente industrial, sem enormes acréscimos de trabalho ou choques "formativos". Bem diferente do impacto causado pelas proposições de Projeto de Produto, Circuitos Elétrico ou de Introdução à Engenharia (da Silveira *et. al.*, 1998b). Assim, é muito mais fácil introduzir estas disciplinas *hands-on* no currículo tradicional, a grande questão passando a ser quais disciplinas eliminar (Mecânica dos Fluidos, Cálculo IV, Administração?) para dar espaço às novas disciplinas. A celeuma gerada no corpo docente foi grande, pois as novas disciplinas não possuíam um conteúdo determinado, estando dirigidas essencialmente para a formação de atitudes e para o desenvolvimento de competências nada discursivas, sequer avaliáveis por testes convencionais com tempo controlado. De certa forma, a metodologia didática usada em Maryland busca formar um engenheiro inovador sem instaurar um ambiente empreendedor. O que é contraditório - teríamos um inovador puramente técnico, sem motivações externas ao seu fazer imediato.

Mais tranquila, porém muito trabalhosa, foi a opção do curso de engenharia de produção da UFRJ: introduzir uma disciplina com "estágio" por período. Nelas, os alunos fazem trabalhos que os obrigam a visitar empresas, descobrir e analisar postos de trabalhos, fazer pesquisas sobre metodologias fabris *in loco*, ou desenvolvem produtos como descrito para Projeto de Produto. Em suma, tomam contato direto com o mundo onde pretendem trabalhar, e daí retiram a informação (e a motivação) para seu aprendizado. A tarefa é facilitada pelo assunto das disciplinas: a partir do primeiro período do curso, Introdução à Engenharia de Produção, Metodologia de Pesquisa, Engenharia de Métodos, Engenharia do Trabalho, Projeto de Produto, Organização e Avaliação do Trabalho, etc. Com esta organização foi possível resolver o problema de excesso de trabalho por período sem entrar em choque com a estrutura curricular habitual.

Uma solução mais integrada, porém exigindo espírito de equipe dos professores, está sendo aplicada na UNISINOS, em torno das disciplinas Sistemas Lineares II e Sistemas Não-Lineares. Teoria e laboratório são desenvolvidos a partir de um projeto em equipe (com competição entre equipes), como o controle de aeromodelos, construção de um atuador chaveado, controle de direção de balão dirigível, etc. (ver www.unisinos.br, Centro de Ciências Exatas e da Tecnologia, Veículos Autônomos). Aperfeiçoando a metodologia, foram organizados alguns projetos maiores – na área de controle - compostos de sub-projetos realizados em diferentes disciplinas, como Eletrônica de Potência, Instrumentação, Eletrônica Digital & Microcomputadores. Exemplos são o projeto Rally (protótipos de pequenos veículos autônomos desenvolvidos pelos alunos, devendo seguir uma trajetória pré-determinada) e o projeto OFNI (Objetos Flutuantes Não Identificados, muito originais, devendo seguir uma trajetória pré-determinada no lago da UNISINOS). O projeto completo é discutido pelos professores das diferentes disciplinas e a nota é avaliada em conjunto. O problema de engenharia, para ser bem motivado (isto é, contextualizado), precisa cruzar "transversalmente" várias disciplinas.

A solução da UNISINOS resolve, em parte, o problema do excesso de trabalho ao longo de um mesmo período. O projeto completo funciona como experimento integrador das diversas disciplinas, apresentadas a partir das exigências do projeto. Mas a organização depende dos professores específicos, sendo externa à estrutura administrativa, que não a reconhece ou formaliza.

Uma tentativa de situar organicamente disciplinas de projeto no currículo de um curso de engenharia, embora ainda como atividades auxiliares, pode ser encontrada na École Centrale de Lyon (França), descrito em www.ec-lyon.fr. O currículo da EC-Lyon foi montado a partir de uma lista de competências e valores (no que difere dos currículos brasileiros atuais). Daí ter sido reservado um tempo apreciável para projetos e estágios – computado curricularmente, diminuindo assim o tempo reservado às disciplinas formais, isto é, diminuindo o volume de conteúdo despejado sobre os alunos. Um ato de coragem em relação às exigências dos professores e pesquisadores, sempre ávidos em promulgar a importância fundamental de seus temas preferidos. Coragem esta auxiliada pelo controle acadêmico efetivo dos estágios e projetos (que não se resumem a visitas ou a disfarçar mensageiros de luxo como estagiários), com forte participação dos laboratórios de pesquisa da escola, sempre interligados à indústria local. Um funcionamento eficiente neste ponto exige uma central de estágios e projetos bem estruturada (pedagogicamente e organizacionalmente) e muito bem relacionada com as empresas das mais diversas áreas.

Atividades extra-curriculares incentivadas na EC-Lyon são a organização pelos alunos do Fórum anual (mostra universitária onde empresas buscam estagiários), encontros com industriais e/ou membros do governo e a participação em missões em países pobres (Cambodja e países africanos) para prestar ajuda médica e tecnológica. Algo semelhante ao antigo Projeto Rondon e aos trabalhos de campo da Escola de Engenharia da UFMG, executados no Vale do Jequitinhonha (ver www.ufmg.br).

Muitas escolas brasileiras já possuem o hábito de oferecer atividades "extra-curriculares", isto é, não previstas no currículo obrigatório, recentemente exigidas pela lei sob o nome de "atividades complementares". São obrigatórios os estágios supervisionados e os trabalhos de fim de curso, e recomendados, mas opcionais, os projetos de iniciação científica e tecnológica, e a participação em desafios e concursos, como os providos pela SAE (mini-baja, projeto de aeroplano, guerra de robôs). Estas atividades, à medida que se generalizam, exigem a criação de coordenações universitárias especialmente dedicadas; porém ainda baseiam-se no interesse e no trabalho individual de professores. Basta ver a relutância em conceder um bom número de créditos aos estágios e trabalhos de fim de curso que encontramos em boa parte dos currículos brasileiros, o que mostra existir dúvida quanto à sua relevância acadêmica.

3.2. Currículos em torno de projetos

Nesta seção serão estudados rapidamente dois currículos tendo por eixo projetos ou disciplinas de projetos: o curso de arquitetura e urbanismo da PUC-Rio e o curso de engenharia da École Centrale de Lille. Ambos foram organizados a partir de listas de competências, privilegiando a formação de atitudes em relação ao volume de conteúdo despejado.

O curso de arquitetura e urbanismo da PUC-Rio, organizado entre os Departamentos de Engenharia Civil (CTC) e de Artes e Design (CCS), define o perfil de formação de seus alunos (em seu projeto pedagógico) por:

"... profissionais capazes de elaborar propostas que satisfaçam às necessidades de indivíduos, da comunidade e do meio ambiente" (PUC-Rio, 2002).

Segue uma lista de capacidades e habilidades e um conjunto de "requisitos", ainda não colocados na linguagem de competências exigida pelas Diretrizes Curriculares atuais (PUC, 2002), embora seja fácil fazê-lo.

A partir destas listas foi formulada uma estrutura curricular completamente centrada em atividades de projeto, como explicado no texto do projeto pedagógico:

"Na grade curricular proposta, os campos de atividade estão distribuídos nos seguintes projetos:

- *Projeto Espontâneo de Habitações;*
- *Projeto do Espaço Residencial I;*
- *Projeto do Espaço Coletivo;*
- *Projeto do Espaço do Trabalho;*
- *Projeto de Revitalização e Reutilização;*
- *Desenho Urbano;*
- *Projeto da Arquitetura Utópica;*
- *Projeto do Espaço Residencial II;*
- *Projeto Final.*

Na grade curricular aparecem as disciplinas correspondendo aos diversos projetos, período a período. O projeto pedagógico citado mostra como os conteúdos habituais estão imersos nos projetos e deles dependentes:

"Os projetos compreendem diversas disciplinas que envolvem Conteúdos Básicos. A carga horária de cada Conteúdo Básico foi definida em função dos objetivos do Projeto e as aulas serão ministradas sob forma teórica e/ou prática, ou ainda através de palestras e visitas. ... Ao todo são 24 (vinte e quatro) as áreas de Conteúdo Básico no Programa de Projetos: ... Os alunos receberão, portanto, informações de diversas áreas e terão que compatibilizar e priorizar as decisões de projeto. É fundamental aqui evidenciar a intenção de fazer o aluno entender os múltiplos aspectos existentes, muitas vezes conflitantes, na elaboração de um projeto e, com isso, desenvolver capacidade de síntese e de decisão. ... A supervisão do Programa de Projetos é um ponto fundamental desta proposta ..." (PUC, 2002). A partir deste ponto o Projeto Pedagógico começa a estruturar a coordenação de projetos a ser encarregada de organizá-los e acompanhá-los pedagogicamente. Para isso foi criado um cargo novo na universidade, o de coordenador de projetos, com tempo alocado mas sem atividade em sala de aula. Até a presente data, o curso parece correr sem problemas, embora ainda não tenha formado sua primeira turma, não havendo ainda uma avaliação do mercado de trabalho. A coordenação do curso assinala a maior carga de trabalho gerada por essa estrutura.

O curso de engenharia da École Centrale de Lille, cujos objetivos, valores e lista de competências são apresentados em www.ec-lille.fr, não chega a ser tão inovador quanto o curso de arquitetura e urbanismo da PUC-Rio. Porém, a partir de uma lista de competências detalhada em três níveis (o primeiro nível é semelhante à proposta pelas Diretrizes

Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia (MEC, 2002)), seus organizadores concluíram que o curso deveria ser organizado em torno da "atividade projeto".

Apresentamos a seguir os princípios pedagógicos da EC-Lille (Obertelli, 2003):

- ⇒ Experimentar para compreender: privilegiar uma pedagogia ativa e indutiva;
- ⇒ Situar o enquadramento teórico de cada tema;
- ⇒ Ser o motor de sua formação: o aluno deve fazer escolhas entre as diversas possibilidades que lhe são propostas;
- ⇒ Desenvolver a capacidade de trabalhar em equipe;
- ⇒ Conhecer a vida na empresa e compreender a complexidade para agir com eficácia;
- ⇒ Conhecer-se a si mesmo para assumir suas responsabilidades profissionais;
- ⇒ Abrir-se ao campo da cultura e desenvolver uma reflexão sobre o que está em jogo no mundo atual;
- ⇒ Produzir estes efeitos através da alternância de situações vivenciais, como módulos de ensino, projetos em equipe, estágios, atividades culturais, enquetes, etc.

Estes princípios pedagógicos levam a uma estruturação delicada do tempo do aprendizado, controlada por atividades (e não por uma grade uniforme) e regulada ao longo do tempo pelo diretor de ensino, que busca articular o trabalho dos diferentes professores com o tempo do projeto. A destacar (EC-Lille, 2003):

1. *"Projeto, com 300 horas de atividade. Um projeto único, em equipe, realizado ao longo dos dois anos, sobre o qual nos debruçaremos abaixo. Este é considerado o "motor da formação", "tendo por finalidade formar nossos alunos às competências de base do engenheiro generalista: capacidades de conceber, concretizar, inovar, liderar, formar, organizar, comunicar e empreender".*
2. *Dois estágios em empresas, totalizando ao menos quatro meses".*

A atividade projeto é multidisciplinar, com interesse científico e tecnológico, respondendo às expectativas de um "parceiro cliente" em uma empresa ou em um laboratório de pesquisa. Os laboratórios de pesquisa da EC-Lille, freqüentemente, estabelecem a interface entre a equipe de alunos e o cliente, dentro de um projeto de desenvolvimento de maior alento contratado pela empresa com a EC-Lille. Os projetos consideram do estudo das necessidades do cliente e, eventualmente, do mercado, às especificações técnicas (*cahier de charges*), chegando à concepção e à realização de protótipos e sua entrega ao cliente; podendo abranger, inclusive, estudos de marketing (em projeto conjunto com a ESC-Lille).

Os parceiros do projeto são: a empresa parceira (o cliente, que escolhe um seu representante), um organismo de financiamento (uma subvenção eventual, quase sempre na forma de incentivo fiscal), os professores da escola (direção e consultoria científica, tutoria e acompanhamento, havendo um coordenador por projeto), equipe de alunos da EC-Lille (concepção, realização e gestão do projeto), equipe de alunos da École Supérieur de Commerce de Lille (se necessário, realiza os estudos de marketing). O conjunto de parceiros externos às equipes de alunos acompanha continuamente o projeto, com reuniões periódicas. As atividades citadas exigem uma organização precisa, com calendário imposto pela escola, dado que são realizadas por alunos.

As disciplinas tradicionais são organizadas, em parte, em função do tempo do projeto, motivadas por este e de forma a auxiliar a sua execução. Assim, Gerência de Projetos é ministrada no primeiro ano, quando os estudos de viabilidade aparecem. Há todo um conjunto de regras de avaliação da "atividade projeto", além da explicitação dos critérios utilizados para a sua certificação (isto é, se a atividade foi válida para a obtenção do diploma de *ingénieur*, mesmo quando o projeto não é bem sucedido). A notar que o projeto em si não se confunde com a atividade pedagógica "projeto" necessária à formação, mesmo que esta distinção sutil não seja percebida pelos alunos.

Entrevistando os alunos brasileiros lá estudando, um dos autores pode observar, quase ao fim do primeiro ano, uma certa incompreensão da atividade. Achavam que havia um excesso

de preparação, um discurso conceitual excessivo, queriam por as mãos na massa. Isto é, não tinham ainda consciência da existência de riscos (econômicos, técnicos, legais, etc.) envolvidos em trabalhos de engenharia e de que a essência do trabalho - ao contrário do que pensam os engenheiros-cientistas, é a análise do contexto, das necessidades e das possibilidades, para, enfim, chegar à especificação.

Talvez faltasse aos alunos alguma experiência prévia, como um projeto de "introdução à engenharia" em competição entre equipes, para que percebam a diversidade de soluções e a sua adequação sempre relativa ao interesse dos clientes, do mercado e da sociedade, e/ou uma disciplina de estudo de casos (bem sucedidos e mal sucedidos), mostrando as consequências de soluções simples mas bem adaptadas às necessidades, e de escolhas "racionais" porém mal adaptadas, gerando, inclusive, riscos e perigos. Os alunos do segundo ano, já realizando protótipos, haviam compreendido o jogo a que foram expostos - embora ainda fossem alunos, com toda a ingenuidade e insegurança da idade.

O sistema de estágios em empresa não difere do que é realizado nas escolas alemãs, considerando aqui o *Studien Arbeit* e o *Diplom Arbeit*, o relatório do estágio final correspondendo à "tese de diploma" alemã. A "atividade projeto", servindo de coluna mestra do curso da EC-Lille, constitui sua grande originalidade. Se bem que os alunos continuam expostos a um número considerável de horas de aula e de testes, especialmente no primeiro ano.

Para por em prática este currículo foi necessário um relacionamento profundo com o mundo empresarial, a indústria local e nacional, e o mercado de trabalho. O que é facilitado pelo fato de que a quase totalidade dos professores coordena projetos de pesquisa e projetos de desenvolvimento para a indústria, ou estão encarregados da organização do curso (administração, tutoria e enquadramento dos demais professores). Além disso foram criadas estruturas dedicadas ao contato com empresas (atração de empresas para parcerias e gerenciamento de estágios e projetos), ocupadas por membros do "staff" (e não por professores). As estruturas pedagógicas e acadêmicas (Direção de Ensino, por exemplo) são ocupadas por professores.

Resta uma pergunta: Como esta estrutura orientada por projetos chegou a ser programada, instalada, e posta a funcionar? A resposta do Prof. Deshayes (Deshayes, 2003), responsável pelo projeto e implementação do currículo, é cheia de nuances. Primeiro, o relacionamento da EC-Lille com as empresas sempre foi muito forte, mas sem que os professores horistas (que também trabalham em empresas) tenham grande importância decisória. Nos conselhos consultivos (acadêmicos e administrativos) há uma boa representação do setor industrial (centrada nas empresas que costumam absorver os egressos da escola e nas empresas parceiras), o que traz os professores à realidade do mercado de trabalho. Os professores - mesmos os mais "científicos" - sabem que, se não levarem em consideração a opinião do mercado de trabalho, o renome da escola cairá, e os projetos financiadores, assim como o apoio governamental, diminuirá.

Em segundo lugar, Deshayes coloca a estratégia utilizada pela direção da EC-Lille. Para começar, solicitou aos professores que listassem as competências e os conhecimentos essenciais para um bom engenheiro. Ao longo de dois anos discutiu-se o assunto, com tentativas locais de implementação. As competências assinaladas tendiam a ser muito específicas, e seu conjunto era inexequível: um "super-engenheiro", sem perfil determinado, especialista em muitos assuntos diferentes. O conjunto de conhecimentos definido pelo colegiado era absurdamente grande, o que levou à implosão do processo - situação que foi explorada politicamente pela direção. Assim, os professores aceitaram partir para um outro caminho: o do aprendizado a partir de projetos - que já vinha sendo experimentado por alguns deles desde 1982. O sistema vem sendo aprimorado aos poucos, e o corpo de professores vem se convencendo pouco a pouco de sua adequação. O mercado de trabalho tem se mostrado entusiasta da nova orientação.

O Prof. Deshayes assinala que a tarefa foi facilitada pelo pequeno tamanho da escola, pela sua grande dependência do contato com o setor industrial (que é muito desenvolvido na França), pelo financiamento salarial de fonte governamental, e pela política de levar uma situação ao extremo e deixá-la implodir - para só então trazer sugestões que já estavam sendo testadas em "casos exemplares".

Como comentários finais, acrescentamos que o conteúdo tende a ser apresentado aos alunos "*à la carte*", sem a estrita necessidade de aulas expositivas; e que o sistema de avaliação dos alunos torna-se bastante complexo, passando por conceitos (e não apenas números) e por inúmeras reuniões de professores, onde cada aluno tem traçado seu perfil e sua formação.

3.3. Uma experiência radical: o modelo de Aalborg

Nesta seção será rapidamente analisada a proposta da escola de eletrônica e tecnologia informática da universidade de Aalborg, Dinamarca, oferecendo um curso de engenharia completamente estruturado a partir de projetos (Fink, 2003; ver também www.ucpbl.org e <http://elite.auc.dk/fkf>). A notar que esta escola persegue um perfil de formação muito especializado, diferentemente das *Écoles Centrales*, que formam engenheiros generalistas.

O projeto de Aalborg, gerado por uma comissão especial e ainda em início de implementação, fundamenta-se no aprendizado baseado em problemas, na forma que denominamos "aprendizado por projetos", pois é "baseado em problemas de engenharia da vida real" (Fink, 2003). O trabalho é organizado por grupos de no máximo 6 alunos (equipes para projetos e grupos de estudo), sendo os projetos "interdisciplinares" (diríamos multidisciplinares) e integrando teoria e prática.

O primeiro ano é dedicado a estudos básicos (ciência e tecnologia, ou melhor, matemática, física, química e informática). Os três semestres seguintes a estudos de engenharia elétrica e eletrônica, ou de engenharia de computação, segundo a escolha do aluno. A especialização é aprofundada nos cinco semestres a seguir (produção eletrônica, energia elétrica, telecomunicações, engenharia de software, etc.). A originalidade aparece na estrutura de cada semestre, que deixa de ter a aparência de uma "grade curricular" pré-definida.

Um semestre corresponde a 900 horas de trabalho (30 créditos europeus), divididas em atividades de projeto e disciplinas de projeto (em torno de um mesmo tema) e disciplinas compulsórias, de tal forma que a atividade de projeto cubra mais da metade do total, e que o tempo empregado com as disciplinas de projeto seja maior que o empregado com as disciplinas compulsórias. Naturalmente, tal só é possível se o tema dos trabalhos no projeto e nas disciplinas de projeto for o mesmo, ao longo do semestre, o que exige uma equipe de professores bem integrada e uma organização bem ajustada.

A distribuição do trabalho ao longo do semestre deve ser estruturada desde o seu início. Este é dividido em quatro períodos de cinco semanas. O primeiro contém a maioria das disciplinas compulsórias e parte das disciplinas de projeto, o projeto sendo apenas iniciado. A proporção varia, até se inverter completamente no terceiro período, quase totalmente ocupado pelo projeto em si e pela finalização das disciplinas de projeto. O quarto período é dedicado aos exames e aos estudos individuais.

O princípio geral pode ser descrito como: a apresentação da teoria precede o projeto, sendo concentrada no início do semestre; exames, relatórios e apresentações são concentrados no seu final. Esta divisão temporal resolve o problema da compreensão do projeto (o problema e sua linguagem são apresentados em primeiro lugar), desde que a escolha do tema do projeto no início do semestre seja motivação suficiente para os alunos enfrentarem a teoria apresentada (em metodologia seqüencial, supomos). De qualquer forma, a teoria não é estruturada a partir do problema, sendo apresentada de forma convencional. A menos que os exames, realizados após a realização do projeto, façam os alunos estudarem a teoria apenas no último período, "iluminados" pelo projeto. Isto é, a integração entre teoria e prática ainda

precisa ser demonstrada, não estando completamente resolvida. Prevendo esta crítica, Fink (2003) fornece exemplos de plano semanal de estudo para estudantes, bastante carregados em nosso entender, pois deixam pouco tempo para a reflexão - e muito voltados para o exercício técnico.

Deixa-se de estabelecer uma grade curricular que fixa os instantes de contato entre cada professor e seus alunos, deixando a cada professor a organização de seu tempo de trabalho, independentemente dos outros. Consequentemente, o planejamento e acompanhamento das atividades tornam-se mais complexos, exigindo a montagem de um grupo de planejamento do semestre, do qual participam os professores, os supervisores de projeto e representantes dos alunos – o que praticamente inviabiliza a existência de disciplinas eletivas ou a flexibilidade curricular. Prevê-se um coordenador de turma por semestre, com tempo especialmente alocado a esta atividade.

Mais detalhes da organização podem ser encontrados no *site* de Aalborg, como a exigência do professor entregar o menu de cada aula (tópico, referências, exercícios) com dois dias de antecedência. Os exames tradicionais são aplicados apenas para as disciplinas compulsórias. A sequência de execução dos projetos é muito semelhante à usada na EC-Lille. Fink (2003) faz muitas considerações sobre processos de avaliação (*assessment*), vistos como uma realimentação de informação sobre o curso a partir dos estudantes.

O ponto de vista da equipe de Aalborg é que a educação baseada em problemas introduz a argumentação profissional e os problemas de engenharia no cerne do aprendizado, levando o aluno a entender como aplicar a teoria. Uma maior parte do trabalho é repassada para os professores, que necessitam de um treinamento especial para integração no novo paradigma educacional. A organização do tempo e do espaço passa a ser mais trabalhosa, exigindo equipes dedicadas e um ajuste detalhado da atuação do corpo docente. A organização geral é bem estruturada – os problemas complexos originados pelo ensino baseado em projetos foram corretamente antecipados. Porém percebemos uma posição simplista sobre o processo educacional, como se o aprendizado dependesse apenas da apresentação de teorias e de seu exercício posterior em problemas aplicados, ao longo de todo o curso.

Sem dúvida, a seqüência exposição→aplicação é necessária em parte do aprendizado, pois não é possível imergir os alunos em cada problema de interesse, levando-os a construir todos os conceitos e teorias seguindo a metodologia concorrente. Mas se os projetos são, sistematicamente, vistos como aplicação de teorias previamente desenvolvidas, recai-se no problema do laboratório apenas demonstrativo. Não teremos mais a educação a partir de projetos, mas um treinamento técnico para a aplicação de tecnologias padronizadas.

4. Comentários sobre as novas estruturas curriculares

As formas de organização aqui apresentadas exigem um maior esforço de articulação entre os professores e a administração escolar, ainda mais se há interesse em trazer o mundo do trabalho e da pesquisa à escola. Este esforço adicional tem seu custo, exige tempo e criatividade, mas mostra-se essencial para dar alguma racionalidade ao ensino universitário para além da indústria taylorista-fordista de formação de técnicos em engenharia (o habitual ensino de massa usando metodologia seqüencial).

Escolas assumidamente de elite (como as Écoles Centrales francesas), voltadas para formar uma pequena elite de gerentes, podem dispender muito esforço e meios na organização curricular e acompanhamento dos alunos. Escolas de massa, necessitando baixar custos, serão obrigadas a esquemas mais simples, menos ambiciosos. Porém sempre é possível integrar parte das disciplinas sem grande aumento de custo, desde que a escola e a universidade reconheçam o mérito deste trabalho, e não o vejam como mero desvio de energia a ser voltada para outras áreas (pesquisa, lucros, etc.). Isto é, aloquem tempo e meios ao trabalho de organização pedagógica e de acompanhamento dos alunos, e o valorizem na carreira acadêmica dos professores, repassando a um pessoal técnico de alto nível o que não for de sua

alçada (como o contato sistemático com empresas, a organização/manutenção do sistema de informações correspondente, ou ainda o controle dos contratos necessários, a organização do sistema de divulgação).

A chave é a organização dos eventos e cursos à medida do necessário, em torno de um eixo central bem delineado e escandido. Mas o sucesso deste tipo de organização, ou de atividades que não geram notas, como as atividades culturais, os concursos e desafios, os estágios internacionais e os trabalhos de iniciação científica, depende de sua integração à cultura da escola. E isto exige um certo tempo, exige usar a informação trocada entre as diferentes gerações de alunos, exige um sistema contínuo de palestras de apresentação da universidade aos calouros e candidatos, exige repassar continuamente as informações aos professores e alunos (palestras, mensagens, folhetos bem coloridos, portal na Internet, etc.).

O maior problema parece ser vencer a resistência de parte dos professores, que tendem a permanecer fechados na situação mais confortável, voltados para seus projetos e suas pesquisas, enxergando a sociedade e o mercado de trabalho apenas na direção de seus interesses. A questão é como desestabilizar esta posição, quer via financeira, quer via premiações internas, quer via cultural (usando incentivos e/ou penalidades) – quando então a mudança da cultura da escola passa ser o ponto essencial. O exemplo atual da Escola Politécnica da USP (projeto Engenheiro Poli-2015) e o planejamento estratégico, já clássico, da Escola de Engenharia da UFMG são muito interessantes, pois parecem ter conseguido a aderência de boa parte do corpo docente a partir de um conjunto nada trivial de eventos e reuniões. E resta sempre o testemunho do Prof. Deshayes, citado acima, que corrobora o que observamos em nossa experiência pessoal.

Finalmente, acreditamos ser importante frisar que nenhum curso de bom nível poderá ser organizado usando apenas uma metodologia pedagógica (todo seqüencial, ou todo concorrente, por exemplo; ou ainda colocando atividades de projeto e de laboratório apenas como aplicação de teorias previamente apresentadas - ou negando completamente esta estratégia demonstrativa), ao menos se o perfil de formação desejado incluir a capacidade empreendedora e a visão de contexto da engenharia.

5. Conclusão

Após apresentar algumas experiências de reorganização curricular para além das "grades" habituais, vemos aparecer a Escola de Engenharia como um todo social, onde a informação percola entre grupos diferentes, e uma cultura se forma pouco a pouco dentro do ambiente nela gerado através de suas múltiplas atividades e de seu relacionamento com o mundo que a envolve. Talvez esta cultura, produto de uma história, seja a principal responsável pelo perfil de formação do aluno obtido ao longo do curso universitário. Como mudá-la e como gerar energia e recursos para alterações curriculares tornadas necessárias pelas exigências dos novos perfis de formação, este é o problema crucial – para o qual foram apresentadas algumas sugestões ao longo do artigo.

Referências

- DA SILVEIRA, M. A., DA SILVA, M. S., FREITAS, M. R. e KELBER, C. R., 1998a. Hands-On Teaching and Entrepreneurship Formation: An Example on Electrical Circuits Courses. *Proceedings of the ICEE98*, CDRom. Rio de Janeiro, RJ: CTC/PUC-Rio. Ver <http://www.ctc.puc-rio.br/icee-98>.
- DA SILVEIRA, M. A., COSTA, T., SCAVARDA DO CARMO, L. C. e PARISE, J. A., 1998b. A Hand's-On Course for 500 Students: "Introduction to Engineering" in PUC-Rio". *Proceedings of the ICEE98*, CDRom, Rio de Janeiro, agosto de 1998. Ver <http://www.ctc.puc-rio.br/icee-98>.

- DA SILVEIRA, M. A. e SCAVARDA DO CARMO, L. C., 1999. Sequential and Concurrent Teaching: Structuring Hand's-On Methodology, *IEEE Trans. Education*, Vol. 42, n. 2, pp. 103-108, May 1999.
- DA SILVEIRA, M. A. e SILVA, C. T. C., 1999. Hands-On Courses Changes Students. *Proceedings of the ICEE99, Ostrava*, CDROM, Rep. Tcheca: Technical University of Ostrava. Ver <http://fs.vsb.cz/akce/1999/icee99/welcome/htm>.
- DA SILVEIRA, M. A., 2004. *A Formação do Engenheiro Inovador*. Rio de Janeiro, RJ: Editora PUC-Rio. Em preparação.
- DESHAYES, P., 2003. Comunicação pessoal a um dos autores.
- EC-LILLE, 2003. *Folheto "Activité projet"*. Distribuído pela EC-Lille para os candidatos a seu exame de admissão e para as empresas que procura interessar em participar de projetos e atrair como parceiros/clientes da escola.
- FINK, F. K., 2003. Conferência apresentada no ISAAE2003, www.univap.br/isaae2003.
- OBERTELLI, O., 2003. Conferência apresentada no Séminaire Franco-Brésilien sur l'Éducation de l'Ingénieur, École Centrale de Paris, setembro de 2003.
- PUC-Rio, 2002. *Projeto pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio*. Rio de Janeiro, RJ: PUC-Rio.
- REGAN, T., 1997a. Introduction to Engineering Design at Maryland – a Major Engineering Education Process Improvement. *Proceedings of the ICEE97*, Vol. II, pp. 621-631. Carbondale, Illinois: Southern Illinois University.
- REGAN, T., 1997b. Comunicação pessoal em visita de um dos autores à Maryland University.

Abstract: The time for the apprenticeship is discussed, in special for design courses and for curriculum development centered in the design activity. Specifically, after criticizing traditional curricular schedulings, three classes of inovating curricular structures are presented from some examples, and the problems faced during their implementations are discussed.

Key words: Enginnering education, engineering curriculum, design courses.