

O USO DO SOFTWARE AUTODESK® ROBOT™ STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL NA DISCIPLINA DE MECÂNICA DAS ESTRUTURAS.

Elidiane da Silva Lucas ¹, Wendell Rossine Medeiros de Souza ²

Resumo: Na engenharia o uso de softwares em salas de aulas torna-se uma importante ferramenta para dinamizar o conteúdo teórico e incentivar os discentes a imersões reais. O software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional tem os recursos computacionais mais atuais do mercado, tornando-se uma ferramenta profissional muito poderosa para uso didático em disciplinas de análises estruturais. Apesar de ser um programa em nível profissional, a Autodesk disponibiliza gratuitamente o uso de seus softwares a estudantes, e com isso eles podem se aprofundar nas modelagens específicas que os programas educacionais não oferecem. Neste contexto, este artigo tem como objetivo principal verificar o potencial de uso do software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional como um meio facilitador do processo de ensino/aprendizagem de disciplinas relacionadas à análise estrutural. Sendo assim, criou-se materiais didáticos que auxiliam a utilização do software. Foi desenvolvido uma plataforma digital de apoio, onde está disponível o manual Robot em Ação e vídeos explicativos dos exemplos de aplicação, retirados do manual. Para fazer a avaliação foi conduzida uma pesquisa descritiva de abordagem qualitativa por meio de formulário online. Os resultados indicam boas expectativas na utilização desta ferramenta, onde a avaliação foi positiva gerando interesse em 90% dos discentes, e consequentemente causou entusiasmo em estender o uso do Robot para outras demandas. Sendo assim, além de mais uma ferramenta auxiliadora no ensino/aprendizagem nas disciplinas de estruturas, este trabalho ressalta a importância de aliar academicamente os cursos de engenharia com as exigências do mercado de trabalho e os avanços tecnológicos.

Palavras-chave: programa; análise estrutural; ensino; aprendizagem.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, nos ramos da engenharia usam-se fortemente de recursos computacionais para desenvolver seus projetos, obter e monitorar dados (PASSOS *et al.*, 2017). Diante deste cenário, como forma de familiarizar os futuros engenheiros com o mercado extremamente competitivo, o uso de softwares no auxílio da didática possibilita ao estudante uma busca maior pelo conhecimento. Progredindo tecnologicamente e aproveitando a funcionalidade destes mecanismos, a inserção de novas tecnologias em salas de aula, é uma importante ferramenta acadêmica. Acrescentando ainda a capacidade de incentivar os discentes a uma imersão em situações reais e trazer reflexões sobre a formação e desenvolvimento profissional, servindo também como motivação, atualização para o mercado de atuação e efetivação da aprendizagem (LANA; MACHADO, 2015; SILVA *et al.*, 2016).

Paralelo a este contexto, a maioria dos estudantes da Engenharia Civil possuem certa dificuldade na disciplina de Mecânica das Estruturas devido ao nível de abstração que a análise estrutural envolve, e os conceitos que são difíceis de serem visualizados. Para tanto, é preciso um recurso que beneficie as dificuldades encontradas para adquirir tais conhecimentos. Este é um dos motivos pelo qual a utilização do software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional (Robot) no ensino da análise estrutural, torna-se uma alternativa potencial para esta problemática. Nazário e Bento (2020) ressaltam a importância de aliar academicamente os cursos de engenharia com as exigências do mercado de trabalho e os avanços tecnológicos. Desse modo, a realização de estudos que explorem a aplicabilidade de softwares profissionais em sala de aula se tornam necessários.

Dentre as possibilidades disponíveis, o software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional apresenta os recursos computacionais mais atuais do mercado, sendo um software profissional muito poderoso para ser utilizado em sala de aula. Para uma boa inserção e visualização didática, a elaboração de materiais capazes de auxiliar o uso desta tecnologia, são importantes contribuições para aplicação do conteúdo, compreensão, dinamismo e independência do uso do programa por parte dos discentes. Por isso, este estudo tratará da execução deste recurso, que oferece uma interface prática para o desenvolvimento da disciplina. E a elaboração de um manual de apoio para o uso do software na utilização desta ferramenta, como auxílio do ensino/ aprendizagem.

¹ Graduanda em Ciência e Tecnologia, UFERSA, Angicos – RN, elidiane.lucas@alunos.ufersa.edu.br ;

² Dr. em Engenharia e Ciência do petróleo, DENG, UFERSA, Angicos- RN, wendell@ufersa.edu.br .

Serão esclarecidas algumas hipóteses em relação ao desempenho acadêmico dos discentes. Foi levando em consideração o pressuposto da eficiência do software como ferramenta motivadora e facilitadora, tornando o aprendizado mais significativo e que este meio pode ser, também, uma opção na busca da qualidade do ensino. Então, este trabalho objetiva avaliar o nível de satisfação dos alunos e a eficiência da utilização de um software profissional associado ao conteúdo teórico em sala de aula. Para isso, foram desenvolvidos materiais didáticos como: o manual de apoio, denominado como “Robot em Ação”, e videoaulas para utilização do software com intuito de subsidiar a aplicação do programa na disciplina de Mecânica das Estruturas. Partindo da análise de uma pesquisa quali-quantitativa, conduziu-se a avaliação dos materiais de apoio disponíveis para o uso do software e a satisfação dos alunos em utilizar o programa na prática de exercícios na disciplina Mecânica das Estruturas e com isso avaliar a eficiência deste recurso.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Análise Estrutural

A estrutura de uma edificação é um dos elementos fundamentais, afinal, é ela quem irá garantir segurança, durabilidade e funcionalidade à obra, devendo ser resistentes a fortes ventos, as cargas ou forças que atuam na estrutura em sua vida útil, ou até mesmo terremotos em muitas partes do mundo. Através de cálculos específicos e criteriosos se define quais dimensões e qual a estrutura mais adequada a ser utilizada atendendo todas as necessidades para as quais ela será construída (MARTHA, 2017). Soriano (2014) define bem as estruturas sendo sistemas físicos constituídos de componentes interligados e deformáveis, capazes de receber e transmitir esforços. Ou seja, é a parte ou conjunto das partes de uma construção que se destina a receber as cargas, funcionando como um caminho para que essas forças sejam levadas ao solo.

Soriano (2014) também ressalta, assim como Martha (2017), a importância do dimensionamento adequado dos elementos estruturais. E para isso, as forças que atuam nas edificações precisam ser muito bem conhecidas (intensidade, direção e sentido), a fim de que a concepção estrutural seja coerente com o caminho que essas forças devem percorrer até o solo. Sendo assim, esses componentes bem dimensionados terão capacidade suficiente para resistir ao próprio peso e as demais ações que lhe serão aplicadas, bem como o desempenho em serviço. Em outras palavras, a estética e uso da estrutura não deverão ser comprometidos por apresentar deformações e vibrações exageradas.

O Projeto Estrutural é uma das partes mais importantes de qualquer obra cujo objetivo é trazer mais segurança na condução da obra, economia no planejamento do orçamento e na própria resistência e durabilidade do empreendimento. Soriano (2014) descreve simplificada os processos de um Projeto Estrutural:

- Concepção arquitetônica-estrutural que consiste em escolher um sistema que melhor se adeque às necessidades arquitetônicas de uma edificação, buscando sempre a viabilidade técnico/econômica;
- Previsão do comportamento da estrutura através da determinação dos esforços internos e externos e das correspondentes tensões, bem como as deformações e os deslocamentos a partir de um pré-dimensionamento e especificações dos materiais;
- Verificação do dimensionamento e detalhamento dos componentes estruturais a partir das hipóteses dos resultados anteriores.

Dentre as etapas do projeto estrutural está a previsão do comportamento da estrutura de tal forma que ela possa atender satisfatoriamente às condições de segurança e de utilização, a qual é denominada *análise*. A Análise das Estruturas é descrita neste segundo processo do projeto estrutural, e os resultados obtidos influenciam diretamente nas fases posteriores do projeto. Uma análise imprecisa ou extremamente simplificada pode gerar respostas totalmente erradas com a realidade, fazendo com o que a estrutura seja mal dimensionada. Segundo Martha (2017), a análise estrutural moderna lida com quatro níveis de abstração, como mostra a Figura 01 em seguida:



Figura 01: Quatro níveis de abstração da análise estrutural moderna. Fonte: Martha (2017), adaptado pelo autor.

- Estrutura Real: corresponde a estrutura física, ou seja, representa a estrutura real tal como é construída;
- Modelo Estrutural: este segundo nível de abstração da análise estrutural refere-se ao modelo analítico que é utilizado para representar matematicamente a estrutura em análise sendo incorporada todas as teorias e hipóteses feitas para descrever o comportamento da estrutura para as diversas solicitações. As hipóteses são baseadas em leis físicas, tais como o equilíbrio entre forças e entre tensões, as relações de compatibilidade entre deslocamentos e deformações, e as leis constitutivas dos materiais que compõem a estrutura.

-
- **Modelo Discreto:** este modelo é gerado dentro das metodologias de cálculo dos métodos de análise que utilizam critério para representar o comportamento de uma estrutura. Nesse nível de abstração, o comportamento analítico do modelo estrutural é substituído por um comportamento discreto, em que soluções analíticas contínuas são representadas pelos valores discretos dos parâmetros adotados.
 - **Modelo Computacional:** A análise de estruturas pode ser vista atualmente como uma simulação computacional do comportamento de estruturas. Todo e qualquer sistema computacional destinado à elaboração de projetos adota um modelo estrutural para calcular os esforços e deslocamentos na estrutura.

A simulação é um recurso inestimável pois, permite através de modelos matemáticos condizentes com o problema fazer modelagens de sistemas reais quando não se é possível ter uma experiência real, além de evitar gastos sem a necessidade de testes físicos, podendo o usuário explorar, tomar decisões e verificar as consequências, e pode ser utilizada como ferramenta motivadora, facilitadora e auxiliando no desenvolvimento cognitivo, (JUCÁ, 2006; RAMIRO; COSTA; BERNARDES, 2014).

Ainda assim, a prática de exercícios manuais é fundamental na absorção do conteúdo, necessitando que os princípios, hipóteses e métodos estejam bem entendidos. Sendo de principal importância para a formação em Engenharia. Não adianta ter um bom desempenho na utilização do software, se de fato não tiver uma análise crítica do que está sendo trabalhado. Sendo assim, a resolução de problemas é uma metodologia de ensino muito eficaz, pois proporciona a capacidade de adquirir na prática a busca pela solução, aprendendo raciocinar logicamente e com isso amadurecer as estruturas cognitivas (SORIANO, 2014).

Nos dias de hoje é utilizado software para praticamente quase tudo na engenharia, e simulações reais num ambiente virtual é uma das grandes vantagens que o software nos proporciona. Ao aprender a utilizar programas para análise e dimensionamento de estruturas, por exemplo, podemos estudar o desempenho de uma estrutura real variando as cargas, as dimensões dos elementos e vínculos, e entender o que acontece com os resultados (SOARES, 1997). Por isso, tendo em vista a facilidade de utilização e a importância de ter como aliado no auxílio à aprendizagem um software que quebrassem esta barreira de dificuldades, pois na análise estrutural os conteúdos são muito abstratos e de difícil compreensão (MARTHA, 2017), levou-se em consideração também, a importância de ter o domínio de um software de engenharia, pois ajuda no seu desempenho como estudante de graduação e consequentemente na inserção ao mercado de trabalho.

2.2 O uso do software profissional em sala de aula

Atualmente o mercado de trabalho tem exigido cada vez mais profissionais capacitados ao uso de tecnologias (MACHADO *et al.* 2021). Existem diversos programas que possibilitam aos profissionais da engenharia civil, como planejar e executar de maneira prática uma construção mais econômica e inteligente. Um outro fator considerado primordial e de grande relevância é que o uso de softwares na engenharia contribui para que os erros sejam minimizados, havendo previsões de dados e parâmetros simulados, diminuindo os riscos na aplicação de um projeto e gastos desnecessários, além de tornar o trabalho mais simples e ágil (CELESTINO; VALENTE, 2021). Esses softwares são capazes de executar desenhos, cálculos, representações e simulações, por isso é muito interessante conhecê-los ainda na graduação, pois os futuros engenheiros precisam estar familiarizados com o uso de softwares para atingirem bons resultados. E usar programas de categoria profissional em sala de aula estreita ainda mais esse elo de aprendizado e profissão, e gera mais intimidade com a carreira a qual seguirá.

Azevedo (2000) relaciona dois tipos de programas no campo do ensino: os softwares educacionais, que se destinam a ilustrar as matérias teóricas, sendo estes programas mais simples, e os softwares profissionais que no ensino se destinam a treinar os alunos na elaboração de projetos de engenharia. Além de elevar a qualidade da formação, o uso de software profissional é mais completo em relação a programas educacionais. Branchier (2017), avalia que os softwares educacionais não oferecem ambientes completos para o aprendizado das análises estruturais. Ou seja, pode-se considerar que os softwares educacionais são uma ótima ferramenta de simulação, mas são bastante limitados, alguns deles trabalham em apenas duas dimensões, não fazem detalhamento e dimensionamento. Outro ponto positivo dos softwares profissionais é familiarizar o estudante a trabalhar dentro da legislação.

De modo geral os programas educacionais são muito simples e ultrapassados não atendendo as necessidades de aprendizado suficientes de um estudante de engenharia que vai além da análise estrutural ao determinar os efeitos das ações sobre uma estrutura. Para Azevedo (2000), a um leque enorme de programas que podem ser utilizados como apoio nas aulas tornando bem complicado muitas vezes essa escolha, mas ele destaca

um critério para se dar preferência, que seja um programa de fácil manuseio e que possibilite uma boa compreensão dos resultados das tarefas realizadas pelo utilizador.

2.3 Software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional

Levando em consideração o critério de Azevedo (2000) e que de certa forma é o que mais se procura em um software que auxilie no aprendizado, o Robot atende perfeitamente este requisito, sendo um programa muito fácil de manusear e seus resultados são bem compreendidos.

O software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional, é um programa de análise estrutural profissional, não apenas em estruturas de edificações, mas em diversos tipos de estruturas. Podendo trabalhar com um edifício inteiro, com estruturas de concreto armado, aço ou madeira. Pode ser analisando apenas um elemento, quantidade de aço para reforço estrutural, trabalha também em três dimensões, combinações de carga, etc. Além disso, o Robot é um programa que tem fluxos de trabalho integrados ao BIM (Building Information Modeling) para trocar dados com o Autodesk® Revit® (CARDIAL, 2017).

O software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional fornece aos engenheiros estruturais recursos avançados de simulação e análise de edifícios para estruturas grandes e complexas. O software oferece um fluxo de trabalho suave, permitindo que os engenheiros realizem mais rapidamente a simulação e análise de uma variedade de estruturas. (AUTODESK, 2021a)

Ou seja, o Robot é um programa muito completo. É considerado um dos melhores programas de análise estrutural pela abrangência de tipos de projeto, pela interface mais amigável se compararmos com outros programas da área, e pela sua integração bidirecional com o Autodesk® Revit®. Porém, o ponto crítico encontrado é referente a norma brasileira, mas, isto não limita o programa por não conter originalmente as necessárias da NBR para dar produtividade ao processo de cálculo, dimensionamento e detalhamento de estruturas conforme é exigido de forma regional/nacional, pode-se adaptar e configurar o Robot a trabalhar o mais próximo da NBR (CARDIAL, 2017; CASTRO, 2020).

A fim de capacitar estudantes e educadores, a Autodesk desenvolve o projeto de uma comunidade educacional, “Projete o seu futuro”, para que habilidades necessárias sejam desempenhadas para resolver desafios de maiores dificuldades em projetos de engenharia futuramente. “Estudantes e educadores podem ter acesso educacional gratuito por um ano a produtos e serviços Autodesk, renovável desde que mantida a elegibilidade” (AUTODESK, 2021b).

A Autodesk busca apoiar aprendizagens, tanto dos profissionais da área quanto aos que futuramente ingressarão no ramo da engenharia, para que tenham uma carreira expressiva e duradoura, fornecendo plano educacional gratuito aos estudantes que podem obter acesso individual a uma ampla seleção de produtos Autodesk, em que o Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional encontra-se entre eles, para uso educacional próprio. Já os professores podem usar o plano para entrar em ação com os produtos Autodesk podendo estender esse acesso para uma turma de estudantes elegíveis, ou até mesmo as instituições de ensino podem usar o plano para instalar os softwares em salas de aula e laboratórios (AUTODESK, 2021b).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Método de pesquisa

A pesquisa foi conduzida na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, o público alvo são os discentes do Curso de Ciências e Tecnologia que já tenham cursado no mínimo a disciplina de Mecânica Geral, ou alunos do Curso de Engenharia Civil que já desempenham uma familiaridade com a Mecânica das Estruturas. O fenômeno investigado nesta pesquisa, consiste no software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional, como forma de auxiliar no ensino/ aprendizagem da disciplina de estruturas. Para isso, foram elaborados materiais de apoio, como vídeos e manual de utilização.

Para atender o objetivo proposto, foi utilizado um método de análise descritivo quali-quantitativo. Segundo Gil (2008), a classificação dos estudos científicos quanto aos seus objetivos temos que a pesquisa descritiva descreve características de um fenômeno/ fato/ população, utilizando técnicas padronizadas de coleta de dados por meio de questionários e observações.

De acordo com a forma de abordagem ao problema, a pesquisa de caráter quantitativo traduz em números as opiniões e informações que serão analisadas e interpretadas, enquanto a qualitativa aborda aspectos subjetivos dos entrevistados. Os métodos de pesquisas têm como objetivo ajudar a coletar amostras e dados, e estas informações que forem extraídas possam responder ao problema com coerência. Como a pesquisa foi realizada por meio de um questionário com questões objetivas e subjetivas, a investigação se caracteriza como quali-

quantitativa, na qual coletou-se dados e informações a partir de características e opiniões.

3.2 Manual de apoio ao programa Robot

O Manual foi criado para auxiliar a utilização do software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional, por denominação de “Robot em Ação”. Este material foi desenvolvido, pelos autores deste trabalho, em um projeto de extensão também intitulado “Robot em Ação”, que visa ingressar o usuário iniciante ao sistema de Análise Estrutural, e para obter este objetivo sentiu-se a necessidade de um material que pudesse apresentar orientações de técnicas do programa, configurações, sistema de menu e navegação, e principalmente exemplos da modelagem e análise dos exercícios básicos que são praticados nas disciplinas da área. E a partir disto o Robot só tem a acrescentar no quesito aprendizagem, pois as simulações feitas no programa auxiliam ao ensino que muitas vezes é complicado a explicação de coisas tão abstratas.

Para melhor apresentação deste manual, foi criado um site, “[Robot em Ação \(google.com\)](#)”, onde temos além do manual os vídeos explicativos de cada exemplo trabalhado no material. Estes vídeos foram divulgados na plataforma Youtube ([Robot em Ação - YouTube](#)), e são complementos do manual para uma melhor utilização do software.

3.3 Procedimentos de Coleta

O instrumento utilizado para o método descritivo quali-quantitativo foi um [questionário](#), desenvolvido no *Google Forms*. Após o contato com o programa e uso dos materiais de auxílio disponibilizados no site, os discentes tiveram acesso a formulário de avaliação. Este formulário foi organizado em cinco seções, na qual consiste: i) breve introdução sobre o uso do software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional no ensino/aprendizagem nas disciplinas iniciais da Mecânica das Estruturas; ii) análise sobre o perfil dos respondentes; iii) avaliação dos materiais de apoio (videoaulas e o manual); iv) avaliação do software e v) avaliação da influência do software no processo ensino/aprendizagem e o retorno que esta ferramenta trouxe.

Este material, permitia que os avaliadores contribuíssem com notas e sugestões. Por meio dos gráficos disponíveis no *Google Forms* e as respostas dissertativas, foram feitas as análises dos dados obtidos, uma vez que envolve a organização, sumarização e descrição de dados quantitativos e as opiniões expostas nos dados qualitativos. Além disso, o engajamento e comentários realizados na plataforma de streaming do vídeo também foram contabilizados como retorno do público sobre a satisfação e qualidade do material de apoio produzido.

Diante da amostra, realiza-se uma descrição numérica e gráfica dos dados amostrais. Nesta etapa espera-se que os dados “falem por si”, assim como as considerações terão sua relevância. E que a informação obtida nesta análise evidencie as características relevantes da população.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Antes do posicionamento dos entrevistados, será apresentado um exemplo retirado do manual “Robot em Ação” que demonstra a utilidade do programa. Além do que é pedido no exercício, serão exibidos outros resultados, que foram explorados e analisados para demonstrar como o Robot pode auxiliar na compreensão de algumas situações que por apenas lápis e papel é mais cansativo e lento o processo de aprendizagem. O exercício disponível no manual, no site: [Robot em Ação \(google.com\)](#), é o Exemplo 6 de uma viga bi-apoiada, como mostra a Figura 02 a seguir. É pedido para determinar a tensão e deflexão máxima da viga de seção transversal retangular 20x30 cm.

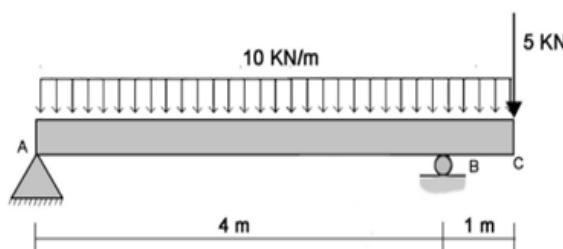


Figura 02: Exemplo 06, viga bi-apoiada. Fonte: Manual Robot em Ação.

Em seguida, depois da modelagem, tem-se o resultado da tensão e deflexão máxima da viga, como mostra a Figura 03 abaixo.

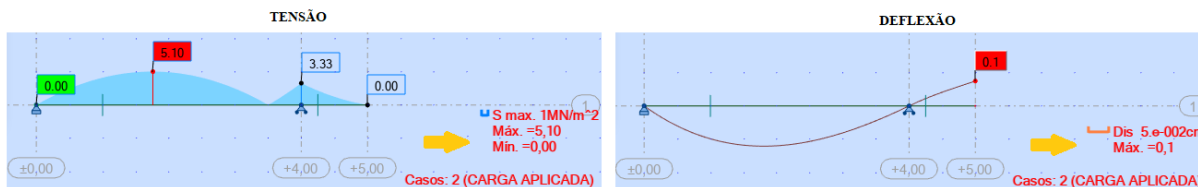


Figura 03:Tensão e Deflexão do Exemplo 06. Fonte: Adaptado pela autora, Manual Robot em Ação.

O exercício era apenas para obter a tensão de deflexão máxima, mas para demonstrar a funcionalidade do Robot, as reações de apoio e os esforços internos solicitantes serão demonstrados na Figura 04.

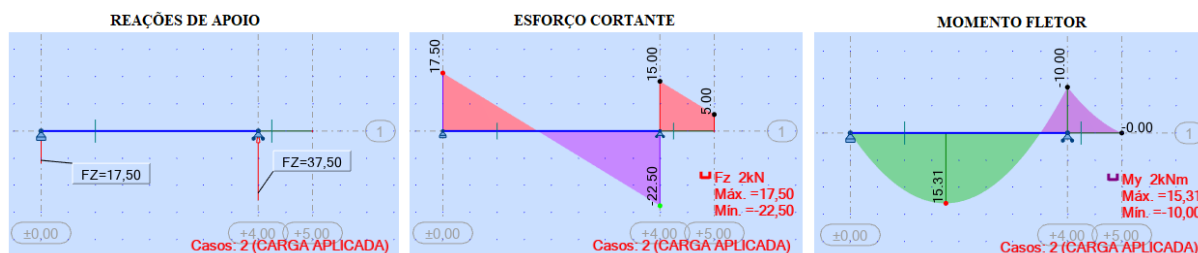


Figura 04:Reações de apoio, Diagramas de Momento fletor e Esforço cortante do Exemplo 06. Fonte: Adaptado pela autora, Manual Robot em Ação.

Agora, conforme a variação da seção da viga 20x30cm a cada 10 cm, na base e na altura, Figura 05, será observado qual o melhor efeito, de acordo com a Figura 06. Os resultados estão em mm e com três casas decimais pra uma melhor visualização.

Viga 20x30 (cm)

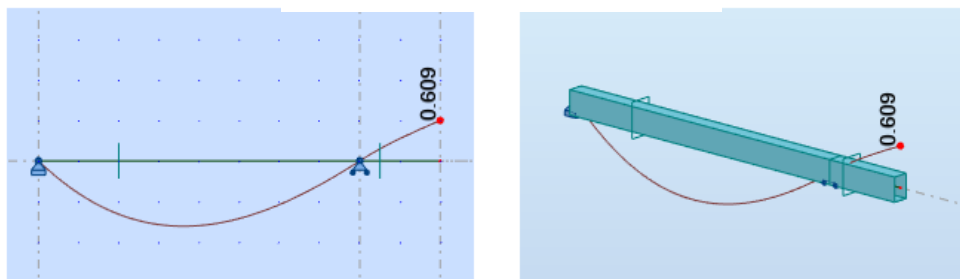
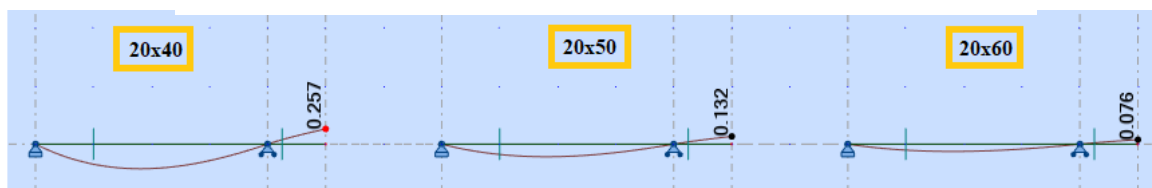


Figura 05:Deflexão da viga 20x30mm do Exemplo 06. Fonte: Autoria própria.

DESLOCAMENTO DA VIGA COM A SEÇÃO VARIANDO A ALTURA (cm)



DESLOCAMENTO DA VIGA COM A SEÇÃO VARIANDO A BASE (cm)

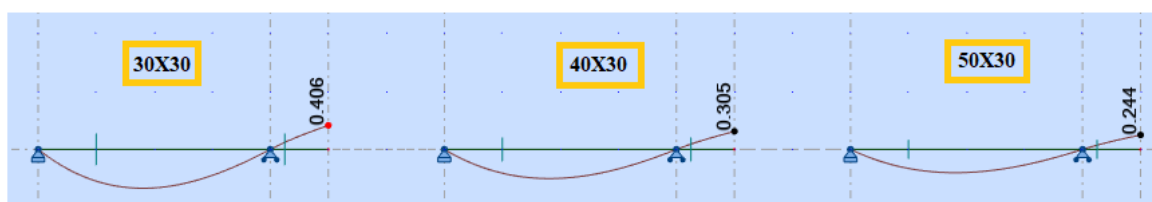


Figura 06:Deslocamento da viga conforme a variação da seção do Exemplo 06. Fonte: Autoria própria.

Neste exemplo, como observado, a variação faz com que o deslocamento diminua a cada acréscimo, na base ou altura, da seção. Mas pode-se analisar uma maior relevância em optar pela alteração da altura da viga, haja

vista que atingirá mais rapidamente o melhor deslocamento tendendo a zero e uma menor área de seção em relação a alteração da base. Então, são estas contribuições que o software agiliza no ensino/aprendizagem de uma visão mais crítica e analista do problema.

4.1. Perfil dos respondentes

Um total de 42 contas se cadastraram para adquirir o E-book Robot em Ação, entre os dias 15 de Maio de 2021, início da divulgação do site, até o dia 31 de dezembro de 2021, data final para análise da pesquisa. Entretanto, apenas 30 inscritos responderam ao questionário de avaliação, ou seja, 71,43% se comprometeram a avaliar.

Nesta seção para entender melhor o perfil dos entrevistados perguntou-se quais disciplinas estariam cursando e quais disciplinas os entrevistados já haviam cumprido, como mostra o Gráfico 01 a seguir. Como são perguntas de múltipla escolha os resultados fazem referência a quantidade de 30 respondentes. Então dentre os entrevistados 3,3% estavam cursando Mecânica Geral, 10% Resistência dos Materiais II, 6,7% Resistência dos Materiais I, 3,3% Mecânica das Estruturas I, 43,3% Nenhuma dessas respostas. Nas disciplinas em que os entrevistados já haviam cumprido 96,7% já cumpriram a disciplina de Mecânica Geral, 70% Resistência dos Materiais II, 93,3% Resistência dos Materiais I, 60% Mecânica das Estruturas I, e 16,7% Mecânica das Estruturas II.

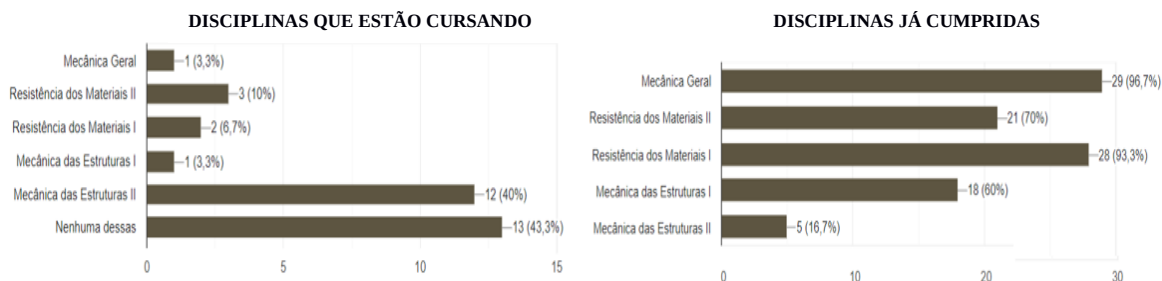


Gráfico 01- Grade curricular dos respondentes. Fonte: Dados da Pesquisa (2021)

Nesta mesma seção houve o interesse também de saber quais disciplinas os entrevistados já haviam repetido, no Gráfico 02 a seguir mostra o desempenho nas disciplinas, onde os respondentes informaram quantas vezes repetiram cada disciplina.

Em Mecânica Geral: 83,34% com nenhuma reprovação na disciplina, 10% reprovaram 1 vez, 3,33% reprovaram 2 vezes, 3,33% reprovaram 3 vezes; Resistência dos Materiais II: 86,67% não reprovaram, 10% reprovaram 1 vez, 3,33% ainda não cumpriram a disciplina; Resistência dos Materiais I: 73,33% não reprovaram, 16,67% reprovaram 1 vez, 10% reprovaram 2 vezes; Mecânica das Estruturas I: 86,67% não reprovaram, 3,33% reprovaram 1 vez, 10% não cumpriram a disciplina; Mecânica das Estruturas II: 60% não reprovaram, 13,33% reprovaram 1 vez, 26,67% ainda não cumpriram a disciplina.

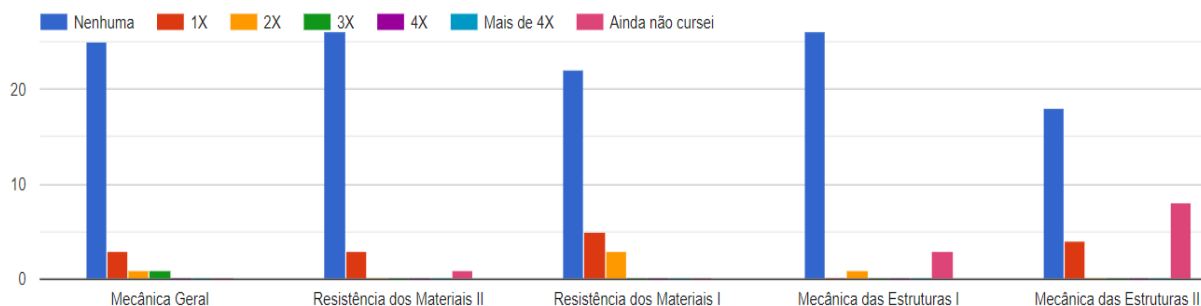


Gráfico 02- Desempenho nas disciplinas. Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Diante destas informações nota-se que a maioria dos participantes já tem uma familiaridade com as disciplinas, pois muitos já estão bem adiantados na grade curricular e que em geral houveram poucas reprovações. Mas, essas poucas reprovações se intensificaram na disciplina de Mecânica geral, onde, de fato é o primeiro contato com modelos estruturais, e consequentemente estas reprovações tornam a acontecer nas disciplinas que dependem de maior desempenho como Resistência dos materiais I e Mecânica das Estruturas II.

4.2 Materiais de apoio

Neste campo foi avaliado os materiais de apoio disponíveis para a utilização do software. A avaliação foi feita individualmente de cada material e também em conjunto, Vídeos/aulas/Manual. Nesta seção os questionamentos foram avaliados através de uma régua de respostas com pontuação de 1 a 5, onde 1 referência Péssimo e a pontuação 5 está graduada para uma avaliação Excelente.

4.2.1 Avaliação do manual elaborado

O manual foi o primeiro material de apoio a ser avaliado. Foram questionados sobre este material, como mostra o Gráfico 03, se a redação está de fácil compreensão (nota 5: 63,3%; nota 4: 30%; nota 3: 6,7%), se os assuntos acompanham uma organização de desenvolvimento (nota 5: 66,7%; nota 4: 23,3%; nota 3: 10%), e se as informações passadas tinham clareza (nota 5: 66,7%; nota 4: 26,7%; nota 3: 6,7%). Ainda sobre o manual em relação às imagens, foi perguntado sobre a resolução (nota 5: 63,3%; nota 4: 36,7%), e sobre o passo a passo das imagens se está de fácil entendimento (nota 5: 60%; nota 4: 36,7%; nota 3: 3,3%).

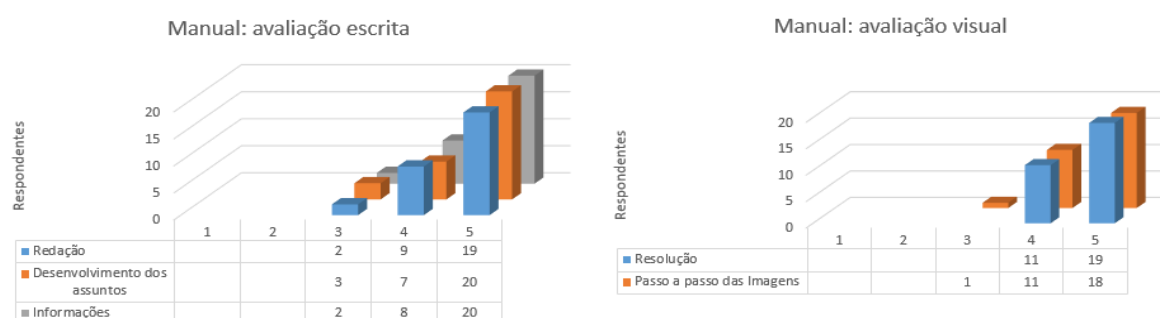


Gráfico 03: Avaliação escrita e visual do manual. Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Para concluir este item foi questionado se o manual seria suficiente como único material de apoio (nota 5: 43,3%; nota 4: 23,3%; nota 3: 30%; nota 2: 3,3%) e sua utilidade para o uso do software (nota 5: 66,7%; nota 4: 23,3%; nota 3: 10%), mostrado no Gráfico 04.

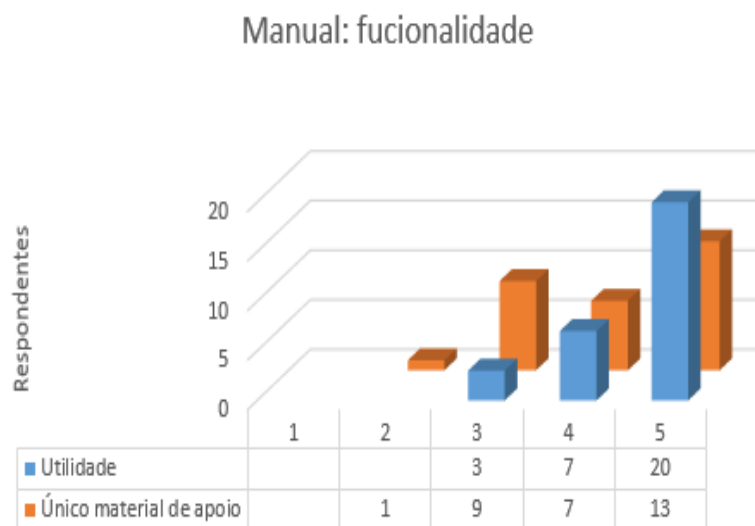


Gráfico 04: Funcionalidade do manual. Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

4.2.2 Avaliação das videoaulas

Em relação as videoaulas, foram avaliados os seguintes quesitos como mostra o Gráfico 05: a linguagem utilizada nos vídeos (nota 5: 63,3%; nota 4: 30%; nota 3: 6,7%), o passo a passo das explicações (nota 5: 66,7%; nota 4: 30%; nota 3: 3,3%), o tempo do vídeo (nota 5: 56,7%; nota 4: 26,7%; nota 3: 16,7%), a resolução (nota 5: 70%; nota 4: 30%), o áudio (nota 5: 56,7%; nota 4: 33,3%; nota 3: 10%), e a suficiência das videoaulas para a

utilização do software (nota 5: 60%; nota 4: 26,7%; nota 3: 6,7%; nota 2: 6,7%).

As videoaulas contam também com a avaliação conforme o engajamento na plataforma a qual foram indexadas. Os vídeos totalizaram 61 curtidas, 6 comentários e 530 visualizações, como mostra a Figura 07.

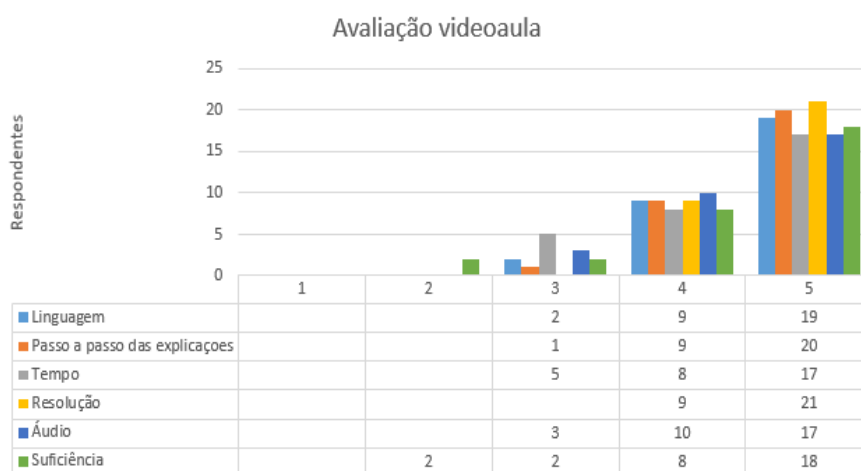


Gráfico 05: Avaliação videoaula. Fonte: Dados da Pesquisa (2021).



Figura 07: Comentário, curtida e visualização dos vídeos Robot em Ação. Fonte: Robot em Ação - YouTube

4.2.3 Avaliação do conjunto videoaulas e manual

Neste tópico que funcionou como um feedback, foram avaliados os materiais de apoio em conjunto. Sobre o Gráfico 06 temos uma régua de qualificação para avaliar, do “Extremamente útil” ao “Não é nada útil”, os materiais que foram fornecidos para utilização do software. Onde, 63,3% qualificam como muito útil, 30% consideram extremamente útil e 6,7% dos respondentes qualificaram como neutro a utilidade do combo.

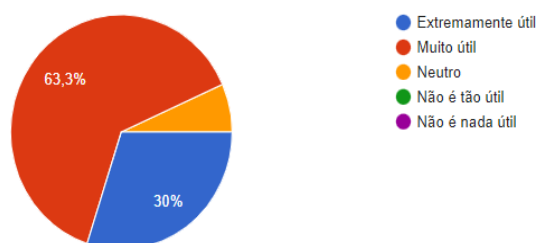


Gráfico 06: Utilidade do Combo. Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

E o quanto complementam um material ao outro numa régua graduada de 1 a 5, onde 5 seria o melhor desempenho e consequentemente 1 seria não tão bom assim, temos que 66,7% deram nota 5, 26,7% avaliaram com nota 4 e 6,7% com nota 3, mostrado no Gráfico 07 a seguir.

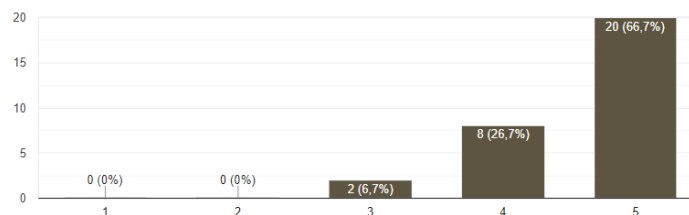


Gráfico 07: Complementação dos materiais (videoaulas e manual). Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Dentre os dois materiais de apoio, às videoaulas se classificam com 86,7% como o melhor material de utilidade para o uso do software, e consequentemente o manual atinge 13,3%, mostrado no Gráfico 08. Consideramos também a análise das visualizações, pois a plataforma YouTube contabiliza apenas os vídeos que são assistidos por completo, e num total de 530 visualizações consideramos muito boa contribuição.

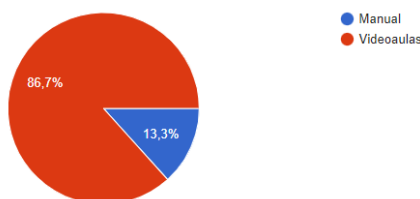


Gráfico 08: Melhor utilidade dentre os materiais de apoio. Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Analisando os resultados, os materiais de apoio (tanto o manual como as videoaulas) foram muito bem avaliados. Mas, as videoaulas sobressaíram como preferência na hora da prática. O favoritismo a videoaulas pode ser relacionado à facilidade do aprendizado por meio de demonstrações visuais, e quando comparado com as simulações, o software tem essa equivalência em proporcionar um melhor entendimento das disciplinas da Mecânica das Estruturas.

4.3 Software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional

Nesta seção a avaliação é sobre o software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional em si, a partir uma régua com níveis de concordância: discordo totalmente, discordo, neutro, concordo e concordo totalmente. O Gráfico 09 mostra o resumo das qualificações positivas que foram levantadas em relação ao Robot e o Gráfico 10 os questionamentos negativos. Foram recolhidas as seguintes informações em relação ao programa: Se é fácil de usar (discordo: 6,7%; neutro: 30%; concordo: 46,7%; concordo totalmente: 16,7%), se o programa tem uma interface agradável (neutro: 33,3%; concordo: 56,7%; concordo totalmente: 10%), se o sistema é bem integrado (neutro: 16,7%; concordo: 73,3%; concordo totalmente: 10%), as informações têm uma boa organização (discordo: 3,3%; neutro: 30%; concordo: 43,3%; concordo totalmente: 23,3%) e são claras (discordo: 3,3%; neutro: 26,7%; concordo: 60%; concordo totalmente: 10%), se o usuário tem confiança nos resultados apresentado pelo programa (discordo: 3,3%; neutro: 20%; concordo: 56,7%; concordo totalmente: 20%) ou se é um programa incoerente, inconsistente (discordo totalmente: 10%; discordo: 40% neutro: 30%; concordo: 20%). Assim como foi perguntado também se os discentes foram rápidos em aprender o programa (neutro: 33,3%; concordo: 53,3%; concordo totalmente: 13,3%) ou se o programa é complexo (discordo totalmente: 16,7%; discordo: 46,7%; neutro: 20%; concordo: 16,7%).

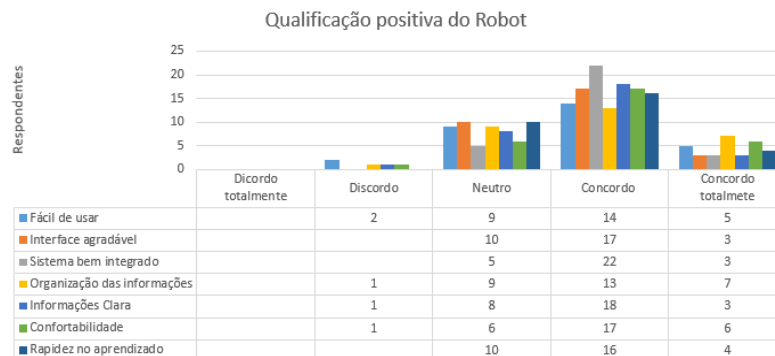


Gráfico 09: Qualificação positiva. Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

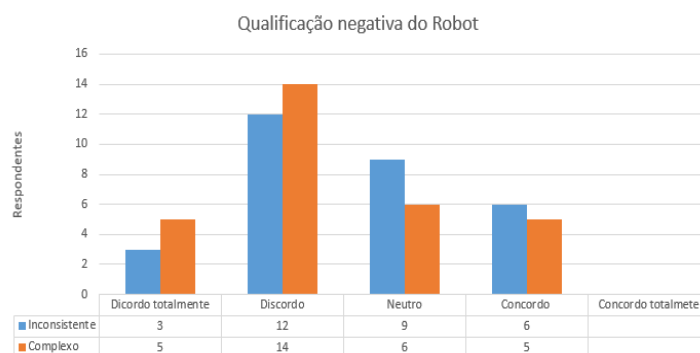


Gráfico 10: Qualificação negativa. Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

De acordo com as o levantamento da pesquisa o software teve uma avaliação muito boa, considerando a média entre as respostas “concordo” e “concordo totalmente”, mais de 50% das respostas concordaram positivamente com as qualificações sugeridas, e aos questionamentos negativos do programa também tiveram mais de 50 % de respostas em que discordavam com qualquer negativa em relação ao programa, ou seja, avaliaram positivamente o software. Sendo assim, as respostas tiveram muita coerência entre o que foi perguntado de forma negativa e positiva do programa, reafirmando a avaliação favorável.

4.4 Avaliação da influência do software no processo ensino/aprendizagem

Esta seção foi criada para justamente ser avaliado o quanto o software influenciou no ensino/aprendizagem dos discentes e consequentemente analisar o desempenho deles com o objetivo de alinhar os pontos positivos e negativos e permitir a continuidade do processo. As afirmativas de forma bem direta foram avaliadas por meio de uma régua graduada com pontuação de 1 a 5, onde 1 referia-se a pouquíssimo e 5 a muitíssimo. As perguntas estavam relacionadas ao quanto os discentes conseguiram assimilar os conceitos da Mecânica das Estruturas utilizando o software (nota 2: 3,3%; nota 3: 20%; nota 4: 33,3%; nota 5: 43,3%), o quanto o Robot seria utilizado como ferramenta para aprendizagem das disciplinas (nota 1: 3,3%; nota 3: 10%; nota 4: 36,7%; nota 5: 50%), sobre o nível de confiança do programa na resolução de exercícios (nota 1: 6,7%; nota 2: 20%; nota 3: 23,3% ; nota 4: 23,3% ; nota 5: 26,7%), e a chance de indicação do software para outros colegas (nota 3: 6,7%; nota 4: 40%; nota 5: 53,3%).

AVALIAÇÃO DO SOFTWARE NO ENSINO/APRENDIZAGEM

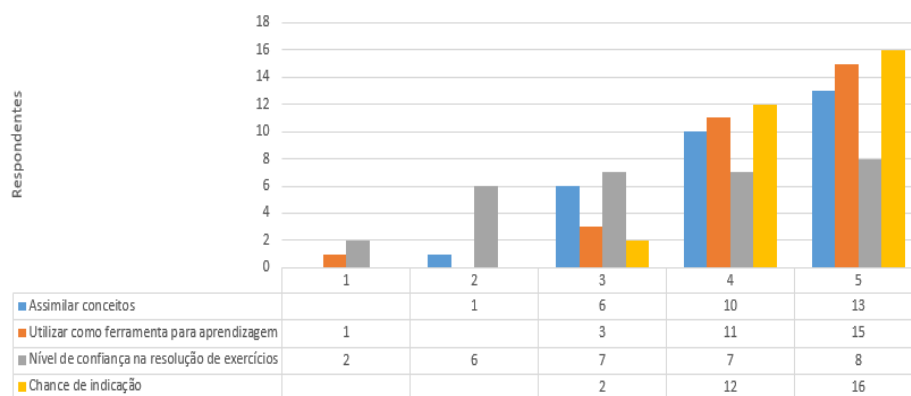


Gráfico 11: Avaliação do software no ensino/aprendizagem. Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Também foi feito uma autoavaliação do desempenho dos discentes onde eles avaliaram o nível de aprendizagem distribuído entre: excelente (33,3%), bom (50%), regular (16,7%), ruim e péssimo. E para saber qual o nível de entusiasmo, sabe o quanto essa vontade de querer utilizar uma nova ferramenta para os estudos os discentes classificaram como: excelente (30%), bom (46,7%), regular (23,3%), ruim e péssimo, conforme mostra respectivamente os Gráficos 12 e 13 a seguir.

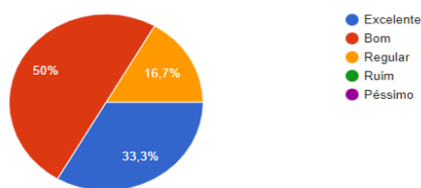


Gráfico 12: Nível de aprendizagem.
Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

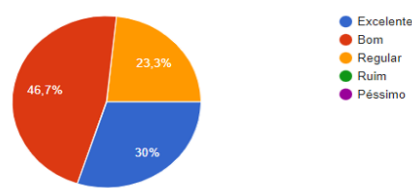


Gráfico 13: Nível de entusiasmo.
Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Para complementar a avaliação sobre o nível de entusiasmo investigou-se também o interesse a utilização deste programa em outras disciplinas onde eram classificadas as respostas como sendo de: muito interesse (46,7%), tenho interesse (43,3 %), Indiferente (6,7%), pouco interesse (3,3%), não tenho interesse. O Gráfico 14 apresenta estes dados.

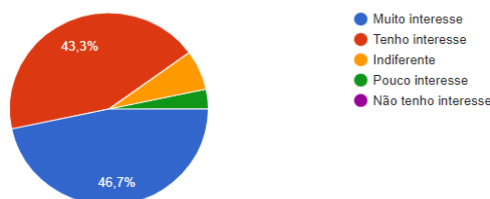


Gráfico 14: Interesse em utilizar o programa em outras disciplinas. Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

E para finalizar esta seção deixamos uma pergunta para que os respondentes deixassem de maneira mais clara a sua opinião sobre as expectativas da utilização do software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional para o ensino/ aprendizagem nas disciplinas. Algumas respostas obtidas conforme a opinião dos respondentes, enumerados de acordo com a ordem de resposta, como mostra a Figura 08.

Qual seria sua expectativa se fosse utilizado o software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional para o ensino/aprendizagem nas disciplinas?	"Expectativa muito boa, já que com a ajuda do software pode se ter uma interação mais clara com os exemplos repassados."
	Fonte: respondente 5
	"Facilitaria o entendimento do assunto que muitas vezes é de difícil compreensão por ser muito abstrato. Ajudaria bastante nas resoluções dos exercícios."
	Fonte: respondente 8
	"Muito grande, pois sua plataforma é bastante acessível e fácil de ser comparado com outros programas como, o Eberick, TQS ou Archicad."
	Fonte: respondente 13
	"A minha expectativa se dá de forma positiva, de modo em que o software em questão seria mais uma ferramenta para a compreensão dos conteúdos propostos na disciplina, seria um complemento fundamental."
	Fonte: respondente 19
	"O uso do software seria de grande ajuda na efetivação da aprendizagem, tendo em vista que executar exemplos se torna mais fácil observar e aprender."
	Fonte: respondente 25
	"Alta pois o programa permitiria ter uma melhor didática na hora da aprendizagem de conteúdos complexos."
	Fonte: respondente 27

Figura 08: Opções subjetivas dos respondentes. Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

No geral, o retorno foi positivo. As notas 4 e 5 atribuídas somam mais de 50% da satisfação dos respondentes em relação aos conceitos que conseguiram assimilar, a utilização do programa, a confiança na resolução dos exercícios e a indicação do programa, assim como foi avaliado com um bom desempenho na aprendizagem, e gera interesse em 90% deles em utilizar o programa em outras disciplinas. Isto fica mais claro quando as respostas subjetivas abrem espaço para a opinião, tendo em vista que os questionamentos anteriores tinham suas respostas limitadas.

5. CONCLUSÕES

Conforme o objetivo proposto em avaliar a utilização do software Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional como ferramenta auxiliadora no ensino/ aprendizagem, e diante do que foi mostrado ao longo do trabalho, considerou-se de acordo com os dados apresentados uma ótima avaliação do programa, assim

como os materiais de apoio que subsidiaram o seu uso. Os materiais didáticos evidenciam ter grande utilidade para o uso do software, principalmente as videoaulas como predileta dos respondentes. Embora a preferência do material de apoio seja as videoaulas, o manual não deve ser descartado, pois muitas dicas de configurações técnicas do programa, sistema de menu e navegação estão detalhados e isto não consta nas videoaulas, sendo os dois materiais complementares para perfeito uso.

A autoavaliação dos discentes a partir do seu próprio desempenho no nível de aprendizagem, mostra de forma clara a satisfação e o interesse em prosseguir com o uso do Robot em outras disciplinas. Pode-se então perceber que o Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional é um ótimo recurso para atender as dificuldades dos discentes, onde o software ensina na prática e consegue enxergar o que é passado em sala de aula de forma mais clara.

Como o propósito deste estudo foi atendido e é nítido a intenção de evolução dos discentes pretende-se construir novos meios de divulgações deste poderoso software, como por exemplo o projeto “Robot em Ação”, que visa auxiliar/ ensinar aos discentes a trabalharem com este recurso de apoio aos estudos e que futuramente pode se tornar o meio de trabalho profissional. O uso dessa ferramenta não apenas favorece o desenvolvimento nas atividades acadêmicas como também é adquirido conhecimento básico para utilizar outros programas profissionais, podendo tornar os futuros engenheiros mais preparados para o exercício da profissão.

6. AGRADECIMENTOS

A AUTODESK pela disponibilização gratuita do software para uso institucional, estudantes e educadores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTODESK. Autodesk Robot Structural Analysis Professional: BIM structural analysis software for engineers. 2021a. Disponível em: <www.autodesk.com/products/robot-structural-analysis/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>. Acesso em: 17 Abril de 2021.

AUTODESK. Autodesk Robot Structural Analysis Professional: BIM structural analysis software for engineers. 2021b. Disponível em: <[Comunidade Educacional da Autodesk | Software e recursos para estudantes, educadores e instituições educacionais](#)>. Acesso em: 17 Maio de 2021.

AZEVEDO, A. F. M. A utilização de software comercial no ensino universitário. In: Congresso Nacional de Mecânica Aplicada e Computacional, VI., 2000, Aveiro, **Anais [...]** Aveiro: Universidade de Aveiro, 2000, v.1, 6p.

BRANCHIER, H. S. **Contribuições dos softwares na aprendizagem de análise e cálculo de elementos estruturais**. 2017. 110 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2017.

CASTRO, L. C. L. Dicas e Truques do Robô Análise Estrutural no uso e para como NBR's. Autodesk, 2020. Disponível em: <[Dicas e Truques do Robô Análise Estrutural no uso e para como | da NBR Universidade Autodesk](#)>. Acesso: 10 Maio de 2021.

CARDIAL, R. Quer saber mais sobre Autodesk ROBOT Structural Analysis ?. Revit +, 2017. Disponível em: <[Revit +: Quer saber mais sobre Autodesk ROBOT Structural Analysis ? \(typepad.com\)](#)>. Acesso: 21 de Março de 2021.

CELESTINO, M. S.; VALENTE, V. C. P. Aplicabilidade e benefícios de softwares e simuladores em processos de ensino-aprendizagem. **Revista Educação Temática Digital**, v. 23, n. 4, p. 881-903, 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002.

JUCÁ, S. C. S. A relevância dos softwares educativos na educação profissional. **Ciência e Cognição**, v. 8, p. 22-28, 2006.

LANA, E. F. D.; MACHADO, N. L. R. A importância da utilização de softwares para a melhoria da metodologia de ensino. In: seminário nacional da formação de professores/UFSM, VI., 2015, Santa Maria. **Anais [...]** Santa Maria: UFSM, 2015. v. 6, 7p.

MARTHA, L. F. *Análise de Estruturas: conceitos e métodos básicos*. 2. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2017. 600 p.

MACHADO, C. A. G. S. M.; SILVA, A. F.; CARVALHO, D. F. A utilização de softwares no ensino e aprendizagem dos cursos de engenharia. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, v. 22, n. 2, p. 146-151, 2021.

NAZÁRIO, L. C. S.; BENTO, F. B. S. A importância do uso de softwares de gerenciamento de projetos na formação do aluno de Engenharia Civil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 54668-54677, 2020. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n8-035>

PASSOS, D. S.; VENEGA, V. 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, p. 2-18, 2017. <http://dx.doi.org/10.18605/2175-7275/cereus.v9nep2-18>.

RAMIRO, F. S.; ANDREATTA-DA-COSTA, L.; BERNARDES, J. A. Softwares educacionais – Seu uso e importância no ensino-aprendizagem dos alunos de engenharia civil. *In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, XLII., 2014, Juiz de Fora. **Anais [...] Juiz de Fora: IV COBENGE**, 2014, 31p.

SILVA, C. A. G.; SANTOS, E. L.; ANGELO, L. M.; OLIVEIRA, M. A. C. S.; MORAES, R. V. A utilização do Scrum como recurso educacional no processo de aprendizagem em Engenharia de Software. **Revista Eletrônica Engenharia Viva**, v. 3, n.2, p. 87-102, 2016.

SOARES, R. C. **Otimização de seções transversais de concreto armado sujeitas à flexão: aplicação a pavimentos**. 1997. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

SORIANO, H. L. *Estática das estruturas*. 4º ed, Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2014, 424p.