

## APRENDIZAGEM DE ESTRUTURAS AUXILIADO POR DESENHO E GEOMETRIA

**Maria B. Barison** – barison@uel.br

Universidade Estadual de Londrina, CCE, Departamento de Matemática.  
Campus Universitário

86.051-990 – Londrina - Paraná

**César Ballarotti** – cballarotti@sercomtel.com.br

Universidade Estadual de Londrina, CTU, Departamento de Estruturas.

**Marie C. R. Pola** – mariepola@yahoo.com.br

Londrina – Paraná

**Resumo:** *O processo de ensino-aprendizagem de Desenho, Geometria e Sistemas Estruturais, nas séries iniciais dos cursos de arquitetura e engenharia, é desenvolvido através da interdisciplinaridade cujo objetivo maior é identificar através da geometria e da física os fenômenos que agem em uma estrutura. Sob a ótica da pesquisa fenomenográfica, a compreensão desses fenômenos é de fundamental importância, o que pode ser feito com os três elementos básicos da geometria, que relacionam ponto, linha e superfície e os cinco elementos estruturais básicos que relacionam carga, reações, forças horizontais, vão e altura útil de uma estrutura. Os estudantes são levados a investigar a evolução de cada forma geométrica em termos de arranjo estrutural e seção das barras e sua utilização nos diversos sistemas estruturais. Também faz parte desta pesquisa, a utilização do “software” de geometria dinâmica “Cabri Géomètre”, que é utilizado na construção de “applets”, com os quais o estudante manipula os desenhos através da internet em seus estudos à distância.*

**Palavras-chave:** *Estruturas, Geometria, Aprendizagem, Geometria Dinâmica Interativa, Fenomenografia, Desenho.*

### 1 INTRODUÇÃO

A questão da aprendizagem de Geometria e Estruturas nos cursos de engenharia e arquitetura está diretamente relacionada com o Desenho Geométrico e Projetivo. Uma das questões focalizadas é o aprendizado da Geometria, cujos elementos básicos são ponto, linha e superfície. Outra questão focalizada é o aprendizado de Estruturas, cujos elementos básicos são: carga, reações, forças horizontais de tração e compressão, vão e altura útil.

O curso de Desenho e Geometria que está sendo desenvolvido com os estudantes de engenharia e arquitetura contextualiza as obras arquitetônicas de alguns períodos históricos na

ótica da Geometria e do conhecimento da Estrutura de cada época. A necessidade do estudo das formas geométricas é fator determinante para se conseguir responder às questões:

- a) *Que forma é esta e por que utilizá-la?*
- b) *Como essa forma transmite carga e se equilibra no vão?*
- c) *Como “softwares” de Geometria Dinâmica Interativa como o “Cabri Géomètre”, por exemplo, se prestam para ilustrar e relacionar os elementos básicos de estruturas?*

Enfatizando a primeira questão citada acima, Rebello et al. (2006) citam a importância da geometria aplicada ao desenho.

*“A expressão gráfica das formas idealizadas mentalmente, conservando-se suas bases dimensionais, tornou-se possível pela geometria, parte da matemática que estuda as propriedades relativas a pontos, linhas e superfícies e que, aplicada ao desenho, confere-lhe precisão ao manter suas proporções” (REBELLO et al., 2006).*

Portanto, a perfeita compreensão por parte do estudante da razão de ser de uma estrutura, depende dele identificar a harmonia existente entre a forma e a estrutura, ou seja, do arranjo estrutural assim como compreender a harmonia entre a geometria da seção da estrutura e os fenômenos físicos a ela associados.

Ao fazer esta interdisciplinaridade uma pergunta vem à mente: *“Porque os arquitetos e engenheiros realmente precisam saber sobre geometria e estruturas?”* Respondendo a essa questão o famoso arquiteto Mies Van Der Rohe (1972) ressalta que:

*“Arquitetos e Engenheiros precisam prestar particular atenção aos aspectos relativos aos sistemas estruturais quando projetam uma edificação, porque todas as formas geométricas que não são determinadas por necessidades estruturais precisam ser evitadas” (VAN DER ROHE, 1972).*

Considerando a interdisciplinaridade entre a geometria e estruturas, é provável que a perfeita compreensão e harmonia entre essas duas disciplinas, auxiliada pela fenomenografia permitirá ao estudante uma mudança de pensamento. Segundo Ramsden et al. (1993), pela compreensão nós significamos a maneira como os fenômenos são apreendidos e discernidos, ou melhor, o que nós sabemos sobre eles ou como nós podemos manipulá-los. É perfeitamente possível utilizar fórmulas e conhecimentos memorizados do livro-texto, no entanto torna-se esta uma estratégia inútil para resolver problemas reais.

*“Muitas vezes um estudante é capaz de praticar o que a ele tem sido ensinado ou o feito ver, mas se ele se encontrar em erro não saberá como encontrá-lo e corrigi-lo.” (RAMSDEN et al., 1993).*

No presente estudo, para investigar estas questões, utiliza-se a geometria dinâmica envolvendo o desenho e os cinco elementos da estrutura onde se busca responder a seguinte questão: *“Como o aluno relaciona os elementos básicos de estruturas através de modelos construídos com software de geometria dinâmica?”*

A seguir serão apresentados os conteúdos abordados nessa pesquisa, a metodologia, o “software” de Geometria Dinâmica utilizado, os resultados e a conclusão.

## 2 TEORIZAÇÃO - CONCEITOS BÁSICOS DE GEOMETRIA, ESTRUTURAS E FENOMENOLOGIA

Destacam-se para esse estudo os elementos básicos de Geometria e Estruturas os quais, acredita-se que se bem compreendidos, permitirão que o estudante consiga conceber ou entender qualquer sistema estrutural.

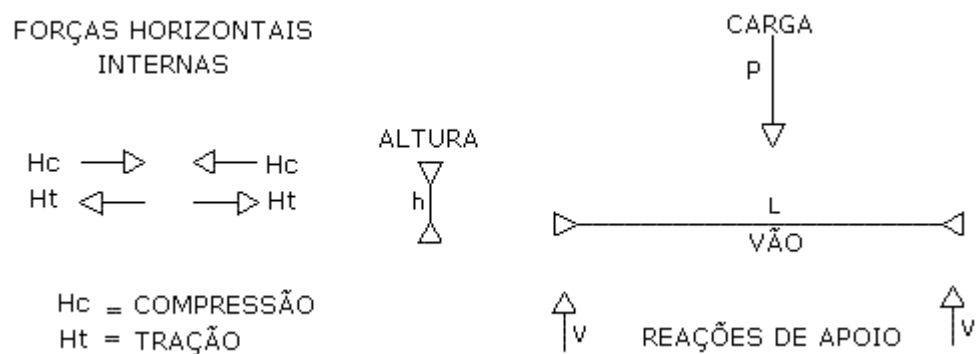
Este estudo se apóia na Fenomenografia que adota uma postura “experencial” da aprendizagem do estudante cujo foco tem sido chamado “relacional”. Isso é bastante diferente de uma posição empirista onde o conhecimento se origina diretamente de uma realidade externa, e de modelos dualísticos da ciência cognitiva e da psicologia construtivista (PROSSER et al., 2000).

Com relação à Geometria destacam-se três elementos básicos: ponto, linha e superfície. Acredita-se que através do entendimento, representação e significado destes três elementos, o aluno pode representar qualquer projeto de sólido. Por exemplo, o aluno deve dominar os seguintes conhecimentos relacionados: sistema de coordenadas que localizam os pontos no espaço, retas e curvas que interligam os pontos e servem de diretriz e geratriz das superfícies e superfícies que interligam as linhas gerando o fechamento do espaço tridimensional.

Com relação a Estruturas destacam-se cinco elementos básicos: altura útil e vão, que são os elementos geométricos; carga, reação e esforços horizontais, que são os elementos físicos. Nesse caso, o aluno deve dominar os seguintes conhecimentos relacionados: altura útil que é a distância ( $h$ ) que separa as forças horizontais de tração ( $H_t$ ) e compressão ( $H_c$ ); vão que é a distância ( $L$ ) que separa as reações verticais ( $V$ ) e geram o braço externo de alavanca (momento solicitante); carga ( $P$ ), que representa o peso próprio, das paredes e lajes que a viga suporta; as reações verticais ( $V$ ) que representam a ação dos apoios sobre a viga, que a equilibram verticalmente e por último as forças horizontais ( $H_c$  e  $H_t$ ) aplicadas no centro de gravidade das extremidades horizontais da estrutura e que geram o braço interno de alavanca (momento resistente).

Esses cinco elementos básicos são estudados nas primeiras lições da disciplina Sistemas Estruturais e dois deles (vão e altura) são estudados na disciplina Desenho e Geometria. A perfeita compreensão desses cinco elementos é de fundamental importância para que o estudante possa compreender qualquer mecanismo estrutural, por mais complexo que ele seja.

O “software” de Geometria Dinâmica Interativa “*Cabri Géomètre*” revela-se como importante instrumento didático, pois permite construir modelos que exploram a forma como esses cinco elementos interagem, considerando as questões geométricas: vão e altura ( $L$  e  $h$ ) e as questões físicas: carga, reação e forças horizontais ( $P$ ,  $V$  e  $H$ ). A Figura 1 apresenta os símbolos utilizados para representar esses cinco elementos.



**Figura 1:** Simbologia dos cinco elementos estruturais.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Utilização do “software” de Geometria Dinâmica Interativa “Cabri-Géomètre”

O “Cabri Géomètre” é um “software” que permite construir todas as figuras da geometria elementar que podem ser traçadas com a ajuda de uma régua e de um compasso. Uma vez construídas, as figuras podem se movimentar conservando as propriedades que lhes haviam sido atribuídas. Essa possibilidade de deformação permite o acesso rápido e contínuo a todos os casos, constituindo-se numa ferramenta rica de validação experimental de fatos geométricos (LOURENÇO, 2000).

Ele tem outros aspectos que vão muito além da manipulação dinâmica e imediata das figuras. Além disso, é uma ferramenta auxiliar no ensino-aprendizagem da Geometria e pode ser utilizado desde o primário até a Universidade em diversas áreas como Matemática, Física, Desenho Artístico, etc. No caso desse estudo, ele também será experimentado no Ensino de Estruturas para estudantes de engenharia e arquitetura na construção de “applets”, os quais serão disponibilizados na internet e manipulados para experimentação de propriedades físicas e geométricas de elementos estruturais, auxiliando assim na aprendizagem presencial e à distância.

A estratégia utilizada neste estudo consiste na apropriação de uma ferramenta computacional, o “Cabri Géomètre”, para a construção de um modelo estrutural com os elementos básicos de estruturas. Acredita-se que os estudantes das séries iniciais, habituados a jogar videogames tenham motivação para manipular esse modelo no computador, o que pode levá-los a perceber os fenômenos associados aos elementos geométricos e físicos.

#### 3.2 Construção e manipulação dos “Applets”

Para um estudo inicial com o “Cabri Géomètre”, foi escolhido um elemento da construção que normalmente é focalizado no início dos estudos da disciplina de estruturas: a viga biapoiada. O objetivo é que o estudante aprenda como se dá o funcionamento de uma estrutura, através da modificação de suas formas e dimensões e seus efeitos físicos associados.

Seja a viga biapoiada de altura útil ( $h$  = distância entre  $H_c$  e  $H_t$ ) e vão ( $L$ ). Seja uma carga ( $P$ ) agindo centralmente na viga, as reações de apoio ( $V$ ) e as forças horizontais internas de compressão ( $H_c$  e  $H_c'$ ) e tração ( $H_t$  e  $H_t'$ ), conforme pode ser observado na Figura 2. Utilizando o programa “Cabri-Géomètre”, foi construído um modelo composto por três variações que serão apresentadas e explicadas a seguir.

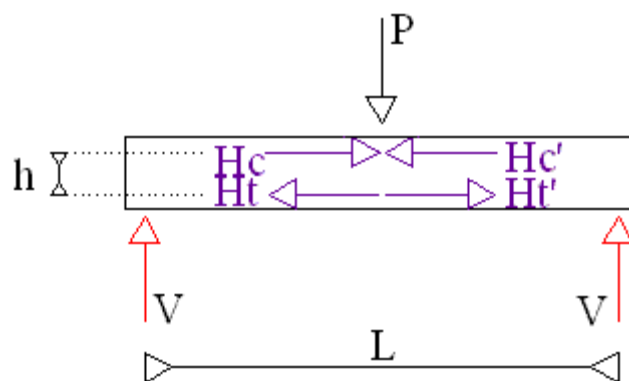
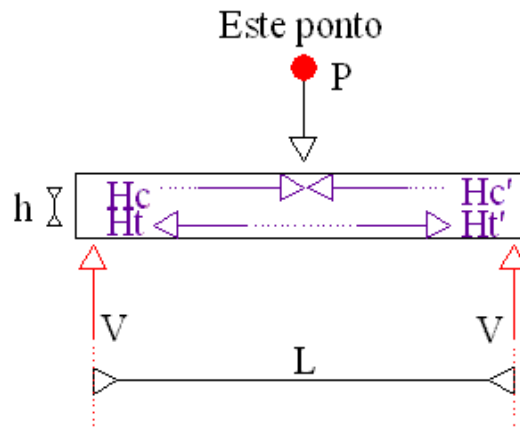


Figura 2: Viga biapoiada e os cinco elementos estruturais.

### **Modelo - Variação da carga $P$**

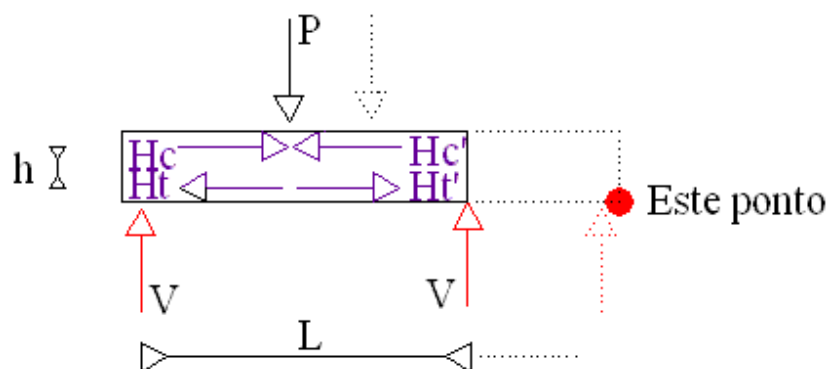
Esse modelo permitirá a manipulação dinâmica, mostrando o que acontece com os elementos  $L$ ,  $H$ ,  $h$ , e  $V$  ao aumentar ou diminuir a carga  $P$ , o que pode ser observado na Figura 3. A exploração desse modelo segue a seguinte orientação: ao movimentar o ponto  $P$  para cima ou para baixo, as reações de apoio ( $V$ ) e as forças horizontais ( $H_c$ ,  $H_c'$  e  $H_t$ ,  $H_t'$ ) aumentam ou diminuem de forma proporcional e linear. Nesse caso as variáveis dependentes são  $V$  e  $H$  e assim a manipulação da carga  $P$  (variável independente) produzirá a variação daquelas. Os demais elementos permanecem constantes.



**Figura 3:** Modelo de viga biapoiada com os cinco elementos e manipulação da carga  $P$ .

### **Modelo - Variação do vão $L$**

Esse modelo permitirá a manipulação dinâmica, mostrando o que acontece com os elementos  $P$ ,  $H$ ,  $h$ , e  $V$  ao aumentar ou diminuir o vão  $L$ , o que pode ser observado na Figura 4. Ao movimentar o ponto que se encontra na extremidade da viga a carga  $P$  continuará centrada e o vão ( $L$ ) diminuirá e a reação ( $V$ ) corre junto com a extremidade da viga para o lado. Pergunta-se: “Aumentando ou diminuindo o vão ( $L$ ), o que acontece com os outros parâmetros da viga?” Como resultado o aluno verá que apenas as forças horizontais ( $H_c$ ,  $H_c'$ ,  $H_t$  e  $H_t'$ ) aumentam em proporção linear.

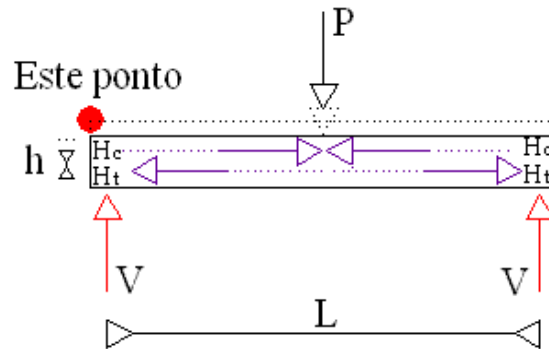


**Figura 4:** Modelo de viga biapoiada com os cinco elementos e manipulação do vão  $L$ .

### **Modelo - Variação da altura $h$**

Esse modelo permitirá a manipulação dinâmica, mostrando o que acontece com os elementos  $P$ ,  $H$ ,  $L$ , e  $V$  ao aumentar ou diminuir a altura útil ( $h$ ) da viga. Ao movimentar o

ponto para cima e para baixo de forma que aumente e diminua a altura ( $h$ ) as forças internas horizontais de compressão ( $H_c$  e  $H_c'$ ) sobem e descem, enquanto que as forças internas horizontais de tração ( $H_t$  e  $H_t'$ ) permanecem na base da viga. No entanto, as duas forças internas ( $H_c$ ,  $H_c'$ ,  $H_t$  e  $H_t'$ ) diminuem de forma proporcional e linear. Veja o modelo na Figura 5.

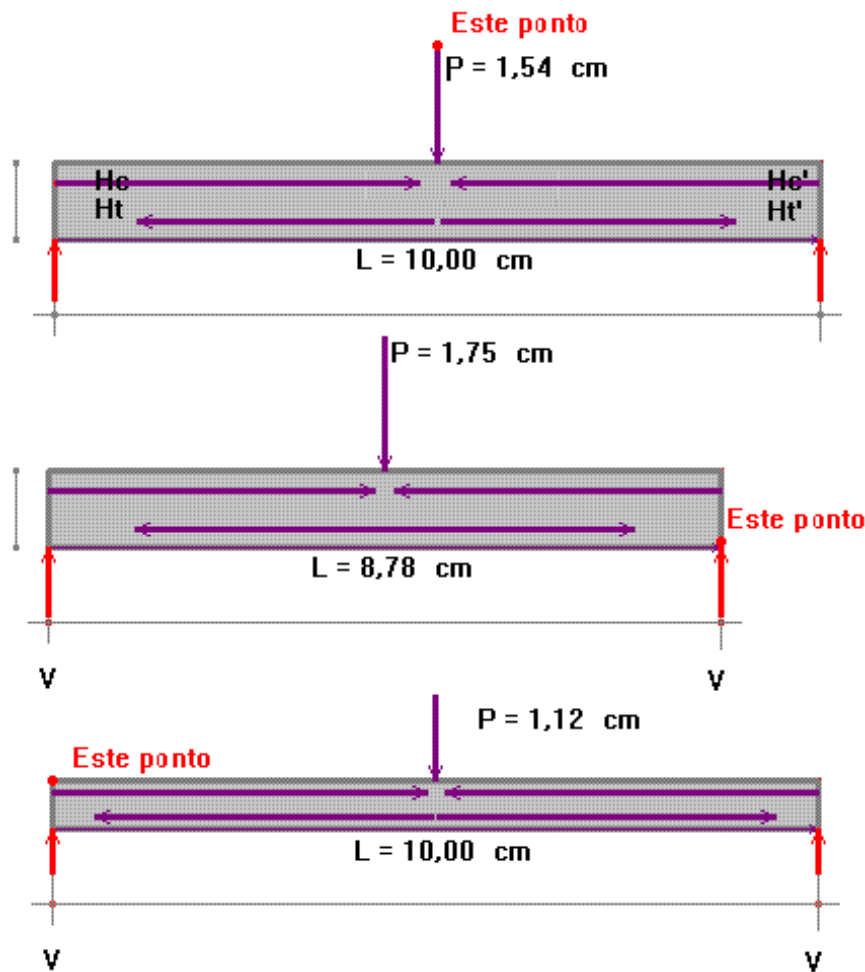


**Figura 5:** Modelo de viga biapoiada com os cinco elementos e manipulação da altura  $h$ .

### 3.3 Aplicação do questionário com os estudantes.

Inicialmente foi feita uma pequena explanação aos estudantes sobre a viga biapoiada e seus cinco elementos, seguida de uma breve discussão conceitual.

Após essa discussão inicial, os estudantes acessaram a internet no endereço: [http://www.mat.uel.br/geometrica/ballarotti/tru/tru\\_1t.php](http://www.mat.uel.br/geometrica/ballarotti/tru/tru_1t.php) e trabalhando em duplas, leram atentamente a página, manipularam os “*applets*”, discutiram entre eles para em seguida responder a um questionário com três questões de identificação pessoal e sete questões sobre o conteúdo estudado. Os modelos da internet podem ser observados na Figura 6.



**Figura 6:** Os três modelos de viga biapoada.

Entre 43 estudantes entrevistados 39 possuem menos de 21 anos e 4 entre 21 a 30 anos.

A primeira questão explora como o estudante define uma viga e como ele a representa graficamente. A segunda questão pede que o estudante cite quais são os cinco elementos estruturais e defina cada um deles. A terceira questão solicita que o estudante identifique quais desses cinco elementos são grandezas físicas e geométricas. Outras três questões exploram o que acontece com os elementos em se aumentando ou diminuindo a carga ( $P$ ), o vão ( $L$ ) e a altura ( $h$ ). Finalmente foi solicitado ao aluno que fizesse uma conclusão dizendo como ele acha que as variáveis geométricas influenciam as físicas.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao analisar os dados procura-se fazer uma reflexão teórica relacionando os elementos básicos da geometria e da estrutura à luz da Fenomenografia. No questionário são identificados os elementos que relacionam os preceitos da Fenomenografia com os fenômenos e conceitos dos alunos a serem categorizados.

### 4.1 Categorização das respostas.

As respostas das questões foram categorizadas no sentido de saber como o aluno as interpretou.

### **Questão 1**

Nesta primeira questão pergunta-se: “*O que é uma viga?*” Os estudantes responderam: estrutura horizontal de sustentação. As respostas foram separadas em duas partes: “*O que?*” e “*Como?*” como segue: “*O que?*” estrutura horizontal, prisma de base retangular; “*Como?*” de sustentação, apoiada em pilares ou paredes, que suporta forças e conduz aos pilares.

Destacam-se como palavras chave: horizontal e sustentação. Conclui-se que o aluno percebeu que viga é algo horizontal que dá sustentação ao teto de uma edificação.

### **Questão 2**

Nesta segunda questão pergunta-se: “*Quais são os cinco elementos estruturais?*” Da mesma forma as respostas foram classificadas em: “*O que?*” e “*Como?*”. Com relação à questão “*O que?*” a maioria dos estudantes descreveu corretamente cada elemento e com relação à questão “*Como?*” os estudantes citaram a função de cada elemento, mas nem sempre desenhando a altura ( $h$ ) como distância entre as forças horizontais internas ( $H_c$  e  $H_t$ ).

Destacam-se como palavras chave: carga, vão, reação, distância e forças internas. Conclui-se que o aluno percebeu cada elemento separadamente, mas sem fazer nenhuma relação entre eles. É conveniente ressaltar que a altura ( $h$ ) não é a altura da viga e sim a distância entre os vetores ( $H_c$  e  $H_t$ ). O aluno também confunde distância com comprimento, por exemplo: vão livre é a distância entre as faces internas dos apoios e vão teórico é a distância entre os pontos de apoio, ou seja, entre os vetores reação de apoio. Contudo, observou-se que os desenhos foram reproduzidos com bastante precisão pela maioria dos alunos.

### **Questões 3 a 7**

As questões de 3 a 7 são apenas de definição dos 5 elementos.

### **Questão 9**

Esta questão deseja saber o que acontece com os elementos  $L$ ,  $H$ ,  $h$  e  $V$  ao aumentar ou diminuir a carga  $P$ . Os alunos responderam conforme as seguintes categorias:

Quadro 1 - Resposta certa: (27)

- a)  $V$  e  $H$  variam –  $L$  e  $h$  constantes; (27).

Quadro 2 - Resposta certa, mas incompleta: (13)

- a)  $V$ ,  $L$  e  $H$  variam,  $h$  é constante (2);  
b)  $V$  e  $H$  variam (4);  
c)  $H$  varia,  $L$  e  $h$  constantes (1);  
d)  $H_c$  e  $H_t$  variam (2);  
e)  $V$  varia –  $L$  e  $h$  constantes; (1)  
f)  $V$  e  $H$  variam –  $L$  constante; (1)  
g)  $V$  e  $H$  variam –  $h$  constante; (1)  
h)  $H$  varia -  $V$ ,  $L$ ,  $h$  constantes; (1)

Quadro 3 - Resposta errada: (3)

- a) Todos variam (3)

Supõe-se que os alunos da categoria primeira categoria aparentemente entenderam que a grandeza física carga ( $P$ ) não afeta as grandezas geométricas na viga e que os alunos da segunda categoria entenderam parcialmente a relação entre grandezas físicas e geométricas.



Diferentemente de outros estudos, a manipulação do modelo parece ter ajudado o aluno a perceber e interpretar as forças internas horizontais ( $H_c$  e  $H_t$ ) como variável dependente da carga ( $P$ ).

### ***Questão 10***

Esta questão deseja saber o que acontece com os elementos  $P$ ,  $H$ ,  $h$  e  $V$  ao aumentar ou diminuir o vão  $L$ . Os alunos responderam conforme as seguintes categorias:

Quadro 1 - Resposta certa: (26)

- a)  $H$  varia -  $V$ ,  $P$ ,  $h$  constantes; (24)
- b)  $H$  varia -  $V$ ,  $P$ ,  $h$  constantes - há uma aproximação de  $H$ ; (1)
- c)  $H$  varia e muda de sentido -  $V$ ,  $P$ ,  $h$  constantes. (1)

Quadro 2 - Resposta certa, mas incompleta: (3)

- a)  $H$  varia; (1)
- b)  $H$  varia -  $V$ ,  $P$  constantes; (1)
- c)  $H$  varia -  $V$  constante. (1)

Quadro 3 - Resposta errada: (14)

- a)  $H$  varia -  $L$ ,  $V$ ,  $P$ ,  $h$  constante; (2)
- b)  $H$ ,  $V$  variam -  $P$ ,  $h$  constantes; (4)
- c)  $H$ ,  $V$ ,  $P$ ,  $L$ ,  $h$  variam diretamente; (1)
- d)  $H$ ,  $P$ ,  $V$  variam; (1)
- e)  $H$ ,  $h$ ,  $V$  variam -  $P$  constante; (2)
- f)  $H$  e  $h$  são inversas -  $V$  constante; (1)
- g)  $H_c$  inversamente proporcional a  $L$  -  $H_t$  proporcional a  $L$ - $P$ ,  $h$  constantes; (1)
- h)  $H_c$  inversamente proporcional a  $L$ - $H_t$  proporcional a  $L$ - $V$ ,  $P$ ,  $h$  constantes; (1)
- i) as forças invertem seu sentido. (1)

### ***Questão 11***

Essa questão deseja saber o que acontece com os elementos  $P$ ,  $H$ ,  $L$  e  $V$  ao aumentar ou diminuir a altura  $h$ . Os alunos responderam conforme as seguintes categorias:

Quadro 1 - Resposta certa: (31)

- a)  $H$  varia -  $P$ ,  $L$ ,  $V$  constantes; (23)
- b)  $H$  varia -  $P$ ,  $L$ ,  $V$  constante -  $H$  inversamente proporcional à altura  $h$ ; (7)
- c)  $H$  varia -  $P$ ,  $L$ ,  $V$  constante -  $H_c$  e  $H_t$  mudam de sentido; (1)

Quadro 2 - Resposta certa, mas incompleta: (9)

- a)  $H$  varia; (2)
- b)  $H$  varia -  $V$  constante. (1)
- c)  $H$  varia -  $V$ ,  $P$  constantes; (4)
- d)  $H$  varia -  $L$ ,  $V$  constantes -  $H$  inversamente proporcional à altura  $h$ ; (1)
- e)  $H$  varia -  $P$ ,  $V$  constante -  $H$  inversamente proporcional à altura  $h$ ; (1)

Quadro 3 - Resposta errada: (2)

- a)  $H$ ,  $P$ ,  $L$ ,  $V$  variam; (1)
  - b)  $P$ ,  $V$ ,  $H$  variam -  $L$  constante; (1)
- Obs. Um aluno não respondeu.

### ***Questão 12***

A última questão deseja saber qual a relação entre variáveis físicas e geométricas: “Baseado nas respostas das questões anteriores diga como as variáveis geométricas

*influenciam as variáveis físicas*”. Os alunos responderam a essa questão conforme as seguintes categorias:

Quadro 1 - Resposta certa: (15)

- a) L varia diretamente H - h varia inversamente H;
- b) L, h - influenciam H;
- c) L, h - influenciam H - não influenciam P,V;
- d) H é diretamente proporcional, L - H é inversamente proporcional à altura h;
- e) L, h - influenciam H - não influenciam P,V;
- f) L diretamente proporcional à H - h inversamente proporcional à altura H;
- g) L, h - influenciam apenas H.

Quadro 2 - Resposta certa, mas incompleta: (20)

- a) L,h - influenciam as forças
- b) se alterar L,h - alteram P,V,H
- c) L,h influenciam P,V,H pois estão relacionadas
- d) L diretamente proporcional a H,V - h inversamente proporcional à altura h
- e) L,h influenciam P,V,H na intensidade
- f) se alterar L,h - alteram P,V,H diretamente
- g) P,V,H não influenciam L,h mas L,h influenciam P,V,H
- h)  $P/2 \times L/2 = H \times h$

Quadro 3 - Resposta errada: (8)

- a) P,V,H dependem de L,h que determinam a qualidade de P,V,H
- b) L,h de um peso (volume) - influenciam V
- c) não sei analisar
- d) P,V,H não influenciam L,h
- e) não consigo ver nenhuma associação entre ambas
- f) a espessura influencia muito

Uma das questões essenciais dessa análise é que o aluno deveria perceber que as grandezas físicas (P, V e H) não afetam as grandezas geométricas na viga. Entretanto as grandezas geométricas (L e h) afetam H, uma das grandezas físicas da viga.

### 4.3 Discussão Conceitual.

Com relação à distância entre os apoios, diferentemente dos outros elementos, os alunos tiveram dificuldade em definir o nome apropriado que representasse essa entidade geométrica tão importante no contexto das edificações e do cálculo estrutural, que é o vão representado pela letra L. Indagados sobre os espaços livres das edificações eles concluíram que o nome exato é vão livre. Essa dificuldade dos alunos em diferenciar comprimento da viga do vão consiste na razão de ser desta pesquisa que está sendo desenvolvida entre as disciplinas de Desenho e Geometria e Sistemas Estruturais.

A dificuldade do aluno em identificar as grandezas geométricas (L e h) nos sistemas estruturais e relacioná-las com as grandezas físicas (P, H e V) foi identificada em pesquisa anterior e esse fato motivou o desenvolvimento do presente estudo.

Ainda em relação a variáveis geométricas, como a altura (h) que simboliza a distância entre os vetores das forças horizontais internas ( $H_c$  e  $H_t$ ), os estudantes a confundiram com a altura da viga. Supõe-se que eles já estão habituados que a letra h indica altura de alguma coisa e isso é comprovado nas indicações que os estudantes fizeram em todos os desenhos do questionário, onde a letra h aparece como indicação da altura da viga. A grande maioria (90%) indicou h no desenho, como sendo a altura da viga. A minoria (10%) acertou a definição da altura (h) e também a sua indicação no desenho. Metade dos alunos (50%) errou

a definição da altura (h) respondendo que seria a altura da viga, a outra parte (40%) respondeu corretamente, mas indicou errado no desenho.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão essencial deste estudo é investigar a compreensão dos estudantes sobre os cinco elementos estruturais durante a aprendizagem na disciplina Desenho e Geometria. Os alunos manipularam os modelos construídos no “*Cabri Géomètre*” com o objetivo de serem estimulados a perceber as grandezas físicas e geométricas.

Esperamos como resultado desse estudo, que o aluno continue interagindo com esses e outros modelos didáticos criados por “*softwares*” de geometria dinâmica e disponibilizados na internet, e perceba as relações entre os cinco elementos em destaque: a reação vertical (V) e a força interna horizontal (H) que são variáveis dependentes do vão (L) e da altura (h). Assim, manipulando os modelos, o aluno perceberá que as variáveis geométricas vão (L) e altura (h) precisam ser readequadas, conforme a repercussão na variável física força horizontal interna (H) e que a carga (P), enquanto variável independente influenciará a reação vertical (V).

Ao analisar os resultados obtidos nos questionários seguindo uma abordagem fenomenográfica, conclui-se que todos os estudantes interagiram com os modelos respondendo ao questionário, porém suas respostas variaram conforme suas percepções e conhecimentos prévios a cerca da significação dos desenhos, vetores e distâncias.

Além da questão essencial deste estudo que é levar o aluno a perceber os cinco elementos fundamentais do mecanismo da viga, há de se considerar que o elemento designado por H, como força horizontal interna se constitui em um elemento de maior complexidade na percepção e entendimento dos estudantes.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARISON, M. B. **Geométrica: Desenho Geométria e Arquitetura on Line**, Disponível em: <<http://www.mat.uel.br/geometrica>> Acesso em: 12 maio 2007.

LOURENÇO, M. L. **Cabri-Géomètre II: introdução e atividades**. Catanduva: Ed. FAFICA, 2000.

MARTON, F., DALL’ALBA, G. and BEATY, E. Conceptions of Learning. **International Journal of Educational Research**, n.19, p. 277-300, 1993.

PROSSER, M.; TRIGWELL, K.; HAZEL, E. & WATERHOUSE, F. Students' experiences of studying physics concepts: The effects of disintegrated perceptions and approaches. **European Journal of Psychology of Education**, v. 15, n. 1, p. 61-74, 2000.

RAMSDEN, P.; MASTERS, G.; STEPHANOU, A.; WALSH, E.; MARTIN, E.; LAURILLARD, D. and MARTON, F. Phenomenographic Research and the Measurement of Understanding: an Investigation of Students' Conceptions of Speed, Distance and Time. **International Journal of Educational Research**, n. 19, p. 301-316, 1993.

REBELLO, Y.; LEITE, E. E.; LEITE, M. A. A. A Métrica da Forma. **Arquitetura e Urbanismo**, n. 151, 2006.

VAN DER ROHE, M. **Die Kunst der Struktur**. Zürich: Verlag für Architektur Artemio, 1972.

WILLIAM BLACKWELL, A. I. A. **Geometry In Architecture**. Berkeley: Key Curriculum Press, 1991.

## **LEARNING OF STRUCTURES ASSISTED BY DRAWING AND GEOMETRY**

**Abstract:** *The process of teaching and learning Drawing, Geometry and Structural Systems, in the initial series of the architecture and engineering courses, is developed through interdisciplinarity, whose greatest goal is to the phenomena that act in a structure through geometry and physics. Under the optics of phenomenographic research, the understanding of these phenomena is of great importance, which can be done with the three basic elements of geometry that relate point, line and surface and with the five basic structural elements that relate load, reactions, horizontal forces, shaft and useful height of a structure. The students are taken to investigate the evolution of each geometric form in terms of structural arrangement and section of the bars and their use in the many structural systems. Also a part of this research is the use of the dynamic geometry software “Cabri Géomètre” which is used in the construction of applets with which the student manipulates the drawings through the Internet in its distance learning studies.*

**Key-words:** *Structures, Geometry, Learning, Interactive Dynamic Geometry, Phenomenography, Drawing.*