**APLICAÇÃO DE IMPRESSÕES 3D COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DO COMPONENTE CURRICULAR ESTRUTURAS DE AÇO NA UFERSA-CMPF**

José Henrique Maciel de Queiroz

Bacharelando em Engenharia Civil, UFERSA, henrique.jhmq@hotmail.com

Matheus Fernandes de Araújo Silva

Prof. Dr., UFERSA, matheus.silva@ufersa.edu.br

Hortência Pessoa Rêgo Gomes

Pedagoga, Me., UFERSA, hortenciapessoa@ufersa.edu.br

Felipe Correia de Paiva

Bacharel em Engenharia Civil, UFRN, felipepaiva00@yahoo.com.br

**RESUMO**

O processo ensino-aprendizagem possui desafios que o professor deve superar juntamente com os seus alunos, por meio da utilização dos métodos, técnicas e recursos disponíveis. Na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Centro Multidisciplinar Pau dos Ferros, uma das dificuldades apresentadas pelos discentes do componente curricular Estruturas de Aço no semestre 2018.1 é a de compreender representações bidimensionais expostas em exemplos, exercícios e questões presentes em atividades avaliativas. Visando fornecer alternativas para contornar esta problemática, propõe-se neste trabalho a adoção de uma tecnologia que tem despertado bastante atenção atualmente em diversos segmentos do mercado: a impressão 3D. Com uma impressora 3D foram construídas então, peças representativas de elementos comumente presentes no projeto de estruturas metálicas e que consequentemente são explanadas pelo docente em sua aula. Estas peças foram utilizadas, de forma experimental, para a complementação da didática do docente a partir da segunda unidade do componente curricular, expondo conceitos de forma mais interativa e realística. Qualitativamente, foi avaliada a percepção dos integrantes da turma em relação a este recurso didático, mostrando a sua importância e impacto sobre o aprendizado dos discentes. Todos os discentes entrevistados durante a pesquisa se mostraram satisfeitos com a implementação da tecnologia em aula, ressaltando que esta realmente os auxiliou na assimilação dos conceitos discutidos no âmbito do componente Estruturas de Aço. Percebeu-se ao longo do trabalho que este tipo de solução é aprovado pelos alunos e que, para eles, é uma forma de complementar sua formação.

Palavras-chave: Impressão 3D. Estruturas de aço. Ensino. Didática.

**1 INTRODUÇÃO**

Na engenharia de estruturas, a análise dos problemas relacionados ao dimensionamento de estruturas de aço requer, por muitas vezes, o perfeito entendimento das formas das peças estudadas, as disposições construtivas, as conexões, etc. E as representações estruturais geralmente são feitas em em duas dimensões (2D).

Com isto, no meio universitário, os estudantes podem sentir algumas dificuldades ligadas à interpretação destas representações 2D de estruturas tridimensionais (3D), pois as linhas do desenho podem se confundir nos eixos cartesianos e algumas informações do desenho podem se sobrepor, demandando mais atenção na interpretação.

Esse tipo de dificuldade pode vir a comprometer o ritmo da aula, levando a repetições de explicação pelo professor e consequentemente gerando menor rendimento do componente curricular. Sendo assim, esta pesquisa buscou testar como alternativa para amenizar este problema, o uso de impressões 3D como recurso didático durante o ensino dos conteúdos do componente curricular Estruturas de Aço na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Centro Multidisciplinar Pau dos Ferros (CMPF).

Para tanto, utilizou-se, durante as aulas do componente, peças fabricadas via impressão 3D referentes a detalhamentos de estruturas metálicas, no intuito de auxiliar os alunos na compreensão de exemplos e explicações de situações de projeto. Em seguida, com base na aplicação de entrevistas abertas semiestruturadas com o docente e uma amostra de 6 discentes da turma matriculada no componente curricular Estruturas de Aço no semestre 2018.1 da UFERSA, obteve-se as informações necessárias para posterior análise dos resultados verificados.

A metodologia adotada, foi então, do tipo experimental e a análise dos dados foi feita qualitativamente. Ressalta-se ainda que a amostra de discentes consultados durante as entrevistas foi obtida aleatoriamente, adotando o critério de saturação teórica das informações fornecidas pelos mesmos.

**2 EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA**

De acordo com Vaillant (2012), existe uma necessidade de atualização das formas de ensino em decorrência do desenvolvimento da humanidade em geral. Segundo ele, as mudanças sociais que envolvem a relação interpessoal entre professor e aluno, bem como a evolução tecnológica devem estar integradas às salas de aulas modernas, trazendo dessa forma, novos desafios e oportunidades ao professor. Junto a isto, surge uma demanda em modificar as metodologias de ensino e discutir o papel do professor na formação profissional.

A citação anterior permite dizer que as tecnologias emergentes não só podem ser utilizadas como instrumento de ensino, como é um ponto a ser considerado pelo professor, podendo trazer melhoria e adequação do ensino à realidade atual. Além deste, Feldkercher (2015) expõe a defesa atual de uma oferta de experiências ricas e sedutoras aos jovens em aprendizado, para que, por meio da tecnologia, possam despertar o interesse pela pesquisa e pelo estudo.

Além disso, conforme Machado e Lima (2017), as tecnologias fazem parte do dia-a-dia dos alunos, então estes esperam que o professor faça uso destas em sala de aula. E este último agora na posição de mediador entre o conhecimento, tecnologia e o aluno, desencadeia habilidades e competências antes não exploradas em si e no aluno. Para o docente, ainda é importante conhecer as tecnologias para desenvolver um planejamento de aula adequado ao seu conteúdo e que procure interagir com os alunos no processo de ensino aprendizagem. (MORAN, 2000).

Esse planejamento envolve estratégias metodológicas de ensino e utilização dos recursos didáticos. Estes últimos sendo recursos tanto humanos quanto materiais utilizados pelo professor em sua atividade profissional, com o objetivo de auxiliar e facilitar a aprendizagem do estudante.

Segundo o pensamento de Karling (1991), os recursos didáticos são importantes para que o educando receba informações a partir dos seus sentidos para que se transformem em percepções, seja por meio de imagens, fatos, situações, experiências, demonstrações, etc. Os recursos didáticos possuem também um papel de incentivador, ao instigar o aluno sobre determinada situação, pode fazê-lo prestar mais atenção na aula, levantarem questionamentos, hipóteses e desenvolverem pesquisa.

**3 A IMPRESSÃO 3D**

De acordo com Aguiar (2016), a impressão 3D é uma tecnologia caracterizada pelo processo em que se materializa um objeto tridimensional por meio da adição e sobreposição de camadas de um certo material até que se obtenha a forma final do sólido. O autor acrescenta que essa técnica também é conhecida como manufatura aditiva por ir acrescentando gradualmente a matéria-prima, diferente de outras técnicas.

Pela versatilidade que as máquinas de impressão 3D apresentam, estas conseguem atender a muitas demandas de uma forma prática com um custo relativamente baixo. O uso delas pode abranger desde o entretenimento, prototipagem, Medicina, à Arquitetura e Engenharia. Este trabalho se propõe a abordar este último, mais especificamente na área do conhecimento da engenharia de estruturas.

Mas até a obtenção dos objetos por intermédio da impressão 3D devem ser realizadas várias etapas, as quais podem der observadas no Fluxograma 01:

Fluxograma 01: Processo de obtenção de objetos impressos em 3D.

Fonte: Adaptado de Gibson et. al., 2010, apud MARTINS, 2017.

Para este trabalho, selecionou-se juntamente com o docente do componente curricular Estruturas de Aço, 6 tipos de conexões comumente utilizadas nos projetos com este tipo de estrutura, que foram submetidas a todo este processo indicado no Fluxograma 01, resultando nas peças ilustradas no Quadro 01. As peças foram utilizadas em sala de aula de acordo com os conceitos que seriam capazes de demonstrar.

Quadro 01: Peças 3D fabricadas durante o trabalho.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | |  |
| a) Base de pilar | | b) Ligação flexível | | c) Ligação semi-rígida 1 |
|  |  | |  | |
| d) Ligação semi-rígida 2 | e) Ligação rígida | | f) Conexão entre cantoneiras | |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2018.

**4 A PROBLEMÁTICA E SUAS CONSEQUÊNCIAS NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM**

Executadas os procedimentos necessários, apresentamos aqui vários aspectos do processo ensino- aprendizagem do componente curricular Estruturas de Aço na UFERSA – CMPF, indicados pelos participantes da turma no semestre 2018.1 - sabendo que as impressões 3D foram implementadas somente após a primeira avaliação escrita dos alunos.

Para iniciar esta discussão, será abordada a constatação da problemática, assim como a razão de sua existência. Sobre isto, podemos afirmar que, de fato, muitos alunos possuem esta dificuldade em analisar e interpretar representações 2D durante as atividades do componente curricular. Quando questionados sobre isto, todos os alunos consultados afirmaram já haver enfrentado tal dificuldade em algum momento em sala de aula.

Quando se fala sobre o motivo da existência desta problemática, alguns afirmam que é algo que está associado ao próprio conteúdo do componente curricular que envolve conceitos complexos que podem ser confundidos nos eixos coordenados das estruturas, a exemplo dos comprimentos de flambagem.

Enquanto isto, outros associam principalmente à falta de convivência do discente com as estruturas metálicas, ou seja, para eles, trabalhar com este tipo de estrutura seria algo novo e os próprios perfis utilizados seriam desconhecidos em sua forma real. Segundo eles, suas experiências com as Estruturas de Aço se reduzem a visitas em obras compostas deste material durante estágio curricular ou somente no próprio componente curricular, em que o docente promoveu uma visita técnica em uma obra do tipo.

Isto mostra que a situação apontada por Karling (1991) se aplica no componente citado, uma vez que com o pequeno ou nenhum contato dos discentes com a estrutura metálica real, um recurso didático como a impressão 3D, torna-se a principal forma de interação deles com a estrutura propriamente dita. Eleva-se assim a importância da utilização de recursos que permitam a devida aproximação entre as teorias e as situações reais.

Com a existência da problemática, pode haver então um impacto negativo no desempenho acadêmico dos discentes, decorrente da má interpretação das representações 2D. O participante 02 comenta que para resolver as questões de prova, é necessário entender todas as características da estrutura, onde haverá flambagem, torção, travamentos, etc. O discente por vezes, recorre a objetos ao seu alcance como a régua, na tentativa de representar perfis de aço. E o docente concorda com a afirmação do participante, para ele, só se consegue resolver o problema quando há esta compreensão da estrutura, então o discente só consegue mostrar o que aprendeu se ao menos superar esta dificuldade.

Outra consequência é a má utilização do tempo de aula disponível para a apresentação dos conteúdos previstos para o componente curricular. Neste ponto, o docente aponta que a depender do tipo de exercício realizado em sala de aula, ou seja, quando a resolução depende muito da visão tridimensional da estrutura, há recorrência de interrupções durante sua resolução, para esclarecimento de dúvidas dos discentes sobre a composição da própria estrutura, ao invés do conteúdo proposto para a aula. Isto leva o docente a buscar outras formas de representar o problema, por meio de fotos semelhantes, por exemplo, o que ainda não soluciona tão facilmente a dúvida. Como o componente curricular dispõe de apenas 60 horas para explanação de todos os conteúdos previstos, o ideal seria evitar estas repetições.

**5 IMPRESSÕES 3D E SUAS INFLUÊNCIAS**

Segundo Tulio (2013), a adequada utilização dos recursos didáticos em aula depende de um bom planejamento, da definição dos objetivos a serem alcançados e da sequência didática com que o conteúdo proposto é trabalhado. E no caso da aplicação das impressões 3D em que observamos, percebe-se que estes critérios foram atendidos.

Segundo a opinião dos participantes da entrevista, quando questionados sobre a forma como o recurso foi utilizado durante aulas, todos julgaram que foi de maneira adequada ao aprendizado, complementando as teorias abordadas e aproximando o aluno da situação real. Podemos perceber esta aprovação na fala do participante 3, que relata: “Foi no momento ideal, ele pegou as estruturas já juntamente com o conteúdo, associando”.

Além disso, a implementação não descartou o uso de outros recursos anteriormente existentes conjuntamente, pois o professor fazia a exposição do conteúdo no quadro-branco, em seguida utilizava o modelo 3D impresso para mostrar a forma como uma ligação, por exemplo, era executada e ainda complementava a visão do aluno com registros fotográficos de situações práticas similares. Os discentes exploravam então três sentidos, que eram a audição (explanação da teoria), visão (registros fotográficos e peças) e tato (toque nas peças). As peças foram ainda utilizadas durante algumas aulas de monitoria do componente curricular, buscando facilitar a solução de dúvidas dos estudantes, posteriores à aula comum.

Com isso, o docente nota uma evolução no aprendizado dos alunos que conseguiram ter maior contato com os elementos 3D. Ele afirma que discentes viram as peças na monitoria, além da sala de aulas, superaram as dúvidas básicas que existiam antes, como por exemplo, perguntas de como era feita a ligação de uma viga em um pilar. Agora, após o uso do recurso, ele diz que responde a perguntas mais elaboradas que as anteriores.

E na opinião dos estudantes entrevistados, as peças realmente os auxiliaram na assimilação de conteúdos e visualização da estrutura e suas interações, assim todos eles acharam pertinente o emprego do recurso no componente curricular. Evidenciamos a fala do participante 04 e do participante 02 que ratificam a afirmação:

Com certeza me auxiliaram, por que a partir da impressão 3D você tem uma noção real de como aquela estrutura é. Apesar de ser em dimensões reduzidas, você visualiza qual é o perfil que está sendo utilizado e diversos outros entendimentos. (Fala do Participante 04).

Com certeza, principalmente quando ele levou e estava mostrando os tipos de ligações que tinha nas peças, que eu não conseguia visualizar aí quando ele mostrava que a viga estava parafusada na alma e na mesa, com a peça você conseguia ver bem direitinho, mas sem elas, teve uma vez até que eu fiquei perguntando: não estou entendendo, não estou entendendo... (Fala do Participante 02).

Para compararmos as representações 3D obtidas com a impressão e as representações 2D clássicas, mostramos o Quadro 02:

Quadro 02: Ligação flexível, comparação entre representação 3D e 2D.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| a) Peça 3D | b) Vista lateral | c) Vista frontal |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2018.

Nota-se que para o entendimento de uma conexão completa da estrutura é necessária sua representação 2D em dois planos diferentes, pois sem isto, algumas informações podem ficar ocultas no desenho. Em algumas situações de detalhamento, cortes adicionais devem ser feitos para permitir o entendimento do problema. Em segundo lugar, destacamos a possibilidade de o discente, ao adquirir o contato com a peça tridimensional, girá-la da forma que preferir, visualizando a estrutura da perspectiva que desejar, analisando cada detalhe rapidamente.

Conforme explica Guarnier (2009), é comum aos profissionais da área de estruturas metálicas, a ideia de se trabalhar com problemas tridimensionais complexos, pois, dentro de uma estrutura de aço, as ligações sempre incluem elementos que se interceptam, originados de diferentes direções. Assim, as tarefas de solução para tais geometrias dos detalhes da ligação e produção dos desenhos de fabricação são sempre problema a ser solucionado.

Ainda segundo o autor, o avanço da modelagem 2D e 3D de estruturas metálicas provou ser uma das soluções mais viáveis para vencer tais dificuldades. O poder da modelagem 3D é notório, já que o modelo é, nesta perspectiva, uma completa descrição de todas as peças de aço, parafusos, soldas, etc., que constituem o todo ou parte da estrutura de aço que será modelada. E a estrutura representada é real, em escala, dentro do computador.

Durante o uso do recurso didático, fatores como a disposição do aluno para o estudo do componente curricular, também foram indiretamente afetados pelo recurso, pois estes dizem que a partir do momento em que se entende mais facilmente o conteúdo, o aprendizado em geral flui melhor, gerando assim maior disposição para a resolução de exercícios, além de um maior envolvimento nas aulas e com os assuntos abordados.

Corroborando com esta opinião, Nicola e Paniz (2016) afirmam que quando um recurso utilizado demonstra resultados positivos no processo ensino-aprendizagem, o aluno torna-se mais confiante, capaz de se interessar por novas situações de aprendizagem e de construir conhecimentos mais complexos.

**6 O PAPEL DAS TECNOLOGIAS NA FORMAÇÃO**

Diante da influência das tecnologias atualmente, buscamos saber a opinião da turma em relação a esta inserção tecnológica no ensino da Engenharia Civil. Na opinião dos alunos, o uso das tecnologias mais atuais ainda é pouco comum na universidade, nesse sentido, eles acreditam que deveria haver maior engajamento das instituições na promoção do uso tecnológico nas metodologias de ensino atuais.

Em entrevista, o Participante 04 afirma ser muito importante inserir estas novas tecnologias, tanto para o aprendizado do aluno, como para a vida profissional. Para ele, é possível assimilar muito melhor o conteúdo e de forma mais rápida, além de aprimorar sua visão dos problemas com o uso adequado desse tipo de metodologia. Como profissional ele considera importante, pois estando a par destas tecnologias, o indivíduo pode desenvolver produtos e técnicas novas; e com o domínio da tecnologia ele também estará à frente de diversos concorrentes do mercado, em termos de atualização.

Enquanto isto, o docente do componente curricular Estruturas de Aço acredita que apesar da importância de inserir novas tecnologias no ensino superior, é preciso também valorizar os métodos e recursos tradicionais.

No caso das impressões 3D, ele acha interessante utilizar em aula, por que facilita o entendimento da geometria, entretanto é uma de suas preocupações o fato dos estudantes terem dificuldades em entender a representação bidimensional. Acrescenta também, que o profissional deve desenvolver tanto a visão 3D como a 2D, pois sem isso, pode ser que no futuro os projetistas não consigam mostrar seus projetos da forma clássica, por que ninguém entenderá o projeto executivo se não entender problemas 2D e não seria viável trabalhar sempre com projetos 3D nas obras.

**7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A impressão 3D, como tratou-se ao longo deste trabalho, possui uma pluralidade de aplicações. Neste estudo pôde-se relacionar a didática e o conhecimento da engenharia de estruturas, sugerindo a impressão 3D como ferramenta de facilitação do processo ensino-aprendizagem do componente curricular Estruturas de Aço obtendo resultados verdadeiramente positivos.

Conforme os dados aqui expostos, verificou-se que a problemática identificada pelos pesquisadores é real, os discentes consultados confirmam a dificuldade enfrentada no entendimento de certas representações 2D, corriqueiramente frequentes no detalhamento de estruturas de aço. Percebeu-se também que, quando utilizadas de forma planejada, nos momentos adequados e de acordo com os objetivos da aula estabelecidos pelo docente em seu plano didático, as impressões 3D constituem uma poderosa ferramenta facilitadora do aprendizado do componente curricular apontado.

A utilização das peças confeccionadas durante o estudo possibilitou aos discentes consultados uma aproximação da realidade dos projetos de estruturas metálicas durante as aulas, que são predominantemente teóricas, auxiliando na superação de uma das causas das dúvidas relatadas, a escassez de obras com estruturas de aço na região. O próprio docente percebe este cenário e ressalta que as dúvidas relacionadas à montagem das estruturas reduziram dentre os alunos que analisaram bem as peças levadas à aula e monitoria.

Embora algumas dificuldades tenham surgido ao longo do desenvolvimento deste trabalho, todos os seus objetivos propostos foram alcançados com sucesso e o mesmo contribui com a complementação dos conhecimentos multidisciplinares existentes, relacionando a educação e a engenharia de estruturas. Este, ainda sugere uma melhoria na didática dos docentes dos cursos de Engenharia Civil.

**REFERÊNCIAS**

AGUIAR, Leonardo de Conti Dias. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3d na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências.**2016. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação Para A Ciência, Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.

FELDKERCHER, Nadiane. Formação de professores, práticas pedagógicas, metodologias de ensino e de aprendizagem: estudos que incitam reflexões. **Rebes**: Rev. Brasileira de Ensino Superior, Passo Fundo, p.1-4, dez. 2015. Trimestral.

GUARNIER, Christiane Roberta Fernandes. **Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas.** 2009. 399 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

KARLING, Argemiro Aluísio. **A Didática Necessária**. IBRASA, São Paulo, 1991.

LIMA, Paulo Gomes. Educação, ciência & tecnologia: discussões e travessias. **Laplage em Revista**, Sorocaba, v. 3, n. 2, p.1-4, 10 jun. 2017. Laplage em Revista. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.24115/s2446-6220201732354p.1-4>.> Acesso em: 11 ago. 2018.

MACHADO, Flávia Cristina; LIMA, Maria de Fátima Webber Prado. O Uso da Tecnologia Educacional: Um Fazer Pedagógico no Cotidiano Escolar. **Scientia Cum Industria**, Caxias do Sul, v. 5, n. 2, p.44-50, 27 set. 2017. Universidade Caixias do Sul. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v5iss2p44>.> Acesso em 11 ago. 2018.

MARTINS, Vitor Hugo Carvalho. **Impressão 3D:**uma abordagem de produção mais limpa?. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Universidade de Minho, Braga, 2017.

MORAN, José Manuel. Novas tecnologias e mediação pedagógica. 6. ed. Campinas: Papirus, 2000.

NICOLA, Jéssica Anese; PANIZ, Catiane Mazocco. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia. Infor, Inov. Form., Rev. NEaD-Unesp, São Paulo, v. 2, n. 1, p.350-375, 2016. ISSN 2525-3476.

TULIO, Mariliz. Recursos didáticos e sua importância para as aulas de geociências no 6º ano do ensino fundamental (Colégio Estadual Antonio e Marcos Cavanis/Castro-PR). **Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE**, Paraná , n. 1, 2013.

UFERSA, Universidade Federal Rural do Semi- Árido**. Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil**. Pau dos Ferros-RN, 2017.

VAILLANT, D.; MARCELO, C. **Ensinando a ensinar**. As quatro etapas de uma aprendizagem. Curitiba: Editora da Universidades Tecnológica Federal do Paraná, 2012.