



## MONITORAMENTO DE ESTRUTURAS – UMA ATIVIDADE INTEGRADA ENTRE TOPOGRAFIA E TEORIA DAS ESTRUTURAS

**Bruno E. Higaki**<sup>1</sup> – bruno.higaki@fei.edu.br

**Fernando Cesar Ribeiro**<sup>1</sup> – fernandoribeiro.prof@gmail.com

**Marcelo Cherem**<sup>1</sup> – mcherem@fei.edu.br

<sup>1</sup>Centro Universitário FEI, Departamento de Engenharia Civil  
Av. Humberto Castelo Branco, 3972, Assunção  
09850901 – São Bernardo do Campo - SP

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo apresentar a metodologia de uma atividade realizada na disciplina de Topografia em conjunto área de Estruturas do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FEI. A atividade tinha como objetivo. A atividade realizada teve como objetivo a apresentação do monitoramento de estruturas com equipamentos topográficos em um ensaio de flexão em quatro pontos de uma viga de concreto armado. A atividade proposta abordou assuntos estudados previamente nas disciplinas da área de estruturas além de analisar a motivação e participação dos alunos em uma atividade integrada entre Topografia e Estruturas. A atividade cumpriu seu objetivo pois os alunos mostraram-se mais motivados e participativos da atividade, além de demonstrarem que consideram importante a realização de atividades interdisciplinares.

**Palavras-chave:** Monitoramento de estruturas, Topografia, Viga de concreto, Estruturas.

### 1 INTRODUÇÃO

No método tradicional de ensino, os professores tendem a utilizar o tempo limitado das aulas para a transmissão de novos assuntos e conhecimentos (BIJLANI et al.,2013). A maioria das escolas de engenharia utilizam o método tradicional de ensino que é centrado no professor e baseado em aulas expositivas o que resulta em uma baixa participação do aluno, pouca interação nas aulas e conseqüentemente em um elevado índice de desmotivação e reprovações (MIRANDA et al. 2003).

A fragmentação do conhecimento científico a ser ensinado manifesta-se na separação das disciplinas na escola tem sido danosa para a educação. Até mesmo no contexto de uma dada disciplina o conhecimento é separado em diversos conteúdos relativamente estanques, que são apresentados de maneira desvinculada e desconexa (GERHARD & ROCHA FILHO, 2012). Dentro da área de estrutura do curso de Engenharia Civil, é comum observar a dificuldade por parte de alguns alunos em associarem os assuntos tratados nas disciplinas básicas da área de estruturas (resistência do materiais e teoria das estruturas) aos assuntos tratados nas disciplinas específicas de dimensionamento (estruturas de concreto, metálicas e madeiras) embora todas elas estejam agrupadas dentro da grande área de estruturas.

Organização



Promoção





Para garantir a vida útil de obras civil, além de realizar uma correta análise e dimensionamento racional dos elementos estruturais nos projetos, deve-se realizar ações de acompanhamento e monitoramento de seus desempenhos ao longo deste tempo (PALAZZO et al, 2005). Uma forma de monitorar o desempenho de grandes estruturas é utilizando equipamentos topográficos que fornece precisão adequada para esta atividade.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a metodologia de uma atividade realizada na disciplina de Topografia em conjunto com a disciplina de Teoria das Estruturas I do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FEI. A atividade realizada teve como objetivo a apresentação do monitoramento de estruturas com equipamentos topográficos em um ensaio de flexão em quatro pontos de uma viga de concreto armado. A atividade proposta abordou assuntos estudados previamente nas disciplinas de estruturas além de analisar a motivação e participação dos alunos em uma atividade integrada entre Topografia e Estruturas.

## 2 MONITORAMENTO DE ESTRUTURAS

Já há algumas décadas, as ciências da Topografia e Geodésia e seus respectivos instrumentos têm sido utilizadas para monitoramento de deslocamentos de grandes estruturas como barragens, pontes, viadutos, encostas, taludes, contenções, etc. Essas metodologias de acompanhamento e controle do comportamento estrutural vêm se mostrando bastante confiáveis por conta da tecnologia embarcada nos equipamentos, que conseqüentemente aumentam as especificações de precisão que atendem às expectativas dos projetistas e analistas para detectar os deslocamentos previstos nos modelos estruturais. As aplicações do monitoramento de estruturas têm extrapolado os limites das construções pesadas, e se mostram necessárias também na construção civil devido ao aumento das dimensões dos edifícios, com altura e com desenhos cada vez mais arrojados.

A grande valia do monitoramento de deslocamentos nas estruturas por meio da instrumentação topográfica reside no referencial. Uma Estação Total Robotizada por exemplo, vai ser instalada em um ponto estável totalmente fora do corpo e da área de influência da estrutura. Isso permite a criação de um referencial absoluto para análise pontual e independente do comportamento estrutural. Por outro lado, a instrumentação convencional com extensômetros fornece dados relativos de parte da peça da estrutura em relação à outra, sem uso de um referencial externo.

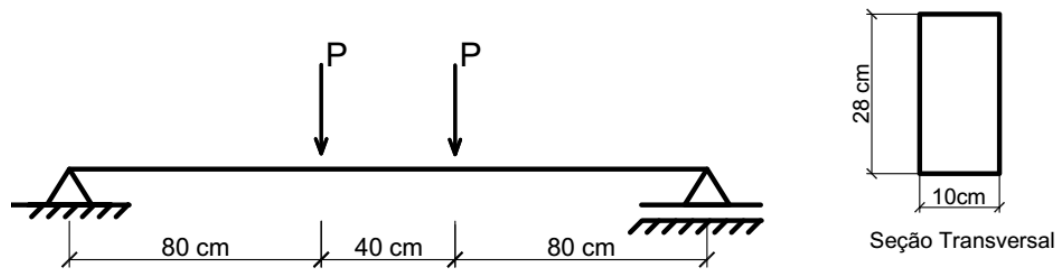
## 3 ENSAIO DE FLEXÃO A QUATRO PONTOS

### 3.1 Descrição do ensaio

A atividade realizada no laboratório de estruturas do Centro Universitário FEI consistia no ensaio de flexão a quatro pontos de uma viga de concreto armado. A viga analisada experimentalmente possuía 200 cm de comprimento e seção transversal retangular de 10cm X 28 cm como ilustrado na Figura 2. Nas regiões dos apoios, comprimento de 10 cm a partir das extremidades, a viga possuía seção transversal de 30cm X 28 cm afim de problemas estabilidade em torno do eixo longitudinal da peça.



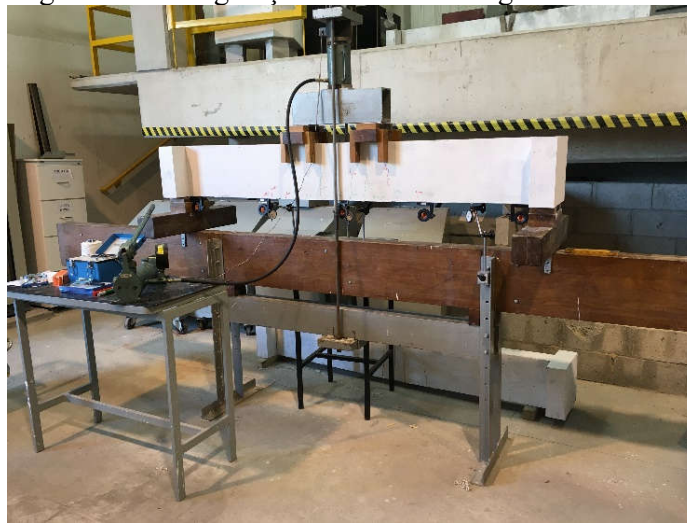
Figura 1 – Esquema estático e dimensões da viga analisada



A armadura longitudinal da viga era constituída por duas barras de aço CA50 de 10 mm de diâmetro posicionadas próxima as faces superior e inferior. Já a armadura transversal era construída por estribos verticais formados por barras de aço CA50 de 5 mm de diâmetro posicionadas a cada 15 cm.

O carregamento foi aplicado por meio de um macaco hidráulico em uma viga de reação que estava apoiada em dois pontos sobre a viga de concreto. Assim, o carregamento aplicado pelo macaco hidráulico foi dividido e aplicado na viga de concreto por meio das reações de apoio da viga de reação. A Figura 2 ilustra a configuração do ensaio realizado.

Figura 2 – Configuração do ensaio da viga



Foi utilizada uma célula de carga para realizar a leitura dos carregamentos aplicados. Para realizar a leitura dos deslocamentos verticais foram instalados três relógios comparadores no centro e nos quartos de vão da viga.

Para realizar o monitoramento do deslocamento vertical da estrutura foram posicionados, também, cinco prismas localizados próximo aos apoios (V1 e V5), no centro (V3) e nos quartos de vão (V2 e V4) da viga, estes juntos aos relógios comparadores. Os prismas foram monitorados pela Estação Total Robotizada marca Leica Geosystems modelo TM 30 com precisão angular de  $\pm 0.5''$ , e precisão linear de  $\pm 0.6\text{mm} + 1\text{ppm}$ .

A Figura 4 ilustra um dos primas posicionados na viga e a Estação Total utilizada no monitoramento da estrutura.

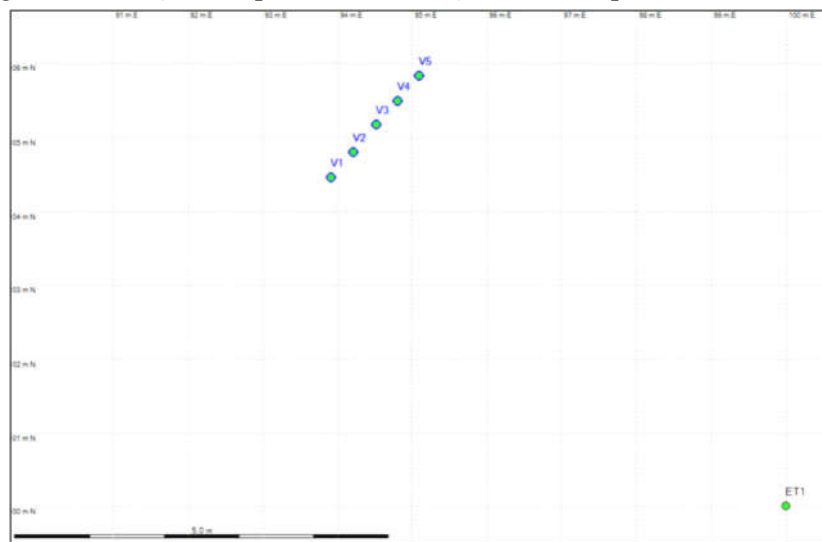


Figura 3 – Prisma posicionado próximo de um relógio comparador e a Estação Total utilizada no ensaio.



A Figura 4 ilustra a posição dos prismas V1 a V5 e a posição da Estação Total no plano horizontal fornecido pelo software do equipamento.

Figura 4 – Posição dos prismas e da Estação Total no plano horizontal



#### 4 METODOLOGIA

Participaram da atividade 32 alunos matriculados na disciplina Topografia oferecida no 6º ciclo do curso de Engenharia Civil. A atividade teve duração de aproximadamente 180 minutos.

Inicialmente os alunos foram divididos em grupos de 5 alunos e resolveram algumas questões ligadas a disciplina de Resistência dos Materiais e Teoria das Estruturas I já cursadas nos semestres anteriores. O objetivo dessas questões era fazer o aluno associar as teorias vistas em sala de aula e se prepararem para analisar de forma crítica o comportamento da viga durante o ensaio. As questões resolvidas pelos alunos eram:

- 1) Desenhe o esquema estrutural da viga que será ensaiada com a localização dos carregamentos e a seção transversal da viga (realizar medições na viga);

Organização



Promoção





- 2) Considerando carregamentos concentrados de 6,5 kN, determine os diagramas de esforço cortante e momento fletor;
- 3) Calcule a tensão normal na borda inferior da seção localizada no meio do vão;
- 4) Trace um esboço da configuração final da viga fissurada ao final do ensaio.

Após a resolução das questões foi pedido para os alunos realizarem o ensaio de compressão nos corpos de provas de concreto (Figura 5). Este ensaio, também, já havia sido abordado em outras disciplinas cursadas pelos alunos.

Figura 5 – Ensaio de compressão simples

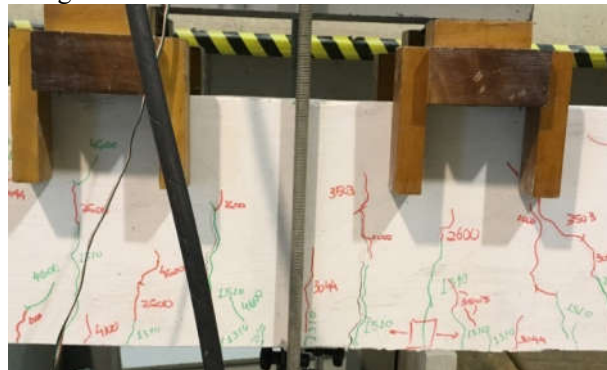


Para a realização do ensaio da viga, os carregamentos foram aplicados de forma incremental a cada 5 kN. A cada aplicação do incremento de carga o ensaio foi interrompido para a leitura deslocamentos verticais os relógios comparadores, observação do surgimento de fissuras e o monitoramento dos deslocamentos da viga.

Como esperado as primeiras fissuras surgiram na região de maior momento fletor na direção perpendicular a direção principal de tração, no caso eixo horizontal, com um carregamento total igual a 15 kN (7,5 kN por ponto de aplicação) como pode ser observado na Figura 6.

O ensaio continuou até um carregamento igual a 45 kN (22,5 kN por ponto de aplicação) quando foi constatado o escoamento da armadura e conseqüentemente a impossibilidade do aumento dos carregamentos aplicados.

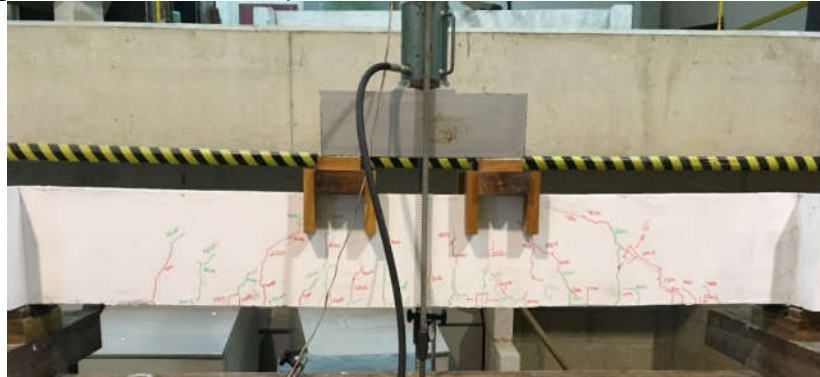
Figura 6– Fissuras observadas na região entre a aplicação de carregamentos





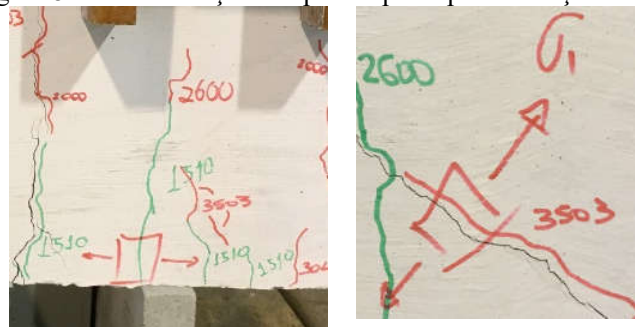
A Figura 7 ilustra o padrão de fissuração final da viga. Pode-se observar a presença das fissuras devido ao momento fletor na região entre os pontos de aplicação do carregamento e fissuras inclinadas devido a atuação do esforço cortante em conjunto com o momento fletor.

Figura 7 – Padrão de fissuração ao final do ensaio



Após o término do ensaio, utilizou-se a distribuição de fissuras ao longo da viga para revisar os conceitos de transformação de tensões e estado plano de tensões estudados na disciplina de Teoria das Estruturas I cursada pelos alunos no 5º ciclo do curso. Assim, pode-se demonstrar as direções dos planos em que ocorrem as tensões principais de tração como ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Demonstração dos planos principais de tração



Para finalizar a atividade os alunos responderam algumas questões de múltiplas escolhas sobre o desenvolvimento da atividade. As questões e respostas possíveis eram:

- 1) O quanto você se lembrava dos assuntos relacionados a Resistência dos Materiais Teoria das Estruturas I abordados na atividade de hoje? R: nada; muito pouco; pouco; razoavelmente; bem
- 2) Sobre o questionário respondido antes do ensaio você: R: não conseguiu fazer; não tentou; fez algumas partes; fez tudo.
- 3) Você tinha conhecimento do uso de equipamentos topográficos para a realização do monitoramento de estruturas? R: Não; ouviu falar; leu em artigo; informação passada em aula.
- 4) Sobre a atividade interdisciplinar abordada na aula: R: Não gostou, não achou que os assuntos estavam ligados; achou confuso; achou interessante; achou muito interessante.
- 5) Quando estudar Estruturas de Concreto 1 no próximo semestre você acha que o ensaio de hoje: R: não vai ajudar em nada pois não gostou; não vai ajudar pois não vai se



- lembrar; vai ajudar um pouco; vai ajudar razoavelmente; vai ajudar bem pois tentará associar o resultado com a teoria.
- 6) Sobre atividades integradas você acha: desnecessário; não muda em nada; importante; muito importante.

## 5 Resultados

Analisando os resultados das questões respondidas pelos alunos pode-se constatar que todos os grupos responderam de forma corretas as questões 1, 2, 3 e 4.

A atividade mostrou-se importante pois os alunos puderam observar o surgimento das primeiras fissuras região de máximo momento fletor. Outro ponto importante foi a visualização das fissuras inclinadas possibilitando a revisão o assunto sobre os planos das tensões principais de tração, antes de cursarem a disciplina de estruturas de concreto armado.

Durante a atividade pode-se perceber uma grande motivação e participação dos alunos que se sentiram muito mais estimulados ao trabalharem conceitos já estudados como ensaio de compressão simples, cálculo de diagramas de esforços, cálculo de tensões normais além de observarem fenômenos como a formação e direção de fissuras na viga de concreto que poderá ser melhor discutida na disciplina Estruturas de Concreto Armado 1 oferecida no semestre seguinte, 7º ciclo do curso.

A introdução do assunto monitoramento de estruturas com equipamentos topográficos também despertou bastante interesse entre os alunos.

Os resultados das respostas do questionário respondido após a atividade serão discutidos a seguir.

Para a pergunta 1 “O quanto você se lembrava dos assuntos relacionados a Resistência dos Materiais Teoria das Estruturas I abordados na atividade de hoje?” obteve-se as seguintes respostas: 0% nada; 0% muito pouco; 3% pouco; 36% razoavelmente e 58% bem.

Para a pergunta 2 “Sobre o questionário respondido antes do ensaio você:” obteve-se as seguintes respostas: 0% não conseguiu fazer; 0% não tentou; 9% fez algumas partes; 91% fez tudo.

Os resultados destas duas primeiras questões foram comprovados analisando os resultados apresentados no questionário respondido no início da atividade no qual todos os grupos responderam corretamente todas as questões.

Para a pergunta 3 “Você tinha conhecimento do uso de equipamentos topográficos para a realização do monitoramento de estruturas?” obteve-se as seguintes respostas: 12% Não; 9% ouviu falar; 3% leu em artigo; 76% informação passada em aula.

Nesta questão observa-se que a maioria dos alunos se recordam do assunto tratado nas primeiras aulas da disciplina de Topografia.

Para a pergunta 4 “Sobre a atividade interdisciplinar abordada na aula:” obteve-se as seguintes respostas: 0% Não gostou, 0% não achou que os assuntos estavam ligados; 0% achou confuso; 30 % achou interessante; 70% achou muito interessante.

Para a pergunta 5 “Quando estudar Estruturas de Concreto 1 no próximo semestre você acha que o ensaio de hoje:” as seguintes respostas foram obtidas: 0% não vai ajudar em nada pois não gostei; 0% não vai ajudar pois não vou me lembrar; 15% vai ajudar um pouco; 9% vai ajudar razoavelmente; 76% vai ajudar bem pois tentará associar o resultado com a teoria.

Para a pergunta 6 “Sobre atividades integradas você acha:” as seguintes respostas foram obtidas: 0% desnecessário; 0% não muda em nada; 21% importante; 79% muito importante.

Analisando os resultados das três últimas questões, observa-se uma motivação maior dos alunos quanto a atividades práticas no qual é possível relacionar diferentes assuntos. Em seus pontos de vistas eles acreditam que a introdução de um assunto ainda não estudado por meio



de atividades práticas irá ajuda-los no aprendizado no momento em que for apresentado a parte teórica.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou a metodologia de uma atividade realizada na disciplina de Topografia em conjunto com a área de Estruturas do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FEI.

Com esta atividade procurou-se apresentar os conceitos de monitoramento de estruturas com equipamentos topográficos, além de analisar a motivação e participação dos alunos, a aplicação de conhecimento adquiridos em outras disciplinas cursadas previamente e apresentação e introdução do padrão de fissuração das vigas de concreto submetidas a flexão simples, assunto a ser estudado no semestre seguinte.

A atividade cumpriu seu objetivo pois os alunos mostraram-se mais motivados e participativos da atividade, além de demonstrarem que consideram importante a realização de atividades interdisciplinares.

### *Agradecimentos*

Os autores agradecem ao Centro Universitário FEI pelo suporte financeiro para a condução deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIJLANI, K.; CHATTERJEE, S.; ANAND, S. Concept Maps for Learning in a Flipped Classroom In: *2013 IEEE Fifth International Conference on Technology for Education*, 2013, pp. 57-60.

GEHARD, A. C.; ROCHA FILHO J. B. A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola do ensino médio. *Investigações em Ensinos de Ciências*.v17. 2012.

MIRANDA, R. J. P. C. et al., Experimental stress analysis and the mechanical engineers courses. In: *Annual Conference an Exposition on Experimental an Applied Mechanics – SEM*, North Carolina, USA, 2003.

PALAZZO, D. R.; SANTOS FILHO, M. L.; MOREIRA, A. R.; A Utilização de técnicas geodésicas no monitoramento de estruturas pré-moldadas.1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado. 2005.





## STRUCTURE MONITORING - AN INTEGRATED ACTIVITY BETWEEN TOPOGRAPHY AND THE STRUCTURE THEORY

**Abstract:** *The objective of this work is to present an activity performed in the subject Topography with the subject Structures of the Civil Engineering course of University Center FEI. The objective of this work was to present the monitoring of structures with topographic equipment in a four-point flexural test of a reinforced concrete beam. The proposed activity applied topics previously studied in the disciplines of structures and analyzed the motivation and participation of the students in an integrated activity between Topography and Structures. The activity the activity has reached its goal because the students were more motivated and participative of the activity, besides demonstrating that they consider important the accomplishment of interdisciplinary activities.*

**Key-words:** *Monitoring of structures, Topography, Reinforced concrete beam, Structures.*

Organização



Promoção

