



ABORDAGENS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM CURSOS DE ENGENHARIA

Ana Lúcia da Fonseca Bragança Pinheiro - almonteiro@mackenzie.com.br
Universidade Presbiteriana Mackenzie - UPM
Universidade Anhembi Morumbi
Rua Casa do Ator, 45 – V. Olímpia
04546-900 – São Paulo, SP

Antonio Carlos da Fonseca Bragança Pinheiro - acbraganca@yahoo.com.br
Universidade Anhembi Morumbi;
Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo – CEFETSP;
Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATECSP-CEETPS.
Rua Pedro Vicente, 625 – Canindé
01109-010 – São Paulo, SP

***Resumo:** Uma das grandes preocupações do homem neste início de século XXI é a utilização criteriosa dos recursos presentes no meio ambiente. Com o atual nível de desenvolvimento tecnológico foi possível determinar as interferências ambientais, decorrentes das atividades de engenharia que resultaram em impactos diversos nos meios físico, biológico e antrópico. Uma das preocupações que surge na formação profissional dos engenheiros é proporcionar uma visão multidisciplinar integrada dos recursos utilizados em suas atividades. Em determinadas atividades de engenharia, pode-se ter a utilização de materiais, cuja fabricação pode interferir diretamente nas condições ambientais. Algumas ações governamentais foram protocoladas para possibilitar o desenvolvimento sustentável, como a Agenda 21, que foi o principal documento do Rio Eco-92, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano ou mesmo a inserção de disciplinas como Ciências Ambientais pelas Diretrizes Curriculares do Ministério da Educação. Este trabalho apresenta a importância da abordagem sistêmica dos cursos de engenharia visando o desenvolvimento sustentável, bem como apresenta sugestões de temas e abordagens que possam estimular no educando a consciência para a imperiosa necessidade do desenvolvimento sustentável.*

***Palavras-chave:** Desenvolvimento Sustentável, Meio Ambiente, Educação Ambiental*

1. INTRODUÇÃO

O profissional formado em engenharia deve ser capacitado para o desenvolvimento sustentável. As Diretrizes Curriculares para os cursos de graduação em engenharia indicam que a formação do engenheiro deve ser generalista, humanista, crítica e reflexiva, de maneira a capacitá-lo a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando os seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às



demandas da sociedade. As Diretrizes Curriculares ainda citam, no caso específico da área ambiental, as competências e habilidades gerais de (MEC, 2002):

- Avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental.

As diretrizes curriculares para os cursos de graduação em engenharia vêm ao encontro às determinações da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394/96), no capítulo 8, onde a educação superior tem por finalidade (INEP, 1996; SÉRIO et al., 2001; SOUZA & SILVA, 1997; VALENTE, 2000):

- Incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive;
- Promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos que constituem patrimônio da humanidade e comunicar o saber através do ensino, de publicações ou de outras formas de comunicação;
- Estimular o conhecimento dos problemas do mundo presente, em particular os nacionais e regionais, prestar serviços especializados à comunidade e estabelecer com esta uma relação de reciprocidade.

Para a capacitação profissional, o aluno de cursos de graduação em engenharia, deve não só incorporar conhecimentos acerca de serviços, técnicas e produtos na sua área de conhecimento e atuação, mas, também, conhecimentos acerca das dimensões antrópicas (cultural, social e econômica) e biótica (faunística e florística) da área de inserção e de influência de suas ações como profissional de engenharia.

A visão cartesiana que levou à especialização setorial, embora muito tenha contribuído para o desenvolvimento tecnológico, resultou em uma concepção fragmentada, mecanicista e determinística do desenvolvimento. Tal fato resultou na formação organizacional de departamentos especializados que muitas vezes buscam, ainda, verbas e soluções para questões pontuais, sem a devida visão sistêmica, o que pode decorrer em ineficácia social e desperdício econômico. Isto pode ser observado, por exemplo, quando se procura solucionar os problemas ambientais urbanos como as enchentes, os congestionamentos, a poluição atmosférica e hídrica sem que haja uma reflexão sobre a questão do uso e ocupação do solo.

O pensamento cartesiano, pode ser percebido também na área econômica, que adquiriu características de ciência exata, quantificável por meio de parâmetros monetários. O desenvolvimento passou então a ser avaliado pela produção, distribuição e consumo de riquezas, ou seja, pelo máximo de consumo e de produção.

Assim, como destaca Yassuda (1995), a Engenharia deixou de ser entendida como uma “[...] atividade profissional que tem por missão controlar e utilizar economicamente os materiais e as energias da natureza, apoiada em conhecimentos científicos e orientada por bom-senso, com o objetivo de promover o progressivo bem-estar humano” , para ser valorizada como uma “[...] atividade profissional que tem por missão controlar e utilizar os materiais e as energias da natureza, apoiada em conhecimentos científicos, com o objetivo de realizar empreendimentos de máximo rendimento econômico - financeiro.”

Dessa forma, a engenharia como uma ciência exata, analítica, buscou adotar como modelo decisório para os seus empreendimentos o critério de máximo rendimento econômico-financeiro. Seguindo o modelo de desenvolvimento adotado, é excluída a análise qualitativa, em suas dimensões ecológicas, sociais e psicológicas.



Além disso, a visão cartesiana da natureza, permitiu a concepção do uso do conhecimento científico para o seu domínio, o que resultou em crises ambientais de proporções imprevisíveis. Tal crise poderá ser superada se, como destaca Capra (1982), o pensamento cartesiano puder ser substituído pela visão holística ecológica.

Na primeira metade do século XX, os avanços na área da biologia permitiram entender a natureza dentro de uma concepção sistêmica, formada por ecossistemas cuja principal característica é a troca contínua de matéria e energia. Tais interações são observadas em populações que estão em equilíbrio dinâmico, de competição e mútua dependência. O entendimento da natureza não linear dos percursos e interligações observados nos ecossistemas, dentro de uma visão sistêmica, permite inferir a possibilidade de qualquer perturbação ser propagada e ampliada a todo o sistema ambiental.

Dentro dessa nova concepção, o modelo de desenvolvimento adotado começou a ser questionado em escala mundial a partir de 1972, quando da realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, culminando com as exigências ambientais para a concessão de financiamentos, por parte do Banco Mundial, do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e de outras agências financeiras, a partir de então. Destaca-se que tais exigências também decorreram do início da participação da sociedade no processo decisório.

Restava, então, buscar um modelo de desenvolvimento que englobasse os critérios sociais, ecológicos e bióticos, a partir da visão sistêmica do meio ambiente. Tal modelo ficou conhecido como Desenvolvimento Sustentável, e pode ser entendido como o “[...] desenvolvimento econômico socialmente responsável e capaz de proteger a base de recursos, bem como o meio ambiente, em benefício das futuras gerações” (YASSUDA, 1995).

Yassuda (1995) destaca quatro valores que emergem desse conceito, com grande significado para o ensino, pesquisa e o profissional de engenharia:

- A dimensão social;
- A dimensão econômica;
- O condicionante ambiental;
- O compromisso ético com a vida.

Tal desenvolvimento incorpora as bases humanística, científica e cultural e não somente o raciocínio determinístico convencional, cartesiano e newtoniano. Esse modelo de desenvolvimento exige a capacitação do profissional em engenharia para a formulação de alternativas que possibilitem o máximo benefício para os sistemas físicos, sociais e bióticos existentes na área de domínio e influência de seus empreendimentos.

Tais considerações foram comprovadas por um estudo feito pela Comissão de Modernização Curricular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que ressaltou a necessidade da capacitação do engenheiro para assumir três identidades (FLEURY et al., 1991 apud YASSUDA, 1995):

- A de engenheiro projetista;
- A de engenheiro cientista;
- A de engenheiro sistêmico.

Depara-se, então, com a questão da inclusão da visão sistêmica nos cursos de engenharia, entre elas a da temática ambiental ecológica.



2. A FORMAÇÃO DO PERFIL AMBIENTAL DO ALUNO DE CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

Para Yassuda (1995), a formação ambiental do engenheiro pode ser obtida pela oferta de conteúdos teórico e laboratorial sobre os sistemas bióticos, antrópicos e físico-ambientais, oferecidos nos primeiros anos dos cursos de engenharia, compondo o elenco de matérias básicas. As matérias profissionalizantes tratariam a temática ambiental por meio de projetos multidisciplinares.

Observa-se que tal estratégia resultaria, mais uma vez, na fragmentação do sistema ambiental em suas partes, o que pouco contribuiria para a visão holística necessária a sua compreensão. Além disso, os conceitos ecológicos já são trabalhados na disciplina Ciências do Ambiente, que compõe o elenco de disciplinas do núcleo de conteúdos básicos das Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação em Engenharia (MEC, 2002).

Em estudo realizado no curso de Engenharia Civil da UNIP, Tavares (1999) sugere a inclusão de temas ambientais nas ementas das diversas disciplinas, de modo a melhor preparar os engenheiros para o mercado de trabalho. A estratégia formal da inserção da temática ambiental nas ementas, destaca Tavares, pode resultar no aprofundamento de discussões, na medida em que confere uma visão ambientalista formal ao curso.

Tavares (1999) destaca que tal estratégia tem sido também a solução encontrada pelo MEC para a abordagem de conceitos relacionados à ética e trânsito, entre outros, que comporiam o currículo transversal a ser inserido ao currículo básico.

Essa alternativa, de contemplar os temas ambientais nos currículos como um tema transversal, estaria mais de acordo com a formação sistêmica profissional pretendida. Contudo, a sua inclusão informal poderia agregar valores de conduta ambiental, na medida em que não seriam ponderados pelos instrumentos formais de avaliação.

Os temas transversais poderiam ser trabalhados pelo elenco de disciplina que compõem o currículo dos cursos de graduação em engenharia, isto é, as pertencentes ao núcleo de conteúdos básicos, ao núcleo de conteúdos profissionalizantes e as do núcleo de conteúdos específicos. Tavares sugere para as disciplinas como Cálculo Diferencial e Integral I; Física Geral e Experimental II, Mecânica dos Fluidos e Hidráulica; Probabilidade e Estatística; Teoria das Estruturas; Química Tecnológica Geral; Topografia; Hidrologia Aplicada; Arquitetura, Urbanismo e Legislação sobre Construções; Economia e Administração; Gerenciamento e Planejamento e Ética a abordagem de temas relacionados, entre outros, a quantificação de impactos ambientais; aos efeitos físicos da ocupação urbana; às perspectivas da carência de água e seus usos múltiplos e conflitantes; ao custo / benefício de materiais construtivos; às alternativas construtivas de baixos custos e baixos impactos ambientais; à construção civil e planejamento urbano; ao uso de materiais esgotáveis e materiais alternativos; ao conforto ambiental; à qualidade total na construção civil; e à auditoria e à economia ambiental.

Para as disciplinas como Estruturas de Concreto Armado, de Aço e de Madeira; Projetos de Instalações Hidráulicas; Saneamento Básico; Estradas e Transporte I e II; Portos e Obras Hidráulicas; Fundações e Obras de Terra; e Construções de Edifícios, temas relacionados ao conforto ambiental; à qualidade total; às pequenas estações de tratamento de água; às pequenas centrais hidrelétricas; ao controle de epidemias; ao controle de erosões; ao tratamento paisagístico ambiental; às leis de zoneamento; à poluição atmosférica e sonora; e à segurança e conforto de condutores de veículos e pedestres.

Assim, na medida em que os temas ambientais transversais agregados aos diversos conteúdos permitem a experiência concreta, seria possível agregar os valores ambientais, dentro de uma concepção sistêmica, à atuação do engenheiro.



Este trabalho procurou investigar a percepção ambiental do aluno de cursos de graduação em Engenharia Civil, por meio de uma pesquisa exploratória informal realizada com alunos de cursos oferecidos na cidade de São Paulo, sem a preocupação quanto à escola de origem, de modo a diversificar ao máximo os resultados e obter-se dados não tendenciosos. Foi realizada uma pesquisa quantitativa de opinião, no primeiro semestre de 2003, com 94 alunos (79,79% masculino e 20,21% feminino), cuja faixa etária entre 21 e 25 anos concentrou 93,33 % da amostra masculina e 89,47 % da feminina.

Considerando-se que a disciplina Ciências do Ambiente, na presente grade curricular, foi a primeira a facilitar ao aluno do curso de graduação em engenharia civil a apreensão da visão sistêmica de meio ambiente e de conceitos ecológicos, procurou-se avaliar a percepção do aluno em relação a sua importância na sua formação. Os resultados indicaram que 38,03% da amostra masculina e 52,94% da feminina atribuem um valor significativo aos conteúdos trabalhados (% acumulada das respostas com notas de 7 a 10). No elenco de disciplinas não profissionalizantes, a disciplina Ciências do Ambiente foi pontuada no valor médio das notas atribuídas a todas as demais.

Observa-se que essa disciplina integra um elenco de disciplinas oferecidas, em geral, nos primeiros anos do curso de engenharia, quebrando a expectativa do aluno que espera deparar-se com conteúdos profissionalizantes. Assim, seria de se esperar pontuações inferiores às obtidas. Além disso, a prática do ensino desta disciplina permite atestar que durante muito tempo os conteúdos apresentados em Ciências do Ambiente foram considerados de menor importância, na medida em que acreditavam serem esses pertinentes à formação do biólogo.

A percepção do aluno para a importância das questões ambientais na prática da Engenharia foi avaliada por meio da ponderação atribuída aos critérios econômico-financeiro, social, ecológico e político-gerencial, enfatizados por Yassuda (1995). Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Grau de importância relativa atribuído para o critério ecológico, em comparação aos demais critérios decisórios na busca de qualificação e otimização de soluções para empreendimentos de engenharia.

CRITÉRIOS DECISÓRIOS	MASCULINO(*)	FEMININO(*)
Econômico	96,00	100,00
Social	88,00	89,47
Político-financeiro	86,67	73,68
Ecológico	76,00	89,47

(*) % acumulada das respostas com notas de 7 a 10. Os valores foram ordenados segundo a opinião masculina.

Os resultados indicam que embora o critério decisório econômico ainda seja o de maior representatividade, não há diferenças expressivas para o grau de importância relativa atribuído para o critério econômico em relação aos critérios ecológico e social, o que mostra a incorporação da visão sistêmica na sua formação.

Na pesquisa, procurou-se, ainda, verificar o entendimento do aluno em relação ao critério ecológico avaliado, apresentando a ele o meio ambiente natural como fonte de matéria-prima (recursos naturais) e como um sistema vivo (ecossistema e biodiversidade) (Tabela 2).

Tabela 2 – Grau de importância relativa atribuído para os itens que compõem o critério ecológico decisório

ITENS	MASCULINO(*)	FEMININO(*)
Recursos naturais renováveis (ar, solo e água)	89,33	100,00
Equilíbrio de ecossistemas	85,33	89,47
Biodiversidade	77,33	89,47

(*) % acumulada das respostas com notas de 7 a 10. Os valores foram ordenados segundo a opinião masculina.

Era de se esperar que a visão de meio ambiente, como fonte de matéria-prima, permeasse a percepção do aluno de engenharia pelo fato do profissional em questão utilizar-se desses recursos em seus empreendimentos, recursos esses quantificáveis por parâmetros monetários. Porém, o valor relativo atribuído ao meio ambiente como sistema vivo indica uma significativa aquisição de valores ambientais ecológicos.

É interessante observar que na avaliação econômico-financeira de um empreendimento, é percebida por eles a relação custo / benefício como um dos fatores determinantes de um critério decisório (Tabela 3). Tal fato revela a importância atribuída ao real benefício ambiental do empreendimento.

Tabela 3 - Grau de importância relativa atribuído para os itens que compõem o critério econômico-financeiro decisório.

ITENS	MASCULINO(*)	FEMININO(*)
Custo mínimo	100,00	89,47
Taxa de retorno	98,67	94,74
Custo / benefício	97,33	100,00
Viabilidade financeira	97,33	94,74
Viabilidade tarifária	86,67	78,95

(*) % acumulada das respostas com notas de 7 a 10. Os valores foram ordenados segundo a opinião masculina.

A complexidade da visão sistêmica ambiental pode ser verificada pela percepção dos efeitos decorrentes da incorporação do critério decisório ecológico na avaliação de um empreendimento, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados diretos/indiretos de um projeto de Engenharia Civil, quando são considerados os aspectos ambientais (múltipla escolha)

ITENS	MASCULINO(*)	FEMININO(*)
Aumento de custos	80,00	68,42
Aumento de prazos	62,67	42,11
Diminuição do impacto negativo ao meio ambiente	46,67	42,11
Conflitos profissionais	41,33	26,32
Aumento do impacto negativo ao meio ambiente	37,33	42,11
Diminuição da disponibilidade de matéria-prima	34,67	31,58
Diminuição de desperdícios	33,33	26,32
Aumento da disponibilidade de matéria-prima	26,67	36,84

Aumento de desperdícios	22,67	10,53
Conflitos éticos	22,67	42,11
Diminuição de custos	13,33	10,53
Diminuição de prazos	10,67	5,26

(*) respostas em %. A soma ultrapassa 100% por ser de múltipla escolha. Os valores foram ordenados segundo a opinião masculina

Observa-se que, embora não seja percebido claramente o efeito ambiental esperado, é previsto um aumento de prazos e de custos para o empreendimento. Tal percepção reflete a complexidade da incorporação do passivo ambiental, de caráter sistêmico / social, pelo fator de retorno econômico, de caráter reducionista / privado, devido à necessidade de resultados imediatos. Isto também pode ser percebido pela percepção de ocorrência de conflitos éticos e profissionais.

No perfil profissional pretendido pelo aluno, apresentado na Tabela 5, pode-se observar que o valor percebido pelo aluno para o conhecimento de conceitos ambientais é significativo, comparando-se ao valor relativo atribuído ao conhecimento na área de informática e de outros idiomas. Observa-se que para traçar o perfil profissional pretendido, o aluno teve que atribuir valores diferentes, na escala de 1 a 10, não repetidos, para cada um dos itens apresentados.

Tabela 5 – Perfil profissional pretendido pelo aluno

ITENS	MASCULINO(*)	FEMININO(*)
Capacidade para solucionar problemas com rapidez	66,04	64,29
Conhecimento de conceitos administrativos / empresariais	60,38	50,00
Conhecimento na área de informática	54,72	57,14
Ética profissional	52,83	57,14
Saúde física e mental	50,94	57,14
Reciclagem profissional permanente	45,28	35,71
Hábito de fazer poupança para o futuro	47,17	42,86
Conhecimento de conceitos ambientais	39,62	35,71
Domínio de outros idiomas	39,62	57,14
Viagens e turismo	33,96	42,86

(*) % acumulada das respostas dos cinco primeiros itens escolhidos do total de dez apresentados. Os valores foram ordenados segundo a opinião masculina.

4. CONCLUSÃO

Pode-se observar que os alunos dos cursos de engenharia civil, em geral, apresentam uma percepção significativa da importância da incorporação das questões ambientais na prática profissional, independentemente da forma como essa questão vem sendo trabalhada nos cursos de engenharia. Ressalta-se que o processo de incorporação da visão sistêmica é relativamente novo e dinâmico, e, logo, espera-se um aumento de sua graduação ao longo do tempo. Cabe lembrar que os cursos mais antigos de engenharia no Brasil têm um pouco mais de um século de existência, enquanto a visão ambiental sistêmica vem sendo discutida há cerca de três décadas. Recomenda-se a continuidade dessa pesquisa, de maneira formal, de modo a obter-se parâmetros mais significativos quanto às estratégias de ensino que estão sendo utilizadas para a facilitação do conhecimento na área ambiental e a sua mensuração.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPRA, F. **O Ponto de Mutação: A ciência, a Sociedade e Cultura Emergente**. São Paulo: Cultrix, 2001. 447p.

INEP. Instituto Nacional de Estatísticas e Pesquisas Educacionais. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB**. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/superior/condicoesdeensino/>>. Acesso em: 3 de junho de 2003.

MEC. Ministério da Educação. **Resolução CNE/CES 11**. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/sesu/ftp/resolucao/1102Engenharia.doc>>. Acesso em: 3 de junho de 2003.

SÉRIO, Amaralis Simões Serra (Org.) et al. **Legislação Complementar e Notas Remissivas: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. São Paulo: EPU, 2001. 254p.

SOUZA, Paulo Nathanael Pereira de; SILVA, Eurípedes Brito da **Como entender e Aplicar: A Nova LDB**. São Paulo: Pioneira, 1997. 140p.

TAVARES, Cláudio Carvalho. A Formação Ambiental do Aluno de Engenharia Civil. In: Camargo, L.O. (Org.). **Perspectivas e Resultados de Pesquisa em Educação Ambiental**. São Paulo, Arte e Ciência, 1999. p.97-112.

VALENTE, Nelson. **Sistemas de Ensino e Legislação Educacional: Estrutura e Funcionamento da Educação Básica e Superior**. São Paulo: Panorama, 2000. 236p.

YASSUDA, Eduardo R. **Renovação Necessária da Engenharia para o Século 21: Capacitação para o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Revista do Instituto de Engenharia nº 510, 1995. p.21-32.

APPROACHES OF THE MAINTAINABLE DEVELOPMENT IN COURSES OF ENGINEERING

***Abstract:** One of the man's great concerns in this century beginning XXI is the discerning use of the present resources in the environment. With the current level of technological development it was possible to determine the environmental interferences, current of the engineering activities that resulted in several impacts in the means physicist, biological and the actions on environment by the men actions. One of the concerns that appear in the engineers' professional formation is to provide a vision integrated interdisciplinary of the resources used in their activities. In certain engineering activities, the use of materials can be had, whose production can interfere directly in the environmental conditions. Some government actions were recorded to make possible the maintainable development, as the Calendar 21, that it was the main document of Rio Echo-92, Conference of the United Nations on environment and Human Development or even the insert of disciplines as*



Environmental Sciences for the namely Diretrizes Curriculares of Brazil, Ministry of Education. This work presents the importance of the approach integrated of the engineering courses seeking the maintainable development, as well as it presents suggestions of themes and approaches to stimulate in the student the conscience for the imperious need of the maintainable development.

Key-words: *Maintainable Development, Environment, Environmental Education*