

## A INTERDISCIPLINARIDADE E O ENSINO DE ENGENHARIA: ENSAIO SOBRE UM PROJETO ARTICULADOR.

### **INTERDISCIPLINARITY AND ENGINEERING TEACHING: AN ESSAY UPON AN ARTICULATOR PROJECT**

Wagner Marcelo Pommer<sup>1</sup>

**RESUMO:** Neste ensaio discutimos a importância da articulação entre as disciplinas do ensino universitário, possibilitada pela ferramenta da interdisciplinaridade que viabiliza desenvolver o par conhecimento&competência. Ilustramos tais ideias através da proposta de um projeto educativo, aplicado a alunos ingressantes do curso de Engenharia, como importante via de acesso que permite constituir significados através da exploração do par teoria&prática.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conhecimentos&competências. Ensino de Engenharia. Interdisciplinaridade. Projeto educativo.

**ABSTRACT:** *This essay discusses the importance of articulation between disciplines on higher education, made possible by using interdisciplinary as a tool that enables developing knowledge&competence. We illustrate such ideas by proposing an educational project, applied to engineering course students at the first semester, as an important access route that allows constituting meanings by the exploration of theory&practice.*

**KEYWORDS:** *Knowledge&competence.; Engineer Teaching. Interdisciplinarity. Educative Project.*

#### INTRODUÇÃO

O Sistema de Seleção Unificado (SiSU), Brasil (2009), proposto pelo Ministério da Educação, surge para os estudantes brasileiros e para a área de Educação como uma recente proposta de ingresso às instituições públicas de Ensino Superior.

As proposições de mudanças no vestibular para o ingresso nas universidades, na prática, estão causando certo movimento e provocando expectativas, tanto no meio acadêmico, como no próprio ambiente escolar de segundo e terceiro grau. Um ponto relevante a se destacar é que:

(...) até pouco tempo, a grande questão escolar era a aprendizagem – exclusiva ou preferencial - de conceitos. Estávamos dominados pela visão de que conhecer é acumular concei-

tos; ser inteligente implicava articular logicamente ideias, estar informado sobre grandes conhecimentos, enfim, adquirir como discurso questões presentes principalmente em textos eruditos e importantes. Nesses termos, dar aula podia ser para muitos professores um exercício intelectual muito interessante. O problema é que muitos alunos não conseguem aprender nesse contexto, nem se sentem estimulados a pensar, pois sua participação nesse tipo de aula não é tão ativa quanto poderia ser (MACEDO, 2005, p. 17).

Na sociedade atual a questão do conhecimento transformou-se no principal fator de produção e tem sofrido crescente fragmentação no círculo universitário. Conforme destaca Machado (2001), é necessário discutir uma visão mais abrangente relativa aos valo-

<sup>1</sup> Bacharel em Física e Engenharia Mecânica Plena; Mestrado em Educação Matemática pela PUC/SP; doutorando em Educação pela FEUSP.



res envolvidos nessa questão dos conhecimentos.

As organizações educacionais, desde a Educação Infantil até o Ensino Superior, pautam as ações no encadeamento cartesiano. Isto pode ser observado nos protocolos educacionais: os pré-requisitos, a seriação e o estabelecimento de uma ordem para os estudos, através do currículo e planograma das diversas disciplinas. Certamente essa configuração é necessária, pois sem esta não se viabilizaria o estudo acadêmico. Porém, há algum tempo, emergiu no meio acadêmico uma discussão: esses pontos delineados são suficientes para uma formação educacional?

Particularmente no Ensino Superior, a supervalorização de tais diretrizes na estrutura disciplinar não permite contemplar a diversidade de contextos, de centros de interesse e de possíveis percursos, o que acaba por fragmentar o significado dos objetos de conhecimento. Isto acaba não favorecendo a formação pessoal, a formação profissional e não estimula o trabalho em equipe, dificultando as necessárias interações entre as diversas disciplinas componentes dos currículos nos cursos de graduação.

Em consonância com Machado (2001), reforçamos que não estamos defendendo a mudança do eixo cartesiano, tão necessário e essencial para a organização educacional e para a formação profissional, através de um necessário elenco de disciplinas. Porém, a preocupação excessiva na organização em departamentos acaba por limitar a interação acadêmica e a imprescindível partilha de conhecimentos tácitos a serem desenvolvidos nas diversas disciplinas.

Macedo (2005) acrescenta que, apesar do meio universitário ainda privilegiar uma forma de trabalho enrijecida, com o advento das transformações:

(...) tecnológicas, sociais e culturais, uma questão prática, relacional, começou a se impor com grande evidência. Temos muitos problemas a resolver, muitas decisões a tomar, muitos procedimentos a aprender. Isso não

significa, obviamente, que dominar conceitos deixou de ser importante (p. 17).

Uma contribuição ao ensino superior, tomando como referência as discussões já emergentes no ciclo básico, envolve aspectos sobre a aprendizagem de conceitos, a preocupação com o preparo dos estudantes para o exercício da cidadania e para o mercado de trabalho, conforme documentos como os PCN, Brasil (1997) e a Proposta Curricular, São Paulo (2008).

Para Perrenoud (2005), o exercício da cidadania e para o mercado de trabalho devem se constituir como um desafio para todas as disciplinas, em todos os momentos da vida escolar, tendo como possibilidade contrapor novas modalidades e a organização do trabalho educativo.

E o que se espera da Universidade? Será que cabe ao Ensino Superior somente aguardar algum dia por 'melhores alunos', sem se preocupar e se mobilizar com tais prerrogativas?

Com relação ao estatuto dos saberes discentes, certamente:

(...) a universidade teria todo interesse em que seus alunos já possuíssem um habitus e uma prática teórica, a partir dos quais os alunos poderiam assimilar rapidamente os conhecimentos disciplinares que lhes faltam. (...) Se não o conseguem, é porque falta desenvolver um verdadeiro trabalho de prática teórica, pois só ele possibilitaria a utilização de conceitos fundamentais e ativos em cada uma das disciplinas (PERRENOUD, 2005, p. 72).

Porém, ainda existe uma visão ingênua e ilusória, principalmente no círculo universitário, com relação à suficiência do trabalho das disciplinas do ensino superior para suprir a articulação discente para a apropriação dos novos saberes que precisam ser tratados nas especificidades de cada área do ensino Superior.



Acreditamos que as entidades de Ensino Superior podem constituir pontos de referência, muitos já delineados e discutidos por acadêmicos que estudam a problemática do ensino básico. Estes aportes podem servir de meios para compor dinâmicas para que o círculo universitário desempenhe um papel mais pró-ativo frente às questões e expectativas apontadas.

### **O ESTATUTO DAS COMPETÊNCIAS E DA INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO SUPERIOR**

Um dos modos possíveis de viabilizar mobilizações no meio escolar é promover ações de integração em relação aos conhecimentos de cada disciplina com o domínio dos conteúdos procedimentais. Os elementos de ordem procedimental remetem a um 'saber como fazer', como as técnicas, as estratégias, as habilidades e as destrezas, que "(...) compõem um conjunto de ações ordenadas e com um fim, quer dizer, dirigidas para a realização de um objetivo" (ZABALA, 1998, p. 43) e que possibilitem vivências mais significativas para os alunos.

Para Perrenoud (1999), competências envolvem a possibilidade de articular e desenvolver conhecimentos conceituais e procedimentais. Este autor define competência como sendo a capacidade de uma pessoa em mobilizar eficazmente conhecimentos, em determinada situação, mas não se reduzindo somente a estes. As competências são aquelas capacidades que mobilizam diversos recursos cognitivos para agir frente às situações complexas, imprevisíveis, mutáveis e sempre singulares.

Quando se considera o fato trivial de que todo saber mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos, o que se deve buscar e entender são os possíveis modos de promover e aprimorar continuamente a intercomunicação entre disciplinas. Ou seja, o foco a se configurar é como se situam as competên-

cias em relação aos domínios disciplinares?

De modo geral, as competências podem se situar em diversos níveis: o intradisciplinar, o multidisciplinar, o transdisciplinar e o interdisciplinar.

Usualmente, nas diversas disciplinas no ensino superior predominam situações onde competências são tratadas em nível intradisciplinar. Neste patamar, os conceitos e competências se situam, se operacionalizam, se desenvolvem e se encerram somente no âmbito da própria disciplina específica, sem necessidade de diálogo e relação com as outras áreas subjacentes.

Um exemplo desta possibilidade, no campo das engenharias, são as recomendações profissionais propostas pelo CONFEA<sup>2</sup> (2005), que foram reutilizadas em nível curricular, pela Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação. Este documento destaca a importância da formação de várias competências do profissional engenheiro. A seguir, destacamos algumas que usualmente se constituem em relações intradisciplinares:

- II - projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
  - III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
  - VII - supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
- (BRASIL, 2002, p.1).

Porém, o âmbito do ensino superior é também multidisciplinar, na medida em que a grade curricular se compõe de diversas disciplinas, que se desenvolvem baseadas numa lista de conteúdos. Deste modo, os objetos particulares tratados em cada disciplina podem manter vínculos com outras disciplinas, porém tais ligações são geralmente tênues, protocolares e são abordadas de maneira implícita, visto que cada

<sup>2</sup> O CONFEA é o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, que estabelece diretrizes para regular e inspecionar o trabalho desenvolvido pelos profissionais ligados ao CREA



disciplina mantém seus objetivos e métodos próprios. Algumas destas possibilidades expressas pelo Conselho Nacional de Educação são:

- I - aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à Engenharia;
- IX - comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica (BRASIL, 2002, p.1).

Outras competências, as transversais, não pertencem propriamente a nenhuma disciplina, mas mobilizam recursos provenientes de muitas delas, assim como de saberes do senso comum.

No Projeto Pedagógico, descrito em Brasil (2006), são propostas atividades denominadas complementares. Atendendo as resoluções do CES/CNE, Brasil (2002), o projeto desta modalidade de curso prevê o trabalho em equipe com os conteúdos relacionados à Metodologia Científica e Comunicação e Expressão, assim como pela compreensão e aplicação da ética e responsabilidades profissionais, conforme Brasil (2006), considerados modalidades transversais à formação em Engenharia.

Existe também a possibilidade de se encontrar espaços interdisciplinares, centrados na mobilização de recursos heterogêneos. Para Perrenoud (2005), não se trata de abrir mão de ensinar os conhecimentos disciplinares, mas de fazer com que eles contribuam para as competências que, até certo ponto, os transcendem.

Na interdisciplinaridade ocorre a escolha ou composição de um objeto comum, por meio de objetos particulares pertencentes às várias disciplinas. Neste sentido, Gusdorf (1984) ressalta que a escolha de um objeto em comum permite um diálogo entre as disciplinas, situando uma 'conversa' propícia e uma síntese enriquecedora de conhecimentos, que se viabilizam em múltiplos contextos de questionamento, confirmação, complementação, negação, ampliação e iluminação de aspectos não distinguidos.

A referência a comunicação entre os diversos ramos de conhecimento significa compartilhar *metodologias de estudo*, formas de abordagem conceitual e de informações, assim como promover o desenvolvimento de competências no âmbito das interfaces entre as disciplinas.

Esta ferramenta permite comparar diferentes pontos de vista, discernir e sintetizar diferenças e semelhanças nos contextos, conceitos, conhecimentos e procedimentos peculiares de cada área. A interdisciplinaridade, como estratégia de superação do confinamento disciplinar, se:

(...) [constitui como] o princípio da máxima exploração das potencialidades de cada ciência, da compreensão dos seus limites, mas, acima de tudo, é o princípio da diversidade e da criatividade. (...) Por outro lado, a importância do trabalho interdisciplinar [é] que possibilita o aprofundamento da questão teoria e prática, contribuindo para uma formação mais crítica, criativa e responsável (TORRALES-PEREIRA; FORESTI, 1998, p. 3).

A interdisciplinaridade pressupõe um tema ou eixo integrador que possa se constituir em diversas naturezas. Um dos meios possíveis de se efetivar tal proposta é a escolha de um objeto de conhecimento: um projeto de investigação, onde se busque compreender, prever e transformar a realidade, efetivando um meio capaz de movimentar e promover uma aprendizagem que se configure significativa para o aluno.

## O PROJETO COMO RECURSO INTERDISCIPLINAR.

Parece ser natural supor que uma das funções da escola, além da aquisição do conhecimento e cultura, esteja ligada a refletir e desenvolver interesses individuais e coletivos, lidando com as incertezas pes-



soais, profissionais e sociais dos alunos, de modo a possibilitar um alicerce para o desenvolvimento pleno ao longo da vida do indivíduo.

Diante dessa proposta Macedo (2006) aponta como referência o projeto, concebendo este como ferramenta para se exercer a cidadania e desenvolver o compromisso profissional. O projeto naturalmente envolve o trabalho em equipe, o que requer uma flexibilidade nas múltiplas funções necessárias no âmbito do exercício profissional, qualquer que seja o campo de atuação e promove grande mobilidade na interação entre os pares.

Os conteúdos conceituais e os conteúdos procedimentais devem estar presentes num projeto de ensino. Este par está a serviço da mobilização de competências pelos estudantes, pois a atual concepção de aprendizagem envolve o domínio de uma competência essencial, associada à capacidade de mobilização de diversos recursos.

Em Brasil (2006), o Projeto Pedagógico ligado às engenharias prevê que podem ser eleitas disciplinas que promovam competências e projetos com intenção integradora, devendo ser indicadas explicita e claramente as competências e trabalhos a serem desenvolvidas.

Esta recomendação ao trabalho didático com projetos atende as referências para o desenvolvimento de algumas competências do discente de engenharia: capacidade de comunicação utilizando o método científico e tecnológico, desenvolvimento de postura ética e profissional para futuras atividades na sociedade civil e a necessária articulação dos conhecimentos práticos e teóricos, propícios e essenciais ao desempenho profissional.

Este trabalho com competências pode ter um ganho de compreensão se emprendermos um olhar retrospectivo. Boutinet (2002) aponta que na antiga Grécia não havia equivalente para o projeto, em sua concepção mais atual. Etimologicamente, projeto deriva de *projetus* (latim), participio passado de *projice-*

*re*, significando um jato lançado à frente. Este termo teve uma concepção mais regular a partir dos séculos XIV e XV, a partir das formas *pourjet* e *projet* (francês), que eram elementos arquitetônicos sobre as fachadas, como os conhecidos balcões e pilares.

Atualmente, projeto tem dupla significação, podendo ser caracterizado pela concepção, que representa o que é proposto ou criado, que é comumente denominado *design*, assim como a ação que representa a intenção de produção efetiva do produto, ou seja, o que terá que ser feito para atingir as metas concebidas.

Para Marina (1995), a dimensão criadora de um projeto remete a uma característica fundamental da inteligência humana, que é a invenção e o estabelecimento de metas, próprias da subjetividade humana criadora e que permite ao profissional envolvido selecionar a informação necessária, dirigir o olhar para a realidade e definir as próprias metas, inventando possibilidades, antecipando situações, vivenciando um conhecimento para além dele mesmo, superando-se.

Como referência ao projeto, Boutinet (2002) distingue três elementos constituintes: a referência ao futuro, a abertura para o novo e o caráter indelegável da ação projetada.

Num projeto, existe um futuro a ser construído e concretizado, transformado em real a partir de uma ilusão, o que favorece um acreditar no potencial latente e nas ideias que pode se transformar em ato.

Por princípio, o projeto deve ser aberto, de modo que não pode ser conhecido de antemão a possibilidade de se ter ou não se ter sucesso. E é justamente esta incerteza que pode nortear e orientar os diversos interesses dos alunos, num ambiente de procura por respostas para problemas que podem ter natureza diversa.

Nesta abertura para o novo, há um universo de caminhos ante o propósito, intenção ou plano que caracterizam um projeto, oportunizando dar asas à imagi-



nação, abrindo a possibilidade de manipular soluções e elementos ousados, de natureza incerta ou mesmo que tenha sido rejeitada anteriormente. Assim, há um ingrediente em apostar na busca de diversas possibilidades resultados e na intuição do melhor caminho a ser trilhado, para se obter sucesso no planejado.

Quanto ao caráter indelegável da ação projetada, cabe ao aluno a ação principal e primordial, sob a orientação do professor. Deste modo, o professor não deve delegar aos alunos todas as decisões nas etapas de criação e desenvolvimento do produto. Cabe ao professor uma preocupação em acompanhar a proposição e a execução, nas suas várias fases, ora parabenizando-os pelas decisões que procedem, ora incentivando-os à busca de outros caminhos e soluções. Assim, o professor pode interferir, apresentando alguns conhecimentos necessários para a progressão do projeto, porém de modo que os próprios alunos tomem as decisões necessárias, visto que o professor não pode fazer ou viver o projeto pelo aluno.

Quanto às competências que podem ser desenvolvidas no aluno, como indivíduo que projeta, destacamos o agir, o pensar e o sentir, conforme Vygotsky (2001), que permitem dar significado aos conhecimentos. Podemos estender tais possibilidades também para a ação didática do professor, visto a natureza educacional do projeto em questão, que coloca o(s) aluno(s) e professor como uma dupla, cada qual com um papel a cumprir.

Também, ação e vontade devem ser conciliadas com a razão, em favor dos objetivos. Ao se ter projetos, há de se ter desconforto, há de querer pretender tornar a ser, há de se ter predisposição para a mobilização. Deste modo, é colocando em ação as utopias e abrindo espaço para se ter ilusões e almejar algo mais, há de se ter tolerância para se trabalhar e aprender junto com os colegas, querendo se transformar como pessoa e profissional.

## DA TEORIA A AÇÃO: O PROJETO ARTICULADOR

No quadro delineado, tive ocasião de participar, em 2009, de um projeto educativo, numa instituição de ensino superior, numa classe do ciclo básico de um curso de engenharia, no período Noturno.

A Instituição promoveu uma mudança na organização de trabalho que se embasa no princípio de superação do encadeamento cartesiano e que permite uma maior articulação interdisciplinar, o que favorece o par conhecimento conceitual&procedimental e o desenvolvimento de competências.

No 1º semestre dos cursos de Engenharia a disciplina Introdução à Engenharia foi incumbida de receber os calouros e promover um ritual de aproximação do mundo do engenheiro ao estudante, que habitualmente tem poucos conhecimentos do ambiente de trabalho e da importância da necessária formação acadêmica para tal profissional.

Nas Universidades, existe um histórico em relação a esta disciplina. Ela foi introduzida em meados dos anos 90, nos Estados Unidos, com a paralela publicação de livros para dar suporte bibliográfico. Independentemente deste fato, esta experiência foi trazida para nossa nação, em algumas escolas públicas, que então começaram a desenvolver material didático e alguns projetos nas turmas iniciantes de Engenharia, tal como ocorre, por exemplo, na POLI/USP e na USP/ Zona Leste.

Baseando-se nos moldes das experiências precedentes em outras instituições, a proposta da disciplina é referenciar o universo da Engenharia, quanto à formação ética e profissional do engenheiro, a evolução da profissão e dos cursos até os dias de hoje, como funcionam os organismos reguladores, como ocorre o processo de estudo e de pesquisa nesta área, abordando alguns casos que permitem introduzir a metodologia da solução de problemas, de modo a situar o eixo polarizado, com extremos no conhecimento teórico e prático, inerente a esta área.



A metodologia de ensino usual consiste em utilizar aulas expositivas, seja através do professor da cadeira e de palestrantes convidados, aliados a estudos de casos, normalmente referenciados na pouca literatura existente na área, especificamente referida a tal temática.

A fim de aproximar a experiência com relação às universidades públicas brasileiras e norte-americanas, a disciplina de Introdução a Engenharia sedia um projeto articulador. Esta ação se constitui num importante ato de regulação, pois permite e direciona os professores no desenvolvimento de uma ação efetiva, através da possibilidade da implementação de um projeto, que favorece uma estratégia de ensino apropriada aos objetivos que propusemos.

Consideramos que é função da Educação inserir os jovens num quadro social e profissional, preservando valores, costumes e conhecimentos já estabelecidos, assim como pela possibilidade de abrir as portas para o novo, transformando o conhecimento, conforme sugere Machado (2008).

O projeto tece uma abertura para a motivação da ação humana, que conserva e transforma, que constitui uma das finalidades da Educação. Isto possibilita ao professor e a Instituição de Ensino Superior atuar para fomentar possibilidades, viabilizar o fazer consciente, impregnado de significação, que promova a reflexão dos conhecimentos-em-ato, desde a vontade livre, que se manifesta e autolimita em função de restrições, dada pela regulação que o projeto autoriza.

O caráter articulador permite ao aluno a inserção na problemática do ensino universitário, desde a entrada do calouro na Universidade. Isto acaba valorizando as disciplinas como fonte de conhecimento e favorecendo a integração entre as mesmas, ao nortear a ação entre estas para contribuir no ideal de projeto concebido.

O projeto articulador consistiu na concepção, planejamento, desenvolvimento e execução de um protótipo de veículo, tendo como proposta a utilização de energia potencial elástica como fonte para o meca-

nismo propulsor.

Numa etapa concludente, o veículo em miniatura, produto final do projeto, participou de competições envolvendo os protótipos desenvolvidos pelos grupos, compostos de 4 a 7 alunos, e que foram avaliados em três aspectos. A primeira parte consistiu em competição, proposta num percurso pré-determinado, sendo a classificação advinda do menor tempo gasto. A segunda etapa se concretizou por uma corrida onde a classificação se efetivou de acordo com a maior distância percorrida. Por último, foram avaliadas a funcionabilidade e a concepção do protótipo.

Como características básicas para o veículo autônomo, havia restrições quanto à massa e as dimensões do protótipo, assim como pela utilização de materiais e/ou peças que não fossem oriundas de carinhos manufaturados industrialmente e que já existem no mercado (nacional ou importado).

O mecanismo de propulsão utilizaria exclusivamente energia do tipo potencial elástica e, sendo um dispositivo autônomo, não poderia sofrer interferência humana após o início do movimento. Além disso, o mecanismo propulsor deveria ser solidário ao veículo e, durante todo o deslocamento, o mesmo deveria estar apoiado no solo em pelo menos três pontos.

Deste modo, dentro das restrições, os alunos desenvolveram a criação de diferentes protótipos. Os alunos tiveram a liberdade na escolha do material mais eficaz ou adequado, na manipulação deste material que, associado a explicações envolvendo conceitos básicos da física permitiram descrever e entender os movimentos quanto a natureza, de modo a possibilitar o desenvolvimento de um modelo mais aerodinâmico e que reduzia a ação dos diversos atritos.

Houve incentivo a realização dos cálculos de tempo e velocidade média para antecipar e comparar previsão e resultados. Também, os alunos realizaram desenhos dos elementos constituintes em perspectiva isometria e nas projeções ortogonais, comuns neste tipo de trabalho.



Os alunos tinham liberdade de solicitar esclarecimentos tanto do professor das disciplinas do programa do ciclo básico, assim como na própria disciplina de Introdução à Engenharia, o que permitiu uma importante articulação e comunicação entre as diversas disciplinas.

O registro do projeto foi realizado num documento formatado como um texto científico padrão, segundo as normas da ABNT (NBR-6028 e NBR-14724). Como muitos alunos desconheciam o padrão científico de escrito deste projeto, foram necessários esclarecimentos acerca desta modalidade de escrita, o que envolveu uma pré-iniciação a metodologia do trabalho científico.

### O ANDAMENTO DO PROJETO.

Todas estas questões visaram recriar um ambiente de simulação do trabalho de um engenheiro, considerando-se um objeto de estudo mais simplificado – o protótipo movido à energia elástica.

As inúmeras etapas envolveram a articulação dos conhecimentos teóricos desenvolvidos nas diversas disciplinas do ciclo básico de engenharia, acrescidos da demanda de criação e desenvolvimento do produto, e que, num movimento dialético, foram associados à construção física do protótipo.

A interface destes vários procedimentos, aliada a escrita de um texto acadêmico, uma novidade para os alunos, configurou numa tarefa complexa, o que inicialmente justifica a incumbência de uma disciplina para comandar este tipo de projeto.

Devo ressaltar que esta ocasião de projeto foi motivadora, pelo fato de sendo professor de disciplinas básicas dos cursos de Engenharia, ter sido indicado para acompanhar uma classe de Engenharia nesta disciplina.

Como procedimento básico, de acordo com Boutinet (2002), para se viabilizar um projeto, é fundamental planejar as ações, constituindo um mapear das trajetórias possíveis e viáveis; fazer, executar, co-

locar em andamento as diversas etapas planejadas; avaliar constantemente, para se necessário replanear as ações para se atingir as metas eleitas ou, caso necessário, ocorra um desmembramento ou ampliação das metas iniciais e até mesmo uma análise da viabilidade das metas; estabelecer indicadores, de modo a auferir e divulgar os resultados parciais ou globais.

Em cada aula, havia uma introdução teórica aos temas, com base no programa da disciplina descrito acima, feito pelo professor, de modo a fornecer subsídios aos alunos e, numa segunda parte da aula, havia espaço para discussão das ideias com os alunos e para o acompanhamento da execução e andamento do projeto.

Além do texto padrão para um texto científico, incumbimos os alunos de documentar as diversas etapas de evolução do projeto, denominado memorial. A intenção do uso desta estratégia é que servisse de guia em relação ao percurso realizado e que sintetizasse o processo de desenvolvimento do produto.

Um dos grupos, que obteve o resultado de 64 metros na corrida a distância, sintetizou:

O primeiro contato com esta experiência foi meio turbulento, pois encontramos algumas dificuldades com relação ao material a ser usado. Já na segunda tentativa, as coisas estavam mais claras para o grupo. Sabíamos como seria nosso carrinho antes mesmo de começar a montar, mas mesmo assim não ficamos satisfeitos com o desempenho. Então, partimos para uma terceira tentativa. Neste terceiro protótipo, apresentamos bons resultados, fizemos uma série de testes e várias estimativas, sendo que, todos os resultados superaram nossas estimativas e o desempenho foi excelente. Conseguimos fazer com que o veículo fosse rápido e percorresse uma





ótima distância, assim sendo, vencemos a disputa entre os grupos de nossa sala e vamos nos empenhar para as próximas competições (GRUPO 1).

Também, através do memorial ficaram evidenciadas as diversas escolhas de material a ser utilizado. Isto pode ser descrito pelo depoimento descrito abaixo.

Todos os itens foram confeccionados pelo nosso grupo de trabalho, que inicialmente, se

reuniu no dia 27/03/09, para definir a confecção do projeto do carrinho. Chegamos à conclusão de que o material deveria ser leve e de fácil usinagem. Portanto o material escolhido foi o alumínio (GRUPO 2).

Um dos itens do projeto consistia na elaboração de uma relação de materiais utilizados e o desenho em vistas ortogonais de todos estes elementos. A tabela 1 abaixo ilustra este item, importante para organizar as escolhas efetuadas e sintetizar a comunicação.

Tabela 1: Relação de materiais utilizados

Desenho	Veículo – Parte	Material	Quantidade
n. 07	Chassi	Vara de madeira	02
n. 02/05	Rodas	Porta CD's de 14cm de diâmetro	04
n. 06	Propulsão	Mola de porta do forno de fogão	01
n. 04	Transmissão	Haste Metálica	01
-	Sistema de Transmissão	Linha de Nylon (pesca)	01
n. 03	Base da Mola	Chapa de Madeira Eucatex	01
n. 08	Eixos/Bucha	Vareta metálica e Eixo central do porta CD's	02
-	Sistema de Movimento livre (guia)	Gancho metálico	01
-	Pintura	Tinta Spray (base cinza e cromado)	02
-	Carroceria	Latas de alumínio	06
-	Elementos de Fixação	Parafuso, Ganchos, Cola (quente, super-bonder)	-

Fonte: GRUPO 3.

No planejamento do trabalho, programamos duas provas pré-eliminatórias, sem caráter oficial, de modo a estimular o desenvolvimento do produto e incentivar as alterações necessárias. Um dos grupos destacou a validade desta estratégia: “Em virtude da análise de outros veículos apresentados em sala de aula, foi repensado o tipo de mola e construção do veículo, para garantirmos uma maior distância e velocidade” (GRUPO 3).

Os grupos utilizaram basicamente três tipos de sistema propulsor: mola de ratoeira; mola em espiral (mola de relógio, trena ou carrinho de fricção); mola de tração e compressão. Observamos que o sistema de mola com pêndulo não foi utilizado por nenhum grupo. Um único grupo utilizou mola de ratoeira e os demais, utilizaram o sistema de mola em espiral (trena).



Detectamos que a mola que tínhamos utilizado possuía pouca força, gerando assim pouca energia, onde necessitaríamos construir uma mola própria ou procurar alguma que apresentasse uma força maior. Pesquisamos em alguns lugares [e] encontramos uma mola de porta de fogão, que preserva o princípio inicial (GRUPO 3).

Também, a estratégia de trazer para a sala de aula o trabalho sequencial, propiciou aos grupos a antecipação dos vários ajustes que naturalmente se fazem necessários e a inserção de novos elementos, de modo a resolver os problemas oriundos das escolhas realizadas.

Novamente nos reunimos para iniciar a usinagem das peças já desenhadas e definidas. A chapa de alumínio foi cortada e furada. Os eixos e as rodas foram usinados conforme dimensionamento. O sistema propulsor foi fixado no eixo traseiro conforme necessidade e [para permitir] alinhamento. Logo após a usinagem, começamos a montagem fixando os eixos ao chassi, também foi montado o sistema de trava do chassi e fixação da mola. Para validar o teste físico, verificamos que o projeto alcançou a distância de 36 m com sucesso. Após teste físico, discutimos [a] necessidade de alterações no projeto. Em 01/05/09, a equipe se reuniu para efetuar as modificações necessárias. (...) Todo o processo de montagem e testes ocorreu no dia seguinte. Tínhamos que diminuir a área de atrito para que o veículo conseguisse ir mais longe. Para resolver o problema de alinhamento, modificamos os eixos dianteiro e traseiro, mas ainda sim, precisávamos eliminar a perda de energia na partida. Pesquisamos um pouco e conseguimos encontrar

uma solução, que seria inserir no projeto um par de engrenagens. Com isso, iríamos diminuir o torque e o carrinho [deixaria de patinar]. Então, foi usinado um novo eixo (eixo central), onde a engrenagem maior seria fixada. Como consequência o eixo traseiro também sofreu mudanças, pois seria fixado nele uma pequena engrenagem. Feito as mudanças, reduzimos a área de atrito das rodas e conseqüentemente reduzimos o peso final do carrinho. Depois de montado, fizemos os testes, e ficamos surpresos com o resultado (GRUPO 2).

A pesquisa de modelos similares foi muito importante, tanto ao nível de componentes (mecanismo propulsor, sistema de transmissão de energia), como para a concepção de design. Estes modelos serviam de inspiração inicial, que geralmente não eram as melhores opções. Os alunos, percebendo isto, recriavam com base no mesmo modelo ou reconfiguravam outras ideias como solução.

O design foi baseado em um avião da força aérea americana, conhecido como Blackbird para os contornos do chassi, sendo que a carroceria foi baseada nos carros conceitos de alta velocidade. O mecanismo de propulsão (...) inicialmente [escolhido] é utilizado nos aeromodelos movidos a elástico. Nesse sistema, o elástico é preso a um eixo onde é utilizada uma rosca sem-fim que transmitirá a energia gerada pelo elástico ao desenrolar para uma coroa ligada ao eixo que transmite a tração para as rodas. Esse sistema mostrou-se pouco eficaz, pois há muita perda de energia quando é feita transmissão da energia (GRUPO 4).



## CONCLUSÕES.

Destacamos inicialmente a efetiva ação dos alunos no desenvolvimento do projeto. Os alunos se organizavam em grupos, discutiam ideias oriundas da interação com os colegas, que ora apoiavam ora rejeitavam, mas que caracterizam o caráter de colaboração e cooperação. Acredito ser esta uma manifestação da riqueza semântica da ação, apontada por Macedo (2006), pelo labor realizado em conjunto com os colegas, onde se caracteriza a manifestação da vontade livre e consciente, enfim, a liberdade da ação, mas re-freada pelos outros elementos do grupo, assim como pelas restrições do projeto.

Relembramos que a ação esta associada à indissociável interação com a razão, conforme ressalta Macedo (2006). Esta opção se viabilizou em virtude do caráter pragmático do projeto, na forma da criação e confecção do produto final – o veículo autônomo movido a energia elástica.

A experiência de alguns alunos, que espontaneamente assumiram o comando dos grupos, trouxe para a sala de aula um ar diferente, um sabor de prática à rotina acadêmica, que associada à busca de referenciais teóricos, ampliam o domínio de competências dos alunos, articulando os conhecimentos teóricos&práticos.

Nesse sentido, um dos alunos relatou que utilizou uma engrenagem para refrear e potencializar o torque inicial, que inicialmente fazia derrapar o carrinho. Para tal, utilizou um tipo de engrenagem que ele lembrava ter visto numa máquina de café expresso, na ocasião em que trabalhava na manutenção dos componentes eletrônicos, neste tipo de equipamento.

Ainda, outro grupo mencionou que "(...) as lições apreendidas com o primeiro modelo garantiram um sucesso maior no resultado e uma rapidez na construção do mesmo" (GRUPO 3).

Pela usual dificuldade dos alunos em relação aos aspectos conceituais da Física, as aulas de Intro-

dução à Engenharia serviam como palco de explicações em relação a conceitos elementares de Física, ligados a Cinemática e a Dinâmica: energia, quantidade de movimento, momento de inércia - sem a preocupação de quantificar. Assim, as explicações visavam destacar as relações com os elementos do projeto e que permitiram desenvolver o conhecimento tácito, sem a necessidade de expressá-los e defini-los formalmente.

Após a realização das duas provas preliminares e da prova classificatória, com os modelos já realizados, houve uma retomada dos conceitos da física envolvidos de modo explícito, ocorrendo a definição dos principais elementos e uma tentativa de elaboração de um modelo de cálculos aproximados, estimando e comparando com os resultados práticos.

Desse modo, percebemos que houve uma maior compreensão pelos alunos dos conceitos físicos associados ao projeto, mas que ainda exigem um maior aprofundamento, que poderá ser realizado ao longo do curso. Fica, então, plantada uma semente, que pode futuramente germinar a árvore de conhecimentos dos alunos, em nível conceitual, procedimental e atitudinal.

Essas considerações contribuíram no estudo da ética, uma prerrogativa do desenvolvimento na disciplina. Etimologicamente, esta palavra é originada do grego *ethos*, que revela o modo de ser e caráter do indivíduo. Assim, pautamos na ética do profissional engenheiro, ou seja, o que é bom para o profissional e para a sociedade, no entendimento de se compreender a natureza de compromissos no relacionamento profissional/sociedade. Acreditamos que os princípios da ética foram tratados, tanto explicitamente no estudo de casos, distintos do projeto articulador, em aulas expositivas, como tacitamente no decorrer do desenvolvimento do projeto, em analogia com os aspectos respeito, integração e conduta adequada no lidar com os colegas de sala e das outras classes, com o professor e com as regras e diretrizes do projeto.

Com isso, o projeto viabilizou desenvolver potencialidades nos alunos, que se manifestaram no de-



correr do processo de construção dos protótipos e que explicitamente se concretizaram na ação, no pensar e no sentir, visto que o "(...)" que caracteriza o olhar inteligente é que aproveita com suprema eficácia os conhecimentos de que dispõe" (MARINA, 1995, p. 35).

Por último, ressalto o caráter indissociável entre o par dialético e complementar entre projeto e jogo, mesmo em situações profissionais, destacado em Macedo (2006). Isto ficou evidenciado neste projeto: "O projeto do carrinho movido à força elástica, tem sido muito interessante. O fato, é que está despertando nossa imaginação e nossa criatividade, futuros engenheiros, e claro, estamos nos divertindo com as diferentes experiências" (GRUPO 1).

Acreditamos que estas manifestações se constituam em condições essenciais para o desenvolvimento de competências, pois:

As competências não se ensinam, mas se constroem. Aprende-se fazendo, ao sabor de uma prática reflexiva, com um apoio, uma regulação. Não se trata de aprender tudo sozinho, por tentativa e erro, mas tampouco de se exercitar simplesmente para seguir um procedimento, um modo de uso ou uma receita. Para desenvolver competências, é preciso confrontar-se pessoalmente, de forma ao mesmo tempo repetida e variada, com situações complexas e empenhar-se para tentar dominá-las, o que, aos poucos, leva a integrar saberes, habilidades mais estritas, informações, métodos para enfrentar, para decidir em tempo real, para assumir riscos. Isso demanda tempo, não podendo ser feito no ritmo desenfreado da transmissão de saberes descontextualizados (PERRENOUD, 2005, p. 75).

Em síntese, acreditamos que o projeto articulador desenvolvido exemplificou uma simulação e recriação de um ambiente de trabalho, configurando um tipo

de situação de aprendizagem envolvida num quadro interdisciplinar que permitiu desenvolver competências, em um modelo pedagógico ativo, contemplando o par teoria&prática, e que complementou a abordagem dos conteúdos usuais e necessários a formação profissional do engenheiro.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L.T.V. **Introdução à Engenharia**. São Carlos: Editora UFSC, 1997.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental**. Brasília: SEMT/MEC, 1997.
- \_\_\_\_\_. **PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**. Ministério da Educação&Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba: Campus de Curitiba, 2006.
- \_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO CNE/CES 11, DE 11 DE MARÇO DE 2002**. CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2011.
- \_\_\_\_\_. **Sistema de Seleção Unificado**. Portal do Ministério da Educação, 2009. Disponível em: <<http://sisu.mec.gov.br/#/principal.php>>. Acesso em: 01 ago. 2010.
- BOUTINET, J. P. **Antropologia do Projeto**. Porto Alegre: ArtMed, 2002.
- CARMO, B. B. T.; BARROSO, S. H. A.; ALBERTIN, M. R. APRENDIZAGEM DISCENTE E ESTRATÉGIA DOCENTE: METODOLOGIAS PARA MAXIMIZAR O APRENDIZADO NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Revista Produção Online**, local, v.10, n.4, p. 779-817, dez. 2010.
- GUSDORF, G. Para uma pesquisa interdisciplinar. In: DIÓGENES: **Antologia**. v. 7 Brasília: Editora da UnB, 1984. p. 35.
- HOLTZAPLLE, M. T.; REECE, W. D. **Introdução à Engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.



MACEDO, L. Competências e Habilidades: Elementos para uma reflexão pedagógica. In: **ENEM: Fundamentação Teórico-Metodológica**, 2005, p. 13-28. Disponível em: <<http://www.cefetsp.br/edu/eso/competenciashabilidades.html>>. Acesso em: 15 mai 2010.

\_\_\_\_\_. Jogo e Projeto: Irredutíveis e Complementares. In: ARANTES, A. A. **Jogo e Projeto**. São Paulo: Summus, 2006.

MACHADO, N. J. A Universidade e a organização do conhecimento: a rede, o tácito, a dádiva. **Estud. av.**, São Paulo, v. 15, n. 42, 2001.

\_\_\_\_\_. **Educação e Autoridade**. São Paulo: Ed Vozes, 2008.

MARINA, J. A. Teoria da inteligência criadora. Lisboa: Caminho da Ciência, 1995.

PERRENOUD, P. **Ensinando Competências desde a Escola**. Porto Alegre: Art Med, 1999.

\_\_\_\_\_. **Escola e Cidadania: o papel da escola na formação para a democracia**. Porto Alegre: Artmed, 2005. SÃO PAULO. **Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Matemática/ Ensino Fundamental (ciclo II) e Médio**. São Paulo: SEE, 2008.

TORALLES-PEREIRA, M.; FORESTI, M. C. P. **Formação Profissional: Reflexões sobre interdisciplinaridade**, 1998. Disponível em: <<http://www.interface.org.br/revista3/espaco1.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2006.

VYGOTSKY, L. S. **Construção do Pensamento e da Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

ZABALA, A. A **Prática Educativa: Como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.