

EXPERIÊNCIA DE ENSINO DE MECÂNICA ESTRUTURAL MEDIANTE USO DE TDIC

Structural mechanics teaching experience using DICT

Henrique Hickmann Sperb¹

RESUMO: O presente estudo buscou investigar o ensino desenvolvido numa oficina para os alunos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Taquari – Univates mediante uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação – TDIC. A oficina teve a duração de três horas e contou com a participação de 25 estudantes. Ao todo, foram desenvolvidas cinco atividades que abordaram os temas de momento fletor em diagramas de esforços bidimensionais através de um simulador digital, além de um questionário prévio e um questionário pós oficina. Ao examinar os dados das atividades, verificou-se que alguns participantes não estavam familiarizados com os conceitos desenvolvidos, conquanto, foram gradativamente aperfeiçoando suas conjecturas ao decorrer da oficina. Notou-se que os participantes com maior experiência acadêmica redigiram respostas mais completas, enquanto não houve indícios visíveis de que a experiência profissional no uso do software contribuiu para um maior número de acertos. Ademais, ao comparar os questionários pré e pós oficina, ressalta-se que ocorreram indícios de ampliação de conhecimento por parte dos participantes, além de vestígios motivacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino. Engenharia. TDIC.

ABSTRACT: This study sought to investigate the teaching developed in a workshop offered to the students of Civil Engineering and Architecture and Urbanism at the University of Vale do Taquari – Univates through the use of Digital Information and Communication Technologies – DICT. The workshop lasted three hours and was attended by 25 students. Altogether, five activities that addressed the themes of bending moment in two-dimensional effort diagrams were developed through a digital simulator, in addition to a previous questionnaire and a post-workshop questionnaire. When examining the activity data, it was found that some participants were not familiar with the concepts addressed, although they gradually improved their conjectures during the workshop. It was noted that the participants with greater academic experience wrote more complete answers, while there was no visible evidence that professional experience in the use of the software contributed to a greater number of correct responses. Furthermore, when comparing the pre- and post-workshop questionnaires, it is emphasized that there were signs of increased knowledge on the part of the participants, in addition to motivational traces.

KEYWORDS: Teaching. Engineering. DICT.

¹ Engenheiro Civil, Mestre em Ensino de Ciências Exatas, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Venâncio Aires/RS, Brasil, e-mail: hsperb@universo.univates.br.

INTRODUÇÃO

Os dispositivos eletrônicos aumentaram sua capacidade de processamento exponencialmente nas últimas décadas. Percebe-se que os preços dos aparelhos domésticos baixaram, tornando mais fácil a integração das pessoas com o mundo digital. Em consequência disso, um novo curso para o desenvolvimento da sociedade foi traçado, a partir de um ponto de vista social e econômico, tornando mais amplo o acesso à informação e fazendo com que esse ingresso ocorra de maneira cada vez mais rápida e autônoma (LÉVY, 1999).

No ensino, as tecnologias digitais de informação e comunicação – TIC, também acompanharam essa dinâmica, ampliando suas fronteiras. Dullius e Quartieri (2014) expõem que as escolas de todo mundo estão progressivamente adotando os computadores, especialmente como uma ferramenta adicional às aulas convencionais. As autoras concordam com Andrade (2003, p. 58) que reitera que a educação “requer novas estratégias, metodologias e atitudes que superem o trabalho educativo tradicional ou mecânico”. Ademais, salienta-se que tecnologias digitais não pretendem substituir os métodos pedagógicos convencionais, uma vez que eles ainda se fazem muito presentes na base escolar. Portanto, o desenvolvimento de um sistema complementar entre esses dois métodos pedagógicos, novos e tradicionais, torna-se relevante, a fim de tornar mais eficazes os processos de ensino e de aprendizagem (TEDESCO, 2004).

Nesse sentido, o uso de simulações digitais pode contribuir para a construção do conhecimento pelos estudantes. Em cursos de formação profissional, como é o caso da Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo, sempre que possível as questões devem ser contextualizadas com a atividade prática, cumprindo com as expectativas dos futuros profissionais (SILVEIRA, 2003; VALENTE, 1999). Mesmo que a modelagem digital não substitua integralmente a realidade que ela representa, é relevante ressaltar que ela permite explorar experiências que de outra forma seriam difíceis ou impossíveis de serem realizadas na prática (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003), como os temas de mecânica estrutural debatidos neste artigo.

Moran (2007) reforça que as simulações digitais devem ser entendidas como algo complementar ao planejamento pedagógico, e não como suas substitutas. Outrossim, para que não ocorra o aprendizado do software pelo software, a concepção de atividades com simuladores deve possuir objetivos bem definidos (BARANAUSKAS et al., 1999). Os professores e a comunidade devem ser devidamente conscientizados e preparados para o uso correto do computador na realização de suas atividades, conforme Figueiredo e Groenwald (2019, p. 51) colocam que “[...] as Tecnologias Digitais a serem utilizadas e como o tema de relevância social deve ser abordado para que os alunos possam correlacionar conhecimentos matemáticos, tecnológicos e de carácter social”, senão, a inserção de computadores nas escolas não trará os benefícios esperados (VICINGUERA, 2002).

O planejamento didático por vezes não é desenvolvido em parceria com o uso das tecnologias digitais. Ao analisar produções na área, nota-se um crescente uso de novas metodologias, especialmente em busca de uma participação mais ativa por parte dos alunos. Entretanto, muitas vezes o computador se apresenta apenas como “[...] um adereço travestido de modernidade” (ROCHA, 2008, p. 3), deixando em aberto uma lacuna no potencial fim dessa aplicação. Portanto, as atividades discutidas neste artigo abordam a utilização de um software

de simulação, apresentando o programa como um meio para se chegar ao fim desejado, qual seja, a reflexão sobre conceitos e a atuação de forças em um sistema estrutural bidimensional.

Na análise estrutural, as simulações digitais são amplamente utilizadas como recursos facilitadores para os cálculos e, da mesma forma, podem representar uma importante ferramenta pedagógica. Atualmente, a análise de elementos estruturais trabalha com quatro níveis de abstração, seguindo o fluxo demonstrado na Figura 1. Seguindo esse modelo, a estrutura real é representada em um modelo estrutural que a analisa matematicamente, e que por sua vez, é processado de acordo com um modelo discreto. Os modelos discretos definem as diretrizes de cálculo utilizadas e podem ser simulados em modelos computacionais, garantindo uma análise mais rápida e completa do modelo estrutural, podendo abranger diversos modelos discretos diferentes (MARTHA, 2000).

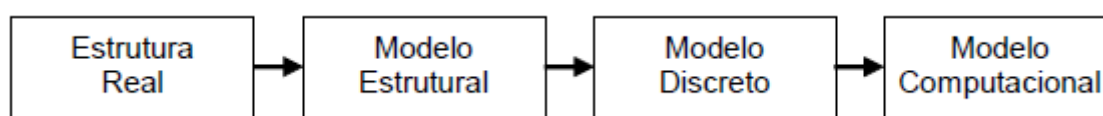


Figura 1: Os quatro níveis de abstração em uma análise estrutural
Fonte: Martha (2000, p. 3)

Neste trabalho, o modelo estrutural será processado pelo software Ftool, deixando para os acadêmicos os quesitos de morfologia e montagem da estrutura. Dessa forma, ao utilizar de um programa para o cálculo das reações do sistema, tem-se maior agilidade na realização das atividades, dispensando o cálculo manual para cada um dos casos. O Ftool é um software educacional destinado à simples prototipação de estruturas e tem como principal objetivo a simulação e análise de pórticos planos (ALIS, 2005). Por conseguinte, diversos conceitos de mecânica estrutural podem ser abordados com a utilização de um simulador, uma vez que o operador pode traçar suas próprias observações acerca dos resultados obtidos, concordando com Valente (1999), que comenta sobre a implicação de entender o avanço dos recursos computacionais como uma nova maneira de construir conhecimento.

Frente ao exposto, esta pesquisa apresenta um recorte da dissertação de mestrado do primeiro autor deste artigo, que consiste na análise de uma sequência didática envolvendo temas de mecânica estrutural e que foi aplicada em forma de oficina a 25 alunos de Engenharia Civil e Arquitetura da Universidade do Vale do Taquari - Univates. A oficina possuiu duração total de três horas e foi dividida em dois encontros em uma mesma semana, durante o primeiro semestre letivo de 2019. Dessa forma, o objetivo deste artigo é investigar como a experiência acadêmica e extraclasse de cada participante influenciou na elaboração de suas respostas.

METODOLOGIA

A análise da prática pedagógica foi feita a partir das respostas dissertativas dos participantes, aproximando-se do que Borba e Araújo (2013, p. 21) definem em uma abordagem qualitativa, afirmando que ela “lida e dá atenção às pessoas e as suas ideias, procurando fazer sentido de discursos e narrativas que estariam silenciosas [...]”. Nesse sentido, esse estudo buscou compreender de forma mais profunda as atitudes, motivações e

percepções dos participantes, conforme sugerem os autores Gonçalves e Meirelles (2004). O sentido de uma pesquisa qualitativa é reforçado por Tartuce (2006), quando diz que uma pesquisa qualitativa busca a assimilação de fenômenos complexos, utilizando de comparações, descrições e explicações, de maneira a explicar a causa e efeito em uma determinada pesquisa experimental. A análise experimental desenvolvida nesta pesquisa segue o modelo descrito por Fonseca (2002), do tipo antes-depois em um grupo de características semelhantes, através da avaliação de um questionário pré-oficina e um pós-oficina.

As atividades foram desenvolvidas em um laboratório de informática e compreendem uma série de resoluções de um modelo estrutural que sofre modificações com o decorrer das questões. Uma vez processada a estrutura no Ftool, cada participante respondeu os questionamentos acerca dos fenômenos observados de maneira dissertativa, com a finalidade de explorar o “escrever para pensar” (GALIAZZI; MORAES, 2002). Após a conclusão de cada atividade, a folha contendo as respostas era recolhida, evitando que os participantes pudessem reescrever suas respostas. Posteriormente, o pesquisador demonstrava a solução da atividade, socializando seus objetivos antes de começar a próxima tarefa.

A fim de medir a influência de suas experiências nas respostas, antes do início das práticas, cada estudante preencheu uma página de informações, contendo qual o seu curso de graduação, qual semestre estava cursando, quais disciplinas havia cursado e se possuía alguma experiência extraclasse envolvendo construção civil ou com o Ftool. Além das informações pessoais, essa folha continha também o questionário pré-oficina, que era composto por três questões envolvendo temas pertinentes que seriam abordados posteriormente. Essas questões foram retomadas pelo questionário pós-oficina ao término da oficina, formando um paralelo entre as respostas e atentando para possíveis indícios de ampliações de conhecimento.

ATIVIDADES E RESULTADOS

O primeiro encontro iniciou-se com a apresentação da pesquisa aos alunos, esclarecendo os objetivos e a duração da oficina. Antes do início das atividades, entretanto, cada aluno preencheu a folha de informações e respondeu três questões sobre os temas que seriam posteriormente aludidos. A primeira dessas questões indagava sobre qual o principal esforço resistido pelas barras de aço positivas em uma viga, a segunda quanto ao principal esforço resistido pelas barras negativas e a última quanto ao principal esforço resistido pela armadura transversal, coloquialmente conhecida por estribos.

A primeira questão considerava satisfatórias as respostas aludindo o momento fletor positivo ou tração proveniente desse momento. O índice de acertos desse questionamento foi de 64%, contendo principalmente os estudantes de semestres mais avançados. Dentre os que não atingiram os objetivos dessa primeira pergunta, a maioria dos alunos estavam na primeira metade da graduação e possuíam em média 1 disciplina relevante concluída, enquanto os participantes que redigiram uma resposta correta possuíam em média 3 disciplinas relevantes completas. Apesar de números próximos, o grupo que acertou a questão possuía em média meio semestre a mais de utilização do Ftool.

Contudo, um maior tempo de experiência profissional não contribuiu para um maior índice de acertos. Os participantes que responderam corretamente essa primeira questão possuíam em média um mês a menos de tempo de trabalho do que os que a erraram. Esse dado inicial levanta uma reflexão oportuna quanto à experiência profissional de cada participante no decorrer das atividades, indo em direção contrária à hipótese inicialmente ponderada. Portanto, a consideração das experiências acadêmicas e profissionais dos participantes ganha uma nova perspectiva nesta pesquisa desde cedo.

A segunda questão pré-oficina, que pergunta qual o principal o principal esforço resistido pelas barras de aço negativas, aceitava como satisfatórias as respostas aludindo o momento fletor negativo ou tração proveniente desse momento. Essa questão teve o mais baixo número de acertos dentre todas as atividades, contando com apenas 7 respostas satisfatórias (28%). Além do baixo índice de acertos, o que mais chamou a atenção para as respostas dessa pergunta foi a resposta mais comum registrada. Das 18 respostas incorretas, 12 delas registraram “compressão”, representando quase metade do total de respostas da turma.

Com intuito de verificar a causa desse erro que se mostrou tão frequente, antes do segundo encontro o pesquisador entrevistou uma amostra de participantes aleatoriamente. Os autores Nagy e Buriasco (2008) reiteram que o professor deve sempre procurar pelas razões das escolhas feitas por seus alunos, porque para reconhecer possíveis equívocos relacionados à apropriação de certos conceitos, as respostas não devem ser apenas limitadas como certas ou erradas. Nesse caso, ao analisar as falas dos participantes da entrevista, notou-se justamente alguns erros conceituais importantes.

Inicialmente, percebeu-se que os alunos ligaram os termos “negativos” e “positivos” do questionário prévio aos sinais positivos e negativos das equações de esforço e deformação de Mecânica Estrutural. O valor numérico da força nessas equações é inserido como positivo quando a força aplicada é de tração e negativo quando a força aplicada é de compressão. Entretanto, no cálculo de estruturas de concreto armado, os termos positivo e negativo se referem aos momentos positivos e negativos geradores de tração na viga, e as barras de aço são empregadas para resistirem a essa tração. Dessa forma, notou-se um equívoco conceitual por parte dos participantes, onde eles ligavam o sentido da força empregada nas equações de mecânica com os esforços gerados pelos momentos em uma estrutura.

Outrossim, a partir de uma outra declaração de um dos alunos, notou-se que os participantes imaginaram diferentes situações, como uma situação de viga bi apoiada, uma vez que não possuíam nenhum modelo como base. No caso das vigas bi apoiadas, não seria totalmente equivocado responder que há compressão na parte superior da viga, como em casos que indicam a necessidade de armadura dupla, ou seja, onde a solicitação de compressão na parte superior da viga é bastante acentuada. Entretanto, as armaduras duplas e armaduras negativas são conceitualmente diferentes, uma vez que uma resiste a um caso de compressão excessivo e a outra resiste à tração gerada pelos momentos negativos.

Os participantes que atingiram os objetivos dessa segunda questão demonstraram um comprometimento na análise dos dados em relação ao baixo número de acertos. Esses sete participantes estão distribuídos entre vários semestres e possuem diferentes disciplinas cursadas e tempos de experiência profissional ou com o software Ftool. Todavia, esses

estudantes estão dentre os que atingiram o maior número geral de acertos, apontando para um possível conhecimento individual acerca do conteúdo trabalhado.

A última questão, que indaga qual o principal esforço resistido pelos estribos, também teve um dos mais baixos índices de acerto, de apenas 44%. Apesar disso, o arquétipo das informações prévias quanto a experiência acadêmica se apresentou semelhante a primeira questão. Assim como anteriormente, os participantes que redigiram uma resposta completa estavam entre os discentes de semestres mais avançados, com quase 1 ano a mais de experiência acadêmica. Por conseguinte, esses participantes de semestres avançados também possuem mais disciplinas relevantes concluídas, em média duas disciplinas concluídas a mais do que os que erraram. Novamente, os alunos em um estágio mais avançado de seus cursos de graduação apresentaram um melhor desempenho nesta questão. A experiência profissional desses participantes, no entanto, se apresentou de maneira diferente da primeira questão. Desta vez, os estudantes mais experientes profissionalmente tiveram um melhor desempenho, cerca de meio ano a mais de experiência profissional e dois meses a mais de experiência com o software.

Uma vez respondido o questionário prévio, iniciou-se a Atividade 1, qual seja, a criação do diagrama de esforços inicial. Essa atividade foi realizada em conjunto com a turma e tinha como principal objetivo a apresentação do Ftool e de suas ferramentas aos discentes. Em parceria com a construção do diagrama, foi conduzido um diálogo sobre a importância das ferramentas digitais no cotidiano de um projetista estrutural e como ocorre a transposição de um modelo real para uma simulação gráfica. Ao fim, a fachada apresentada aos alunos deveria ser transformada em um diagrama de esforços bidimensional conforme a Figura 2.

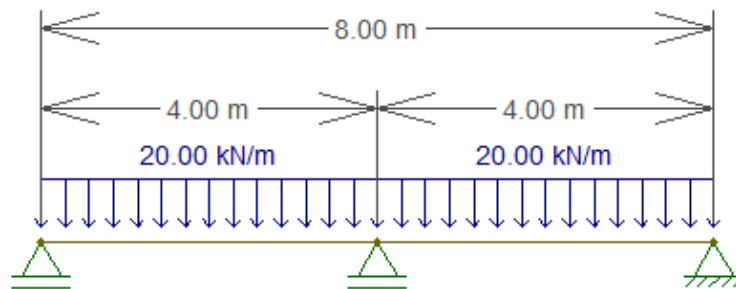


Figura 2: Diagrama de esforços inicial da Atividade 1
Fonte: dos Autores (2019).

Uma vez que a Atividade 1 é apenas a modelagem do sistema, as análises por parte dos alunos se iniciaram na Atividade 2. Essa atividade questiona sobre a importância das barras de aço negativas, de forma análoga à questão prévia 2, onde os participantes da oficina deveriam responder ao seguinte questionamento do proprietário da obra:

Você então é chamado à obra para verificar a montagem dessa viga. Durante a escolha das barras de aço a serem utilizadas, o proprietário da obra se aproxima e fala: “um amigo meu falou que a ferragem na parte de cima da viga não serve pra nada. Nós podíamos colocar umas barras mais finas na parte de

cima pra economizar. O que você acha?”. Baseado nos momentos fletores de seu diagrama de esforços, o que você responderia? (DOS AUTORES, 2019).

Utilizando o sistema construído anteriormente como base, os estudantes deveriam responder que a fala do proprietário sobre a armadura negativa só é válida em alguns casos de dois apoios. Contudo, como o modelo construído possui três pilares, a ferragem negativa sobre o pilar central se torna a mais solicitada do sistema. Assim, considerou-se corretas as respostas que abarcavam a necessidade da armadura negativa para resistir ao momento negativo máximo ou a tração em função desse momento, o mais alto do sistema.

Inicialmente percebeu-se que ocorreriam dificuldades na segunda questão do questionário prévio. Portanto, o objetivo desta atividade é levantar questionamentos acerca da função das armaduras negativas e revisar a sua importância a partir do diagrama de esforços gerado pelo software. Assim, cada estudante elaborou uma resposta discursiva que justificasse os reforços de aço na parte superior da viga, explorando a estratégia de “escrever para pensar” dos autores Galiuzzi e Moraes (2002).

Ao todo, 11 participantes (44%) responderam satisfatoriamente a Atividade 2, de maneira que esses estudantes possuíam mais experiência acadêmica e extraclasse do que os que não atingiram os objetivos desta atividade. A parcela que acertou possuía em média 2 semestres cursados a mais, 1 disciplina relevante concluída a mais, 2 meses de experiência profissional a mais e cerca de um mês de experiência com o software a mais. Ademais, dentre esses 11 que acertaram a questão, 6 deles acertaram a segunda questão do questionário prévio e mais 5 que antes haviam respondido erroneamente.

Verificou-se então que 5 participantes que no início da oficina não pareciam compreender a incumbência do aço na parte superior da viga, agora na Atividade 2 conseguiram expressar sua finalidade. Em suas respostas, de alguma maneira, todos conseguiram associar a existência da armadura negativa ao momento fletor negativo no sistema ou à tração causada por esse momento. No questionário prévio, os estudantes deveriam responder sem nenhum tipo de embasamento, entretanto, na Atividade 2, eles possuíam a simulação digital a qual se apoiar. Dessa, ao que indica o melhor desempenho dessa atividade em relação ao questionário pré-oficina, modelar a estrutura e tê-la a sua disposição ajudou a clarear alguns conceitos antes dúbios.

Ademais, destaca-se que no questionário prévio todos os participantes redigiram uma resposta curta, de uma única palavra, enquanto na Atividade 2 eles foram induzidos a escrever uma resposta mais completa. Ao ser exigido um texto argumentativo, os alunos foram obrigados a organizar suas ideias e expressá-las de forma coerente no papel, algo enfatizado por Galiuzzi e Moraes (2002, p. 240) como “escrever como maneira de pensar”. Portanto, considera-se que a soma do ato de escrever para pensar com a modelagem digital tenha trazido resultados positivos para o desenvolvimento das atividades da oficina.

Assim como a Atividade 2 forma um par com a questão prévia 2, a Atividade 3 também forma um par com a Atividade 4. O segundo encontro retomou o diagrama inicial para a realização da Atividade 3, contudo, o proprietário deseja construir um andar a mais em seu projeto. Orientou-se os participantes a dobrarem a carga do sistema, simulando então esse

terceiro pavimento, e deve ser percebido que todas as reações da estrutura também dobraram. Dessa forma, o objetivo da Atividade 3 é perceber que os momentos máximos aumentam em função proporcional ao aumento da carga. Leia-se a o texto completo da atividade:

Convencido de sua argumentação, afinal você é um grande responsável técnico, o dono da obra se sente confiante e lhe faz outra proposição: “estive pensando melhor e eu gostaria de construir um terceiro andar, igual a esse segundo. Muda muito a estrutura?”. Atualize a carga de seu diagrama de esforços, para o dobro da carga inicial. Explique para o proprietário o que acontece com os momentos fletores quando a carga é dobrada (DOS AUTORES, 2019).

Esta prática foi a atividade da oficina com o maior percentual de acertos dentre as cinco, com 68% de respostas consideradas completas. Muitas delas, ainda, apresentavam dados do software utilizado como embasamento, demonstrando em seus textos como as reações se comportavam em função das cargas. Além disso, mesmo as respostas que foram consideradas incorretas continham poucos erros conceituais e apenas falharam em perceber a proporção intuída pela atividade.

Conforme o padrão que vem se desenhando desde o início das atividades, os participantes que acertaram a questão possuem em média mais experiência acadêmica. O grupo que atingiu os objetivos estava em média meio semestre mais avançado e possuía uma disciplina relevante a mais cursada. Entretanto, assim como a questão 1 do questionário pré-oficina, os estudantes que redigiram respostas satisfatórias possuíam em média 1 mês e meio a menos de experiência profissional e pouco menos de um mês a menos de experiência com o software. Ao analisar as respostas do grupo que não atingiu os objetivos da prática, percebeu-se inicialmente textos vagos e contendo incongruências nas definições de carga, reação e esforço.

Outrossim, nenhum dos 8 participantes que erraram a questão utilizaram dados do Ftool como referência para suas respostas, mesmo todos relatando pelo menos 1 mês de experiência com esse software. Ao que se indica, os alunos com maior experiência profissional buscaram formas de explicar as reações em virtude do aumento da carga com base em seus conhecimentos prévios, enquanto os participantes menos experientes utilizaram mais vezes as informações do software que dispunham naquele momento. Possivelmente, esses participantes menos experientes profissionalmente realizaram os quatro passos de abstração descritos por Martha (2000) de maneira mais plena, exibindo os dados da estrutura real até a modelagem digital. Isto posto, para essa atividade, não houve sinais claros de influência positiva da experiência profissional por parte dos alunos, obtendo êxito os que ponderaram sobre os dados e souberam melhor apresentar suas conjecturas.

Conforme supracitado, a Atividade 4 é um aprofundamento dos passos de abstração que compõe a Atividade 3. Nesta atividade, o proprietário resolve remover o apoio central do diagrama, fazendo alusão a uma solicitação frequente dos projetistas arquitetônicos. Anteriormente, os estudantes deveriam identificar o aumento proporcional linear das reações em função da carga, contudo, na Atividade 4, os participantes careceriam de perceber o aumento quadrático das reações, além do desaparecimento do momento negativo e a intensificação do momento positivo. Por conseguinte, o índice de respostas corretas baixou em

relação a atividade anterior, visto que a maior parte dos estudantes que responderam incorretamente a Atividade 3 também não atingiram os objetivos da Atividade 4. O texto completo da atividade é o seguinte:

O proprietário está abismado com seus conhecimentos sobre estruturas, tanto, que tem uma ideia ainda mais ousada: “eu estou com vontade de fazer uma vitrine inteira, sem esse pilar do meio. Não deve ser muito diferente de colocar um andar a mais em cima, né? Não deve piorar tanto assim.”. Atualize seu diagrama de esforços e remova o apoio central, mantendo a mesma carga Atividade 3. A partir dos novos resultados, o que você responderia ao homem? (DOS AUTORES, 2019).

Assim, apenas 11 participantes (44%) atingiram os objetivos propostos para essa atividade. Novamente, esse grupo possuía mais experiência acadêmica que a porção da turma que errou a questão, cerca de 1 semestre mais avançado e 1 disciplina a mais concluída. Mas, da mesma maneira que na Atividade 3, os estudantes que acertaram a questão eram menos experientes profissionalmente e com o software do que os que erraram, com 3 meses a menos de experiência profissional e 1 mês a menos de experiência com o software. Ao que indicam os dados, levando em consideração as atividades anteriores, indícios de que estar em um estágio mais avançado em sua graduação traz um melhor entendimento dos conceitos começam a vir à tona, enquanto o mesmo não pode ser dito sobre conhecer o software trabalhado ou ser estagiário na área de construção civil por mais tempo. Azevedo (2000) reforça essa ideia, quando expõem que a experiência acadêmica geral deve se sobrepôr ao conhecimento puramente técnico profissional, de maneira a não limitar o potencial de crescimento dos alunos de cursos de caráter técnico.

Os autores Demo (1996) e Freire (2003) trazem uma reflexão sobre os assuntos abordados em aula, quando reiteram que para que os temas sejam relevantes para os discentes, eles devem estar compreendidos em sua atividade cotidiana. Em vista disso, inicialmente esperava-se que os estudantes com maior vivência profissional fossem menos alheios aos temas debatidos na oficina, algo que não representa as respostas obtidas. Consequentemente, o questionamento construtivo referido pelos dois autores, aparentemente, é mais presente em meios acadêmicos do que profissionais. Isso levanta uma ponderação sobre as atribuições dos estagiários de engenharia civil e arquitetura, quando o que se espera deles sejam resultados e não questionamentos.

A última tarefa, a Atividade 5, inicia-se recolocando o pilar removido na atividade anterior, transformando novamente o sistema como na Atividade 3, contudo, com a adição de uma sacada de 1,5 metros para cada lado da edificação. O questionamento do proprietário, inicialmente, refere-se à viabilidade de construção dessas sacadas, implicando que isso poderia ser um problema para a estrutura. Todavia, ao atualizar o diagrama de esforços, os participantes deveriam notar que os momentos máximos do sistema diminuiriam, de modo que os balanços ajudaram no equilíbrio geral de forças na estrutura ao invés de atrapalhá-lo. Portanto, o objetivo desta atividade utiliza de uma lógica inversa das demais, pois anteriormente as modificações do proprietário implicavam em reações de maior magnitude na estrutura, contudo, na Atividade 5, os participantes deveriam perceber que os balanços podem ajudar o projetista a distribuir melhor os esforços em uma estrutura. Abaixo a transcrição da questão dessa atividade:

Seguro que remover o pilar central da estrutura seria inadequado, seu cliente opta por voltar atrás mantê-lo. Porém, não se dando por vencido, decide fazer uma última alteração: “não quero complicar a tua vida, mas daria pra fazer uma sacada de um metro e meio pra cada lado do prédio?”. Monte um novo diagrama conforme a fachada abaixo, no mesmo arquivo, utilizando os mesmos parâmetros de configuração que anteriormente (DOS AUTORES, 2019).

Assim como em todas as atividades anteriores, os estudantes em semestres mais avançados ou com mais disciplinas concluídas obtiveram um melhor desempenho, contudo, nessa atividade, a diferença foi menos significativa. Os 14 participantes (56%) que atingiram os objetivos dessa atividade possuem apenas algumas semanas de experiência acadêmica a mais em relação aos que erraram e cerca de meia disciplina a mais concluída. Porém, essa questão apresentou a maior diferença entre a experiência profissional dos participantes, sendo que os que acertaram possuem uma vantagem de 7 meses a mais de experiência com construção civil. Em relação à experiência com o software, novamente, os alunos exitosos possuíam menos tempo de uso com o Ftool do que os que erraram. Isso posto, esse simulador indica possuir uma facilidade de leitura de seus dados, pois mesmo os participantes não tão familiarizados com o programa o utilizaram como componente importante na redação de suas respostas.

Ao término da Atividade 5, foi realizada uma formalização dos conceitos abordados durante a oficina e, após isso, aplicou-se o questionário final. Esse questionário pós-oficina retoma analogamente as três questões do questionário inicial, aceitando as mesmas respostas, e ainda adiciona uma pergunta inédita, que consiste em um projeto de armadura pra uma viga de concreto armado e exhibe quatro alternativas para qual os possíveis momentos que resultaram nesse projeto. Esse último questionário, de forma geral, retoma todos os temas visualizados nas atividades e analisa de forma direta os indícios de ampliação de conhecimento, sendo seu principal objetivo a avaliação do potencial da sequência didática.

Por meio da comparação direta dos resultados das três questões pré-oficina com seus respectivos pares pós-oficina, notou-se um considerável aumento no índice de acertos. A porcentagem de acertos subiu para 68% para as perguntas que inquiriam o principal esforço resistido pelas barras longitudinais, tanto positivas quanto negativas, número consideravelmente maior de acertos se comparado com o tímido 28% da questão prévia 2. Esse foi o principal ponto de diferença reparado pelos questionários, pois agora a maioria dos participantes diferiram claramente a diferença entre momentos positivos e negativos e por vezes até mesmo a tração gerada por esses momentos. Em vista disso, ocorreu uma equalização entre os tempos de experiências entre os participantes que acertaram ou erraram essa questão, mas, ainda, o grupo que atingiu os objetivos dessas questões possui sensivelmente mais experiência acadêmica e extraclasse.

A questão que retoma a função da armadura transversal também apresentou uma melhora nos seus índices nessa comparação. A melhora foi de 44% de acertos para 56%, diferença baixa que foi antecipada pelos pesquisadores. Essa pequena variação era esperada uma vez que os esforços transversais não são aplacados pelas atividades, que em sua maioria, dão ênfase a armadura longitudinal. Seguindo o padrão da experiência acadêmica, os estudantes que acertaram essa questão estão dentre os de semestres mais avançados e com mais disciplinas concluídas, também apresentando maior experiência extraclasse.

A última questão apresentou o mais alto índice de acertos, de 96%. Somente um participante assinalou a alternativa incorreta, logo, podemos dizer que no quesito momentos e armaduras, atenta-se para um bom índice de ampliação de conhecimento nessa área. Uma última comparação entre os dois questionários ainda aponta um vestígio motivacional dos participantes. No primeiro questionário, algumas questões foram deixadas em branco ou foi escrita apenas uma palavra como resposta, algo que não aconteceu no último questionário. Nas perguntas pós-oficina, nenhuma questão foi deixada em branco e ainda os alunos sentiram-se motivados a escrever pequenos parágrafos, demonstrando confiança em seu conhecimento. A motivação advinda da utilização de métodos inovadores é explorada também pelos trabalhos de Bordin e Bazzo (2017), de Silva, Alencar e Cavalcante (2017) e de Lopes, Miranda e Ribeiro (2017), aqui evidenciando dados que corroboram suas ideias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer da oficina, notou-se que para a maioria dos participantes de semestres iniciais houve uma dificuldade na transposição do modelo real para o modelo estrutural. As respostas redigidas por alunos que estão mais no início de seus cursos demonstram certas deficiências de conceitos, mas, apesar disso, o desenvolvimento das atividades transcorreu de forma satisfatória. Os estudantes de semestres mais avançados, no que lhes concerne, apresentaram um crescimento ainda maior no índice de acertos, conforme sua maior experiência acadêmica. Os dados das atividades demonstram que um fator crucial para respostas mais completas foi o indivíduo estar mais adiantado em sua graduação, e, por consequência, resulta em mais disciplinas relevantes para a oficina cursada.

Os participantes que tiveram o maior número de acertos, acertando nove das dez questões, todos eles estavam cursando ou já cursaram as disciplinas mais avançadas de Engenharia Civil, como, por exemplo, Concreto Armado II. Dessa maneira, os grupos de estudantes que acertaram as questões sempre tinham uma média de maior experiência acadêmica, o que parece ter contribuído para o melhor desempenho desses alunos. Entretanto, ao comparar o tempo de experiência profissional em escritórios de construção civil, essa relação de aumento de acertos não ocorreu da mesma maneira.

Conforme apresentado anteriormente, em algumas atividades ou questões, possuir mais experiência profissional não contribuiu para que os estudantes cumprissem com o objetivo da atividade. Na maioria dos casos, notou-se que a experiência profissional estava distribuída uniformemente entre as respostas consideradas corretas e incorretas e, por vezes, o grupo de participantes que acertou a questão possuía menos experiência profissional média. Portanto, não houve indícios que mostram que a experiência profissional contribuiu para respostas mais assertivas.

Igualmente, ter o conhecimento prévio de operação do Ftool parece não ter contribuído para um maior número de acertos. Na maioria dos casos, as respostas consideradas satisfatórias foram elaboradas por participantes com pouco ou nenhum conhecimento prévio sobre o software, de maneira que em três das atividades as respostas corretas foram elaboradas por uma parcela dos estudantes com menos tempo médio de manuseio do Ftool.

Assim, os dados apresentados pela pesquisa apontam que apenas a experiência acadêmica, na forma de semestres mais avançados ou mais disciplinas pertinentes concluídas, se apresentou como um fator influente no desempenho dos estudantes nas atividades, enquanto a experiência profissional ou com softwares teve pouco ou nenhum impacto percebido.

REFERÊNCIAS

ALIS. **Ftool**: um programa gráfico-interativo para ensino de comportamento das estruturas. 2005. Disponível em: <<https://www.alis-sol.com.br/ftool/>>. Acesso em: 5 novembro 2018.

ANDRADE, P. F. Aprender por Projetos, Formar Educadores. In: VALENTE, José. Armando. **Formação de Educadores Para o uso da Informática na Escola**. Campinas, São Paulo: Unicamp/NIED; Ed. Emopi, 2003. p. 58-66.

AZEVEDO, Á. F. M. A utilização de software comercial no ensino universitário. In: CONGRESSO NACIONAL DE MECÂNICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 6., 2000, Aveiro, Portugal. **Anais...** Aveiro: Universidade de Aveiro, 2000. Disponível em: <http://civil.fe.up.pt/pub/people/alvaro/pdf/2000_Mec_Comp_Utiliz_Soft.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2019.

BARANAUSKAS, Maria Cecilia Calani. et al. Uma Taxonomia para Ambientes de Aprendizado. In: VALENTE, José Armando (Org). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas-SP: UNICAMP/NIED, 1999.

BORBA, Marcelo de Carvalho; ARAÚJO, Jussara de Lóiola. (org.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2013.

BORDIN, Leandro; BAZZO, Walter Antonio. Reflexões acerca da interface de um site educativo de apoio ao processo de ensino-aprendizagem na engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. Campinas: Autores Associados, 1996.

DULLIUS, M, Maria; KRISTINER, Isabel; QUARTIERI, T, Marli. (Orgs). **Explorando a Matemática Com Aplicativos Computacionais**: Anos Finais do Ensino Fundamental. 1. Ed. Lajeado: Editora Univates, 2014. p. 9-20.

FIGUEIREDO, Fabiane Fischer; GROENWALD, Claudia Lisete Oliveira. Design de problemas com o uso de tecnologias digitais: uma perspectiva metodológica na educação matemática. **Areté**, Manaus, v. 12, n. 25, p.41-54, jan-jun 2019. Disponível em: <121eriódicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/1533/935>. Acesso em: 24 set. 2019.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 3, setembro, 2003, p. 259-272.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**, 9ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2003.

GALIAZZI, Maria do Carmo; MORAES, Roque. Educação pela pesquisa como modo, tempo e espaço de qualificação da formação de professores de ciências. **Ciência & Educação (bauru)**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.237-252, 2002. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: dx.doi.org/10.1590/s1516-73132002000200008.

GONÇALVES, C. A.; MEIRELLES, A. M. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2004.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

LOPES, Alexandre Freire de Sá; MIRANDA, Silvia Camargo Fernandes; RIBEIRO, Denise Maria da Silva. Metodologia motivacional nos meios de ensino/aprendizagem de projeto de infraestrutura viária no curso de engenharia civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** . Joinville: Udesc/unisociesc, 2017

MARTHA, Luiz Fernando. **Métodos básicos da análise de estruturas**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2000.

MORAN, José Manuel. Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias audiovisuais e telemáticas. In: MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 13. ed. Campinas, SP: Papirus, 2007

NAGY, M. C.; BURIASCO, R. L. C. A análise da produção escrita em matemática: possível contribuição. In: BURIASCO, R. L. C. (Org.). **Avaliação e educação matemática**. Recife: SBEM, 2008.

ROCHA, Sinara Socorro Duarte. **O uso do Computador na Educação: a Informática Educativa**. Revista Espaço Acadêmico, v. 8, n. 85, 2008. Disponível em: < <https://softwarelivrenaeducacao.wordpress.com/2009/10/11/artigo-o-uso-do-computador-na-educacao-a-informatica-educativa-2/>>. Acesso em: 11 mai. 2018.

SILVA, Alexandre Feitosa; ALENCAR; Cely Martins Santos de; CAVANCANTE, Antonio Paulo de H.. Uma estratégia pedagógica integradora no ensino da disciplina de desenho para engenharia da universidade federal do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** . Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.

SILVEIRA, M. A. Planificação de conteúdos e de problemas: um ensaio sobre a didática do conceito de estabilidade. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v.22, n. 1, p. 33-48, jun. 2003.

TARTUCE, T. J. A. **Métodos de pesquisa**. Fortaleza: UNICE – Ensino Superior, 2006. Apostila.

TEDESCO, Juan Carlos (Org.). **Educação e novas tecnologias: esperança ou incerteza?** São Paulo: Cortez, 2004.

VALENTE, José Armando. **O Computador na sociedade do conhecimento**. Campinas-SP: UNICAMP/NIED, 1999.

VICINGUERA, M. L. F.; **O Uso do Computador Auxiliando no Ensino de Química**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 18 dez. 2002. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83224>>. Acesso em 06 out. 2018.