

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MECÂNICA DOS SÓLIDOS

DIDACTIC SEQUENCE FOR TEACHING SOLIDS MECHANICS

Francisco Kraemer¹, Flávio Kieckow²

Recebido: dezembro/2019 Aprovado: março/2020

RESUMO: No ensino das disciplinas de Mecânica dos Sólidos, nos cursos de graduação em Engenharia, utiliza-se poucos materiais didáticos com potencial significativo capazes de intervir na aprendizagem dos acadêmicos nas engenharias. Prevalece o ensino convencional em que os conteúdos são trabalhados teoricamente e com listas de exercícios exaustivas, favorecendo o processo de aprendizagem mecânica. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma sequência didática para o ensino de Mecânica dos Sólidos, com base na UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) sugerida por Moreira. A proposta integra metodologias ativas e atividades experimentais aplicadas ao conteúdo de torção mecânica. Neste artigo é apresentada uma breve base teórica, o desenvolvimento da UEPS e dados sobre a sua aplicação em sala de aula na Engenharia Mecânica. Os resultados indicam que o material didático e a metodologia utilizada contribuíram para a aprendizagem significativa do conteúdo abordado, que é fundamental para a formação profissional do engenheiro.

Palavras Chaves: Unidade de Ensino. Metodologias ativas. Experimentação.


ABSTRACT: In teaching the subjects of Solid Mechanics, in undergraduate courses in Engineering, few teaching materials with significant potential are able to intervene in the learning of academics in engineering. Conventional teaching prevails in which the contents are worked on theoretically and with exhaustive lists of exercises, favoring the mechanical learning process. This work presents the development of a didactic sequence for teaching Solid Mechanics, based on the UEPS (Potentially Significant Teaching Unit) suggested by Moreira. The proposal integrates active methodologies and experimental activities applied to the mechanical torsion content. This article presents a brief theoretical basis, the development of UEPS and data on its application in the classroom in Mechanical Engineering. The results indicate that the didactic material and the methodology used contributed to the significant learning of the content covered, which is essential for the professional training of the engineer.


Keywords: Teaching Unit. Active methodologies. Experimentation.

1. INTRODUÇÃO

Espera-se que os docentes, de um modo geral, estejam atentos às novas metodologias de ensino e às novidades pedagógicas, e estejam dispostos a desenvolverem produtos e metodologias educacionais que facilitem o ensino e a aprendizagem dos estudantes. No entanto, nas engenharias, em disciplinas profissionalizantes, predomina o ensino tradicional, ou seja, o conhecimento é transmitido por meio de metodologias expositivas, com resolução de muitos exercícios, deduções matemáticas e leituras.

Os professores atuantes, na maior parte, são excelentes profissionais engenheiros ou ótimos pesquisadores acadêmicos no campo da engenharia aplicada, mas não têm formação na

¹  <https://orcid.org/0000-0001-6266-0766> – Mestre/URI. Professor de Engenharia Mecânica na UNIJUI, Ijuí, RS, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Candido Freire, 74, CEP 98870000, Giruá, RS, Brasil. E-mail: francisco.kraemer@unijui.edu.br

²  <https://orcid.org/0000-0002-2702-6353> – Doutor/UFRGS. Professor da URI – Campus de Santo Ângelo, RS, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Afonso Pena, 1122, bairro Kurtz, CEP 98804-040, Santo Ângelo, RS, Brasil. E-mail: fkieckow@san.uri.br

área de educação, em docência. Não tem a didática necessária para expor o seu conhecimento. Essa realidade é um dos fatores que se reflete no baixo rendimento dos estudantes de engenharia no Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES). Segundo a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), aproximadamente 70% dos cursos de engenharia apresentam conceitos de 1 a 3 nas provas do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE), organizadas pelo INEP. Esse dado refere-se ao rendimento dos acadêmicos concluintes dos cursos de engenharia e o rendimento é considerado muito baixo, considerando que conceito varia de 1 a 5 (1 = mínimo e 5 = máximo). Quanto aos ingressantes nos cursos de engenharia, há um alto índice de evasão nos primeiros semestres, cerca 40 a 50% dos acadêmicos. Em pesquisa realizada por Kieckow, Liesenfeld e Freitas (2017), foi identificado, na opinião dos próprios acadêmicos, que 39% dos estudantes de engenharia não aprendem por causa da falta de didática e de aulas criativas por parte do professor. A pesquisa, dentre outras, aponta uma das causas dos problemas abordados nesse parágrafo - a evasão dos ingressantes e o baixo rendimento dos concluintes. Cabe um questionamento: os estudantes teriam melhor aprendizagem, maior motivação, se fossem adotadas novas metodologias de ensino?

Tendo em vista o problema apresentado, desenvolveu-se um produto educacional para buscar respostas ao questionamento da pesquisa. A proposta deste artigo é apresentar o material didático desenvolvido. Este material está no formato de Unidade de Estudos Potencialmente Significativa (UEPS), proposta por Moreira (2012), e fundamentada teoricamente na aprendizagem significativa de David Ausubel (2000).

Escolheu-se a disciplina de Mecânica dos Sólidos, por ser basilar nas matrizes curriculares das engenharias e fundamental para a formação do profissional engenheiro na área de projetos e no dimensionamento de componentes estruturais de produtos ou estruturas metálicas estáticas (BEER et al., 2013). Os acadêmicos com competência na área recebem atribuições profissionais do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA). No entanto, os estudantes apresentam grandes dificuldades de aprendizagem. A visão espacial das estruturas, dos carregamentos, a análise dos esforços, tensões e deformações, são um desafio.

Na sequência didática proposta, procura-se trabalhar com a aprendizagem significativa dos conteúdos por meio da realização de experimentos e da utilização de metodologias ativas na sua abordagem. O conteúdo abordará esforços de Torção Mecânica, que faz parte da ementa da disciplina de Mecânica dos Sólidos, cadeira obrigatória nos currículos das Engenharias.

2. BASE TEÓRICA

Em acordo com a teoria de Ausubel (2000), três aspectos são necessários para que a aprendizagem seja significativa: os conhecimentos prévios (subsunçores); os materiais educativos devem ter potencial significativo; e o novo conhecimento deve fazer sentido para o aprendiz, ter significado prático.

Dessa maneira, o trabalho segue a essência da aprendizagem significativa, ou seja, que seja estabelecida uma relação entre os novos conteúdos e conceitos com os conhecimentos prévios da estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel (2000) e Moreira (2011), afirmam que o desenvolvimento da aprendizagem significativa ocorre quando o novo se depara com

informações existentes na estrutura cognitiva do aprendiz e há uma reestruturação do conhecimento.

A teoria de Ausubel (2000) nos traz três formas de aprendizagem significativas, sendo elas: a aprendizagem subordinada, aprendizagem superordenada e aprendizagem combinatória. Essas formas de aprendizagem sustentam os princípios teóricos da aprendizagem realizada por diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Segundo Novak (1996), a diferenciação progressiva é derivada da aprendizagem subordinada em que se considera a teoria da assimilação e atribui-se que a aprendizagem se dá progressivamente através dos conceitos mais gerais por meio de uma diferenciação progressiva dos conceitos mais específicos. Dessa forma, a reconciliação integradora se defende nos princípios da aprendizagem subordinada e combinatória, integrando as conformidades entre os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva com o material didático a ser utilizado, possibilitando a reconciliação e semelhança dos conceitos existentes entre ambos.

A metodologia e o material didático que é utilizado pelo docente em sala de aula são de fundamental importância para determinar o processo de aprendizagem por diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Segundo Moreira (2012), a UEPS tem por objetivo, desenvolver a aprendizagem dos acadêmicos nas diversas áreas, por meio de materiais e sequências didáticas que tenham potencial significativo.

Um dos recursos utilizados na UEPS é a metodologia da sala de aula invertida (*Flipped Classroom*, em inglês), que é uma estratégia de aprendizagem ativa em que os estudantes têm o primeiro contato com o conteúdo antes da aula, sendo orientados a “processar” o aprendizado previamente (leitura, análise, problema ou outra atividade) (WALVOORD e ANDERSON, 1998). Nessa abordagem o professor utiliza mais tempo de aula para debates e compartilhamento do conhecimento em grupos de trabalho. Para Bergmann e Sams (2016), o que se diferencia é: “o que é feito em sala de aula, agora é executado em casa, e o que é feito como trabalho de casa, agora é realizado em sala de aula”.

Faz parte da abordagem da sequência didática o uso de atividades práticas por meio da experimentação. Feitosa de Andrade e Massabni (2011) definiram atividades práticas como “aquelas tarefas educativas que requerem do estudante a experiência direta com o material presente fisicamente, com o fenômeno e/ou com dados brutos obtidos do mundo natural ou social”. A ação do estudante deve acontecer por meio da experiência física. Para Gaspar e Monteiro (2005) as atividades experimentais de um conceito em sala de aula acrescentam ao pensamento do estudante elementos de realidade e de experiência pessoal que podem preencher uma lacuna cognitiva característica dos conceitos científicos e dar a esses conceitos a força que a vivência dá aos conceitos espontâneos. Além desse fator, há também a colaboração e a interação social proporcionada pela atividade experimental, seja aluno-aluno e/ou aluno-professor, que, de acordo com Vygotsky (2001, p. 329) “em colaboração, a criança se revela mais forte e mais inteligente que trabalhando sozinha”.

3. DESENVOLVIMENTO DA UEPS

A Sequência Didática foi desenvolvida com o intuito de contribuir para a aprendizagem significativa do conteúdo de Torção. Esta proposta foi estruturada para atender três aulas de 4 horas, totalizando 12 horas-aula. O material segue o roteiro elaborado por Moreira (2012), que propõe os oito tópicos a seguir:

1. Definição do tópico a ser abordado dentro das especificidades que a disciplina exige, inclusive com seus aspectos declarativos e procedimentais.

2. Criação de situação que leve o aluno a resgatar e expor seu conhecimento prévio, supostamente vinculado ao tópico em pauta (mapas conceituais, situações problemas, questionário, debate, etc.).

3. Proposição de uma situação problema em nível introdutório do conteúdo e que sirva de referência para a discussão do novo. A situação problema deve ser tal que convenha apenas para resgatar e ancorar o novo conhecimento, sem, contudo, expô-lo na íntegra.

4. Exposição do conteúdo objeto do estudo, levando em conta a diferenciação progressiva na perspectiva de Ausubel. A abordagem do conteúdo deve iniciar pelos aspectos mais gerais, incluindo exemplos de aplicação, até chegar ao aprofundamento do conteúdo.

5. Apresentação de uma síntese envolvendo os aspectos mais gerais e estruturantes do conteúdo. Nesse momento, como mencionado por Moreira (2011), deve-se considerar o conteúdo em um nível de complexidade maior, envolvendo situações problemas com grau maior e crescente de complexidade, incluindo novos exemplos e promovendo a reconciliação integradora, conforme proposto por Ausubel (2000).

6. A conclusão da unidade de ensino deverá proporcionar a continuidade no processo de diferenciação progressiva, de modo a retomar as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém, numa perspectiva integradora, buscando a reconciliação integrativa.

7. A avaliação da aprendizagem deve ser contínua, somativa e individual, estando relacionada a todas as ações desenvolvidas pelos alunos durante a implementação da UEPS. Essa avaliação deve conter questões que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência.

8. A avaliação da UEPS deve ocorrer mediante análise do desempenho dos alunos e de indícios de que ocorreu uma aprendizagem significativa. Moreira destaca que a aprendizagem significativa é progressiva, portanto, nessa etapa, o objetivo é a busca de evidências, e não de comportamentos finais.

Com base nesses oito passos proposto por Moreira (2012), construiu-se a UEPS apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: UEPS para o ensino de torção em Mecânica dos Sólidos.

Etapa	UEPS	Atividades	Aulas (horas)
1	Avaliação diagnóstica	Assinatura do TCLE. Mapas conceituais	1ª (4h)
2	Conhecimentos prévios: Discussões sobre situações reais de engenharia na qual se tem presente esforços e tensões de torção envolvidas em produtos.	Vídeo AGCO Vídeos Situação Real de um implemento agrícola.	
3	Situação-problema: Análises e discussões, individuais ou em grupos, sobre pontos de esforços de torção visualizados nos vídeos das máquinas e implementos agrícolas.	Análise dos esforços e deformações presentes, na situação problema dos implementos agrícolas	
4	Diferenciação progressiva: Essa etapa será realizada por meio da aula invertida, na qual o conteúdo será enviado antecipadamente.	Aula invertida (metodologia ativa).	2ª (4h)
5	Aprofundamento do conteúdo: Nessa etapa será discutido e aprofundado o conteúdo da aula invertida, e realizado atividades experimentais em um protótipo educacional (KRAEMER e KIECKOW, 2018)	Utilização de protótipo educacional em atividade experimental, simulando esforços de torção.	
	Situação-problema 2: Resolução de um caso real de aplicação de componente tubular de parede fina, em um implemento agrícola.	Situação problema de um tubo de um escarificador em esforços de torção. Vídeo de situação real.	
6	Integração reconciliadora: Nessa etapa será incluso, a partir dos conhecimentos já existentes, novos conceitos sobre sistemas de potência em eixos mecânicos de transmissão.	Aula invertida: Conteúdos e exercício aplicado individualmente. Apresentar na forma manuscrita.	3ª (4 h)
	Atividade de fechamento: Para fechar o conteúdo proposto, será apresentado e debatido pelos alunos os resultados das situações problemas que foram propostas.	Problema integrador em grupos de trabalho. Discussão das soluções.	
7	Avaliação da Somativa: Avaliação individual dos conteúdos envolvidos na UEPS.	Mapas conceituais e Avaliação de conteúdo	
8	Avaliação da UEPS aplicada	Questionário	

Fonte: Autoria Própria.

4. CONCLUSÕES

Diante do exposto e mediante a aplicação da sequência didática em sala de aula, constatou-se que a proposta agradou os alunos, motivando-os a participar da aula, tanto com as atividades prévias, quanto com as presenciais, levando-os a se envolver com a sua aprendizagem e serem ativos nesse processo.

A sequência didática proposta é de fácil aplicação em sala de aula e compreensão acessível por parte do estudante. O material produzido para a disciplina de Mecânica dos Sólidos mostrou ter potencial para a aprendizagem significativa. Ainda integra a unidade de ensino a proposta do uso da aula invertida como metodologia ativa, assim como o uso de atividades experimentais para sentir e visualizar os esforços mecânicos de torção, bom como para medir e calcular as deformações e tensões, respectivamente, no simulador. A prática experimental

permite também a interação e o compartilhamento do conhecimento entre os estudantes, se a experimentação for realizada em grupos, ou entre o professor e o estudante no caso de demonstração, potencializando a aprendizagem, de acordo com Vygotsky.

A unidade de ensino, foi estruturada para permitir a aplicação dos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integradora, fundamentais para a Aprendizagem Significativa, segundo Ausubel.

Por fim, esse trabalho tem grande potencial de impacto no ganho de aprendizagem dos estudantes, bem como no potencial dos produtos educacionais para a aprendizagem, estimulando a busca por novas metodologias que agreguem inovação e que possam transformar o campo pedagógico, principalmente nas engenharias, onde há uma carência de materiais didáticos que possam atender as necessidades de transformação da docência nos tempos atuais, assim como da sala de aula, considerando isso como a base para o desenvolvimento dos novos profissionais e o fundamento para o desenvolvimento tecnológico do nosso país e da nossa sociedade.

5. REFERÊNCIAS

AUSUBEL; David Paul. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa, 2000.

BEER, Ferdinand Pierre et al. **Estática e mecânica dos materiais**. Edição. ed. AMGH. 2013.

BERGMANN, J.; SAMS, A. Flip your classroom: reach every student in every class every day. Eugen, Oregon: International Society for Technology in Education, 2012

FEITOSA DE ANDRADE M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação** (Bauru), V. 17, n. 4, 2011.

GASPAR A.; MONTEIRO, I.C.C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, V10 (2), pp. 227-254, 2005.

KIECKOW, F.; LIESENFELD, J.; FREITAS, D.B. Ferramentas de aprendizagem significativa para o ensino de engenharia. XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, COBENGE, 26 a 29 de setembro de 2017, Joinville/SC.

KRAEMER, F. A.; KIECKOW, F. **Protótipo educacional para atividades experimentais de mecânica dos sólidos**. III Mostra Gaúcha de Produtos Educacionais, 13 e 14 de novembro de 2018, UPF.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA. Marco Antônio. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. 2012. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>> Acesso em 10 de junho. 2018.

NOVAK, J. D.; GOWIN, B. D. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WALWOORD, B.E.; ANDERSON, V.J. **Effective grading: a tool for learning and assessment**. San Francisco: Jossey-Bass, 1998.