

A transdisciplinaridade fomentando o pensamento enxuto e sustentável na indústria da construção civil: a criação do modelo *lean + green*

Fábio Almeida Có (CEFETES) fulmco@uol.com.br
José Rodrigues de Farias Filho (UFF) Rodrigues@civil.uff.br

A proposta deste artigo é criar uma metodologia de ensino, utilizando estratégias transdisciplinares para se chegar à fusão entre as filosofias de Construção Enxuta e Sustentável resumido por um modelo único, aqui denominado *Lean + Green*, capaz de juntar técnicas e ferramentas das duas filosofias, visando tanto à minimização dos impactos ambientais, como à de qualquer forma de desperdício ao longo de todo o ciclo de vida das edificações. A metodologia ou projeto transdisciplinar se inicia numa pesquisa de campo efetuada em 7 instituições de ensino ligadas à Construção Civil no Estado do Espírito Santo, com mais de 300 formandos entrevistados, na qual se mede a percepção dos futuros profissionais com relação aos impactos ambientais relacionados à Construção Civil. Em seguida, através da utilização de jogos de simulação, a metodologia busca de forma holística o nível de percepção sobre o “Pensamento Enxuto” entre os futuros profissionais da área. Finalmente, após a classificação dos possíveis equívocos, baseados em diferentes contextos, que podem ser levados aos escritórios de engenharia e canteiros de obras pelos futuros profissionais, propõe-se o modelo teórico já citado, o *Lean + Green*, cuja divulgação e aprendizado devem contribuir para o desenvolvimento de empreendimentos mais sustentáveis e enxutos.

Palavras-chave: Construção enxuta, Construção sustentável, Transdisciplinaridade

1- Introdução

Sabe-se que a Construção Civil é responsável por aproximadamente 30% de todos os recursos naturais extraídos do planeta. Após as extrações, os impactos ambientais continuam pelos transportes diversos e pelas fábricas de materiais de construção que alimentam os canteiros de obras, gerando, por sua vez, mais impactos. Após as obras prontas, os edifícios são responsáveis pelo consumo de 50% de toda a energia produzida no planeta, além é claro, dos restos de obras das diversas reformas e do lixo doméstico produzidos em seus 50 anos de vida útil média, sem esquecer dos impactos ambientais gerados pelas demolições dessas edificações, representando, desse modo, a atividade humana que causa maior impacto sobre o meio ambiente.

Mesmo conhecendo a complexidade dessa indústria, as instituições de ensino superior e técnico a tratam através da compartimentação dos saberes via disciplinas isoladas, em tempos e espaços pré-determinados. Cientes da perda de eficácia causada por essa configuração ou movidas por imposições legais, algumas instituições tentam provocar a interdisciplinaridade através da simples e equivocada justaposição forçada das disciplinas que por acaso estejam sendo trabalhadas paralelamente numa mesma circunstância. Como resultado observa-se comumente, o nascimento de projetos de utilidades questionáveis e totalmente fora de contextos reais.

Este artigo apresenta uma metodologia transdisciplinar de ensino, que se inicia através de uma pesquisa com alunos formandos em sete instituições de ensino no Estado do Espírito Santo ligados à área da Construção Civil, comprovando vários equívocos de percepção desses futuros profissionais. Essa pesquisa baseia-se em opinião espontânea, na qual foram registrados e classificados mais de 300 relatórios resumindo o parecer dos formandos com relação às causas dos impactos ambientais gerados pela indústria da Construção Civil. Em seguida, a metodologia coloca o alunado no centro de uma simulação de “chão de fábrica”, onde deverão organizar uma produção simulada. A análise dos relatórios e das simulações, comprovam a apropriação de falsos e arriscados paradigmas, que podem ser descritos da seguinte forma: percepção de que a indústria da Construção Civil se resume à execução

da obra, limitando essa indústria ao interior dos tapumes; percepção de que os impactos ambientais gerados pela Construção Civil se resumem na geração de entulho e percepção de que a busca pelas eficiências locais garantem o sucesso dos empreendimentos, levando o ideário taylorista às últimas conseqüências.

A partir dessa análise, a metodologia sugere a criação de um modelo, o *Lean+ Green*, capaz de traduzir a fusão entre os modelos enxuto e o sustentável de produção, desvelando uma nova realidade para a Construção Civil.

2- A transdisciplinaridade e uma nova realidade: Construções Enxutas e Sustentáveis

Entende-se por Construções Enxutas, as construções que seguem o modelo Toyota de produção. Segundo Koskela (1992), essas construções são capazes de promover a redução global dos desperdícios através de uma série de operações e fluxos para a conversão dos insumos em produto acabado de forma contínua, otimizando a cadeia de suprimentos da Construção Civil.

Já o entendimento sobre as Construções Sustentáveis, parte da definição de Construção Verde ou *Green Building*, que segundo Adam et al (2003) “é o conceito formado por uma série de estratégias de utilização do solo, projeto arquitetônico e construção em si, que reduzem o impacto ambiental, tendo como benefício o menor consumo de energia, a proteção dos ecossistemas e mais saúde para os ocupantes”.

O grande paradoxo porém, é que, como a filosofia enxuta (*lean*) não possui declarada e nem conscientemente qualquer preocupação formal com o âmbito ecológico da sustentabilidade, pode-se admitir que na prática é possível aplicar as técnicas *lean* com sucesso local (“nos limites da obra”) e ao mesmo tempo favorecer o desperdício e a degradação do meio ambiente fora dos limites do empreendimento. Por outro lado, os adeptos do *Green Building* podem construir de maneira ecológica, e ao mesmo tempo, gerar enormes desperdícios, pela falta de consciência de que as filosofias de produção agem sobre os processos e não sobre os produtos.

Tal paradoxo pode ser verificado na obra de Silva (2003), que se refere a um passado no qual mesmo os países que acreditavam dominar os conceitos de projeto ecológico acabaram por verificar que, ao longo do tempo, as construções ecológicas geralmente consumiam mais energia que as construções convencionais.

Este paradoxo revela a ação de diferentes níveis de realidade sobre a construção civil, ou seja, não é apenas enxergar esta indústria através de várias disciplinas simultaneamente, como prega a multidisciplinaridade, nem tão pouco, buscar simplesmente a transferência de métodos de uma disciplina a outra como prega a interdisciplinaridade, e sim, a questão é de se formular uma nova realidade de construção que seja simultaneamente enxuta e sustentável.

Segundo Nicolescu (1997) “os níveis de realidade são inseparáveis dos níveis de percepção e estes últimos lançam as bases da verticalidade dos graus de transdisciplinaridade”. Portanto, trabalha-se nesta metodologia com dois ensaios de percepção, conforme descritos a seguir: percepção sobre os impactos ambientais gerados pela construção civil e a percepção sobre a gestão enxuta nos processos produtivos.

3- Primeira fase da metodologia: percepção dos impactos ambientais

A pesquisa se resumiu à seguinte pergunta: “No seu entendimento, a indústria da Construção Civil gera um forte impacto sobre o meio ambiente?” Os futuros profissionais tinham as opções SIM e NÃO para uma resposta mais direta, e um espaço com o título “Comente:” para justificar suas respostas. A pesquisa foi realizada de forma espontânea, registraram-se 410 relatórios, dos quais 69 foram eliminados por falta de comentários ou por comentários evasivos, gerando uma amostra final de 341

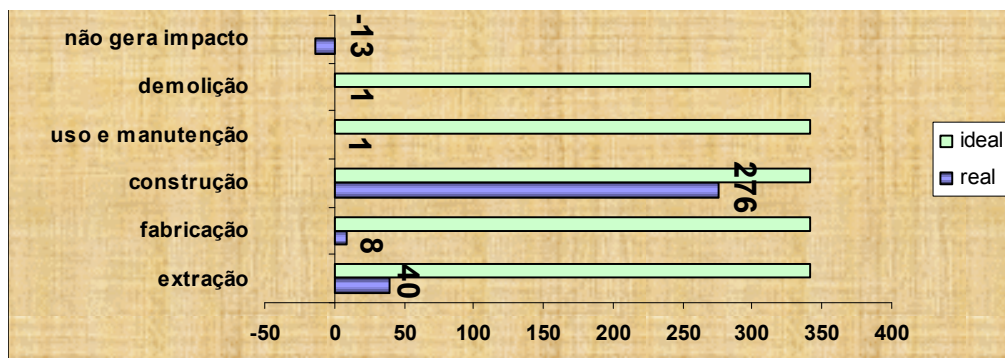
relatórios significativos, ou seja, espontâneos, completos e com respostas inteligíveis.

Esses comentários foram agrupados e quantificados em cinco categorias de impactos, conforme Figura 1, acompanhando o ciclo de vida da Construção Civil: impactos gerados pela extração de matérias-primas (40 respostas); impactos gerados pela fabricação dos materiais de construção (8 respostas); impactos gerados pela construção propriamente dita (276 respostas); impactos gerados pela manutenção e uso do empreendimento (1 resposta); impactos gerados pela demolição da obra (1 resposta). Foi constatado ainda que 13 alunos julgaram não haver qualquer impacto ambiental.

O resultado ideal (100%) seria alcançado se todos os futuros profissionais contemplassem em suas respostas o conhecimento dos impactos em todo o ciclo de vida da Construção Civil, completando um total de 341 relatórios que citassem as 5 etapas consideradas do ciclo de vida. Mesmo aceitando a dificuldade de um resultado ideal, o valor de 341×5 será usado como referência para cálculo da eficiência do “pensamento sustentável”.

O cálculo da eficiência é feito pela razão direta da percepção real pela percepção ideal. A percepção real será a soma dos impactos percebidos pelas cinco categorias já citadas ($40 + 8 + 276 + 1 + 1$), subtraída da percepção da não geração de impacto (13), enquanto a percepção ideal, conforme já explicado, equivale à percepção teórica de todos os impactos em todo o ciclo de vida.

Figura 1 - Pesquisa de percepção sobre geração de impactos ao longo do ciclo de vida da Construção Civil



Pode-se agora proceder ao cálculo da eficiência da seguinte forma: $(40 + 8 + 276 + 1 + 1 - 13) / (341 \times 5) = 0,1835$ ou 18,35% de eficiência no “pensamento sustentável” dos futuros profissionais da indústria da Construção Civil.

A medida da eficiência do pensamento sustentável de 18,35% deve alertar os docentes envolvidos não apenas pelo valor muito baixo, mas principalmente pela concentração da percepção dos impactos sobre a fase de construção. Essa percepção mostra claramente o aspecto insular das disciplinas que dão aos alunos a falsa noção de que a indústria da construção civil, se resume aos canteiros de obras. Essa percepção pode levar os futuros profissionais a grandes equívocos. Para ilustrar, pode-se imaginar os efeitos de uma construtora usando eficientemente as técnicas de construção enxuta sobre um empreendimento não sustentável. Essa construtora poderia gerar o mínimo de entulho possível sem, contudo, ter compromissos ambientais.

Este tipo de problema é diagnosticado por Morin (2002) como cegueira paradigmática, onde o autor cita ainda que “existe inadequação cada vez mais ampla, profunda e grave entre, de um lado, os saberes desunidos, divididos, compartimentados e, de outro, as realidades ou problemas cada vez mais multidisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais, globais e planetários”.

4- Segunda fase da metodologia: pensamento enxuto dos futuros profissionais da Construção

Para Womack & Jones (2004), “o pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que

alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz”. Resumidamente, os autores definem que o pensamento é enxuto quando proporciona uma produção cada vez maior com menos recursos.

Uma forma amigável de observar e avaliar o pensamento enxuto dos futuros profissionais da Construção Civil, com base nos conceitos de Womack & Jones (2004), é através dos jogos de simulação de produção em sala de aula.

Có (2003) apresenta um trabalho que vem sendo utilizado com sucesso em algumas instituições de ensino técnico e superior do Espírito Santo. O autor sugere uma manufatura simulada em sala de aula, utilizando contas coloridas acondicionadas em um recipiente aberto, selos de papel e frascos com tampa. Os alunos são estimulados a planejar um processo de produção, que se resume no preenchimento dos vários frascos com as contas nas cores e quantidades corretas e identificadas pelo selo de papel correspondente que traz por escrito a cor do produto.

O que se observa em quase todas as simulações, é uma busca desenfreada para se terminar a produção no menor tempo possível, porém, com requintes Tayloristas. Observa-se que as produções são reduzidas a atividades simples e extremamente compartimentadas. Em geral, essas atividades se dividem entre os membros de cada grupo em: abrir e fechar a tampa dos frascos, contar as contas, selecionar as cores, colocar os selos dentro dos frascos, e, de forma surpreendente, sempre surgem grupos que selecionam um membro para inspecionar aleatoriamente, algum produto já pronto.

Após o término da produção (na perspectiva dos alunos), solicita-se que cada grupo repita o processo de produção, agora numa perspectiva enxuta, utilizando as ferramentas *lean* já estudadas pelos alunos.

Nessa nova perspectiva, adota-se o layout celular, onde cada membro do grupo, agora na perspectiva do trabalho polivalente, se responsabiliza por toda a produção de uma determinada cor, ou seja: faz a contagem das contas, a abertura dos frascos, a colocação das contas e dos respectivos selos nos frascos e o seu fechamento. Além disso, todas as contas são retiradas do pequeno recipiente e espalhadas sobre a mesa (Figura 2). De acordo com Martins & Laugeni (2001), o layout da fábrica com células de produção é muito diferente, já que o estoque é mantido no chão da fábrica entre as estações de trabalho e não em almoxarifados convencionais, facilitando seu uso nas estações seguintes, na quantidade suficiente para manter o fluxo produtivo.

Para finalizar, solicita-se que cada componente trabalhe em seu próprio ritmo e que seja eliminada a recontagem das contas como controle de qualidade, utilizando-se para isso apenas a visualização do nível das contas dentro dos frascos (transparentes), assim como a leitura dos selos em cada produto, para reduzir os tempos de inspeção.

Caso algum aluno termine a sua produção em menos tempo que os demais, sugere-se que ele auxilie o colega para que se aplique a ajuda mútua.



Figura 2 – Alunos produzindo sob concepção enxuta

O mais impressionante dessa simulação na concepção enxuta, detalhada em Có (2003), está no ganho de eficiência, ou seja, os tempos médios de produção caem pela metade, passando de 7 para 3,5 minutos, ao passo que o número médio de falhas é reduzido de 3 para apenas 1 falha.

5- Terceira fase da metodologia: construção do modelo “Lean+Green”

Após a constatação, na primeira fase da metodologia, de que os futuros profissionais da Construção Civil possuem uma visão estreita e equivocada da cadeia de valor desta indústria, resumindo-a somente pelos canteiros de obras, inicia-se a construção do modelo a partir do conceito de Análise de Ciclo de Vida (ACV), que segundo Chehebe (1997), permite a avaliação dos impactos potenciais associados a um produto, desde a retirada das matérias primas da natureza (berço) até a disposição do produto final (túmulo). A apropriação desses conceitos pelo modelo, gera uma extensão na cadeia de valor da Construção Civil (Figura 3), associando a cada fase, a sua responsabilidade com os impactos ambientais. No modelo da Figura 3, os impactos de cada fase são representados por setas vermelhas que denotam a produção de qualquer forma de rejeito (R).

Após a representação expandida da Indústria da Construção Civil com seus respectivos impactos, o modelo se apropria do conceito de Logística Reversa, permitindo, segundo Leite (2003), que os rejeitos sejam classificados em pós-venda (PV), ou pós-consumo (PC). Na pós-venda, os rejeitos são redirecionados aos fornecedores, enquanto no pós-consumo, os rejeitos podem ser reciclados, reusados ou desmanchados para serem redirecionados, seja para a própria indústria, seja para outras indústrias (OI) ou em último caso, ao descarte (D).

Após a constatação na segunda fase da metodologia, de que os futuros profissionais da Construção Civil pensam e agem de forma taylorista, sugere-se que o modelo da figura 3 seja abarcado pela filosofia *Lean*, conferindo ao projeto as seguintes características: concebido sob a égide da Engenharia Simultânea, que segundo Hartley (1998), reforça o trabalho em equipe, otimizando a relação entre o projeto do produto e dos processos; puxado e alimentado por bases reduzidas de fornecedores, auxiliando na manutenção dos estoques mínimos e dissipando segundo Hay (1992) a postura de adversários, entre clientes e fornecedores; operado por pessoal polivalente e semi-autônomo, capazes de auxiliar na manutenção preventiva, e de preferência trabalhando em células de produção, com máquinas mais simples e versáteis sob regime de ajuda mútua; automatizado com dispositivos à prova de erros ou falhas, auxiliando tanto no controle da qualidade total, como no conforto ambiental.

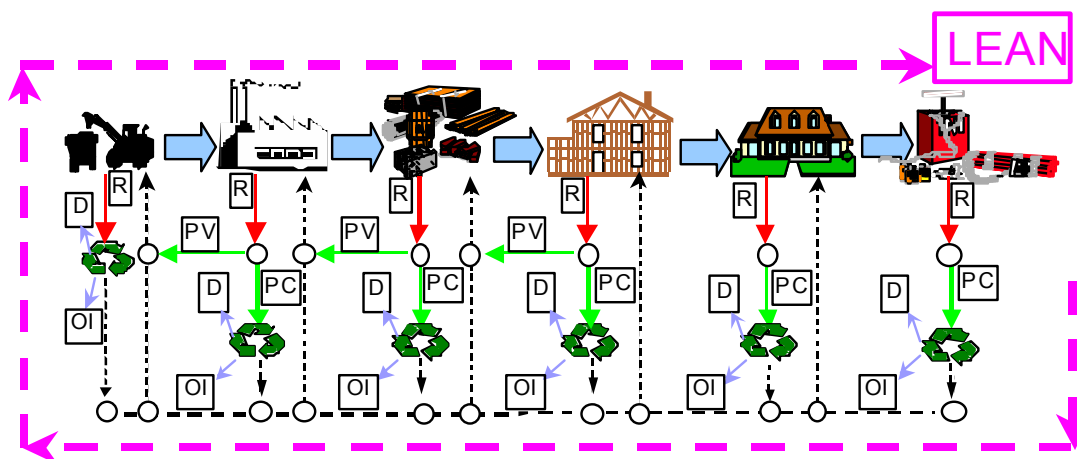


Figura 3 – O modelo proposto – Lean+Green

6- Conclusão

Conclui-se neste trabalho, que através de medidas quantitativas e qualitativas reveladoras de percepções equivocadas sobre velhos paradigmas, é possível gerar metodologias transdisciplinares, capazes de lançar novas versões sobre as realidades cada vez mais sofisticadas: cria-se uma nova realidade sobre a Construção Civil, que agora se apresenta simultaneamente enxuta e sustentável.

7- Referências Bibliográficas

- ADAM, R. S. **Princípios do Ecoedifício: Interação entre Ecologia, Consciência e Edifício**. São Paulo: Aquariana, 2001.
- CHEHEBE, J.R.B. **Análise do Ciclo de vida dos Produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed.,CNI, 1997.
- Có F.A. **A importância das competências técnicas e atitudinais do Toyotismo nos cursos técnicos de Automação Industrial**. anais do XXIII ENEGEP, 22-24 outubro, Ouro Preto 2003.
- Có F.A. **O valor da situação-problema na aprendizagem da produção: criação de um jogo de empresa a partir da obra "A meta" de Goldratt & Cox**. anais do XXIV ENEGEP, 03-05 novembro, Florianópolis 2004.
- HARTLEY, John R. **Engenharia simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- HAY, Edward J. **JUST-IN-TIME: um exame dos novos conceitos de produção**. São Paulo: Maltese - Norma, 1992.
- KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report n.72, Center for Facility Engineering, Stanford University, 1992.
- LEITE, P.R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI Fernando P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2001.
- MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Brasília: UNESCO, 2002.
- NICOLESCU, B. **Seminário: Universidades como Agentes do Desenvolvimento Sustentável, " A Evolução Transdisciplinar da Universidade, Condição para o Desenvolvimento Sustentável"** 1997. Disponível em www.transdcongress.com.br . Acesso em: 08 de abril de 2005.
- 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.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas lean thinking: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.