



## DESENVOLVIMENTO DA APRENDIZAGEM SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

**Elizabeth Vieira Maia** – [bethmaia@dees.ufmg.br](mailto:bethmaia@dees.ufmg.br)  
Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Engenharia  
Rua Pirapetinga, 67 apto. 801  
30220-150 – Belo Horizonte – Minas Gerais

**Oto Neri Borges** – [onborges@gmail.com](mailto:onborges@gmail.com)  
Universidade Federal de Minas Gerais – Depto de Física  
Av. Antonio Carlos 6627  
31270-901 – Belo Horizonte – Minas Gerais

**José Márcio Fonseca Calixto** – [calixto@dees.ufmg.br](mailto:calixto@dees.ufmg.br)  
Universidade Federal de Minas Gerais – Depto Engenharia de Estruturas  
Rua Pirapetinga, 67 apto. 801  
30220-150 – Belo Horizonte – Minas Gerais

***Resumo:** Os currículos em vigência nas universidades brasileiras são baseados na definição do perfil desejado do formando e nas competências que devem ser desenvolvidas durante os cursos. Como estamos interessados em estudar o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes de Engenharia Civil no que concerne às disciplinas que constituem a matéria Estruturas, escolhemos descrevê-lo através da evolução das competências nestas disciplinas. O desenvolvimento da aprendizagem pode ser descrito através de estimativas de mudança educacional obtidas através de modelos estatísticos apropriados, como é o modelo de crescimento linear individual. Mas para isto é necessária a construção de métricas para mensurar o construto competência. A família de modelos Rasch foi aplicada para a obtenção de “régua” para medir as competências a partir de respostas de testes acadêmicos. As medidas das competências foram ajustadas a modelos hierárquicos lineares permitindo assim descrever o desenvolvimento das competências gerais e específicas dos alunos graduandos em Engenharia Civil sobre as disciplinas da matéria Estruturas. Os resultados encontrados para as competências específicas na disciplina de Concreto Armado*



*mostraram tendências com dinâmicas diferentes, tanto quantitativamente quanto qualitativamente. As trajetórias mostram tendências positivas e negativas. As trajetórias descendentes podem não indicar necessariamente um resultado negativo. Elas podem estar representando tendências anteriores à construção de uma nova competência.*

**Palavras-chave:** Educação em Engenharia, Estruturas de Concreto, Estruturas, Modelos Rasch, Avaliação da Aprendizagem.

## 1. INTRODUÇÃO

Há algum tempo, a aquisição de competências tem-se tornado um assunto principal para a educação superior. Universidades e governos de vários países têm se preocupado em delinear as competências necessárias para a formação de engenheiros capazes de exercer a profissão eficientemente ao longo da sua vida (MÓNICA et al., 2009, WESTERA, 2001, SHUMAN et al., 2005).

O desenvolvimento de pesquisas educacionais cujo foco é o aluno tem se mostrado como uma tendência marcante em iniciativas para a melhoria do ensino e aprendizagem (ZVOCH & STEVENS, 2005). Dentre vários temas da área, relatos sobre o entendimento dos estudantes sobre um ou mais conteúdos e como ele evolui são cada vez mais frequentes (NEWCOMER & STEIF, 2007).

Neste estudo, o objetivo geral foi estudar temas ligados ao desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes de engenharia civil e gerar sugestões do ponto de vista educacional que possam inspirar caminhos e possibilidades de promover o entendimento dos alunos sobre os conteúdos ensinados. O objetivo específico foi descrever como os alunos aprendem a matéria estruturas e como eles interligam os vários conteúdos ministrados nas diversas disciplinas.

## 2. DESENVOLVIMENTO DA APRENDIZAGEM

O desenvolvimento da aprendizagem pode ser descrito através de estimativas de mudança educacional obtidas através de modelos estatísticos apropriados, como é o modelo de crescimento linear individual. Para o estudo ser de qualidade, como estabelece ROGOSA et al. (1982), não basta modelar a mudança individual – um estado inicial, uma taxa de desenvolvimento que varia com o tempo e um erro. É desejável saber se existem correlatos ou preditores que possam ser responsáveis por estas diferenças – fatores que possam explicar parte da variância não explicada pelas medidas obtidas nas provas.

Seguindo esta linha de argumentação, cogitou-se em selecionar aspectos da vida acadêmica, passada e atual, como possíveis indicadores correlatos do desenvolvimento das competências envolvidas nas Disciplinas da Matéria Estruturas.

Alguns aspectos estão descritos nos perfis pessoais e acadêmicos dos sujeitos desta pesquisa. Outro possível correlato cogitado foi o engajamento escolar. Uma das maneiras de



medi-lo é através de um indicador do envolvimento do estudante com os trabalhos escolares (FREDRICKS et al, 2004).

Como salienta FISCHER & BIDELELL (2006) os estudos sobre desenvolvimento são “in medias res”, ou seja, “no meio das coisas”. O desenvolvimento de cada pessoa é diretamente influenciado pelas atividades que ela realiza e pelo contexto social no qual ela está inserida. Estes autores destacam ainda que a variabilidade é a norma e não a exceção em se tratando do comportamento humano, no qual se insere desenvolvimento e mudança educacional.

O desenho da pesquisa para o estudo do desenvolvimento necessita ser amplo para capturar a variabilidade e a diversidade das atividades humanas. O desenho da pesquisa deve prever múltiplas e bem espaçadas ondas de medidas de forma a capturar as mudanças ou variações e propor atividades sensíveis à variabilidade dos caminhos percorridos pelas pessoas (FISCHER & BIDELELL, 2006).

A identificação da variabilidade nos padrões de desenvolvimento requer boas escalas de medidas que capturem altos e baixos ao se acompanhar as mudanças e variabilidades do desenvolvimento. Como sugerem FISCHER & BIDELELL (2006), os modelos Rasch (MEAD, 2008) são adequados à construção de escalas unidimensionais onde cada pessoa pode ser avaliada para determinar seu caminho particular de desenvolvimento ou de mudança educacional.

Procedimentos quantitativos de análise foram aplicados aos dados empíricos para obter evidências que suportassem inferências para descrever: (i) qual o nível inicial de competência dos estudantes quando eles iniciam cada disciplina; (ii) como é a evolução das competências ao longo de cada semestre.

### **3. PARTICIPANTES**

Os participantes desta investigação são alunos de 01 turma da disciplina Estruturas de Concreto Armado. São 42 alunos que terminaram as disciplinas que compõem os Núcleos de Conteúdos Básicos e Profissionalizantes e ingressam no Núcleo de Conteúdos Específicos (CNE/CES 11).

A amostra estudada foi descrita por dois perfis. O primeiro perfil é formado por características pessoais como faixa etária e gênero e dados sobre a forma de ingresso na Escola de Engenharia, o ano e semestre de entrada. O segundo perfil contém parâmetros da vida acadêmica. Os registros acadêmicos dos 42 sujeitos abrangem as notas e os conceitos correspondentes e a carga horária de todas as disciplinas cursadas até o semestre anterior ao estudado.

### **4. FONTES DE DADOS**

As fontes de dados para esta pesquisa incluíram as memórias das questões de Provas comuns às disciplinas da matéria Estruturas, as notas dos Trabalhos Práticos, Registros Acadêmicos e o questionário socioeconômico respondido pelos alunos à época do vestibular. As notas dos Trabalhos Práticos foram fornecidas pelo professor. A frequência apurada pelo professor foi outro dado disponível.

Cópias das memórias das Provas foram feitas e guardadas até a última semana de aula da disciplina quando os 42 alunos tomaram conhecimento da pesquisa e assinaram o Termo



de Consentimento Livre e Esclarecido. O procedimento de análise das Provas só começou após a assinatura deste Termo (MAIA, 2010).

## 5. A DISCIPLINA

A estratégia adotada para descrever como os estudantes interligam os vários conteúdos ministrados nas diversas disciplinas da matéria Estruturas foi construir uma escala intervalar de medida que permita comparar o desenvolvimento da competência dos alunos ao cursar uma destas disciplinas.

A escolha da disciplina obedeceu aos seguintes requisitos. Ela deve ser uma disciplina dentre as que compõem o Núcleo de Conteúdos Específicos e possuir a classificação Currículo Mínimo. O primeiro quesito é devido às características destas disciplinas. Suas ementas e objetivos tratam da aplicação e extensão de várias teorias físicas e procedimentos numéricos e normativos resultantes da formalização da Engenharia de Estruturas. O último quesito é devido à escolha hoje bastante acentuada pelos estudantes em cursar as disciplinas optativas relacionadas às matérias de Transporte, Geotecnia, Construção Civil, Recursos Hídricos e Saneamento. Com esta diversificação, as turmas são pequenas e conseqüentemente a amostra a ser estudada também.

Do exposto, a disciplina Estruturas de Concreto Armado foi a escolhida para identificar os padrões de mudança educacional dos estudantes e descrever trajetórias de aprendizagem no contexto do Curso de Engenharia Civil da IES em foco.

São lecionados os fundamentos teóricos e práticos do comportamento das estruturas de concreto armado que levam aos procedimentos de projeto e especificações para a sua execução. São estudados métodos e modelos para análise e dimensionamento de elementos de concreto armado quando submetidos a diferentes esforços solicitantes (força normal, momento fletor, esforço cortante, momento de torção) atuando separadamente ou em conjunto. A verificação em serviço do comportamento de vigas considerando o efeito da fissuração e da fluência é também abordado.

A metodologia de ensino para cada um dos temas que formam o conteúdo é constituída de aulas teóricas seguidas de aulas práticas. Nas aulas teóricas são ministrados os aspectos de análise e de dimensionamento relevantes ao elemento de concreto armado em questão bem como as prescrições e disposições construtivas da norma ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento (2007). Nas aulas práticas, exemplos de problemas encontrados no dia a dia da prática de projeto são primeiramente resolvidos pelo professor seguidos de trabalhos práticos solucionados pelos alunos de modo a consolidar o tópico lecionado.

A avaliação é feita com base nos resultados de três provas e dos trabalhos práticos realizados em sala de aula. Cada prova corresponde a 31 % da nota total enquanto que a soma dos resultados dos trabalhos práticos responde pelos restantes 7 %. As provas são sempre com consulta. O material de consulta de cada uma das provas é constituído por somente uma folha, padrão A4, manuscrita (frente e verso) pelo aluno onde ele faz as anotações que lhe convier para a resolução da mesma. Esta folha, devidamente identificada, é parte integrante de cada prova e é entregue ao professor junto com a resolução da mesma.

## 6. O INSTRUMENTO DE MEDIDA



A tentativa de obter informações para responder as nossas indagações através de múltiplas fontes de dados como, por exemplo, testes e entrevistas, não foi aventada para esta turma, pois em semestres anteriores, não se logrou êxito ao tentar um estudo transversal utilizando esta estratégia de coleta de dados. Os alunos não aceitavam participar, alegando falta de tempo por incompatibilidade de horários devido a diversas atividades extra classe.

Além disso, não foram encontrados testes padronizados brasileiros para os objetivos propostos neste estudo. Existem algumas iniciativas americanas em desenvolvimento, para mensurar conhecimentos específicos em estática e resistência dos materiais (STEIF, 2004, 2005; SCOTT, 2004). Porém elas foram descartadas por duas razões. Em primeiro lugar, estes testes poderiam responder apenas parte das questões, pois eles medem competências nas disciplinas que correspondem aos tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes e não específicos. Em segundo lugar, teríamos que obter a permissão dos autores para a sua utilização e caso tivéssemos sucesso nesta tarefa, os procedimentos usuais de tradução de instrumentos de pesquisa para a língua portuguesa demandariam um período de tempo bastante extenso.

Assim sendo, decidiu-se, então, examinar as provas formuladas pelos professores a luz dos critérios de validade (TROCHIN, 2006; COHEN et al., 2003). O fato destes professores lecionarem, em parceria, a disciplina de Estruturas de Concreto há mais de 20 semestres foi significativo nesta tomada de decisão visto que as questões por eles formuladas são adequadas para medir o conhecimento dos estudantes no contexto da disciplina. Ou seja, acertos ou erros são interpretados como sucesso ou falha respectivamente no entendimento do contexto e não são mascarados ou encobertos por outros conhecimentos complementares, anteriores ou até mesmo futuros à disciplina.

Desta forma pudemos considerar que as questões das provas satisfazem o critério de validade de conteúdo (construct validity: content validity) e poderiam compor instrumentos válidos e de qualidade para a coleta de dados para esta investigação. O entendimento não é uma grandeza ou objeto físico mensurável. Porém, podemos perceber a sua presença ou ausência através de tarefas executadas com sucesso ou não (SCHÖN, 1987).

O procedimento para a obtenção dos indicadores de entendimento para re-analisar cada prova iniciou-se a partir do padrão de resposta esperada, elaborado pelos professores da disciplina de Estruturas de Concreto Armado. Subentende-se a adequação do padrão de respostas à Teoria das Estruturas, à Teoria do Concreto Armado e às seguintes normas: ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento (2007), ABNT NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações (1980) e ABNT NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação (2007).

Por seu turno, o padrão de resposta de cada prova segue o modelo de processos hierárquicos pertinentes a cada um dos temas estudados. Cada processo é por sua vez composto de procedimentos hierárquicos, sendo cada procedimento a menor sub-tarefa que apresenta um resultado. Este resultado, registrado e identificável na prova, pode ter origem diversa. São resultados, por exemplo, da leitura de arranjos estruturais propostos, da avaliação de expressões matemáticas e/ou lógicas, de esboço de croquis em uma ou mais dimensões do caminho das cargas, e das disposições das armaduras, do traçado de diagramas representativos da distribuição dos esforços solicitantes. Desta forma, finalmente, cada resultado obtido de um procedimento é um indicador do entendimento do tema em questão.



Este procedimento de identificação e criação dos indicadores do entendimento do estudante foi realizado pela pesquisadora e examinado e validado pelos professores da disciplina.

De posse deste conjunto de indicadores, cada prova de cada sujeito da amostra foi reexaminada pela pesquisadora e pelos professores da disciplina. Para as sub-tarefas realizadas de forma correta atribuiu-se o valor 1 e para as sub-tarefas realizadas de forma incorreta ou não realizadas considerou-se o valor 0. As poucas discrepâncias entre as categorizações feitas pela pesquisadora e pelos professores foram resolvidas por discussão até se alcançar um consenso.

Os professores da disciplina foram orientados a fazer um reexame das provas com esse conjunto de indicadores, anteriormente avaliado e validado por eles. Os resultados encontrados na obtenção dos escores, tanto pela pesquisadora como pelos professores tiveram aproximadamente 90% de concordância. As divergências foram resolvidas por consenso de ambas as partes.

Portanto, cada sujeito participante do estudo teve seu desempenho em cada uma das três provas transformado em uma soma de zeros (erros) e uns (acertos) obtidos nos indicadores.

Para cada prova ser um instrumento para mensuração válido e poder-se fazer inferências sobre as medidas é necessário que o conjunto de indicadores mensurem uma única competência. Isto equivale dizer que cada indicador deve-se relacionar a uma única competência avaliada. Para se certificar desta propriedade do instrumento, é necessário testar a sua dimensionalidade.

Os escores obtidos pelos sujeitos em cada prova foram submetidos a uma Análise Fatorial Exploratória utilizando o pacote estatístico MPlus® (MUTHÉN & MUTHÉN, 1998–2007).

Com o mapa de cargas fatoriais para cada uma das três provas foi feita uma análise do padrão de agrupamento dos indicadores. O padrão exibido não foi de uma estrutura fatorial simples. Em alguns casos, um mesmo indicador aparecia em mais de um fator com carga fatorial relevante. Porém, desta análise pode-se perceber uma estrutura fatorial muito próxima à estrutura apresentada pelo fluxo das etapas de projeto.

Com esta perspectiva identificou-se três agrupamentos, cujos conjuntos de indicadores formam os domínios (específicos) de competências na disciplina de Estruturas de Concreto Armado doravante denominados:

1) O Domínio ESTÁTICA agrupa os indicadores relativos à quantificação dos esforços desenvolvidos na estrutura provenientes das cargas que a solicitam – a análise estrutural.

2) O Domínio ALGORITMO é composto de indicadores específicos do contexto do Projeto de Estruturas de Concreto Armado – o dimensionamento e o detalhamento.

3) O Domínio MODELAGEM engloba os indicadores que necessitam do entendimento dos mecanismos de transferências das cargas que é peculiar a cada arranjo estrutural e, por conseguinte, fornece informações para os itens do Domínio Estática e do Domínio Algoritmo. Este domínio também agrupa os indicadores correspondentes às tarefas de análise e elaboração de croquis. Pode-se dizer que é o domínio que revela uma compreensão mais global, e ao mesmo tempo mais abstrata, do processo de projeto estrutural.

Entretanto ainda não se tem uma escala para a mensuração das competências. O que se tem são escores brutos, ou apenas escores, para cada dimensão em cada um dos instrumentos.



Deve-se destacar que tais escores são resultados de meras observações, são resultados qualitativos, ainda que possam ser contados.

O escore bruto em um instrumento é uma medida ordinal. Na escala de escores dos instrumentos desta pesquisa pode-se apenas afirmar qual é menor e qual é maior, e não se pode garantir que as diferenças entre pares de valores equidistantes são as mesmas (WILLET & SINGER, 2003).

A obtenção de uma escala de mensuração foi o próximo passo metodológico. Para tal, o conjunto de dados brutos de cada dimensão de cada prova foi modelado usando o modelo Rasch para dados dicotômicos. Logo, para cada prova e para cada dimensão, foi construída uma escala Rasch, ou simplesmente, medidas Rasch.

Por meio dessa análise, é possível calibrar a dificuldade dos itens (indicadores) e a competência dos indivíduos em um mesmo eixo contínuo linear, ao longo do qual os indivíduos são distribuídos.

Inicialmente, cada sujeito tem um escore em cada prova. Porém devido às três competências (domínios específicos) exibidas pela Análise Fatorial, cada sujeito passou a ter três escores por prova. Portanto, para a mensuração das competências na Disciplina de Estruturas de Concreto Armado foram construídas 3 escalas Rasch, uma por domínio, utilizando o software WINSTEPS®.

Segundo WILLET & SINGER (2003), para se ter um estudo sobre mudanças educacionais efetivo, deve-se prever no mínimo três ondas de medidas, espaçadas de forma a ser mais significativa para os resultados esperados e devem ser contínuas e equivalentes em todas as ondas de medida.

Neste estudo, como não houve nenhuma intervenção educacional, o espaçamento entre as três ondas foi determinado pela aplicação das provas. Além disto, não houve como repetir questões nas avaliações ou a mesma avaliação.

Provas destinadas a testar a mesma área sempre variam em dificuldade com o desenvolvimento dos conteúdos ao longo das disciplinas. Testes diferentes usualmente têm estruturas probabilísticas diferentes. Assim, a interpretação das medidas entre os testes não é igual às interpretações em cada prova. Esta é a razão da aplicação de um procedimento de equalização.

Como as provas não possuem questões iguais, o método de equalização mais adequado a esta situação é o Teste de Equalização Virtual. Inicialmente, deve-se identificar pares e/ou trios de itens de conteúdo e dificuldades similares (LINACRE, 2009). Uma vez, identificados os itens similares entre as provas, eles são colocados um abaixo do outro na matriz de dados. Os demais têm apenas obedecida a sua colocação na mesma ocasião de coleta. Para cada um dos domínios este procedimento foi realizado.

Três escalas de competência (estática, algoritmo e modelagem) foram construídas com a análise Rasch. Os estudantes podem então ser descritos e comparados entre si por trajetórias de desenvolvimento das três competências ao longo do semestre de estudo da disciplina Estruturas de Concreto Armado.

## **7. RESULTADOS**

As trajetórias de desenvolvimento foram determinadas através do modelo hierárquico de 2 níveis através do pacote estatístico MLwiN® (RASBASH et al., 2009).

O modelo hierárquico ajustado para a competência em ESTÁTICA mostrou-se significativo no nível de 0.05, tanto para o estado inicial quanto para a taxa de crescimento. Todos evoluíram na competência em Estática, mas com taxas diferentes. O grupo que mais se desenvolve é o grupo que chega na disciplina com o Rendimento Semestral Global (RSG) abaixo da média, mas se engaja no curso e termina o semestre ultrapassando os que são engajados e tem um melhor RSG no início do curso. Isto pode indicar que este grupo tem consolidado a competência em Estática que é exigida na disciplina e por isto não se desenvolve mais. Percebe-se dos resultados que o engajamento é uma atitude importante no desenvolvimento das competências.

O domínio de competência ALGORITMO é representado por um modelo hierárquico onde o parâmetro do estado inicial positivo é significativo no nível de 0.05. Entretanto, a taxa de crescimento é negativa. Este resultado não era esperado para este domínio, pois seguir algoritmos é uma atividade cada vez mais comum na vida das pessoas. Voltamos aos escores obtidos nos indicadores deste domínio na reanálise das questões das provas. A primeira hipótese era de que os alunos não terminavam as questões e as trajetórias decrescentes eram decorrentes deste fato. Entretanto, esta hipótese não se confirmou. A segunda hipótese cogitada para explicar tendência das trajetórias foi a complexidade e extensão dos algoritmos pertinentes ao conteúdo. Estas características dos algoritmos podem explicar os erros e esquecimento de algumas verificações. Entretanto, as informações que temos não permitem fazer esta afirmação. No nosso entender, teríamos que entrevistar os alunos para chegarmos a uma conclusão.

Para o domínio de competência MODELAGEM o modelo hierárquico apresenta o parâmetro do estado inicial positivo e significativo no nível 0.05, mas o coeficiente da taxa de crescimento negativa não é significativo. Estes resultados representam a especificidade comentada anteriormente em relação aos indicadores da competência que compõem este domínio. São os indicadores correspondentes às tarefas que exigem uma compreensão mais global, qualitativa e abstrata, do processo de projeto estrutural. Uma competência mais global não é a soma de várias competências específicas (WALTHER & RADCLIFFE, 2007).

As equações que definem as trajetórias para cada um dos domínios podem ser consultadas em MAIA (2010).

## 8. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados para as competências específicas na disciplina de Concreto Armado mostraram tendências com dinâmicas diferentes, tanto quantitativamente quanto qualitativamente. As trajetórias mostram tendências positivas na competência em ESTÁTICA e tendências negativas nas competências ALGORITMO e MODELAGEM. Os modelos hierárquicos são ajustados por preditores diferentes e interações entre preditores diferentes. Isto é confirmado por FISCHER & BIDELELL (2006) quando relatam que "... pessoas funcionam em múltiplos níveis de desenvolvimento concorrentemente, mesmo em uma mesma situação". A construção dos preditores pode ser acompanhada em MAIA (2010).

A tendência positiva no desenvolvimento da competência da ESTÁTICA e talvez até uma consolidação por parte de alguns alunos pode ser explicado pela aplicação sistemática dos conceitos aprendidos nas disciplinas subsequentes desde o 5º período do curso.

A tendência negativa no desenvolvimento da competência da aplicação de algoritmos pode ser resultado da maneira como o conteúdo está distribuído na disciplina. Diminuir algum



ou mesmo retirar e utilizar a carga horária das disciplinas optativas para complementar os assuntos de Estruturas de Concreto Armado pode ser uma estratégia eficaz para reverter esta tendência observada. Alguém disse “o menos é mais”.

A tendência mostrada pelo modelo hierárquico no desenvolvimento da competência em MODELAGEM é para os pesquisadores o resultado mais significativo. Esta competência tem que estar o presente durante todo o processo de projeto. Ela recebe informações das diversas competências, as interpreta e comanda novas ações. As trajetórias descendentes podem não indicar necessariamente um resultado negativo. Elas podem estar representando tendências anteriores à construção de uma nova competência. Ou o desenvolvimento da competência MODELAGEM é muito lento. Entretanto, esta conclusão é especulativa, apesar de alguns registros semelhantes por pesquisadores estrangeiros (BOZZO & FENVES, 1994; STEIF, 2004 e 2005, MOLYNEAUX et al., 2007) que defendem a necessidade do desenvolvimento de competências correlacionadas aos conceitos abstratos e concepção do sistema estrutural desde o início do curso. Na opinião deles o tratamento numérico nas disciplinas é extenso encobrendo o comportamento estrutural que é um entendimento qualitativo de todo o projeto de uma estrutura.

## 9. IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS

Para despertar o interesse dos estudantes da educação básica pela Engenharia de Estruturas, poder-se-ia pensar no desenvolvimento de unidades de ensino sobre temas ligados às estruturas que sejam adequadas para alunos do ensino fundamental e do ensino médio.

Um exemplo desta abordagem é a iniciativa Engineering Go For it! patrocinada pela American Society for Engineering Education (ASEE). O propósito é atrair estudantes, pais e professores para o mundo da engenharia e tecnologia.

O correlato de engajamento construído a partir das notas dos trabalhos práticos influenciou positivamente todas as competências presentes na disciplina de Concreto Armado. Isto nos indica que os estudantes se engajam nas aulas práticas.

Explorar mais esta metodologia de ensino utilizando laboratórios de ensaios de estruturas poderia aumentar ainda mais a influência do engajamento no desenvolvimento da aprendizagem sobre estruturas. Estas atividades práticas auxiliariam os estudantes a entender o comportamento estrutural, o que beneficiaria o domínio MODELAGEM.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. 1980.

BOZZO, L.M.; FENVES, G.L. Qualitative Reasoning and the Representation of Fundamental Principles in Structural Engineering. Research in Engineering Design, v.6, n.2, p.61-72, 1994.



COHEN, J.; COHEN, P.; WEST, S. G.; AIKEN, L. S. Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2003. 703 p.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CNE); CAMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR (CES), Resolução 11/2002 – CNE/CES 11/2002.

FISCHER, K. W.; BIDEEL, T. R. Dynamic Development of Action and Thought. In: Theoretical Models of Human Development - Handbook of Child Psychology, W. Damon & R. M. Lerner editors, v. 1, Wiley, New York, 2006, p. 313-399.

FREDRICKS, J. A.; BLUMENFELD; P. C.; PARIS, A. H. School Engagement: potential of the concept, state of the evidence. Review of Educational Research, v.74, n.1, 2004, p. 59-109.

LINACRE, J.M. Winsteps® (Version 3.69.0): Rasch measurement computer program. Beaverton, Oregon, 2009.

MAIA, E. V; UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Faculdade de Educação. Desenvolvimento da Aprendizagem sobre Estruturas de Concreto Armado, 2010. 162p. Tese (Doutorado).

MEAD, R. J. A Rasch primer: the measurement theory of Georg Rasch. Psychometrics services research memorandum 2008-001. Data Recognition Corporation. Maple Grove: Minnesota, 2008.

MOLYNEAUX, T.; SETUNGE, R.; GRAVINA, R.; XIE, M. An evaluation of learning of structural engineering concepts during the first two years of a project-based engineering degree. European Journal of Engineering Education, v.32, n.1, p. 1-8, 2007.

MÓNICA, E.; SÁNCHEZ-RUIZ, L.M.; SÁNCHEZ-DÍAZ, C. Achieving Competence-Based Curriculum in Engineering Education in Spain. Proceedings of the IEEE, v. 97, n.10, p.1727-1736, 2009.

MUTHÉN, L.K.; MUTHÉN, B.O. Mplus User's Guide. Fifth Edition. Los Angeles: CA. (1998–2007).

NEWCOMER, J.; STEIF, P. Gaining Insight into Student Thinking from their Explanations of Concept Questions. 1<sup>st</sup> ASEE International Conference on Research in Engineering Education. Honolulu, 2007.

RASBASH, J.; Steele, F.; Browne, W.J.; Goldstein, H. A User's Guide to MlwiN – version 2.10. Centre for Multilevel Modelling, University of Bristol, 2009.

ROGOSA, D.; BRANDT, D.; ZIMOWSKI, M. A Growth Curve Approach to the Measurement of Change. Psychological Bulletin, v. 92, n.3, pp. 726-748, 1982

SCHÖN, Donald Alan., Educando o Profissional Reflexivo – Um novo Design para e Ensino e a Aprendizagem, Porto Alegre: ARTMED, 1987. 256 p.

SCOTT, D. Developing Statics Knowledge Inventories. 34<sup>th</sup> ASEE/IEEE Frontiers in



Education Conference. Savannah, Georgia, USA, 2004.

SHUMAN, L.J.; BESTERFIELD-SACRE, M.; MCGOURTY, J. The ABET “Professional Skills” – Can They Be Taught? Can They Be Assessed?, *Journal of Engineering Education*, v. 94, n1, 2005.

STEIF, P. Initial Data from a Statics Concept Inventory. *Proceedings of The American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. Salt Lake City, Utah, 2004.

STEIF, P. Psychometric Analysis of a Statics Concept Inventory and Its Use as a Formative Assessment Tool. *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. Portland, Oregon, 2005.

TROCHIN, W.M.K. **Research Methods Knowledge Base**. Disponível em: <<http://www.socialresearchmethods.net/>> Acesso em: 20 mai. 2014.

WALTHER, J.; RADCLIFFE, D.F. The competence dilemma in engineering education: Moving beyond simple graduate attribute mapping. *Australasian Journal of Engineering Education*, v. 13, n.1, p. 41-50, 2007.

WESTERA, W., Competences in education: a confusion of tongues. *Journal of Curriculum Studies*, v. 33, n.1, p. 75–88, 2001.

WILLET, John. B.; SINGER, Judith D. *Applied longitudinal data analysis: modeling change and event occurrence*. New York: Oxford University Press, 2003. p. 672.

ZVOCH, K.; STEVENS, J.J. Sample Exclusion and Student Attrition Effects in the Longitudinal Study of Middle School Mathematics Performance. *Educational Assessment*, v.10, n.2, p.105–123, 2005.



## LEARNING DEVELOPMENT ON REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

***Abstract:** The curricula in Brazilian universities are based on the desired profile of the student and the competences to be developed during the course. Since we are interested in understanding the development of engineering students in structural engineering courses, we chose to describe it through the development of competences in these courses. The development of learning can be described by estimates of educational change obtained through appropriate statistical models, as the linear individual growth model. But this fact requires the construction of metrics to measure the construct of competence. The family of Rasch models was applied to obtain "rulers" to measure competences from the responses of academic tests. Measures of competence were fitted to hierarchical linear models describing the development of general and domain-specific competences of Civil Engineering undergraduate students in structural engineering subjects. The results for the specific-domain competence in the discipline of Reinforced Concrete Structures showed trends with different dynamics, both quantitatively and qualitatively. The trajectories show both positive and negative trends. The decreased trajectories may not necessarily indicate a negative result. They may represent trends prior to the construction of a new competence.*

***Key-words:** Engineering Education, Reinforced Concrete Structures, Structures, Rasch Models, Assessment.*