Mau Uso de Computadores por Engenheiros Estruturais Um Perigo Real e Imediato

Leroy Z. Emkin, Ph.D., P.E.Fundador e Co-Diretor, Computer Aided Structural Engineering CenterProfessor, School of Civil and Environmental EngineeringGeorgia Institute of Tecnology(E-mail: leroy.emkin@ce.gatech.edu)

Resumo

Quando a segurança pública começa a ser ameaçada pelo mau uso de computadores, e tão poucos são capazes ou querem fazer algo a respeito, os engenheiros éticos devem ser contra e simplesmente dizer não. Os engenheiros de estruturas devem refletir seriamente a respeito e criar meios para se protegerem contra o perigo de acreditar, que os computadores são de alguma forma, uma fonte de conhecimento e de soluções para os problemas da engenharia, ou ainda, tem "inteligência" o suficiente para serem confiáveis. Nada poderia estar mais distante da verdade. Computadores simplesmente não podem ser confiáveis. Engenheiros éticos devem reconhecer a necessidade de proteger o público das conseqüências do mau uso dos computadores por pessoas que dizem ser engenheiros estruturais, mas que usam os computadores como um substituto do conhecimento, experiência e raciocínio, e que escondem sua ignorância em engenharia estrutural na caixa preta do computador.

Introdução

Com todo o respeito e paciência aos engenheiros estruturais "computadorizados", cientistas da computação, gurus de gerenciamento, clientes dos serviços de engenharia estrutural e políticos computacionais que estão fascinados e impressionados pela chamada revolução da informação digital, como uma panaceia do processo de informação da engenharia estrutural, isso tudo é o conto de fadas mais difícil de se acreditar. É demasiadamente simplista, irresponsável, extremamente destrutivo e contra produtivo para profissionais respeitáveis, promulgar a ideia que a iteração humana com a tecnologia eletrônica é o meio mais confiável e eficiente de se criar soluções para os problemas da engenharia estrutural e de comunicação do conhecimento, ao invés do método da força bruta do envolvimento direto, íntimo e intensivo de engenheiros humanos competentes em detalhes de computação. Engenharia estrutural de qualidade pode ser praticada somente por engenheiros criativos, inovativos, inteligentes e com grande experiência prática em projetos, e não por técnicos em informática que pressionam os botões do teclado e do mouse enquanto "assistem" o seu computador trabalhando.

Um Perigo Real e Imediato

No mundo inteiro hoje, devido ao uso de computadores como um substituto de conhecimento, experiência e raciocínio, existem muitas atitudes sendo tomadas por engenheiros que perturbam a prática da engenharia estrutural. Tais engenheiros parecem acreditar que o computador os habilita a tomar decisões da engenharia independentemente de terem ou não conhecimento necessário ou experiência para tomar tal decisão na ausência dos computadores. Um número crescente de engenheiros acreditam que sua habilidade no computador esta relacionada diretamente com seus conhecimentos em engenharia. O uso dos computadores como a prova de sua competência na engenharia estrutural está alcançando proporções epidêmicas. Um grande número de engenheiros estruturais acreditam realmente que eles estão praticando a engenharia simplesmente usando computadores, ao invés de acreditarem que esta "real engenharia" esta baseada no uso do seu conhecimento, experiência, dos princípios da engenharia e muito esforço humano.

O problema é que nós estamos dando muito mais ênfase nas tecnologias automatizadas, e essa exagerada ênfase

tem se tornado uma desculpa para o não investimento no “real” aprendizado. No contexto prático e educacional, essa ênfase exagerada nos computadores envia a mensagem errada para os recém formados, que o aprendizado e a pratica da engenharia simplesmente envolve a navegação pelos menus “easy to use” e pelos bonitos e coloridos gráficos gerados pelos computadores.

Explorar as tecnologias de informação no contexto da engenharia tem um aspecto negativo muito sério, essa tecnologia facilmente vicia o cérebro com um sentido falso de segurança, conhecimento e poder. Antes que tais tecnologias automatizadas possam ter um valor real ao engenheiro, ele deve ter o conhecimento e experiência para praticar a “engenharia” sem os computadores. Infelizmente, nós estamos nos tornando diretamente dependentes dos computadores com tanta rapidez que estamos também perdendo, com mais rapidez ainda, a habilidade para fazer qualquer trabalho sem a presença dos computadores.

Qual competente engenheiro estrutural ainda não experimentou a dor e a frustração de discutir um problema de engenharia com alguém cuja única experiência em resolver problemas de engenharia fosse pelos meios computacionais? Essas pessoas (não as confunda com engenheiros “verdadeiros”) não sabem mais, ou talvez nunca souberam, engenharia sem computadores. Eles não têm ideia dos assuntos relacionados a modelagem, análise e projeto que não podem ser resolvidos por computadores. Eles acreditam que além da grande velocidade dos computadores, os seus softwares são fontes de conhecimento. Essas pessoas não aparentam reconhecer que conhecimento vai além das fronteiras do que os softwares podem fazer. Eles não aparentam estar a par que o real conhecimento da engenharia inclui um grande componente de experiência, percepção, intuição, criatividade, imaginação, pressentimento, habilidade de imaginar, e muito mais aspectos da engenharia estrutural que qualquer programa de computador ou programador pode ter. Eles pensam que o mundo pode ser analisado como um grande modelo de elemento finito, e que o computador pode e deve automaticamente modelar, analisar, projetar e desenhar a solução final, enquanto que o “engenheiro” deve meramente definir as especificações e requerimentos, cobrar o cliente, lucrar e arrumar novos negócios.

Tanta dependência nos computadores, causarão grandes problemas no futuro, quando cada vez menos engenheiros serão capazes de criar soluções corretas para os problemas da engenharia estrutural independentemente (sem computadores). Conforme essa dependência cresce, quem estará fazendo engenharia? Será o programador com pouca ou nenhuma experiência nessa área ou o programador com um diploma em outro campo? Computadores não são e nunca serão a fonte para solução dos problemas de engenharia. Soluções corretas só podem vir de competentes engenheiros “reais”. Os engenheiros de estruturas estão enganando eles mesmos e seus clientes se continuarem criando um ambiente onde a fonte do seu conhecimento é o computador ao invés da sua sabedoria, criatividade, inovatividade e experiência.

Quando se sugere que o uso de computadores deveria ser estritamente limitado (por legislação, com penas civis e criminais apropriadas) somente para aqueles que podem provar competência e experiência na teoria e nos detalhes da engenharia computacional, é surpreendente sempre escutar reações irracionais na defesa do uso de computadores por qualquer um capaz de inverter a sequência de execução de um software. Um bom exemplo de uma resposta defensiva e irracional, foi a feita por um engenheiro aeroespacial, membro de uma conhecida universidade de engenharia:

“Seu ponto de vista é bem empregado. Mas porque parar por aqui? Vamos proibir as calculadoras também. Nós devemos ter certeza que todos os engenheiros podem somar, subtrair, multiplicar e tirar a raiz quadrada de qualquer número de cabeça antes de poderem ser chamados de engenheiros. Podemos também proibir livros, uma vez que eles também menosprezam a interação humana e o aprendizado face a face. Vamos todos nos sentar em volta de um grande carvalho, aprendendo a resolver vigas e pilares simplesmente à mão”.

Bom, o fato é que existe uma diferença monumental entre computadores e calculadoras, livros e outros aparelhos não programáveis, e é isso que nenhum homem jamais imaginou ou esperou que um livro ou uma calculadora poderiam fazer cálculos e decisões que os engenheiros faziam nos tempos anteriores ao computador. Infelizmente, desde a introdução dos computadores, e especialmente desde do selvagem crescimento do uso dos PC’s, os

engenheiros hoje em dia não somente imaginam, mas absolutamente esperam e exigem que os computadores executem todo o processamento.

A realidade do engenheiro hoje, é que a engenharia estrutural, descobriu um caminho muito poderoso e conveniente para servir seus clientes, sem a necessidade de gastar muito tempo aprendendo e entendendo os mais complexos detalhes da engenharia estrutural. Esse “caminho” é o computador. O engenheiro hoje, comporta-se de uma maneira coerente com a ordem natural do universo, prossegue adiante utilizando mínimos gastos de energia. Um grande número de engenheiros de estruturas hoje, trabalham com tecnologias automatizadas, deixando o computador fazer o trabalho, enquanto o engenheiro não precisa mais ficar se preocupando com os detalhes.

O mesmo irracional professor da universidade fez o seguinte comentário, “Eu acho que um verdadeiro engenheiro não precisa de programas de elemento finitos, planilhas, CAD e outros aplicativos. Mas é claro que esse engenheiro nunca conseguirá um emprego, portanto isso não é significativo.”

Bom, esse professor estava muito perto da verdade. Os reais engenheiros de estruturas realmente não precisam de softwares. Esses engenheiros podem criar modelos simplificados de sistemas estruturais complexos, fazer análises apropriadas desses modelos simplificados, e projetar a estrutura com grande confiança de que ela está segura, razoavelmente econômica e funcional. Qualquer engenheiro que não pode fazer isso sem a ajuda dos computadores não é um verdadeiro engenheiro de estruturas, portanto ele não pode usar o computador sem saber o que está acontecendo. Porém computadores podem ser ferramentas valiosas quando usado por engenheiros que sabem o que estão fazendo. Computadores podem ser mais perigosos do que as armas de destruição de massa quando usados por aqueles que não podem resolver problemas sem a sua presença. Podemos tomar como exemplo e refletir sobre o terremoto e às mortes ocorridas em Kobe no Japão, o que ocorreu lá não é nada se comparado ao potencial para desastres futuros que irão acontecer devido à engenharia mal praticada por aquelas pessoas cuja a única experiência com engenharia estrutural, modelagem, análise e projeto são por uma iteração exclusiva com o computador.

A engenharia através da computação não fornece experiências de aprendizagem significativas relacionadas aos complexos detalhes teóricos da engenharia moderna. É fácil demais torna-se dominado pelo espaço e velocidade dos cálculos que os computadores modernos conseguem executar. Quem é imune a emoção e sentimento de poder ao resolver centenas de milhares de equações sem nenhum esforço humano significativo? Quem é imune a tentação de permitir que tais tecnologias automatizadas assumam a responsabilidade de criar "soluções" aos problemas da engenharia? Bom, somente os verdadeiros engenheiros estruturais, que podem projetar sem computadores, conseguem ver os computadores como eles realmente são, uma ferramenta altamente imperfeita, capaz de processar quantidades enormes de informação, utilizando dados provenientes de regras de programação altamente suspeitas, definidas por programadores, geralmente inexperientes, na velocidade da luz. E, é nessa velocidade da luz, que resultados, muitas vezes incorretos, são mostrados de maneira agradável, com gráficos coloridos e animações. Ainda tem mais, essa pessoa que gerou esses resultados usando o computador, só precisou ler o manual do programa e seguiu um exemplo já feito pelo software. O fato é que essas pessoas realmente iriam se beneficiar tendo aulas sentados em volta de uma grande carvalho, aprendendo a resolver vigas e pilares simplesmente à mão”.

Foi sugerido que os comentários acima, demonstram que esse autor talvez seja uma pessoa anti-computadores ou que ele não está ciente dos benefícios futuro da moderna tecnologia da informação computacional, ou ainda que ele é desrespeitoso da habilidade necessária para utilizar tanta tecnologia de maneira criativa. Bom esse não é o caso. Entretanto, mesmo quando reconhecendo o real potencial dos computadores, não podemos ficar cegos para perigo. Engenharia estrutural é uma profissão critica. A integridade das infraestruturas do mundo depende da qualidade do projeto de engenharia estrutural. Considerando o rápido crescimento de engenheiros projetando estruturas nos computadores, sem saber ao certo o que estão fazendo, o risco de falhas estruturais irão crescer exponencialmente enquanto essa tendência continuar.

Um exemplo simples, é o rápido crescimento da demanda e da expectativa por parte das companhias de engenharia por todo o mundo, que os CAE/CAD softwares deveriam automatizar totalmente o processo de projeto da

engenharia estrutural. Hoje, mais e mais engenheiros estruturais acham que eles deveriam ser requisitados só para definir as especificações e condições para a solução dos problemas, enquanto que os programas CAE/CAD deveriam criar automaticamente os modelos matemáticos, executar a análise iterativa e o processo de projeto e depois passar os resultados do projeto para um rascunho que poderá criar os desenhos de fabricação e construção. Nesse processo, a única responsabilidade do engenheiro de estruturas será definir a solução dos problemas, requerimentos e depois revisar a solução "final" do projeto. Isso é uma receita para o desastre. Apesar disso, inúmeros desenvolvedores de softwares estão respondendo às demandas do mercado desenvolvendo e entregando seus produtos como tendo essa capacidade, e os não tão reais engenheiros estão comprando esses produtos acreditando que eles podem fazer engenharia com um mínimo de envolvimento humano.

Os desenvolvedores de softwares regularmente recebem pedidos para melhorias nos sistemas e que não requer que o usuário tenha conhecimento dos detalhes teóricos. Por exemplo, os usuários desses softwares pedem aos seus desenvolvedores para que não seja necessário a leitura de manuais. Os softwares de grande qualidade para a engenharia estrutural, que incluem vários volumes de documentação, descrevendo o que o software faz, quais são suas limitações, quais os fundamentos teóricos usados e como seus sistemas de resolução funciona, estão sendo deixados de lado pelos engenheiros de estruturas. O fato é que muitos engenheiros hoje, não querem perder tempo sabendo quais são os detalhes de tal software. O que eles querem e desejam pagar por, é um software com interface windows, gráficos coloridos, animações se possível e com um bonito relatório com resultados impressos. Preocupações com valores duplicados de números, com um suficiente número iterações para se obter a resposta correta de uma análise, com o uso da teoria correta que represente o comportamento real da estrutura, com a coerência das respostas da análise em relação a geometria, etc, são raramente expressadas pelos engenheiros que utilizam computadores hoje.

A posição em relação a esse quadro, de um número crescente de engenheiros de estruturas, é que eles simplesmente não têm tempo e que não serão pagos para se preocuparem com esses tipos de detalhes. Mas, com os computadores, eles acreditam que podem ainda entregar os projetos requisitados por seus clientes. Porque não usar essa ferramenta tão simples???!!! Toda hora entramos com os dados, apertamos os botões, pegamos os resultados. E você tem o que deseja sem quase não gastar energia humana.

É claro que a tecnologia da computação por si própria não é totalmente ruim. O problema é a maneira que os computadores estão sendo usados pela engenharia estrutural. Existe uma grande obrigação ética por parte dos engenheiros mais velhos de enfatizar a importância do conhecimento, especialização e experiência na prática da engenharia, e não o prazer da utilização de computadores. Na pratica da engenharia estrutural é muito mais importante saber o "porque" do projeto do que ficar se preocupando no "como" usar o computador. Engenheiros de estruturas experientes tem que enfatizar os princípios, fundamentos, técnicas de modelagem, como reconhecer os erros no computador, alternativas para se criar soluções para os problemas de engenharia, a validação dos resultados produzidos pelo computador, o respeito e o medo pelo computador, o ceticismo dos resultados produzidos pelo computador, o respeito pela experiência na prática da engenharia, a necessidade de aprender engenharia fazendo engenharia e a importância de aprender engenharia estrutural com outro verdadeiro engenheiro experiente. É somente treinando engenheiros profissionais e não técnicos (operadores de computadores) que a profissão da engenharia estrutural irá preencher todos os seus requisitos para servir ao público.

Poderia haver alguma questão sobre porque não deveríamos ter tanta preocupação com o mau uso de computadores na engenharia estrutural? Embora computadores tenham um enorme potencial em benefício da humanidade, tais benefícios não serão alcançados se a engenharia estrutural continuar usando o computador de uma maneira destrutiva.

O que pode a engenharia estrutural fazer para diminuir a dependência e o mau uso dos computadores? Não existe nenhuma resposta fácil para essa pergunta. Entretanto todos os experientes e competentes engenheiros seniores tem a chance de influenciar as mentes jovens, alertando-os para os perigos dos computadores e enfatizando que os reais engenheiros tem que ser capazes de praticar a engenharia sem o computador, ser cético com o assunto

“computador”, nunca usar os resultados vindos do computador sem antes valida-los, sempre considerar os resultados vindos do computador errados até que o engenheiro valide-os, saber as respostas e usar o computador só para refiná-las, desglorificar o computador, glorificar conhecimento e experiência, evitar trabalhar em empresas onde as únicas oportunidades de aprender sejam através de computadores, etc.

O computador não é e nunca será, um substituto aceitável para o conhecimento, experiência, discernimento, intuição, criatividade, pensamento e para o bom e velho trabalho duro. Apesar dos computadores poderem ser uma tecnologia muito valiosa na prática da engenharia estrutural, todos os engenheiros estruturais devem entender que é muito mais importante o domínio da engenharia do que saber navegar por telas de softwares e que se eles não souberem o suficiente para praticar a engenharia sem a presença de computadores, eles não podem ter um negócio através dos computadores (tal uso nessas condições não seria somente sem ética, seria um crime).

Como todos os competentes e experientes engenheiros estão cientes, nenhum bom software pode criar um engenheiro estrutural competente, somente um engenheiro competente deveria usar um bom software. Apesar de ser evidente, infelizmente não é a realidade. Por isso precisamos expor os perigos e criar e implementar proteções contra o mal uso dos softwares de engenharia.

Agora, ainda que a tecnologia dos computadores não seja ruim, existem muitas características nessa tecnologia que a fazem ser de alto risco quando analisada por sua habilidade de escolher as soluções certas para os problemas da engenharia estrutural. É um fato bem conhecido, que qualquer programa de computador complexo para a engenharia, com o mais rápido hardware disponível no mercado e com o grande número de combinações e caminhos a serem escolhidos, se torna quase impossível de ser validado. Então não é possível dizer com 100 % de certeza que exista um software livre de erros. O que podemos dizer para chegarmos mais próximos da realidade é que temos 100 % de certeza que qualquer programa computacional para a engenharia estrutural possua um ou mais erros sérios. Em outras palavras, o assunto qualidade e confiabilidade dos softwares, é a maior preocupação no uso de programas computacionais para engenharia.

Infelizmente, um fato da vida de computadores e dos softwares comercialmente disponíveis é que eles estão sujeitos a vários fatores que podem interferir na sua habilidade de produzir soluções corretas para os problemas da engenharia estrutural. Um motivo de grande preocupação é o fato de quando soluções incorretas são produzidas, elas muitas vezes não são tão “incorretas”, mas mesmo assim elas são consideradas como erradas. Além disso, algumas vezes os resultados são grossamente incorretos, mas se o engenheiro tem um pequeno pressentimento do que é um resultado “correto” torna-se quase que impossível reconhecer os resultados incorretos. O perigo dos computadores é que muitos engenheiros sempre assumem (e muitos certamente esperam) que computadores sempre irão produzir soluções corretas para os problemas. Essas suposição e expectativa muitas vezes levam o discernimento e a sensibilidade do engenheiro a potenciais erros produzidos pelos computadores.

Embora exista tanta preocupação sobre a qualidade e confiabilidade dos softwares, é chocante observar como muito engenheiros se mostram ingênuos, ignorantes e irresponsáveis em relação a essas preocupações. Tanta ingenuidade, ignorância e irresponsabilidade desses engenheiros se tornam aparente na prática e na compra desses softwares. Por exemplo, os critérios mais levados em conta na compra dos softwares para engenharia estrutural são: folhetos de propaganda contendo declarações de proezas técnicas realizadas pelo mesmo, baixo custo, uso fácil em termos de menus e interfaces gráficas, uso fácil em termos simplicidade e modelos estruturais automáticos, pouca ou nenhuma necessidade de treinamento, simplicidade da documentação (um ou dois manuais pequenos são considerados bom, enquanto que nove ou dez grandes manuais são considerados ruins) e embalagens coloridas e bonitas. Tais critérios, muito raramente, se nunca, exigem provas de qualificação técnica do desenvolvedor, suporte técnico, provas de qualidade do software, garantia de qualidade do desenvolvedor, controle de qualidade, procedimentos de validação, revisões críticas dos procedimentos de controle de qualidade e garantia de qualidade do desenvolvedor, revisão técnica da base teórica contida no software, certificados de qualidade de organizações internacionais, adequações às normas e auditorias técnicas feitas por auditores qualificados.

Sem desmerecer os usuários desses softwares, parece que os menos experimentados, menos conhecedores e mais

novos engenheiros de estruturas recebem a responsabilidade de usar os softwares para resolver os mais complexos problemas de análise estrutural e projeto, enquanto que a maioria dos engenheiros mais experientes ocupados envolvidos na parte de gerencia e negócios de suas companhias. Tais engenheiros se preocupam mais analisando os assuntos e procedimentos referentes ao funcionamento dos computadores ao invés de questionar e validar as respostas dos programas computacionais. Estes engenheiros inexperientes muitas vezes, talvez por falta de conhecimento, aceitam qualquer resultado gerado pelos programas computacionais como correto. É vergonhoso observar como muito engenheiros escondem, conscientemente ou subconscientemente, sua ignorância na caixa preta dos computadores.

Um remédio para o mau uso: O começo de uma solução

Ainda que uma solução para esse sério problema do mau uso dos computadores não seja fácil, é importantíssimo que todos engenheiros sejam treinados e retreinados a partir dos fundamentos abaixo:

1. Reconhecer os perigos dos computadores

2. Entender os princípios básicos da matemática, ciência, mecânica, comportamento dos materiais, comportamento dos sistemas, técnicas de modelagem, métodos de análise, procedimentos de projeto, normas, erros de avaliação, análises de risco, códigos de ética e prática da engenharia ética.

3. Entender todos os requisitos para os engenheiros praticarem a engenharia sem o auxílio de computadores.

4. Sempre estar cético em relação aos computadores, nunca usar computadores sem uma extensiva validação, sempre assumir que os resultados mostrados pelos computadores estão errados até que um engenheiro prove o contrário.

5. “Saber” a resposta e usar o computador meramente para refinar a solução.

6. Desglorificar o computador, e glorificar o conhecimento, a experiência, a necessidade de estar familiarizado com o comportamento e detalhes dos sistemas de engenharia, modelagem, teoria e a prática.

7. Evitar estudar em faculdades de engenharia que invés de ministrar aulas através de engenheiros com grande conhecimento e extensiva experiência prática no mundo real, somente dão aulas por uso de computadores.

8. Evitar trabalhar para empresas onde ao invés de ter um treinamento intensivo com experientes e bons engenheiros a única oportunidade disponível para aprender é através de computadores.

9. Reconhecer que somente os mais experientes e qualificados engenheiros são capazes de usar o computador como uma ferramenta para a modelagem, análise, detalhamento e projeto.

10. Reconhecer que somente engenheiros podem praticar a engenharia e que computadores não.

Requerimentos mínimos para relacionados a softwares para engenharia

Existe um perigo real e imediato no mau uso dos computadores, o qual está causando séria degradação na qualidade da engenharia estrutural e ameaçando a segurança pública. Esse estado de alerta exige que um extremo cuidado seja tomado ao usar o computador como um veículo para o projeto e análise estrutural automatizado, e requer também um aumento de atenção por parte das associações de engenheiros e órgãos do governo para observar o uso dos computadores por engenheiros civis em geral e engenheiros de estruturas em particular. Portanto, para assegurar que o uso de computadores por engenheiros de estruturas tem um nível mínimo de qualidade, e importante que as recomendações abaixo sejam seguidas:

1. Nenhum software computacional deve ser colocado a venda sem que antes seja certificada a qualidade do seu vendedor.

2. Nenhum software computacional deve ser usado para a engenharia estrutural computacional ao menos que tenha

sido totalmente e propriamente validado e certificado pelos padrões de qualidade vigentes.

3. A engenharia estrutural deve aplicar o mesmo alto grau de cuidado.

4. O engenheiro de estruturas tem que usar sua melhor decisão e seu mais profundo conhecimento e experiência ao usar o computador. Pessoas sem um suficiente conhecimento e experiência na área de engenharia estrutural não devem ter permissão para utilizar um software de estruturas sem uma cuidadosa supervisão de um competente, experiente e qualificado engenheiro. **Em outras palavras, um bom programa de computador não faz um bom engenheiro, somente um bom engenheiro deveria usar um bom programa de computador!**

5. Os gerentes de escritórios de projeto deveriam estar mais preocupados do que nunca com a qualidade da engenharia estrutural quando o computador é envolvido. Eles deveriam dar exemplos e incentivar os programas de treinamento, visando o uso correto de computadores na engenharia estrutural. Esses engenheiros "administradores" que trocam a qualidade nos projetos por um aumento de produtividade usando computadores estão enganando a si próprios, suas companhias e seus clientes. Para que isso aconteça é necessário um maior investimento em pessoas, tempo e dinheiro para se aproveitar dos benefícios dos computadores. Não existe nenhum caminho fácil para o sucesso e lucro.

6. A comunidade educacional de engenharia deve reconhecer a necessidade urgente de incluir nos seus currículos, assuntos como: o ambiente computacional e a responsabilidade do engenheiro, qualidade da engenharia computacional, procedimentos para assegurar a qualidade do software e qualificação dos profissionais da engenharia computacional.

7. Associações profissionais de engenharia devem estabelecer e agressivamente promover uma linha de direção para o uso correto de computadores por engenheiros estruturais. Existe um perigo real e imediato no mau uso de computadores o qual está causando séria degradação na qualidade da engenharia estrutural e aumentando a ameaça à segurança do público em geral.

8. Órgãos do governo encarregados de assegurar a segurança do público em geral, devem criar leis (e penas apropriadas) para proteger o público do perigo causado pelo uso impróprio de computadores na engenharia estrutural.