

UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA COM O *SOFTWARE* FTOOL PARA APOIO AO ENSINO DA ESTÁTICA BASEADO NA TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA

A PEDAGOGICAL PROPOSAL WITH FTOOL SOFTWARE TO SUPPORT THE TEACHING OF STATIC BASED ON THE THEORY OF SEMIOTIC REPRESENTATION REGISTERS

Janaina Veiga
Carlos Vitor de Alencar Carvalho
Chang Kuo Rodrigues

Resumo

Este trabalho apresenta resultados de uma pesquisa e que resultou em um minicurso realizado na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) em 2017, no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ) no campus Angra dos Reis. As Instituições de Ensino têm como missão permitir aos seus educandos uma formação integral que envolve aspectos técnicos, éticos, humanísticos entre outros. O resultado desse processo deve ser egressos habilitados e competentes para exercer suas atividades profissionais e cidadãos que possam ser capazes de produzir saberes e ações em prol da sociedade. Nesse sentido, espera-se que os cursos proponham ações que visem: o ensino, a pesquisa e a extensão. A partir dessas reflexões e realizando um recorte para o nosso universo, que são alunos do curso técnico e da graduação, temos como objetivos: refletir como a teoria dos registros de representação semiótica, que originalmente foi experimentada para a área de Educação Matemática, também pode ser utilizada no ensino da Engenharia e formular propostas pedagógicas com o uso de *softwares* para o ensino e aprendizagem da disciplina de Estática. O quadro teórico apresentado neste artigo é baseado na teoria dos registros de representação semiótica. Enfatizamos sua importância na prática de uma sequência didática com o uso do *software* Ftool que tem um viés educacional. As atividades propostas permitiam trabalhar a conversão de representações comumente utilizadas no estudo dos conceitos da estática (representação textual, representação em desenho simplificado, representação com diagrama de corpo livre). O *software* Ftool permite agilidade no estudo e análise dessas conversões. Face à importância que os conteúdos da disciplina estática têm nos cursos de engenharia de modo geral e as facilidades que o computador proporciona, urge reflexão sobre como podemos utilizar o computador como ferramenta pedagógica e quais são as implicações no processo de aprendizagem. Percebe-se que a teoria dos registros de representação semiótica, que originalmente foi experimentada para a área de Educação Matemática, também pode ser utilizada no ensino de outras áreas, como a de ensino da Engenharia.

Palavras-chave: Teoria dos Registros de Representação Semiótica. Ftool. Educação em Engenharia. Estática.

Abstract

This paper presents the results of a mini-course held at the National Science and Technology Week in 2017 at the Celso Suckow da Fonseca Federal Center of Technological Education (CEFET / RJ) at the Angra dos Reis. The Institutions of Education has as its mission to allow its students an integral formation that involves technical, ethical, humanistic aspects among others. The result of this process must be graduates qualified and competent to carry out their professional activities and citizens who may be able to produce knowledge and actions in favor of society. In this sense, the courses are expected to propose actions aimed at teaching, research and extension. From these reflections and making a cut for our universe, which are students of the technical course and undergraduate, we have as objectives: to reflect how the theory of Semiotic Representation Records, which was originally experimented for the area of Mathematical Education, can also be used in engineering teaching and formulate pedagogical proposals with the use of software for teaching-learning of the Static discipline. The theoretical framework presented in this article is based on the theory of Semiotic Representation Records. We emphasize its importance in the practice of a didactic sequence with the use of Ftool software that has an educational bias. The proposed activities allowed working on the conversion of representations commonly used in the study of static concepts (textual representation, simplified drawing representation, free body diagram representation). Ftool software enabled agility in studying and analyzing these conversions. Given the importance of static content in engineering courses in general and the facilities that the computer provides, it is urgent to reflect on how we can use the computer as a pedagogical tool and what the implications are in the learning process. The theory of Semiotic Representation Records, which was originally tried for the area of Mathematics Education, can also be used in teaching other areas, such as Engineering teaching.

Keywords: Theory of Semiotic Representation Records. Ftool. Engineering Education. Statics.

Introdução

Percebemos em nosso cotidiano o interesse cada vez maior dos jovens por tudo que remeta à tecnologia como, por exemplo, celulares, computadores, dispositivos móveis, jogos, entre outros. Esses jovens, quando têm acesso às tecnologias, parecem ter grande facilidade no manejo às novas mídias. Então, enquanto professores, nós questionamos como aproveitar esse interesse a favor do aprendizado em nossas aulas. Partindo dessa questão, apresentamos resultados de uma análise do papel de *softwares* com viés educacionais, como uma ferramenta para auxiliar tanto o aprendizado quanto a prática docente nos cursos de engenharia. Nesta pesquisa, estamos interessados em investigar também a escrita, a oralidade, a representação gráfica, entre outras representações possíveis que contribuam com o processo de formação dos egressos dos cursos de engenharia. Para a delimitação do objetivo da atividade proposta neste artigo, na forma de um minicurso, partimos da identificação do nosso público-alvo que são: alunos dos cursos de graduação e alunos do curso técnico. A partir da identificação dos sujeitos, definimos os seguintes objetivos:

a) Refletir como a teoria dos registros de representação semiótica, que originalmente foi experimentada para a área de Educação Matemática, também pode ser utilizada no ensino da Engenharia.

b) Formular propostas pedagógicas com o uso de *softwares* para o ensino- aprendizagem da disciplina de Estática

Dessa forma, almejamos apresentar o ensino da estática em uma perspectiva lúdica, valorizando diferentes representações e *softwares* educacionais e, concomitantemente tendo um olhar atento e cuidadoso para a aprendizagem desses alunos.

Para fundamentar esta pesquisa, tomamos como base as proposições das Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia, e também de pesquisas realizadas por teóricos que ressaltam a importância do processo de ensino de engenharia e, apropriando-se de uma teoria amplamente utilizada na educação matemática, os registros de representação semiótica de Duval (2003, 2009). Durante o minicurso, foi proposto um estudo dos conteúdos teóricos de estática com uso do *software* Ftool, de tal forma que servisse também como elemento de motivação para aprendizagem de conceitos desta natureza. Neste trabalho apresentamos: (A) Proposta pedagógica utilizada no minicurso; e (B) Reflexão e/ou discussão sobre os resultados obtidos.

Desse modo, o restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a fundamentação teórica que norteou o desenvolvimento da pesquisa, a apresentação do processo de desenvolvimento do minicurso e as reflexões sobre os resultados obtidos e as considerações finais do trabalho.

Referencial Teórico

As Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia abordam o perfil do egresso dos cursos de engenharia que se espera formar.

[...] com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver **novas tecnologias**, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade. (BRASIL, 2002, p.1, **grifo nosso**)

Ressaltam ainda a importância de atividades que vão além das atividades em sala de aula:

[...] deverão também ser estimuladas atividades complementares, tais como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas teóricas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores e outras atividades empreendedoras. (BRASIL, 2002, p.2)

Acreditamos que a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) possa ser um espaço para realização destas atividades complementares como pode se observar no objetivo preconizado por este:

[...] evento criado em 2004 por decreto presidencial, tem como principal objetivo destacar a importância da ciência e tecnologia para a vida das pessoas e para a melhoria da qualidade do ensino no Brasil. Esse evento anual é financiado com recursos do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e ocorre simultaneamente em quase todos os estados brasileiros. (CNPq, 2018)

A abordagem de atividades lúdicas e educacionais é enfatizada como pode-se observar:

[...] O MCTIC propõe um tema diferente a cada ano, levando as instituições participantes do evento a desenvolverem atividades educacionais e lúdicas (palestras, filmes, vídeos, experimentos, jogos, brincadeiras, entre outros) mostrando os avanços científicos e tecnológicos relativos à temática predefinida. As atividades criam ambiente propício para a troca de ideias, promovendo debates e estimulando o despertar de vocações científicas. (CNPq, 2018)

Na literatura, podemos verificar trabalhos que utilizam as tecnologias como ferramenta de apoio ao ensino da engenharia, como pode ser visto em Carvalho e Veiga (2015) e Carvalho, Barone e Zaro (2010).

Com relação ao uso do *software* Ftool, também podemos observar na literatura que já foi objeto de estudo em outros trabalhos, como pode-se verificar em Passos, Venega e Rocha (2017), os quais realizaram um Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL) sobre o uso de *softwares* para auxílio educacional em cursos de Engenharia Civil no Brasil. Os autores utilizaram com base de

dados o Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Revista Brasileira de Informática na Educação, Revista de Ensino de Engenharia e Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Foram encontrados 69 trabalhos científicos, dos quais 62 foram incluídos no MSL. Identificaram 55 diferentes *softwares* sendo que os mais recorrentes foram Matlab, Excel, Scilab, Ftool, GDFácil, Geogebra, GEOWEB, Mathematica e Winplot. Dentre esses artigos os autores detectaram a utilização do Ftool em um deles.

Ramiro, Andreatta-da-Costa e Bernardes (2014) apresentam uma revisão de diferentes *softwares* educacionais para disciplinas na área de Estruturas, procurando identificar as potencialidades de cada um. Apresentam a utilização do *software* Ftool para a disciplina de Estruturas Hiperestáticas tendo como fundamentação teórica a Teoria da Aprendizagem Significativa. Os autores concluíram que o *software* gerou motivação para a aprendizagem, permitindo relacionar um novo material com os já existentes na estrutura cognitiva do aluno.

Kischlat e Duarte (2004) apresentam as experiências em sala de aula e em trabalhos de conclusão do curso, ministradas e orientadas pelo grupo de estruturas, no curso de engenharia civil da UNIVALI. Entre os *softwares* apresentados como ferramenta para o ensino na engenharia está o Ftool que é utilizado na disciplina de Teoria das Estruturas para determinação de diagrama de esforços e linha de influência.

Teoria dos Registros de Representação Semiótica

Tivemos como referencial teórico a Teoria dos Registros de Representação Semiótica proposta por Duval, pesquisador em Educação Matemática. Em sua teoria, Duval (2009) evidencia que a aprendizagem da matemática é um campo de estudo privilegiado para análise das atividades cognitivas e requer a utilização de sistemas de expressão e de representação, como pode-se observar:

[...] requerem a utilização de sistemas de expressão e de representação além da linguagem ou das imagens: sistemas variados de escrituras para os números, notações simbólicas para os objetos, escritura algébrica e lógica que contenham o estatuto de línguas à linguagem natural para exprimir as relações e as operações, figuras geométricas, representação em perspectiva, gráficos cartesianos, redes, diagramas, esquemas, etc. (DUVAL, 2009, p.13)

O autor destaca que não é possível estudar fenômenos relativos ao conhecimento sem tratar da questão sobre noções de representação. Apresentando uma trajetória sobre as diferentes formas de abordar a questão da representação ao longo do tempo:

1^a) **Representação mental:** estuda as formas de **representar** os raciocínios internos e conscientes ou as “**crenças**” de um sujeito.

A primeira vez como representação **mental**, lá pelos anos de 1924-1926, com o estudo de Piaget sobre *A Representação do mundo da criança*. Tratava-se de estudar as **crenças** e as explicações das crianças pequenas concernentes aos fenômenos naturais e psíquicos. O método empregado para o estudo das representações mentais era essencialmente um método de conversa, no qual o que pode aparecer como um erro é considerado como o indício de uma outra visão das coisas ou de uma outra lógica. Em 1937, na obra *O Nascimento da inteligência na criança*, Piaget recorre à noção de representação como “**evocação dos objetos ausentes**” para caracterizar a novidade do último dos estágios da inteligência sensorial-motora (p.305-306). Podemos, aliás, dizer que a teoria piagetiana do desenvolvimento da inteligência se articula em torno da oposição entre o plano da ação e o da representação. (DUVAL, 2009, p.30. **Grifo do autor**)

2^a) **Representação computacional**: estudo sob a **forma** como uma informação pode ser descrita em um dado sistema de tratamento.

A segunda vez como representação **interna ou computacional**, a partir de 1955-1960, com as teorias privilegiando o **tratamento**, por um sistema, das informações recebidas de forma a produzir uma resposta adaptada. Um dos iniciadores parece ter sido Broadbent (1958). (DUVAL, 2009, p.30-31. **Grifo do autor**)

3^a) **Representação semiótica**: estudo da representação de um **sistema particular de signos** e “**mudança de forma**” neste sistema.

A terceira vez como representação **semiótica**, há uma dezena de anos, no quadro dos trabalhos sobre a aquisição de conhecimentos matemáticos e sobre os problemas consideráveis que sua aprendizagem original. (DUVAL, 2009, p.32. **Grifo do autor**)

As representações semióticas, amplamente abordada em trabalhos de Psicologia cognitiva e de Didática, podem ser consideradas como:

[...] um sistema particular de signos, a linguagem, a escrita algébrica ou os gráficos cartesianos, e em poderem ser convertidos em representações “equivalentes” em um outro sistema semiótico, mas podendo tomar **significações** diferentes para o sujeito que as utiliza. A noção de representação semiótica pressupõe, então, a consideração de sistemas semióticos diferentes e de uma operação cognitiva de conversão das representações de um sistema semiótico para um outro. Essa operação tem sido primeiramente descrita como uma “mudança de forma”. (DUVAL, 2009, p.32. **Grifo do autor**)

É interessante que Duval (2009) aborda que alguns trabalhos tratam um ou outro dos três pontos a seguir: a importância da forma em relação ao conteúdo representado; a diversidade das formas de uma representação para um mesmo conteúdo representado e o interesse da mudança de forma de representação por razões de economia de tratamento.

Duval (2009) chama de semiósis a apreensão ou a produção de uma representação semiótica, e os atos cognitivos como a apreensão conceitual de um objeto, a discriminação de uma diferença ou a compreensão de uma inferência chama de noésis. Ressalta ainda que “[...] não há noésis sem semiósis, quer dizer, não há noésis sem o recurso a uma pluralidade ao menos potencial de sistemas semióticos” (DUVAL, 2009, p.18).

As três atividades cognitivas fundamentais de representação são:

- Formação de uma representação em um sistema identificado;

A primeira é evidente a **formação** de representações num registro semiótico particular, seja para “expressar” uma representação mental, seja, para “evocar” um objeto real. Essa formação implica sempre uma seleção no conjunto de caracteres e determinações que “queremos” representar. (DUVAL, 2009, p.53. **Grifo do autor**)

- Tratamento das representações apenas pelas regras do próprio sistema;

Um tratamento é a transformação de uma representação obtida como dado inicial em uma representação considerada como terminal em relação a uma questão, a um problema ou a uma necessidade, os quais fornecem o critério de parada na série de transformações efetuadas. Um tratamento é uma **transformação de representação interna a um registro** de representação ou a um sistema. (DUVAL, 2009, p.56-57. **Grifo do autor**)

- Conversão das representações produzidas em um sistema para outro sistema.

Converter é transformar a representação de um objeto, de uma situação ou de uma informação dada num registro em uma representação desse mesmo objeto, dessa mesma situação ou da mesma informação num outro registro. As operações que designamos habitualmente pelos termos “tradução”, “ilustração”, “transposição”, “interpretação”, “codificação”, etc. São operações que a uma representação de um registro dado fazem corresponder uma outra representação num registro. A conversão é então **uma transformação externa em relação ao registro da representação de partida**. (DUVAL, 2009, p.58-59. **Grifo do autor**)

O ensino e aprendizagem de um conteúdo matemático amplamente pesquisado sobre o enfoque desta teoria são os números racionais. Na Figura 1 apresentamos exemplos para os números racionais de: formação de uma representação; tratamento e conversão.

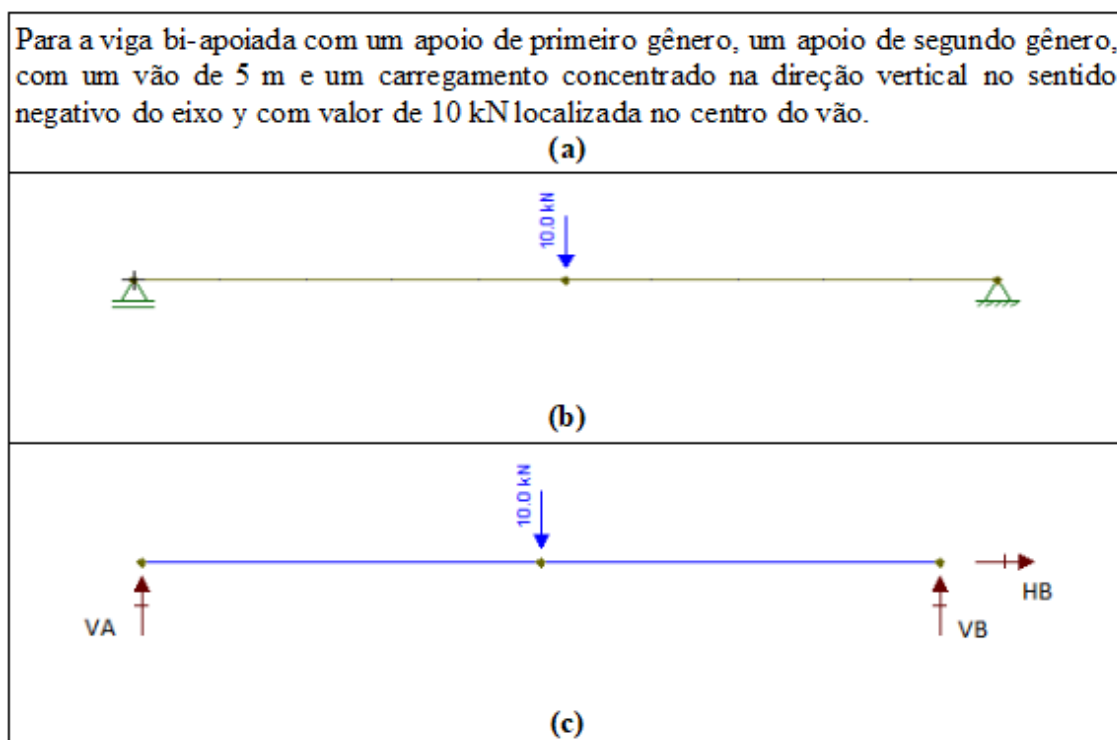
Figura 1 – Exemplo da teoria dos registros de representação semiótica com números racionais

<p>Formação de uma representação Representação fracionária → numerador e denominador Por exemplo: $\frac{2}{3}$</p>
<p>Tratamento Representação fracionária → $\frac{2}{3} + \frac{3}{2} = \frac{4}{6} + \frac{9}{6} = \frac{13}{6}$</p>
<p>Conversão Representação fracionária → Representação decimal $\frac{1}{4} = 0.25$</p>

Fonte: Dados da pesquisa

Assim, dentre as atividades cognitivas observa-se que, a partir da Figura 1, segundo Duval (2009), para formar uma representação deve-se à sua forma fracionária e, diante dessa representação, segue-se para o tratamento, quando é possível explorar os critérios internos que dizem respeito ao conceito de fração para assim, chegar à **conversão**, transformando o registro entre as representações. A Figura 2 apresenta um exemplo de atividade didática sobre os conceitos de graus de liberdade, reações de apoio entre outros. E, nesse caso, usa-se um registro pela operação “ilustração”, marcando, portanto, uma representação de partida (DUVAL, 2009).

Figura 2 – Exemplo de conversão de representação - (a) representação textual (b) representação em desenho simplificado (c) representação no diagrama de corpo livre



Fonte: Dados da pesquisa

Em termos de conversão, ainda no que se refere à Figura 2, a mesma pode ser traduzida em três etapas de representação, segundo Duval (2009), sendo as mudanças de registro, ou seja, de textual para desenho simplificado e, por conseguinte, para o diagrama de corpo livre, consolida um sistema de representações equivalentes.

Teoria da Estática envolvida nas Atividades

Nesta seção apresentaremos um breve resumo dos conceitos da estática abordados nas atividades durante um minicurso.

Graus de liberdade são a quantidade mínima de coordenadas independentes necessárias para descrever o movimento de uma partícula ou de um corpo rígido. Uma partícula em um corpo rígido pode apresentar seis graus de liberdade: três referentes aos movimentos de translação e três referentes ao movimento de rotação pura. Quando um destes movimentos está impedido de acontecer, disse-se que o grau de liberdade correspondente está restrito. Diz-se “[...] que uma partícula está em equilíbrio quando está em repouso se originalmente se achava em repouso, ou quando tem velocidade constante se originalmente estava em movimento” (HIBBELER, 2011, p.61).

Para que um corpo rígido esteja em equilíbrio, a força resultante e momento binário resultante são iguais a zero ambos, que pode ser expresso matematicamente com as equações (01) e (02):

$$F_R = \sum F = 0 \quad (1)$$

$$(M_R)_O = \sum M_O = 0 \quad (2)$$

Os corpos rígidos podem estar presos a outros corpos rígidos através de vínculos estruturais reais. Estes vínculos ou apoios podem ser representados por modelos de vínculos criados na engenharia que tentam modelar o que acontece na realidade. Um vínculo ou apoio gera uma restrição do(s) grau(s) de liberdade(s) existentes, que pode ser representado por forças e/ou momentos de binários aplicados na posição do vínculo. Essas forças e/ou momentos binários são denominados de reações de apoio.

As reações de apoio em um corpo rígido no plano podem ser divididas em três grupos: reações equivalentes a uma força com linha de ação conhecida, reações equivalentes a uma força de direção, sentido e intensidade desconhecidas e reações equivalentes a uma força e a um binário. (BEER, 2012, p.162)

O diagrama de corpo livre (DCL) pode ser descrito como:

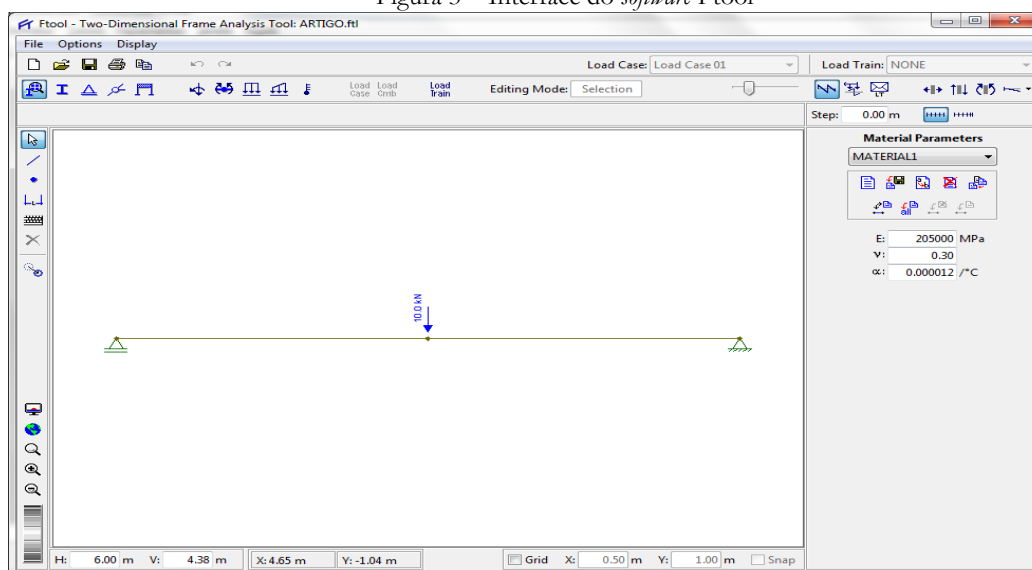
[...] é um esboço da forma do corpo, que o representa isolado ou 'livre' de seu ambiente, ou seja, um 'corpo livre'. Nesse esboço é necessário mostrar todas as forças e momentos de binário que o ambiente exerce sobre o corpo de modo que esses efeitos possam ser considerados quando as equações de equilíbrio são aplicadas. (HIBBELER, 2011, p.146)

Os esforços solicitantes internos (ESI) são as forças internas que mantêm unidas as várias partes de um dado elemento (BEER, 2012). Se tivermos uma seção em um corpo rígido, as forças internas que atuam perpendicular à seção geram os esforços normais; as forças internas que atuam paralela à seção geram os esforços cortante e os binários à seção geram os esforços de momento fletor. Pode-se traçar diagramas que representam os esforços ao longo da estrutura: diagrama de esforço normal (DEN), diagrama de esforço cortante (DEC) e diagrama de momento fletor (DMF).

O Ftool (*Two-dimensional Frame Analysis Tool*)

O Ftool (MARTHA, 1999), desenvolvido na PUC-Rio, no Instituto Tecgraf/PUC-Rio, é um programa educacional utilizado não apenas para a análise de estruturas planas e reticuladas, como vigas e pórticos, mas também é muito utilizado pelos alunos e professores da área de engenharia, para o estudo do comportamento estrutural. A sua interface simples (Figura 3) permite uma rápida modelagem de diversas estruturas e casos de carregamento.

Figura 3 – Interface do software Ftool



Fonte: Dados da pesquisa

Resultados e Discussões

Esta seção foi organizada em duas partes. Na primeira apresentamos o evento na forma de um minicurso, detalhando as atividades que aconteceram em cada encontro. Na segunda descrevemos a análise da terceira atividade do segundo encontro baseado na teoria dos registros de representação semiótica.

O minicurso com carga horária de oito horas foi programado para acontecer em dois encontros com quatro horas cada um. O minicurso aconteceu durante a SNCT de 2017, no CEFET-RJ, campus Angra dos Reis nos dias vinte e cinco e vinte e seis de outubro, no horário de dezoito a vinte e duas horas. Foi realizado no laboratório de informática da instituição. O acesso ao minicurso foi por inscrição no *site* dos eventos disponíveis na SNCT do CEFET-RJ, Angra dos Reis. Foram contabilizadas trinta e uma inscrições, mas participaram dos dois dias do minicurso apenas dez inscritos.

No primeiro encontro foi proposto cinco atividades para os participantes. Na primeira atividade foi lançado perguntas disparadoras de conceitos importantes para o objetivo do minicurso (Figura 4). Nas atividades de dois a cinco, apresentava-se a representação textual do problema envolvendo vigas e solicitava-se: a representação em desenho simplificado; a representação no diagrama de corpo livre; quais eram os graus de liberdade, as restrições e as reações de apoio; quais os esforços solicitantes internos e desenvolver os itens anteriores com o apoio do *software* Ftool (Figura 5).

Figura 4 – Perguntas Disparadoras utilizadas na atividade I do primeiro encontro

ATIVIDADE I - PERGUNTAS DISPARADORAS
1) Qual o seu entendimento sobre (caso deseje pode escrever de forma resumida a seguir):
a) grau de liberdade:

b) restrição:

c) vínculos estruturais ou apoios:

d) reações de apoio:

e) esforços solicitantes internos (ESI)

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 5 – Problema de viga bi-apoiada utilizada na atividade II do primeiro encontro

ATIVIDADE II – Para a viga bi-apoiada com um apoio de primeiro gênero, um apoio de segundo gênero, com um vão de 5 m e um carregamento concentrado na direção vertical no sentido negativo do eixo y com valor de 10 kN localizada no centro do vão.

- Faça um desenho simplificado da viga;
- Faça o diagrama de corpo livre;
- Quais são: os graus de liberdade, as restrições e as reações de apoio;
- Quais ESI devem ocorrer;
- Vamos desenhar esta viga no Ftool, para comparar com os itens anteriores;

Fonte: Dados da pesquisa

O objetivo do primeiro encontro foi reconhecer os conhecimentos trazidos pelos participantes sobre vigas, reações de apoio e esforços solicitantes internos. Explorar as vigas e carregamentos usuais no estudo da estática: viga bi-apoiada com carregamento concentrado, viga bi-apoiada com carregamento uniformemente distribuído e viga engastada. Apresentar o *software Ftool* e suas potencialidades no estudo destes assuntos. Observar que para a mesma viga podia-se representar por meio de uma representação textual, representação em um desenho simplificado e uma representação com DCL, abordando a conversão entre representações da teoria de Duval (2009).

No segundo encontro foi proposto quatro atividades. Na primeira atividade foi apresentado a representação em desenho simplificado de vigas e solicitava-se: a representação no diagrama de corpo livre; quais eram as reações de apoio; quais os esforços solicitantes internos e desenvolver os itens anteriores com o apoio do *software Ftool*. Na atividade II foi proposto desenhar uma treliça plana e um pórtico plano no Ftool para visualização de reações de apoio e dos diagramas ESI. Na atividade III, o participante deveria realizar todos os itens descritos nas atividades II do primeiro encontro sendo que ele definiria a viga (Figura 6). Na atividade IV é proposta uma avaliação do minicurso.

Figura 6 – Proposição de viga utilizada na atividade III do segundo encontro

ATIVIDADE III – PROJETANDO SUA PRÓPRIA VIGA
Agora você deve criar uma viga que tenha pelo menos três tipos de carregamentos diferentes e que os diagramas de ESI apresentem algum tipo de valor. Mãos à obra:

- Faça um texto para descrever a viga;
- Faça um desenho simplificado da viga;
- Faça o diagrama de corpo livre;
- Nos apoios descreva, quais os graus de liberdade estão livres e restritos e quais os valores das reações de apoio;
- Faça um esboço dos diagramas de ESI;
- Vamos desenhar esta viga no Ftool, para comparar com os itens anteriores;

Fonte: Dados da pesquisa

Neste encontro os objetivos foram: apresentar o potencial do *software Ftool* na solução de diferentes estruturas planas: vigas, treliças, pórticos entre outros; verificar como os participantes

percebiam as diferentes representações utilizadas nos problemas com viga (representação textual, representação em desenho simplificado, representação com diagrama de corpo livre) e como realizavam as transformações e/ou conversões entre estas e obter uma avaliação do minicurso por parte dos participantes para melhorias em futuros minicursos.

Vale destacar que no primeiro encontro o intuito foi apresentar a proposta das atividades e reconhecer os conhecimentos trazidos pelos participantes sobre vigas, reações de apoio, esforços solicitantes internos. Apresentar ainda a conversão de registro de representações da Teoria de Duval, nos problemas abordados. Então neste encontro, as atividades realizadas pelos alunos não foram recolhidas.

O *software* Ftool permite agilidade na construção da representação em desenho simplificado e na posterior visualização da representação em diagrama de corpo livre. Diante disso, os participantes verificaram se compreenderam a estrutura descrita na representação textual, e se realizaram as conversões de uma representação para outra de forma adequada.

No segundo dia, as atividades foram idealizadas para serem realizadas e recolhidas para posterior análise. Neste dia, contamos com a participação de dez pessoas. Foi feita uma sondagem de qual curso eles faziam parte no CEFET-RJ e se já haviam estudado os conceitos de estática ou não em seus cursos. Em relação ao curso que estavam fazendo: três alunos estavam na graduação, seis estavam no técnico e um estava no ensino médio. Se já havia estudado os conceitos de estática: três já haviam visto, quatro estavam cursando neste período e três não tinha tido contato ainda. Desta sondagem, percebeu-se que se tratava um grupo heterogêneo. Analisaremos o resultado da atividade III deste encontro (Figura 6), conforme o Quadro 1.

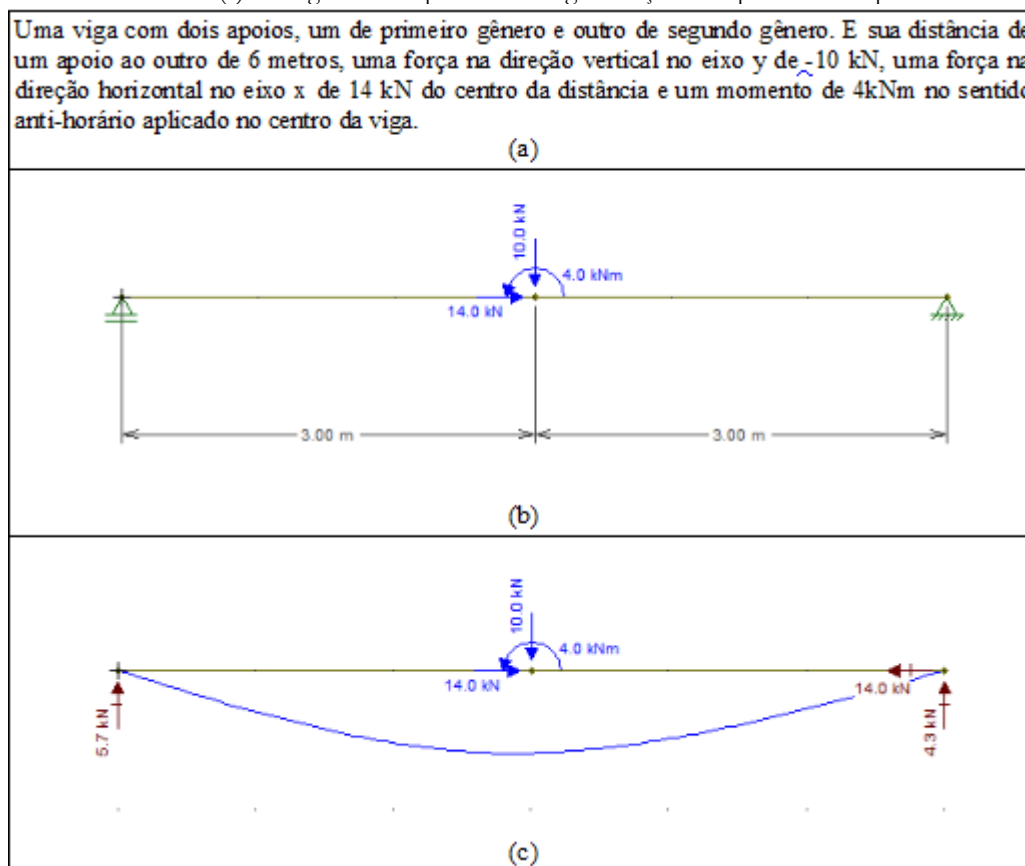
Quadro 1 – Análise da atividade III do segundo encontro

<i>Descrição</i>	<i>Acerto</i>
<i>Um texto para descrever a viga (item a)</i>	
Descrição correta	50%
Inovação em relação aos exemplos apresentados na oficina	90%
Viga bi-apoiada	90%
<i>Desenho simplificado da viga (item b)</i>	
Descrição correta	80%
Item a → Item b	70%
<i>Diagrama de corpo livre (item c)</i>	
Descrição correta	70%
Item b → Item c	80%
<i>Nos apoios descreva, quais os graus de liberdade estão livres e restritos e quais os valores das reações de apoio (item d)</i>	
Descrição correta dos graus de liberdade	60%
Descrição correta das restrições	80%
Cálculo correto das reações	70%
<i>Esboço dos diagramas de ESI (item e)</i>	
Cálculo correto	0%

Fonte: Dados da pesquisa

Quanto ao item do Quadro 1, a análise da descrição correta incluiu a verificação das informações da viga, como apoios, carregamentos. Vale ressaltar que boa parte dos participantes inovou em relação às estruturas que foram apresentadas no minicurso. Mostrou também que a maioria escolheu como estrutura a viga bi-apoiada, que é amplamente utilizada nos cursos de estática. A análise do item b, verificou-se se o esboço feito pelos participantes não tinha erro e se estava de acordo com o texto descrito no item a. Com relação ao item c, foi verificado se o DCL estava corretamente representado e se correspondia ao indicado nos itens anteriores. Finalmente, no item d, tentamos verificar se os conceitos de graus de liberdade, restrições e reações de apoio haviam sido absorvidos. O item e tratava dos diagramas ESI. Percebeu-se que a maioria não registrou os diagramas e que apenas esboçou as equações que dariam origem a estes. Tal fato aconteceu, acreditamos, por falta de tempo para conclusão da atividade.

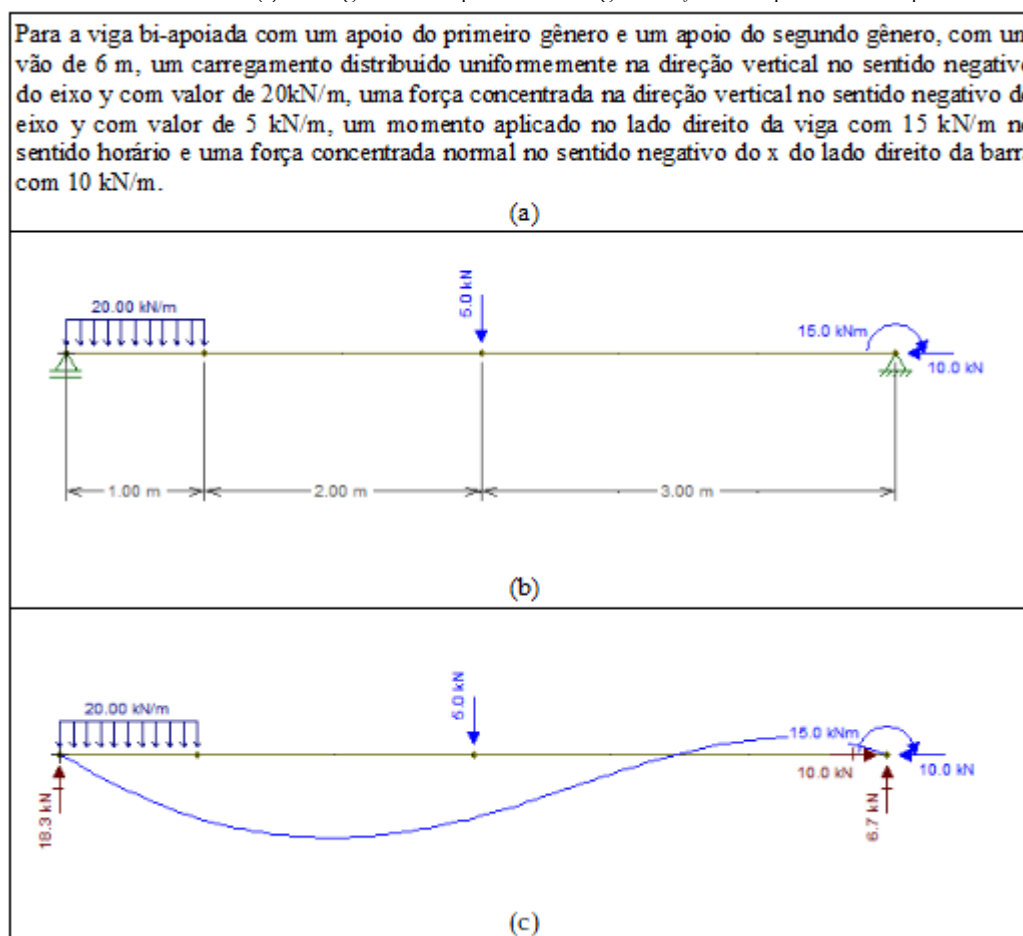
Figura 7 – (a) Transcrição do texto que descreve a viga de um dos participantes. (b) Desenho simplificado da viga feito no Ftool. (c) Carregamentos aplicados na viga e reações de apoio obtidos pelo Ftool.



Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 7, pode-se observar que no item (a) na representação textual da viga existem todas as informações necessárias para representação adequada da viga, como por exemplo, o vão da viga e os carregamentos corretamente descritos. Desta forma, ao utilizar o Ftool para fazer o desenho simplificado da viga, a conversão de uma representação para outra se operou sem nenhuma dificuldade. O item (c) exhibe as reações de apoio que podem ser comparadas com o DCL que o participante fez manuscrito. O participante ao realizar a comparação pode perceber que teve êxito na conversão da representação em desenho simplificado da viga para a representação em DCL.

Figura 8 – (a) Transcrição do texto que descreve a viga de um dos participantes. (b) Desenho simplificado da viga feito no Ftool. (c) Carregamentos aplicados na viga e reações de apoio obtidos pelo Ftool.



Fonte: Dados da pesquisa

Na figura 8, pode-se observar que no item (a) a representação textual da viga necessita de mais informações para representação adequada da viga, como por exemplo, a carga distribuída atua em qual trecho da viga, o carregamento concentrado na direção vertical atua em qual ponto da viga. Nesta representação textual observa-se também um equívoco do participante em relação a unidade dos carregamento concentrados. Desta forma, ao utilizar o Ftool para fazer o desenho simplificado da viga, a conversão de uma representação para outra leva o participante a ter que complementar as informações que estavam faltando na representação textual e permite refletir sobre o engano em relação a unidade da carga concentrada, que no Ftool é apresentada de forma correta. O item (c) exhibe as reações de apoio que podem ser comparadas com o DCL que o participante fez manuscrito. O participante ao realizar a comparação pode perceber que teve êxito parcial na conversão da representação em desenho simplificado da viga para a representação em DCL, já que a unidade dos carregamentos concentrados, ele manteve o equívoco apresentado na representação textual e as reações de apoio não estão calculadas corretamente. O uso do Ftool permite ao participante refletir sobre os seus erros com o intuito de sanar as dúvidas sobre os conceitos abordados.

Nas Figuras 7 e 8 pode-se observar a forma como foi tratado a conversão de representações nos conceitos de estática. O uso do Ftool, para confrontar a representação textual idealizada e o desenho simplificado da viga, permite agilidade e reflexão sobre os erros e acertos cometidos durante a construção da representação ou na operação de conversão.

Considerações Finais

Neste trabalho, observou-se a importância do uso de tecnologias para o ensino de tópicos abordados em disciplinas de cursos de Engenharia. Percebe-se que a teoria dos registros de representação semiótica, que originalmente foi experimentada para a área de Educação Matemática, também pode ser utilizada no ensino de outras áreas, como a de ensino da Engenharia. A conversão de representações aplicada na atividade proposta no minicurso, permitiu aos alunos, entender melhor o conteúdo da disciplina. Para futuros trabalhos, pretende-se expandir as atividades por meio dos minicursos para público maior, porém, mais específico voltado para alunos de graduação ou técnico distintamente.

É importante ainda, repensar para os próximos minicursos, a forma como o ESI foi tratado, para que sejam obtidos melhores resultados na aprendizagem dos alunos e, nesse sentido, por meio dos registros colabora para que o docente tenha a percepção do processo dessa aprendizagem.

Referências

BEER, F. P. et al. **Mecânica Vetorial para engenheiros: estática**. Porto Alegre: AMGH, 2012.

BRASIL. **Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002**. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Engenharia. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 1, p. 32, 09 abr. 2002

CARVALHO, A. S.; BARONE, D. A. C.; ZARO, M. A. A aprendizagem significativa no ensino de engenharia de controle e automação. **RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 2, p. 1-10, 2010.

CARVALHO, C. V. A.; VEIGA, J. Desenvolvimento e utilização de materiais potencialmente significativos para o ensino de Torção em cursos de Engenharia: Uma experiência em sala de aula com o software GeoGebra. **RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 13, p. 1-8, 2015.

CNPq. Disponível em: <<http://cnpq.br/semana-nacional-de-ctii>>. Acessado em 13 maio 2018.

CNPq. **Semana Nacional de CT&I**. Disponível em: <<http://cnpq.br/semana-nacional-de-ctii>> Acesso em: 14 mar 2018.

DUVAL, R. **Semiósis e pensamento humano: Registros semióticos e aprendizagens intelectuais**São Paulo: Livraria da Física, 2009.

Ftool. **Visão Geral**. Disponível em: <<https://www.ftool.com.br/Ftool/site>> Acesso em: 25 abr. 2018.

HIBBELER, R. C. **Estática**: mecânica para engenharia. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

KISCHLAT, R. F., DUARTE FILHO, L. A. Aprendendo a desenvolver e utilizar planilhas e programas computacionais para análise e dimensionamento de estruturas. XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, *Anais...* 2004.

MARTHA, L. F. Ftool: A Structural Analysis Educational Interactive Tool. **Proceedings of Workshop in Multimedia Computer Techniques in Engineering Education**. Graz, Áustria: Institute for Structural Analysis, Technical University of Graz, 1999, p. 51-65.

PASSOS, D. da S.; VENEGA, V. de S.; ROCHA, M. L. Softwares para suporte no ensino de engenharia civil: um mapeamento sistemático dos seus usos nas instituições brasileiras. **Revista CEREUS**. v. 9, n. esp. ago/dez . 2017.

RAMIRO, F. da S.; ANDREATTA-DA-COSTA, L.; BERNARDES, J. de A. Softwares educacionais – seu uso e importância no ensino-aprendizagem dos alunos de engenharia civil. XLII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, ENGENHARIA: múltiplos saberes e atuações, *Anais...*, 2014, Juiz de Fora.