



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Uma proposta pedagógica para o ensino na engenharia, de flexões de estruturas em Resistência dos Materiais

A pedagogical proposal for teaching in engineering, of flexing structures in Strength of Materials

Gutemberg Torquato dos Santos¹

Dr^a. Miriam Ines Marchi²

Dr. Italo Gabriel Neide³

¹Engenharia Elétrica – Universidade São Judas Tadeu – gutemberg.santos@universo.univates.br

¹Doutorado em Química – Universidade Federal Santa Maria – mimarchi@univates.br

¹Doutorado em Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – italo.neide@univates.br

Finalidade: a proposta consiste numa sequência didática que objetiva simplificar a análise das forças externas em um corpo, tema de estudo da unidade curricular Resistência dos Materiais na engenharia. A ideia central é proporcionar ao docente uma experiência inovadora de ensino, utilizando um recurso tecnológico de forma direta na resolução, no traço dos diagramas e nas análises. Ela poderá proporcionar praticidade, simplicidade e dinamismo na aula, ante ao formato tradicional das aulas, baseado no tripé professor x lousa x aluno. O recurso tecnológico é o *software* livre (gratuito), o GeoGebra, capaz de simplificar e otimizar o ensino, tradicionalmente complexo das flexões em estruturas (vigas, eixos, colunas, pilares).

Contextualização

Este produto é resultado de uma pesquisa acadêmica do programa de mestrado em ensino de ciências exatas da Univates. Trata-se de uma sequência didática, elaborada e realizada durante o desenvolvimento da pesquisa. O cerne do trabalho foi uma análise minuciosa e aprofundada de como o GeoGebra poderia contribuir no processo de ensino do conteúdo de flexões em estruturas, na disciplina de Resistência dos Materiais, no curso de engenharia. A estratégia de ensino diferenciada, proporcionou aos acadêmicos uma visão mais ampla das influências, tendência, comportamentos, reações e propriedades de corpos e elementos, utilizando o software GeoGebra, como recurso tecnológico. O grupo de acadêmicos que participaram, foram os alunos da turma do 3º semestre do curso das Engenharias do período noturno. Essa turma que compõe as engenharias civil, mecânica e elétrica, é unificada por ser base comum curricular até o 4º semestre. Trata-se do curso de graduação bacharelado com duração total de 10 semestres, 5 anos.

Durante o desenvolvimento e realização da pesquisa, todos foram surpreendidos com uma pandemia de larga escala, o COVID-19, corona vírus. Isso fez com que as aulas fossem realizadas de forma virtualizadas síncronas, por meio de transmissões ao vivo, via *internet*. A plataforma utilizada para essas aulas, o *Google Meet*,¹ permite a interação direta com os alunos de forma simultânea e em tempo real, por meio de áudio, vídeo e até mesmo por meio de compartilhamento de telas, além de funcionar em diversos dispositivos (computador, *smartphone*). Assim, os encontros realizados, tiveram o formato das aulas virtualizadas síncronas, com proposta de exercícios e correções, apresentações de arquivos de *slides*, vídeos, imagens e com a vantagem de serem gravadas. Os vídeos de todos os encontros foram disponibilizados no *ClassRoom*.² Isto foi de grande utilidade, uma vez que durante os estudos individuais, dos alunos, em horário peculiar, teriam acesso aos materiais e conteúdos trabalhados nas *lives*.

¹ <https://meet.google.com/>

² <https://classroom.google.com/u/3/w/NjE3NDE2ODk4NDda/tc/ODUxMjU3MTg2MDNa>

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Objetivos

Os objetivos dessa sequência didática consistem principalmente em proporcionar ao docente uma forma mais dinâmica e interacionista de ensino flexões em estruturas, em resistência dos materiais na engenharia, mais especificamente na análise de estruturas, por meio de diagramas (curvas de funções), subsidiado por um recurso tecnológico, o GeoGebra.

O presente produto educacional tem os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Simplificar o ensino nas resoluções de problemas de flexões de estruturas;
- ✓ Promover maior interesse e interação aos alunos;
- ✓ Dinamizar as aulas proporcionando uma boa experiência por meio do GeoGebra;

Detalhamento

A intervenção pedagógica proposta para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizada por meio de uma sequência didática sistematizada, prevista inicialmente em 7 encontros, com duração de 1h30 cada.

Não é possível proceder com a utilização deste produto educacional, ensino de flexões o GeoGebra nesta sequência didática sem que antes os alunos não tenham previamente o conhecimento dos conceitos de flexões de estruturas, momento fletor, força cortante (cisalhante) e suas respectivas representações por meio de diagramas (curvas/gráfico em plano cartesiano $X - Y$). Em seguida, recomenda-se contextualizar os alunos dos objetivos que se pretende alcançar com esta sequência didática.

Na intervenção realizada, explicou-se a teoria de flexões de estruturas, da disciplina Resistência dos Materiais, que consistia nos fundamentos e conceitos de estruturas sob influência de carregamento externo. Sabe-se que todo e qualquer elemento estrutural, quando carregado por forças externas, reagem e com isso apresentam determinados comportamentos (deformação, fadiga, colapso, forças internas - flexão, compressão, tração), passivos de análise. Um deles é o momento fletor. Assim, estruturas, ao receber carregamentos, tendem a fletir (flexão do elemento ao longo de seu eixo longitudinal). Essa flexão pode ser calculada, de modo

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

a obter o dimensionamento adequado da estrutura. O cálculo consiste em desenvolver equações do momento, em função do comprimento. Essas funções resultam em diagramas (curvas das funções) no plano cartesiano X – Y. Os diagramas são representações gráficas dos esforços internos das estruturas, submetidas à forças externas. Há uma considerável dificuldade por parte dos alunos na interpretação e compreensão dos gráficos, bem como na construção das funções e sua manipulação matemática (derivada primeira da função). Mediante o GeoGebra, é possível simplificar o ensino desse conteúdo e dos concatenados, de modo facilitar o entendimento dos acadêmicos.

O *software* GeoGebra pode ser acessado em computadores e *smartphones* e assiste no cálculo de derivada da função, gerando outra função de menor grau, e também traçar as curvas, denominadas Diagrama da Força Cortante e Diagrama do Momento Fletor (DFC e DMF).

Esta sequência didática, pode ser iniciada com a apresentação do GeoGebra, apresentando as principais funções, comandos, menus, por intermédio de exercícios de modo a proporcionar aos alunos a oportunidade de manuseá-lo e operá-lo. Adiante, uma proposta de roteiro de aula para esta exploração inicial do GeoGebra.

ROTEIRO 1

Curso: Engenharia **Disciplina:** Resistência dos Materiais

Semestre: **Duração:** **Prof:**

TEMA: Explorando algumas funções do GeoGebra.

OBJETIVO: Disponibilizar e apresentar aos alunos o programa GeoGebra; Conhecer as principais funções e recursos do GeoGebra; Identificar o nível de domínio dos alunos no conhecimento de polinômios.

METODOLOGIA: Aula expositiva e dialogada com o uso de *slides* para apresentação da proposta. Preenchimento de questionário.

CONTEÚDO: Conceitos e fundamentos de polinômios, função e equação de 1^a, 2^a e 3^a ordem; Curva de gráficos de funções (crescente, decrescente e parábola)

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

AVALIAÇÃO: Observação do desenvolvimento, interação e realização da atividade proposta. Possivelmente identifique-se facilidade ou dificuldade dos alunos, durante a realização da atividade.

Acessar o GeoGebra e entrar com a função: $ax^3 + bx^2 + cx + d$. Utilizando os ‘deslizadores’ “a”, “b”, “c” e “d” altere os seus valores entre o mínimo e o máximo (manual ou automaticamente). Observe o comportamento e as características da curva e explique cada alteração da curva nas possibilidades:

Possibilidade	1	2	3	4	5
Variações	a, b, c = 0	a e b = 0	a = 0	a e b = 0, c = negativo	a e b = 0, c = positivo

Possibilidade	6	7	8	9
Variações	a = 0, b = negativo	a = 0, b = positivo	a = negativo	a = positivo

Outros exemplos de funções trabalhadas.

1. $f(x) = a \cdot x + b$
2. $f(x) = a \cdot x^2 + b \cdot x$
3. $f(x) = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$
4. $f(x) = a \cdot x^2 + b \cdot x^2 + c \cdot x$

Este roteiro permite obter uma percepção do interesse, envolvimento e nível da “alfabetização digital” dos alunos. Certamente norteará as demais atividades e possibilitará assertividade nas diretrizes de condução das aulas, deste produto educacional.

Após os estudantes conhecerem e estarem um pouco familiarizado com o GeoGebra pode seguir com o segundo roteiro. Consiste na proposta de uma situação-problema que

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

aproxima o aluno da engenharia a um cenário de construção real. As atividades devem ser resolvidas e desenvolvidas durante a aula.

ROTEIRO 2

Curso: Engenharia **Disciplina:** Resistência dos Materiais

Semestre: **Duração:** **Prof:**

TEMA: Situação-problema para análise e estudo de flexões de estruturas.

OBJETIVO: Identificar o conhecimento dos alunos na dedução e desenvolvimento de expressões matemáticas (conceitos trabalhados previamente em sala de aula), da situação problema proposta referente à flexão de vigas;

METODOLOGIA: Aula expositiva e dialogada. Leitura e interpretação da situação problema proposta.

CONTEÚDO: Interpretação de problema, flexão de vigas em uma situação prática, dedução e levantamento de curvas (funções polinomiais).

AVALIAÇÃO: Observação do desenvolvimento, interação e realização da atividade proposta. Certamente seja notório o domínio e nível de entendimento dos alunos durante a realização dessa atividade.

Você foi contratado para projetar a estrutura de sustentação do telhado de uma igreja. Uma das vigas, além de sustentar uma força peso correspondente a **X** telhas, com massa de **Y** kg cada, distribuídas nessa viga uniformemente constante (carregamento “retangular”), também haverá a solicitação de esforços para sustentação de 2 caixas de som de massa **Z** kg cada uma, a serem fixadas na viga, por cabos de aço. As caixas serão fixadas nos pontos centrais de cada metade da viga, suspensas por um cabo de aço. Foi realizada uma visita técnica na obra, e obteve-se a medida do vão, que vale **Y** m. A viga é de concreto armado. (Obs.: de modo a evitar a transcrição da solução entre os alunos, as variáveis dependerão do número de RA. Para o presente exemplo os valores de X, Y e Z serão 120, 32 e 50, respectivamente.)

➤ $X = (5 \cdot \sum_H^A RA) + A$

➤ $Y = (\sum_H^A RA) + B$

➤ $Z = 4 \cdot Y$

Escreva seu RA							
H	G	F	E	D	C	B	A

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Prerrogativas:

- ✓ Desconsiderar o peso da viga;
- ✓ Considerar aceleração da gravidade igual a 10m/s^2 ;
- ✓ Utilizar aproximação de 3 casas decimais nas respostas;
- ✓ Para solução será necessário o uso do programa GeoGebra no *smartphone* ou *laptop*;
- ✓ Todas as etapas deverão ser registradas em formato de imagens (*printscreen*) e identificadas pelo nome e enviadas digitalmente;

Questão: Desenvolva a função do momento fletor nos trechos necessários.

A referida proposta constitui-se em elaborar a expressão matemática representativa do momento fletor, em função do comprimento (variável x). A resolução desta atividade, dedução das funções, incide na inferência de que o aluno tem competência de interpretação do problema e bom conhecimento na elaboração de expressões matemáticas (polinômios). Dessa forma, propicia as condições necessárias no desenvolvimento das próximas atividades de tracejado dos diagramas, análise desses diagramas, visualização gráfica das influências de um carregamento. Impressão de forças internas em decorrência das forças externas.

Após o desenvolvimento das expressões e deduções das funções pertinentes, encaminha-se para a finalização da sequência didática, com a realização da última atividade, que é traçar os diagramas dessas funções, bem como de suas respectivas derivadas e analisá-los. Adiante o roteiro para este objetivo.

ROTEIRO 3

Curso: Engenharia

Disciplina: Resistência dos Materiais

Semestre:

Duração:

Prof:

TEMA: Resolver a situação-problema no GeoGebra.

OBJETIVO: Identificar os conhecimentos dos alunos na análise e estudo de flexões em vigas para compor os diagramas das forças; Interagir com o GeoGebra por meio da

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

manipulação de funções (1º, 2º e 3º grau); Analisar o comportamento das curvas de cada expressão.

METODOLOGIA: Utilização e manipulação do GeoGebra para realização das atividades.

CONTEÚDO: Análise de esforços de viga pelo método das seções; Elaboração dos diagramas do momento fletor (DMF) e da força cortante (DFC).

AVALIAÇÃO: Observação do desenvolvimento, interação e realização da atividade proposta com o manuseio do GeoGebra. Cada aluno deverá ter plena capacidade de obter as curvas e resolver as equações deduzidas.

1. Escreva no GeoGebra (Calculadora Gráfica) cada função obtida por meio do seguinte comando: *Função* (<função>, <valor inicial>, <valor final>). Analise o gráfico e obtenha os valores do momento máximo e sua posição.

$M_{\text{máx}}$: _____ kN.m | x : _____ m. $M(x_1)$: _____ kN.m | $M(x_2)$: _____ kN.m

2. Escreva no GeoGebra a função derivada do momento (força cortante) por meio do seguinte comando: *Função* (DerivadaNumérica (<Função>), <Valor de x Inicial>, <Valor de x Final>). Obtenha do gráfico os valores da força cortante nas extremidades.

	Cortante V (x inicial)	Cortante V (x final)
Curva 1		
Curva 2		
Curva 3		

3. Há continuidade na curva da força cortante? Explique.
4. Alguma curva cruza o eixo de X? () SIM | () NÃO.
Se sim, em qual ponto? _____ m.

Após a resolução dessas questões do roteiro proposto, deverá ser possível inferir a evolução dos alunos no entendimento do conteúdo e também o alcance dos objetivos dos

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

roteiros, com isso, analisar as dificuldades e facilidades durante o desenvolvimento das atividades. É importante correlacionar a resolução dessa forma, subsidiado pelo GeoGebra, com o formato tradicional, extensos e densos cálculos. Uma análise do comparativo dos dois métodos potencialmente implicará em bons resultados.

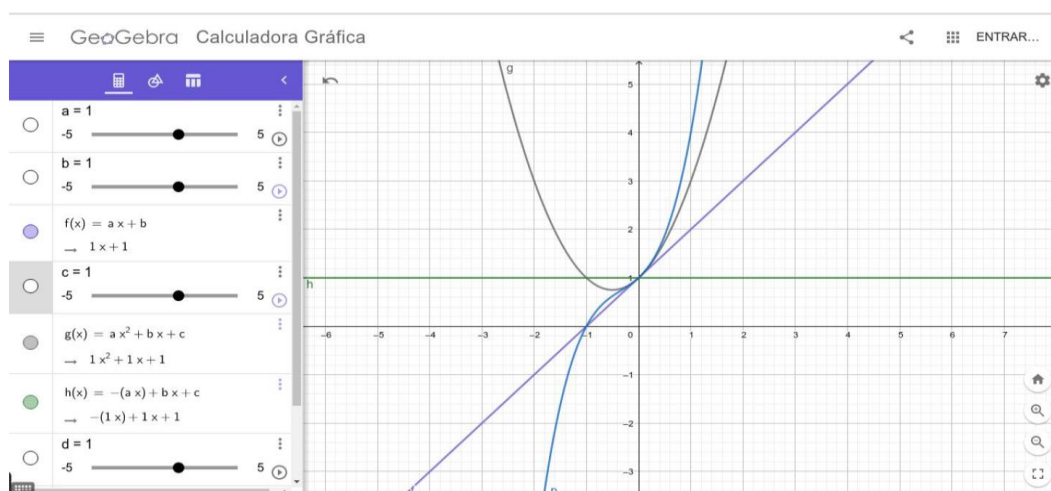
Resultados obtidos

A intervenção pedagógica foi realizada em uma turma do 3º período do curso bacharel em engenharia e iniciou-se com um formulário com o objetivo de contextualizar os estudantes da situação-proposta a ser proposta, que pode ser substituído por uma breve explanação. Tais questões, são as diretrizes norteadoras das ações de como se sucederá a sequência didática.

Inicialmente, foi proposta uma atividade que proporcionaria o manuseio do GeoGebra, como mencionado anteriormente, permitindo assim uma familiarização com o *software*. De forma geral, grande maioria dos alunos obtiveram sucesso e conseguiram ‘entrar’ com o polinômio proposto e o GeoGebra apresentou as curvas de acordo com as possibilidades, conforme ilustrado na Figura 1, apresentado por um dos alunos participantes.

Figura 1 - Imagem *print* com resultado de exercícios realizados.

1. Função crescente de 1º grau que forma uma reta perpendicular.
2. Função de 2º grau crescente que forma uma parábola.
3. Função que origina uma reta paralela a x.
4. Forma uma curva por ser uma função de 3º grau.

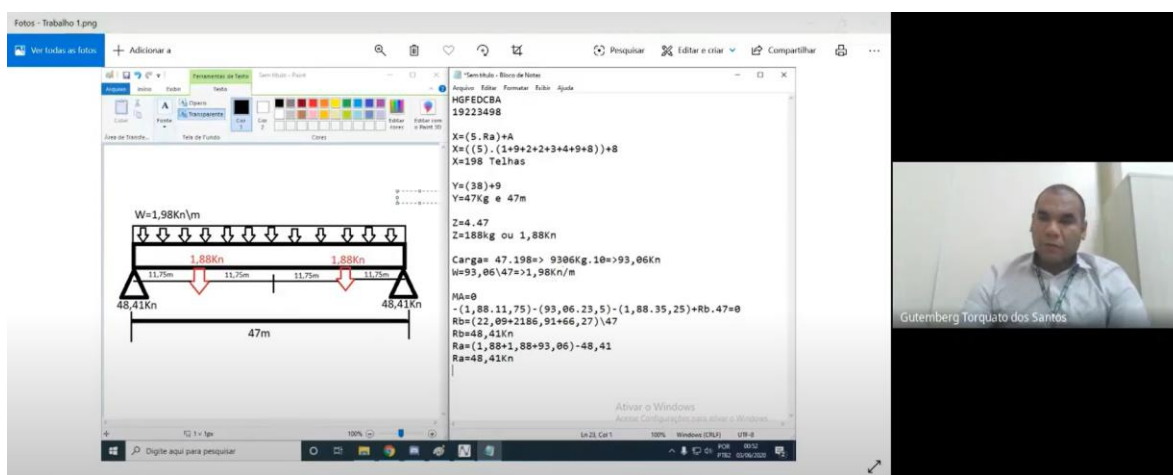


Fonte: O autor, 2020; extraído do *Google Classroom*.

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Na sequência, o roteiro apresenta uma situação-problema para explorar junto aos participantes, o tema flexões de estruturas. Versava em analisar e interpretar o problema, para elaborar (deduzir) uma expressão matemática representativa do momento em função da distância. Os alunos obtiveram as respectivas funções (Figura 2) após a explicação detalhada de toda a teoria, com a orientação do professor resolvendo exercícios e questões durante as aulas iniciais.

Figura 2 – Um dos alunos compartilha sua tela contendo o desenvolvimento do cálculo de dedução das funções do momento.

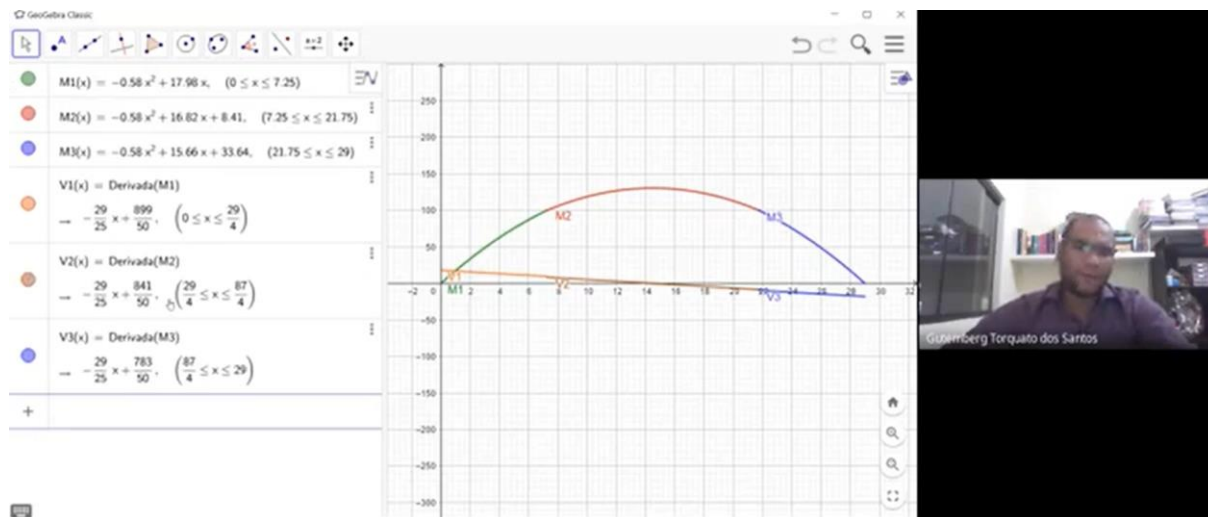


Fonte: O autor, 2020; extraído do *Google Classroom*.

De forma geral, os estudantes tiveram dificuldades na interpretação do problema. Em um dos encontros, externalizaram suas dúvidas, quando o professor percebeu a necessidade de reforçar os conceitos teóricos trabalhados anteriormente. Sucedeu que após esse reforço, os acadêmicos tiveram sucesso na interpretação e resolução da situação-problema para então

proceder com a inserção das funções e expressões no GeoGebra, de modo a obter as curvas e realizar as análises (Figura 3).

Figura 3 – Diagramas (curva das funções e suas derivadas) sobrepostos.



Fonte: O autor, 2020; extraído do *Google Classroom*.

O uso do recurso tecnológico implicou numa simplicidade e facilidade na compreensão dos conceitos de flexões em estruturas, devido à visualização e interação no GeoGebra. Os alunos participantes, ao final da prática pedagógica reconheceram e admitiram que o software de fato potencializou o entendimento de forma mais rápida.

Referências

AMADO, Nélia Maria Pontes; CARREIRA, Susana Paula Graça. **Recursos Tecnológicos no Ensino e Aprendizagem da Matemática**. IN: Explorando a Matemática com Aplicativos Computacionais - Anos Iniciais do Ensino Fundamental. Orgs. Maria Madalena Dullius, Marli Teresinha Quartieri. Lajeado: Ed. da Univates, 2015.

BEER, Ferdinand Pierre. [et al.] **Mecânica dos Materiais**, 7ª Ed. [tradução José Benaque Rubert] - Porto Alegre: Editora AMGH. 2015.

BORBA, Marcelo C.; VILLARREAL, Mónica E. **Humans with Media and the Reorganization of Mathematical Thinking** United States of America: Springer, 2004.

CARVALHO, Anna Cristina Barbosa Dias de; PORTO, Arthur José Vieira; BELHOT, Renato Vairo. **Aprendizagem Significativa no Ensino de Engenharia**. Revista PRODUÇÃO - USP/São Carlos-SP. v. 11 n.1, nov. 2001.

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

CHAVES, Eduardo O. C. **Tecnologia na Educação**. Revista de Educação, PUC-Campinas, v-3, n. 7, p. 29-43, novembro 1999.

CHEMIN, Beatris F. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 3. ed. Lajeado: Univates, 2015. E-book. Disponível em: <http://www.univates.br/biblioteca>. Acesso em: 13 mar. 2019.

DAMASCENO, Handherson Leylton Costa. **Os tablets chegaram: as tecnologias móveis nas escolas de Salvador/Bahia**. 2014. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. 10 ed. São Paulo: Autores Associados, 2015.

HOHENWARTER, Markus. **GeoGebra - informações**. Disponível em: https://www.geogebra.org/help/docupt_BR.pdf. Acesso em 28 nov. 2019.

HIBBELER, Russel C. **Resistência dos Materiais**. 10 ed. [tradução Sérgio Nascimento] - São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

LEITE, Bruno Silva. **Tecnologias no ensino de química: teoria e prática na formação docente**. 1 ed. Curitiba, Appris, 2015.

MORAN, José Manuel. **Integrar as tecnologias de forma inovadora. In: Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. Papyrus, 21. ed., p.36-46, 2013. Disponível em: http://www.eca.usp.br/prof/moran/site/textos/tecnologias_eduacao/utilizar.pdf. Acesso em: 24 nov. 2019.

MORAN, José Manuel. **Novas tecnologias e o reencantamento do mundo**. Tecnologia educacional, v. 23, n. 126, p. 24-26, 1995.

NEIDE, Italo Gabriel. [et al.] **Percepções dos professores sobre o uso do software *Modellus* em uma experiência de modelagem**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.36, n.2, p. 567-588, ago. 2019.

PIETROCOLA, Maurício. **Construção e Realidade: O Realismo Científico de Mário Bunge e o Ensino de Ciências através de Modelos**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 4, n. 3, p. 213-227, 1999.

PRENSKY, Marc. **Digital Natives, Digital Immigrants Part 1**. On the Horizon, v. 9, n. 5, p. 1 - 6, outubro 2001. Disponível em: <https://poetadasmoreninhas.pbworks.com/w/file/attach/60222961/Prensky%20-%20Imigrantes%20e%20nativos%20digitais.pdf>. Acesso em 05 out. 2019.