



A TÉCNICA DELPHI LEVANDO A ENGENHARIA SIMULTÂNEA À SALA DE AULA: UMA DINÂMICA INTERDISCIPLINAR DE ENSINO PARA ELEVAR A PERCEPÇÃO SOBRE AS CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Fábio Almeida Có (CEFETES)

falmco@uol.com.br

José Rodrigues de Farias Filho (UFF)

rodrigues@civil.uff.br; fariasfilho@gmail.com

Carolina Vieira de Souza Oliveira Rezende (UNIVIX)

cavisor1@yahoo.com.br

Esse artigo propõe uma dinâmica construtivista e interdisciplinar de ensino aplicada aos formandos dos cursos relacionados à Construção Civil, e analisa os resultados alcançados. Primeiramente aplica-se uma estratégia para revelar as percepções prévias do alunado, avaliando a sua capacidade de intervenção num determinado projeto arquitetônico, a fim de verificar se esses formandos são capazes de prevenir os potenciais pontos de desperdícios da futura obra. Em seguida, capturada a capacidade de intervenção do alunado, o mesmo projeto arquitetônico é usado como instrumento de Engenharia Simultânea, operacionalizada pelo método Delphi, a partir de contatos com diversos especialistas. Para finalizar a dinâmica, o consenso dos especialistas volta à sala de aula e serve de base científica para a elevação das percepções do alunado.

Palavras-chaves: Técnica Delphi, Engenharia Simultânea, interdisciplinaridade

1. Introdução

Contextualizando a indústria da Construção Civil no paradigma da sustentabilidade ambiental, constata-se a partir de Kerorguen (2005) que a Construção Civil é responsável por 40% de toda emissão mundial de CO₂, pela extração de 40% de todos os recursos naturais e pela produção de 40% de todos os rejeitos produzidos no planeta. Considerando ainda que durante seus 50 anos de vida útil média (construção, manutenção e demolição) os edifícios consomem, segundo Adam (2001), 50% de toda a energia global, pode-se afirmar categoricamente que essa indústria representa a atividade humana de maior impacto sobre o meio ambiente. Silva (2003, p. 4), inclusive, chega a citar que “[...] não é possível [...] alcançar o desenvolvimento sustentável sem que haja construção sustentável”.

Mesmo com a gravidade e a complexidade desses problemas, pode-se comprovar que, em geral, esse assunto parece não ter provocado mudanças na forma de pensar dos alunos formandos da área da Construção Civil. Como exemplo citamos as recentes pesquisas descritas em C6 et al (2005), realizadas junto aos formandos de Engenharia Civil, Engenharia da Produção Civil, Arquitetura e Cursos Técnicos de Construção Civil do Estado do Espírito Santo, o qual registra o maior crescimento Nacional no setor. Nessas pesquisas verifica-se que os futuros profissionais da área possuem uma visão bastante limitada, tanto do ciclo de vida das construções como das possibilidades de aplicação da logística reversa em sua cadeia produtiva, ou seja, os formandos resumem os desperdícios da Construção Civil na geração de entulho e simplesmente sugerem a reciclagem e o descarte como solução para os problemas.

A percepção pouco complexa desses alunos sugere um ensino convencional, em geral fragmentado em disciplinas isoladas e enrijecido pela pouca mobilidade dos currículos, impedindo que os formandos adquiram uma postura interdisciplinar frente aos problemas cotidianos, comumente complexos e cujas intervenções dependem da análise de diversas variáveis antagônicas.

Esse trabalho pretende, portanto, criar uma estratégia interdisciplinar de ensino para subsidiar os docentes na elaboração de uma situação de aprendizagem que suscite em sala de aula uma discussão ambiental, a partir da origem da criação de um produto (obras civis), e não apenas após a geração dos rejeitos provenientes da fabricação desse produto.

Para o cumprimento de seu objetivo, este trabalho usa a técnica de grupo *Delphi* para simular uma Engenharia Simultânea entre especialistas do setor da construção, em que um projeto arquitetônico é avaliado na fase do plano de ação e os resultados são discutidos e comparados com os resultados dos formandos, no intuito de promover a elevação de suas percepções sobre as possibilidades de se evitarem desperdícios futuros, a partir do planejamento das obras.

2. Bases científicas adotadas

Para o desenvolvimento deste trabalho, primeiramente discute-se a interdisciplinaridade na temática ambiental; em seguida, discute-se a Engenharia Simultânea como ferramenta de gestão capaz de promover a interdisciplinaridade e, finalmente, discute-se a técnica de grupo *Delphi*, capaz de operacionalizar a Engenharia Simultânea em sala de aula.

2.1 A interdisciplinaridade na temática ambiental

Morin (2002, p.11), cita que estamos desarmados perante a complexidade porque nossa educação nos ensinou a separar e isolar as coisas. O autor afirma que:

Separamos os objetos de seus contextos, separamos a realidade em disciplinas compartimentadas umas das outras. Mas, como a realidade é feita de laços e interações, nosso conhecimento é incapaz de perceber o *complexus* – o tecido que junta o todo.

O ensino interdisciplinar na temática ambiental é fortemente defendido por Coimbra (2004, p. 525), quando cita que:

No atual estágio de ocupação do espaço e da civilização tecnológica, pouco ou quase nada se pode encontrar do mundo natural em estado puro. Isso conduz à necessidade de uma visão multifocal do meio ambiente e à aceitação da complexidade como hipótese de trabalho.

Nicolescu (1999, p.52) cita que a necessidade “[...] de laços entre as diferentes disciplinas traduziu-se pelo surgimento, na metade do século XX, [...] da interdisciplinaridade”.

Na mesma obra, o autor define a interdisciplinaridade como a transferência de métodos de uma disciplina à outra, e argumenta que a interdisciplinaridade ultrapassa as fronteiras das disciplinas, auxiliando no posicionamento frente à complexidade.

Com relação às diretrizes para a Educação Ambiental no Brasil, o mais recente registro de natureza jurídica é a lei no 9.795, aprovada em abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Podem-se destacar dois artigos desta lei que justificam de forma veemente a criação de uma estratégia interdisciplinar para a temática ambiental:

- Art. 8º, § 3º, I - As ações de estudos, pesquisas e experimentações voltar-se-ão para: o desenvolvimento de instrumentos e metodologias, visando à incorporação da dimensão ambiental, de forma interdisciplinar, nos diferentes níveis e modalidades de ensino;
- Art. 10º, § 1º - A educação ambiental será desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal. A educação ambiental não deve ser implantada como disciplina específica no currículo de ensino.

2.2 A Engenharia Simultânea como ferramenta para a interdisciplinaridade e a sustentabilidade ambiental

Segundo Broughton, citado por Slack et al (1996), a Engenharia Simultânea é uma metodologia de desenvolvimento de produto que procura aperfeiçoar simultaneamente o projeto desse produto com os seus respectivos processos de manufatura.

Hartley (1998) deixa claro o aspecto interdisciplinar da Engenharia Simultânea, citando que ela parte de uma confiança de trabalho em equipe (força tarefa), geralmente formada pelos engenheiros de projeto do produto, pelos engenheiros de fabricação, pelo pessoal de marketing, de compras, de finanças e pelos principais fornecedores.

Com relação à sustentabilidade ambiental, Prasad (1996) explica que a Engenharia Simultânea acaba comprometendo todo o pessoal envolvido com o ciclo de vida do produto, ou seja, da sua concepção ao descarte.

Tubino (1999) dá maior destaque à participação dos fornecedores e clientes da cadeia produtiva nas equipes de trabalho, como forma de melhorar os tempos de processamento por meio do planejamento mais simples e eficiente de produtos e processos.

Hartley (1998) cita, ainda, que na engenharia convencional, no momento em que os engenheiros de produção podem sugerir melhorias radicais, o projeto está demasiadamente

adiantado para incorporar essas idéias, aumentando os desperdícios pela falta de qualidade dos projetos e da fabricação, ou pelas mudanças tardias nos projetos.

Um bom exemplo da ligação da Engenharia Simultânea com equipes interdisciplinares, e, por consequência, com a sustentabilidade ambiental, pode ser verificado na figura 1, ou seja, enquanto na engenharia convencional várias lajotas ou blocos são quebrados para a adaptação das paredes aos tamanhos dos vãos e, em seguida, mais “quebra-quebra” é gerado para se embutirem os tubos e caixas elétricas, na Engenharia Simultânea o projeto de paginação de uma alvenaria pode considerar diversas dimensões de lajota ou bloco e, ainda, em conjunto com o “pessoal da elétrica”, podem-se fabricar os blocos com caixas elétricas já embutidas e furos para a passagem dos tubos.



Figura 1 – Alvenaria de blocos concebida por Engenharia Simultânea

2.3 O método *Delphi* levando a Engenharia Simultânea à sala de aula

O método *Delphi* ou o método do consenso *Delphi* foi criado na *RAND Corporation* em 1950, tendo por fim a solução de problemas complexos a partir da opinião de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros. Nesse método, os participantes são estimulados a fornecerem, de forma estruturada, respostas por escrito, eliminando os possíveis efeitos negativos decorrentes da interação dos grupos.

Cassiani e Rodrigues, citados por Morano (2003, p.56), explicam a operacionalização do método *Delphi* de forma simples, explicando que o método consiste

[...] na distribuição inicial de um questionário aos participantes do painel, análise das respostas e envio de um segundo questionário baseado nas respostas do primeiro, sendo que este procedimento será adotado até que haja o consenso de opinião do grupo e as informações sejam suficientes.

A citação de Zapata (1995, p.150) sugere a aplicação do método *Delphi* em várias áreas. É conveniente observar que o autor inclui as áreas de meio ambiente e educação:

O método de consenso *Delphi* é reconhecido pelos usuários como um dos melhores instrumentos disponível para realizar uma previsão de natureza qualitativa, sistematizando tudo aquilo que tradicionalmente tem sido assistemático e acidental. Seu campo de aplicação mais tradicional tem sido a previsão tecnológica, mas, foi aplicado com sucesso a outras áreas tais como a [...] administração ambiental, educação, [...] entre outras.

3. Metodologia

A metodologia empregada neste trabalho coincide com a epistemologia construtivista, na qual o docente deve, preferencialmente, captar a percepção do alunado (suas concepções prévias)

e, em seguida, por intermédio do método *Delphi*, tentar elevar essas percepções (elevação da percepção), levando o consenso de especialistas para a sala de aula.

3.1 A captação da percepção

Na etapa de captação da percepção, a cópia de um projeto arquitetônico (figura 2) é distribuída a todos os formandos dos cursos relacionados à Construção Civil do Estado do Espírito Santo (09 turmas - critério de acessibilidade), com a solicitação de que os alunos proponham intervenções no projeto (produto) visando facilitar o processo construtivo. O que se pretende medir é se os formandos são capazes de mobilizar seus diversos conhecimentos e habilidades para propor um número razoável de intervenções e se elas estão realmente associadas à facilitação dos processos construtivos, com conseqüente eliminação dos desperdícios. Superada essa fase, faz-se a decodificação e o agrupamento das intervenções, abrindo frente à elevação da percepção.

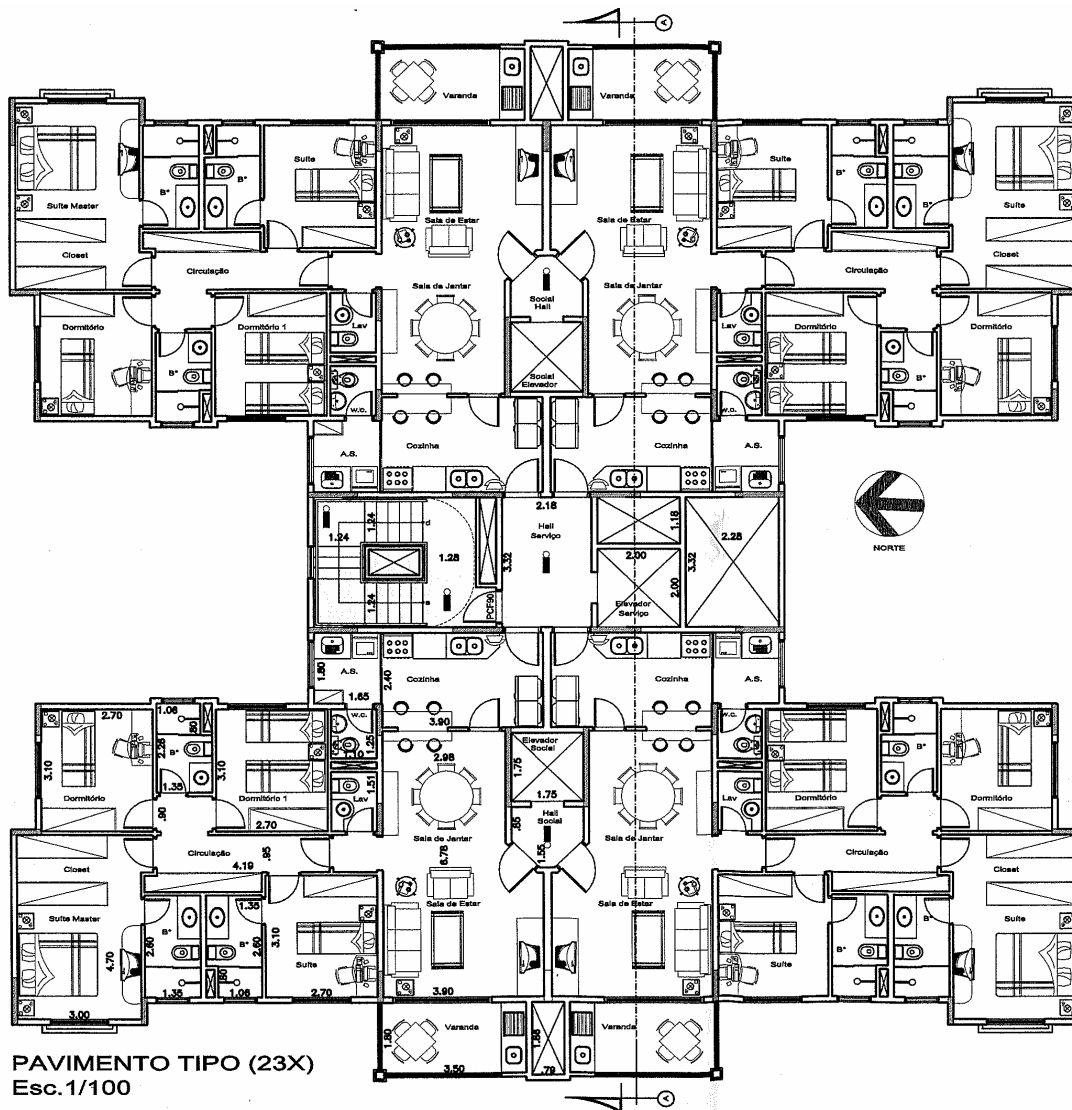


Figura 2 – Projeto arquitetônico avaliado pelo alunado (captura da percepção) e pelo grupo de especialistas (elevação da percepção)

O projeto escolhido (produto), conforme figura 2, é um pavimento tipo de um prédio residencial de 23 pavimentos, com 92 apartamentos, cada qual com 4 quartos, sendo 2 suítes, banheiro social, sala de jantar, sala de estar, lavabo, varanda, cozinha e área de serviço com banheiro, perfazendo um total de 115 m².

Esse projeto foi escolhido pela sua geometria simples, pela sua nitidez e, principalmente, pelos seus 92 apartamentos, que acabam valorizando qualquer intervenção proposta, ou seja, qualquer simples intervenção feita na fase de planejamento é capaz de evitar, pelo menos, 92 pontos de retrabalho, com conseqüente geração de entulho e desperdícios diversos.

3.2 Elevação da percepção

Nessa etapa do trabalho, com a intenção de apresentar aos futuros profissionais a força do produto concebido junto ao processo, separa-se um grupo de controle (turma de convívio diário do pesquisador) e propõe-se a esse grupo a aplicação da técnica *Delphi* a partir de um grupo não presencial de peritos, com o objetivo de se obter uma opinião relevante e consensual sobre quais intervenções devem realmente ser feitas no projeto arquitetônico em questão, no sentido de serem desvelados com mais nitidez os futuros problemas da fase da construção desse projeto, prevenindo-se, assim, uma série de desperdícios.

A aplicação dessa técnica para simular a Engenharia Simultânea na Construção Civil deve ser feita nas seguintes etapas:

- Pede-se ao grupo de controle, que identifique profissionais de habilidades comprovadas nas áreas o mais diversas possível, como: estruturas, instalações em geral, tecnologia das construções, corretores de imóveis, mestres de obras etc.
- Após a identificação dos profissionais, o grupo de controle fornece a cada especialista o projeto arquitetônico com o problema de investigação adaptado para cada área. Por exemplo, para o calculista de estruturas o problema aparece da seguinte forma: Quais alterações você faria no projeto arquitetônico, para que o projeto estrutural resulte na execução mais simples e econômica possível das estruturas?
- Depois que as respostas são coletadas e processadas, o grupo de controle desenvolve e distribui uma segunda versão do problema, solicitando aos especialistas que reconsiderem suas idéias, com base nas respostas dos outros especialistas;
- O processo de refinamento continua até que o grupo de especialistas chegue a um consenso sobre o resultado sugerido.

4. Aplicação da metodologia

4.1 Capturando as percepções dos formandos

Para a captura da percepção, uma pergunta aberta, acompanhada de um projeto arquitetônico, figura 2, foi entregue a todos os formandos, conforme item 3.1, perfazendo nesta dinâmica, um total de 196 alunos investigados.

A pergunta aberta era a seguinte: que alterações você faria neste projeto arquitetônico para facilitar a execução da obra, reduzindo seus desperdícios? O resultado da pesquisa pode ser visualizado na tabela abaixo.

Intervenções feitas por 196 formandos	Nº de alunos	Percentual
Não fizeram a análise ou fizeram intervenções evasivas	73	37,24%
Não fariam qualquer tipo de intervenção no projeto	34	17,35%
Fizeram 1 intervenção	79	40,31%
Fizeram 2 intervenções	10	5,10%

Tabela 1 – Resumo das intervenções sobre o projeto arquitetônico proposto

Pela análise da tabela 1, pode-se observar que os alunos de um grande grupo de formandos (37,24%) forneceram respostas evasivas ou simplesmente não concordaram em buscar as intervenções sobre o projeto. Considerando que as pesquisas foram agendadas com antecedência, que foram aplicadas em ambiente favorável e com tempo para reflexão de 1 aula inteira (aula de 1 hora), há evidências de que os alunos não estão acostumados com esse tipo de reflexão.

Outro grupo de formandos (17,35%) não faria, declaradamente, qualquer tipo de intervenção, concordando, portanto, que o projeto da figura 2 já está pronto para a fase de execução.

Para finalizar a análise, um grupo de formandos, representando 40,31% dos alunos investigados (a maioria), conseguiu fazer 1 intervenção, enquanto um grupo de apenas 5,10% dos investigados conseguiu fazer 2 intervenções.

Dessa fase da pesquisa pode-se prejulgar que não se deve esperar um grande número de intervenções, por parte dos formandos, sobre um projeto arquitetônico, na tentativa de se conceberem futuros problemas na fase de construção, ou seja, cada sujeito dos 89 formandos que fizeram algum tipo de intervenção, alcançou um número médio de apenas 1,11 intervenção.

4.2 Elevação da percepção – grupo de controle aplica a técnica de grupo *Delphi*

Após a divulgação da média de 1,11 intervenções para o grupo de controle, o docente deve explicar a técnica *Delphi* a este grupo e, sugerir busquem especialistas que aceitem se submeter a essa técnica de grupo. Nesse trabalho de Engenharia Simultânea, os especialistas foram representados pelos próprios professores das instituições envolvidas (disciplinas de Tecnologia das Construções, Estruturas de Concreto, Instalações Elétrica e Instalações Hidráulicas); os clientes foram representados por uma empresa de corretagem de imóveis, ao passo que os fornecedores não foram representados, pela simplicidade do projeto arquitetônico, o qual não sugere qualquer tipo de material de construção (figura 2).

Com apenas 2 giros da técnica *Delphi*, os alunos do grupo de controle puderam constatar o surgimento de 17 intervenções, conforme figura 3, quais sejam:

- Intervenção 1, retirar a jardineira;
- Intervenção 2, alinhar as paredes, evitando saliências e arestas;
- Intervenção 3, adicionar shaft's para as prumadas de esgotos das cozinhas e áreas de serviço;
- Intervenção 4, adicionar shaft's para a instalação de caixas de passagens de energia, TV, telefone, medidor de água, gás e hidrantes de parede;
- Intervenção 5, indicar local para instalação de condicionador de ar (ARCON);
- Intervenção 6, indicar local para instalação de aquecedor de água para banheiros;
- Intervenção 7, retirar interruptor de interfone embutido no pilar da cozinha;
- Intervenção 8, portas das salas abrindo sobre o refrigerador;
- Intervenção 9, locar o Quadro Geral de Cargas (QGC) atrás da porta do corredor (próximo ao centro de carga);
- Intervenção 10, alinhar as paredes (intervenção 2), diminuindo o número de pilares, aumentando o comprimento das vigas;
- Intervenção 11, retirar pilar da varanda e trabalhar com balanço;
- Intervenção 12, retirar lavabo;

- Intervenção 13, instalar chuveiro no banheiro de serviço;
- Intervenção 14, eliminar parede externa próxima ao elevador de serviço;
- Intervenção 15, “esquadrar” portas entre o hall social e a sala de jantar/estar;
- Intervenção 16, retirar pontos hidráulicos junto ao pilar da cozinha; e
- Intervenção 17, aumentar a esquadria da escada para melhorar a iluminação natural.

As 17 intervenções trazidas pela técnica *Delphi*, podem ser melhor visualizadas pela figura 3 abaixo.

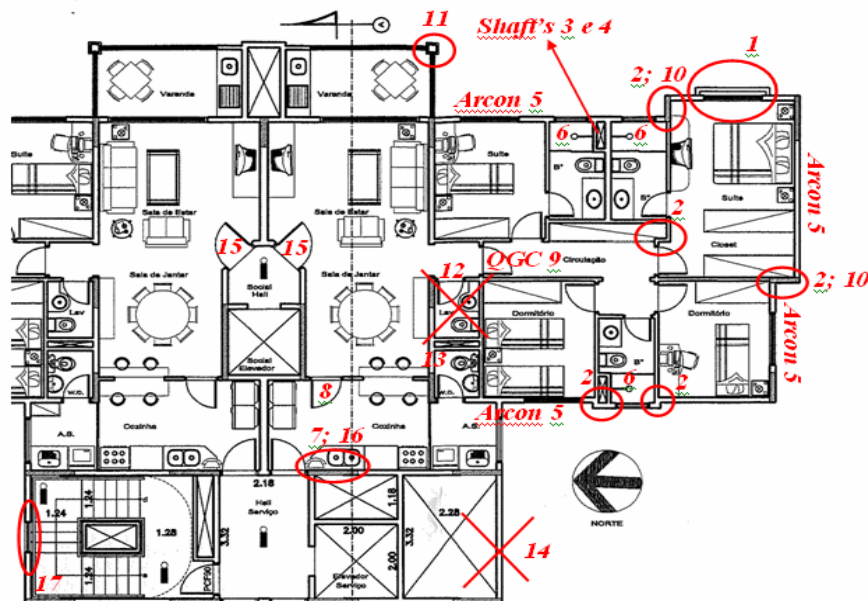


Figura 3 – Intervenções sobre o projeto arquitetônico sugeridas pelos especialistas

Analizando e classificando todas as intervenções dos 89 alunos que fizeram ao menos uma intervenção, constata-se que, juntos, eles cobririam apenas 8 das 17 intervenções propostas pelos especialistas (tabela 2). Porém, o aspecto mais interessante, sob o ponto de vista pedagógico, é a diferença entre a média de intervenções por aluno (dentre os que fizeram alguma intervenção) e o número de intervenções propostas pelos especialistas, ou seja, 1,11 contra 17 intervenções. Tal resultado revela que, se essa experiência fosse real, esses profissionais deixariam de apontar pelo menos 15 intervenções, as quais, se multiplicados por 92 apartamentos, poderiam representar 1.380 pontos de retrabalho e desperdícios.

Intervenções dos especialistas cobertas pelos alunos	Nº de alunos
intervenção 1	2
intervenção 2	65
intervenção 5	5
intervenção 13	3
intervenção 14	7
intervenção 15	13
intervenção 16	3
intervenção 17	1

Tabela 2 – Intervenções dos especialistas que foram identificadas pelos alunos

Quando questionados sobre essa dinâmica, os alunos do grupo de controle foram unânimes

em afirmar que raramente correlacionavam tantas disciplinas com os possíveis problemas de uma obra. Eles associaram os resultados negativos à falta de integração entre as disciplinas, e ficaram bastante entusiasmados com a Engenharia Simultânea, reconhecendo no método *Delphi* uma forte ferramenta de navegação em problemas complexos ou pouco conhecidos.

Nota-se que o depoimento do grupo de controle, coincide com a citação de Cavalcanti (1999), de que os alunos se sentem motivados a aprender quando alcançam o significado das vantagens de um aprendizado, assim como as conseqüências negativas de seu desconhecimento. O autor cita ainda que os métodos que permitem ao aluno perceber suas próprias carências, ou a diferença entre o ponto atual de seu conhecimento e o ponto ideal de conhecimento que lhe será exigido, são úteis para motivar a aprendizagem.

5. Conclusão

Os resultados dessa pesquisa indicam fortes evidências de que Engenheiros, Arquitetos e Técnicos formandos da área da Construção Civil têm grandes dificuldades de “navegação” em ambientes interdisciplinares, fruto de uma cultura curricular fragmentada em disciplinas e com poucas oportunidades de integração. Todavia, essa pesquisa mostra, também, que o discurso recorrente e queixoso da interdisciplinaridade pode ser substituído por projetos integradores, mesmo com currículos pouco flexíveis.

Como conclusão final, pode-se afirmar que a aplicação da técnica *Delphi* é capaz de trazer para a sala de aula a Engenharia Simultânea, como resultado da integração das experiências de diversos especialistas, constituindo-se numa forte estratégia de ensino.

Referências

- ADAM, R. S.** Princípios do ecoedifício: integração entre ecologia, consciência e edifício. São Paulo: Aquariana, 2001.
- BRASIL. Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 28 abr. 1999. Disponível em: <http://www.in.gov.br>. Acesso em: 20 out. 2006.
- CAVALCANTI R. A.** A andragogia: a aprendizagem nos adultos. Revista de Clínica Cirúrgica da Paraíba, Paraíba, ano 4, n.1, 1999.
- CÓ, F. A. et al.** A utilização de mídia interativa como ferramenta para o desenvolvimento do “pensamento sustentável” na construção Civil. In: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2005, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: ABEPRO, 2005.
- COIMBRA, J. A.** Linguagem e Percepção Ambiental. In: PHILIPPI A.; ROMÉRO M. A.; BRUNA G. C. (Org.). Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004. p. 525-571.
- HARTLEY, J. R.** Engenharia simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- KERORGUEN, Y.** La construction durable devient un enjeu stratégique pour les entreprises. Paris: La Tribune, 2005. Disponível em: < <http://www.constructiondurable.com/docs/ArticleTribune.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2005.
- MORANO, C. A. R.** Aplicação das técnicas de análise de risco em projetos de construção. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2003.
- MORIN, E.** Complexidade e ética da solidariedade. In: CASTRO, G.; CARVALHO, E. A; DE ALMEIDA, M. C. (Org.) Ensaio de complexidade. Porto Alegre: Sulina, 2002 p. 11-20.
- NICOLESCU, B.** O manifesto da transdisciplinaridade. São Paulo: TRIOM, 1999.

PRASAD, B. Concurrent engineering fundamentals: integrated product and process development. V.1. New Jersey, Prentice Hall.

SILVA, V. G. Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1996.

TUBINO, D. F. Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica. Porto Alegre: Bookman, 1999.

ZAPATA, J. C. R. Modelo Híbrido para estimativa de parâmetros de referência como suporte à avaliação social de projetos. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.