

**CONCEITO FORÇA: UMA GRANDEZA VETORIAL MOBILIZADA PELA
MECÂNICA E BASE DOS CURSOS DE ENGENHARIA**

**CONCEPTO DE FUERZA: UNA GRANDEZA VECTORIAL MOVILIZADA POR LA
MECÁNICA Y BASE DE LOS CURSOS DE INGENIERÍA**

**FORCE CONCEPT: A VECTOR GREATNESS MOBILIZED BY MECHANICS AND
THE BASE OF ENGINEERING COURSES**



Viviane RONCAGLIO¹
e-mail: roncaglioiviviane@gmail.com



Cátia Maria NEHRING²
e-mail: catia@unijui.edu.br



Isabel Koltermann BATTISTI³
e-mail: isabel.battisti@unijui.edu.br

Como referenciar este artigo:

RONCAGLIO, V.; NEHRING, C. M.; BATTISTI, I. Conceito força: Uma grandeza vetorial mobilizada pela mecânica e base dos cursos de engenharia. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 18, n. 00, e023010, 2023. e-ISSN: 1982-5587. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v18i00.16208>



| **Submetido em:** 31/01/2022
| **Revisões requeridas em:** 23/05/2022
| **Aprovado em:** 04/12/2022
| **Publicado em:** 01/01/2023

Editor: Prof. Dr. José Luís Bizelli

Editor Adjunto Executivo: Prof. Dr. José Anderson Santos Cruz

¹ Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Ijuí – RS – Brasil. Integrante do GEEM. Doutorado em Educação nas Ciências.

² Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Ijuí – RS – Brasil. Professora. Líder do GEEM. Doutorado em Educação (UFSC).

³ Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Ijuí – RS – Brasil. Professora. Integrante do GEEM. Doutorado em Educação nas Ciências (UNIJUÍ).

RESUMO: Esse estudo tem por objetivo, a partir de uma revisão bibliográfica, constituir um aporte teórico que possibilita a compreensão do conceito Força como uma grandeza vetorial, a partir do campo e das relações conceituais que o constituem. Para tanto, consideramos como material de análise as definições de força apresentadas em capítulos de livros da bibliografia básica das disciplinas de Física I e Mecânica Geral I de um Curso de Engenharia Civil. A fundamentação teórica que sustenta a escrita é a Teoria Histórico-Cultural. O percurso metodológico utilizado é a Análise Textual Discursiva de Moraes e Galiazzi (2016), a partir da qual constituímos as unidades de significado, as categorias e as proposições. A partir das análises realizadas, concluímos que a abordagem dada ao conceito força está fortemente relacionada a uma grandeza vetorial e às noções intuitivas de empurrar ou puxar.

PALAVRAS-CHAVE: Teoria histórico-cultural. Apropriação conceitual. Aprendizagem. Conceito matemático. Engenharia Civil.

RESUMEN: Este escrito tiene por objetivo, a partir de una revisión bibliográfica, constituir un aporte teórico que posibilite la comprensión del concepto Fuerza como una de las magnitudes vectoriales, desde el campo y las relaciones conceptuales que lo constituyen. Para ello, consideramos como material de análisis las definiciones de fuerza presentadas en capítulos de libros de la bibliografía básica de las asignaturas de Física I y Mecánica General I de una carrera de Ingeniería Civil. La fundamentación teórica que sustenta la escrita es la Teoría Histórico-Cultural. El enfoque metodológico utilizado es el Análisis Textual Discursivo de Moraes y Galiazzi (2016), a partir del cual constituimos las unidades de sentido, categorías y proposiciones. A partir de los análisis realizados concluimos que el abordaje aplicado al concepto de fuerza está fuertemente relacionado con una magnitud vectorial y las nociones intuitivas de empujar o tirar.

PALABRAS CLAVE: Teoría histórico-cultural. Apropiación conceptual. Aprendizaje. Concepto matemático. Ingeniería Civil.

ABSTRACT: This writing aims, from a bibliographic review, to constitute a theoretical contribution that makes possible the understanding of the Force concept as a vector quantity, from the field and the conceptual relationships that constitute it. In order to do so, we considered as material for analysis the force definitions presented in book chapters of the basic bibliography of the Physics I and General Mechanics I disciplines of a Civil Engineering Course. The theoretical foundation that supports this writing is the Historical-Cultural Theory. The methodological approach used is the Discursive Textual Analysis of Moraes and Galiazzi (2016), from which we constitute the units of meaning, categories and propositions. From the analyzes carried out, we concluded that the approach given to the force concept is strongly related to a vector quantity and the intuitive notions of pushing or pulling.

KEYWORDS: Historical-cultural theory. Conceptual appropriation. Learning. Mathematical concept. Civil Engineering.

Introdução

A sociedade está em constante evolução, o que possibilita o surgimento de novas tecnologias e de meios de comunicação que permitam o acesso a todo e qualquer tipo de informação. O que exige capacidades/habilidades de análise e síntese, de forma a permitir que cada sujeito compreenda e intervenha nesse contexto cada vez mais complexo e, conseqüentemente, cada vez mais competitivo. O trabalho compreendido como atividade humana (RONCAGLIO; BATTISTI; NEHRING, 2021) exige profissionais capacitados, com habilidades diversas, com conhecimentos teóricos e práticos essenciais para atender as demandas da sociedade contemporânea e, para tanto, é necessária uma formação profissional qualificada que atenda a tais expectativas e necessidades. Nessa perspectiva, a educação superior é um processo formal de ensino responsável pela formação profissional, capaz de permitir o desenvolvimento de competências e habilidades que possibilitam ao sujeito atuar de forma eficiente e consciente em diferentes realidades.

Nos processos de formação profissional, o Curso de Engenharia Civil, foco deste estudo, necessita promover nos estudantes o desenvolvimento de competências e habilidades específicas, voltadas a sua área de atuação, tais como: supervisão, coordenação e orientação técnica; estudo de viabilidade técnico-econômica; assistência, assessoria e consultoria; direção de obra e serviço técnico; vistoria, perícia, arbitramento, laudo e parecer técnico; elaboração de orçamento; execução e finalização de obra e serviço técnico; desempenho de cargo e função técnica; condução de trabalho técnico e condução de equipe de instalação, montagem, operação reparo ou manutenção; execução de desenho técnico (RONCAGLIO; BATTISTI; NEHRING, 2021). Estas competências necessitam de conhecimentos teóricos e práticos que precisam ser apreendidos pelos futuros engenheiros no decorrer do curso de formação profissional.

A relação do sujeito com a realidade que sua profissão abrange não é uma relação direta, é mediada por diferentes conceitos apreendidos a partir de processos que envolvem a significação. A apropriação de tais conceitos amplia fortemente as condições da constituição profissional do sujeito. No caso da profissão de engenheiro, destacamos duas ciências fundamentais, a Matemática e a Física, sendo os conceitos discutidos por tais ciências base do estudo das Engenharias. Na Matemática, o conceito Vetor é tratado com abordagens do campo da aritmética, da geometria e da álgebra. Na Física, o conceito Força é uma grandeza vetorial que necessita de um módulo, de um sentido e de uma direção para ser representada, ou seja, necessita do conceito Vetor para sua representação. Estas duas ciências correlacionam-se entre si, a Física utiliza a Matemática como uma ferramenta que permite explicar e/ou representar

fenômenos físicos, como é o caso do conceito de Força e do conceito Vetor.

Nesse sentido, considerando as atribuições de um curso de formação em nível superior, bem como da importância da apreensão dos conceitos científicos, como elementos mediadores, pelos estudantes, os conceitos que integram o programa curricular das disciplinas precisam ser compreendidos com e a partir do campo e das relações hierárquicas das quais fazem parte. Diante do exposto, a presente escrita, que integra uma pesquisa maior, tem como objetivo: constituir um aporte teórico que possibilita a compreensão do conceito Força, como uma grandeza vetorial, a partir do campo e das relações conceituais que o constituem. Este objetivo é delimitado a partir da seguinte questão: Qual é a abordagem dada ao conceito Força nos livros da bibliografia básica das disciplinas Física I e Mecânica Geral I, as quais introduzem e discutem tal conceito nos Cursos de Engenharia?

A apropriação de conceitos na perspectiva histórico-cultural

Com base na abordagem histórico-cultural, entendemos o conhecimento como resultado da atividade humana em experiências com o meio físico e social, e que o aprendizado humano tem, assim, uma natureza social. Nessa perspectiva, o aspecto social e a apropriação de conceitos científicos pelos sujeitos são de extrema importância, uma vez que o desenvolvimento humano depende das interações estabelecidas mediadas por signos e instrumentos.

Quando o sujeito se apropria do significado de um conceito científico, a relação que estabelece com este é mediada por outros conceitos. Na perspectiva histórico-cultural, um conceito não se forma sozinho, mas sim em relação com outros, inserido em um sistema conceitual. Para Vigotsky (2008, p. 104):

[...] um conceito é mais do que a soma de certas conexões associativas formadas pela memória, é mais do que um simples hábito mental; é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser ensinado por meio de treinamento, só podendo ser realizado quando o próprio desenvolvimento mental da criança já tiver atingido o nível necessário.

Nesta perspectiva, a significação de um conceito está intimamente relacionada a processos de abstração e de generalização e corresponde à evolução de níveis de apreensão e significação das palavras. A apropriação dos conceitos acontece por meio de abstrações e generalizações, as quais relacionam-se à mobilização de diferentes tipos de representação de um conceito expressas por um sistema de signos. Para Vigotski (2008, p. 104), um conceito expresso por uma palavra representa um ato de generalização.

Quando uma palavra nova é apreendida pela criança, o seu desenvolvimento mal começou: a palavra é primeiramente uma generalização do tipo mais primitivo; à medida que o intelecto da criança se desenvolve, é substituído por generalizações de um tipo cada vez mais elevado – processo este que acaba por levar a formação dos verdadeiros conceitos. O desenvolvimento dos conceitos, ou dos significados das palavras, pressupõe o desenvolvimento de muitas funções intelectuais: atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade de comparar e diferenciar.

Sendo assim, a apropriação do significado de um conceito pelo acadêmico envolve o desenvolvimento de funções mentais superiores e estas estão relacionadas à estrutura do conceito, à sua formação, ao sentido produzido em diferentes contextos e no estabelecimento de relações conceituais. A apropriação pelo estudante de Engenharia do conceito de Vetor amplia as condições de atribuição de novos sentidos para o seu mundo, ou seja, para o contexto da profissão, amplia seus horizontes de percepções e possibilita modificar a forma de interação com a realidade que o cerca. Essa internalização ou apropriação do conceito pelo estudante ocorre de fora para dentro, do social para o individual, sendo um processo complexo que necessita de uma interação deliberada e intencional. Não basta apresentar o conceito ao estudante, este necessita compreender o contexto histórico e cultural, significa apropriar-se das experiências sociais construídas historicamente pela humanidade. Uma vez internalizado, este conceito faz parte das aquisições do desenvolvimento dos sujeitos, podendo tornar-se uma ferramenta de seu pensamento. Na Teoria Histórico-Cultural, a apropriação dos conceitos envolve “[...] a reconstrução interna de uma operação externa” (VIGOTSKY, 1994, p. 74), que consiste numa série de transformações, que são:

- a) Uma operação que inicialmente representa uma atividade externa é reconstruída e começa a ocorrer internamente. É de particular importância para o desenvolvimento dos processos mentais superiores a transformação da atividade que utiliza signos, cuja história e características são ilustradas pelo desenvolvimento da inteligência prática, da atenção voluntária e da memória.
- b) Um processo interpessoal é transformado num processo intrapessoal. Todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro, no nível social, e, depois, no nível individual; primeiro, entre pessoas (interpsicológica), e, depois, no interior da criança (intrapsicológica). Isso se aplica igualmente para a atenção voluntária, para a memória lógica e para a formação de conceitos. Todas as funções superiores originam-se das relações reais entre indivíduos humanos.
- c) A transformação de um processo interpessoal num processo intrapessoal é o resultado de uma longa série de eventos ocorridos ao longo do desenvolvimento. O processo, sendo transformado, continua a existir e a mudar como uma forma externa de atividade por um longo período de tempo, antes de internalizar-se definitivamente (VIGOTSKY, 1994, p. 75).

No decorrer desse processo ocorrem aprendizagens que possibilitam transformações nas funções psíquicas superiores e, conseqüentemente, o desenvolvimento do sujeito. O aprendizado aqui é considerado fundamental para o processo de desenvolvimento das funções psicológicas superiores; para Vigotsky (1994, p. 108), a aprendizagem gera desenvolvimento: “O aprendizado é mais do que a aquisição da capacidade para pensar; é a aquisição de muitas capacidades especializadas para pensar sobre várias coisas”. Neste sentido:

[...] aprendizado não é desenvolvimento; entretanto, o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim, o aprendizado é um processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas (VIGOTSKY, 1994, p. 118).

Para Vigotsky (1994), o aprendizado é um aspecto necessário para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, as quais são organizadas pela cultura e se caracterizam como especificamente humanas. Desse modo, o desenvolvimento humano está intrinsecamente relacionado à interação sociocultural do homem, ou seja, a formação do psiquismo humano, de capacidades mentais, afetivas, psicomotoras, antes de serem desenvolvidas pelo homem, já se encontram disponíveis na sociedade, por meio da cultura. Assim sendo, o desenvolvimento fica impedido de acontecer na ausência de situações propícias ao aprendizado – necessita da ação pedagógica intencional, a aprendizagem ocorre a partir de interações com o outro. Porém, vale destacar que a aprendizagem resulta em desenvolvimento do sujeito quando este mobilizar operações mentais superiores, a partir de processos de análise e síntese, em diferentes contextos.

Procedimentos metodológicos

A pesquisa aqui apresentada se constitui a partir do referencial metodológico da Análise Textual Discursiva - ATD - de Moraes e Galiazzi (2016). A ATD se estrutura em três etapas, a unitarização, a categorização e o metatexto. A primeira etapa da ATD, a unitarização, é o movimento inicial da análise, que exige uma leitura cautelosa e profunda dos dados. É marcada pela desordem, o momento de desconstrução dos dados, na qual o pesquisador ao analisar os dados realiza várias interpretações. Deste movimento emergem as unidades de significados.

Consideramos, como material de análise, as definições apresentadas em capítulos dos livros da bibliografia básica proposta no Plano de Ensino das disciplinas de Física I e Mecânica Geral I, do Curso de Engenharia Civil da instituição em que a primeira autora desenvolveu seus

estudos de doutoramento e que as outras duas pesquisadoras atuam como docentes. O Quadro 1 apresenta as referidas bibliografias.

Optamos por analisar capítulos dos livros, por considerar que este é um instrumento que serve como guia para o docente e como um recurso na aprendizagem do estudante. Os livros elencados na bibliografia básica têm o sentido de orientar o professor no que será proposto, sua ênfase, abordagem na disciplina, e pode apresentar elementos que sustentam a organização do ensino. Já para os estudantes, amplia, certamente, as condições de estudo, envolvendo os conceitos e procedimentos estruturantes e necessários à sua formação.

Consideramos as disciplinas de Física I e de Mecânica Geral I por estas iniciarem as discussões sobre Mecânica e sobre o conceito Força no Curso de Engenharia Civil, além disso, a disciplina de Mecânica Geral I é a primeira disciplina específica dos Cursos de Engenharia que mobiliza o Conceito Vetor. Vale destacar que tais disciplinas fazem parte do programa curricular de todas as Engenharias da Universidade considerada neste estudo, sendo denominadas de disciplinas do núcleo comum, ou disciplina do núcleo básico dos referidos cursos.

Nesta produção, estamos considerando as definições e os conceitos apresentados nos livros da bibliografia básica de ambas as disciplinas, citadas anteriormente, relacionados ao conceito Força. Nessa perspectiva, entendemos ser possível elaborar um aporte teórico que possibilita a compreensão em relação a este conceito como uma grandeza vetorial, a partir do campo e das relações conceituais que o constituem.

Quadro 1 – Referência dos livros de Física I e de Mecânica Geral I, analisados nesta produção

Disciplinas	Bibliografias
Física I	Livro F1: HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de Física: Mecânica. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 1.
	Livro F2: NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica 1: Mecânica. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.
	Livro F3: YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Sears e Zemansky – Física 1: Mecânica. 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2008.
Mecânica Geral I	Livro M1: BEER, F. P. et al. Mecânica vetorial para engenheiros: estática. Porto Alegre: AMGH, 2012.
	Livro M2: HIBBELER, R. C. Estática: Mecânica para Engenharia. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2015.
	Livro M3: MERIAM, J. L.; KRAIGE, L. G. Mecânica para Engenharia: estática. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v. 1.

Fonte: Produção da pesquisa

A partir da análise realizada neste primeiro movimento, na unitarização dos dados, definimos as seguintes unidades de significado, *Mecânica – princípios e conceitos*

fundamentais da Mecânica e Força – conceito fundamental da mecânica. Definidas as unidades de significado, chegamos à segunda etapa da ATD, a categorização, onde é realizado um movimento construtivo.

A categorização é momento de síntese e organização de um conjunto de informações relativas aos fenômenos investigados. Essas sínteses são as teorizações do pesquisador, produzidas a partir de perspectivas teóricas implícitas dos sujeitos da pesquisa e do próprio pesquisador, sempre em interlocução com outros teóricos. Requerem contínuo aperfeiçoamento, adequação e refinamento no decorrer do processo da análise e produção escrita. O processo de categorização constitui estratégia de movimento da pesquisa que vai do empírico ao abstrato, dos dados coletados para as teorias construídas ou reconstruídas pelo pesquisador. (MORAES; GALIAZZI, 2016, p. 112-113)

Ou seja, considerando tal referencial metodológico, produz-se as categorias de análise que deram corpo a este estudo. O Quadro 2 apresenta a unidade de significado e as categorias considerando o referencial da ATD, e para melhor examinar a intencionalidade da pesquisa apresenta-se, ainda, as proposições (terceira etapa da ATD), definidas a partir do *corpus* analisado. A proposição se estrutura a partir do captar o emergente em que a nova compreensão é comunicada e validada, considerando a relação empiria/teoria. É a construção de um metatexto pelo pesquisador realizando considerações em relação às categorias de análise que construiu e às unidades de significado identificado nos dados produzidos. É uma escrita que busca apresentar de forma clara e objetiva o entendimento do pesquisador em relação à análise dos dados relacionados com a fundamentação que sustenta o estudo.

Quadro 2 – Unidades de significado, categorias e proposições do corpus

Unidades de significado	Categorias	Proposições
Mecânica – princípios e conceitos fundamentais da Mecânica.	Mecânica como um ramo da Física.	Mecânica – um ramo da Física que mobiliza a grandeza vetorial força.
Força – conceito fundamental da Mecânica.	Abordagem Conceitual de Força em livros da bibliografia básica da disciplina de Física I.	O conceito força integra um sistema conceitual. Vetor, uma ferramenta Matemática para a representação de força.

Fonte: Produção da pesquisa

Mecânica: princípios e conceitos fundamentais

Mecânica como um ramo da Física

Nessa categoria, buscamos trazer o entendimento de Mecânica a partir da abordagem dada nos livros da bibliografia básica da disciplina Mecânica Geral I, primeira disciplina específica dos Cursos de Engenharia que discute Força e que conseqüentemente mobiliza Vetor. Além disso, discute conceitos fundamentais relacionados à Engenharia que são abordados em outras disciplinas específicas do curso. Para tanto, apresentamos discussões a partir da seguinte proposição: “Mecânica – um ramo da Física que mobiliza a grandeza vetorial Força”.

Mecânica: um ramo da Física que mobiliza a grandeza vetorial força

A Mecânica pode ser definida como um ramo da Física que descreve e prevê as condições de repouso ou movimento de corpos sob a ação de forças. Pode ser compreendida a partir da mecânica dos corpos rígidos, da mecânica dos corpos deformáveis e da mecânica dos fluidos. A mecânica dos corpos rígidos é subdividida em duas partes, a estática e a dinâmica. A estática estuda os corpos em repouso, sendo parte essencial da mecânica, muito utilizada por engenheiros, uma vez que é aplicada em situações que envolvem, por exemplo, o cálculo do peso que um guindaste pode levantar, ou então o cálculo da força sobre um ponto em uma ponte e se a sua estrutura poderá suportar tal força, ou ainda para determinar a força exercida pela água que uma represa em um rio precisa suportar, ou quanta força uma locomotiva precisa para parar um trem de carga, dentre outras aplicações. Já a dinâmica estuda os corpos em movimento, como por exemplo, projetar uma edificação para resistir a terremotos, ou então para calcular quanta força é necessária para acelerar um navio cruzeiro de 300 mil toneladas ou a força para colocar um satélite em órbita. Na mecânica dos corpos rígidos, os corpos considerados são perfeitamente rígidos, ou seja, não sofrem nenhum tipo de deformação (BEER *et al.*, 2012).

A mecânica dos corpos deformáveis estuda os corpos que se deformam sob ação de forças. É a parte da mecânica que analisa estruturas e materiais, considerando a resistência sob forças ou cargas que podem causar deformações. A mecânica dos fluidos é subdividida em estática dos fluidos – que estuda o comportamento dos fluidos em deslocamento e velocidade constante, ou seja, em repouso, e a dinâmica dos fluidos – que estuda o comportamento dos fluidos em movimento. Esta parte da mecânica estuda situações do tipo equilíbrio de corpos flutuantes – embarcações, ou ação do vento sobre as construções civis, ou cálculo de instalações hidráulicas –, instalação de recalque em edifícios, ou instalações de vapor – caldeiras, ou ainda

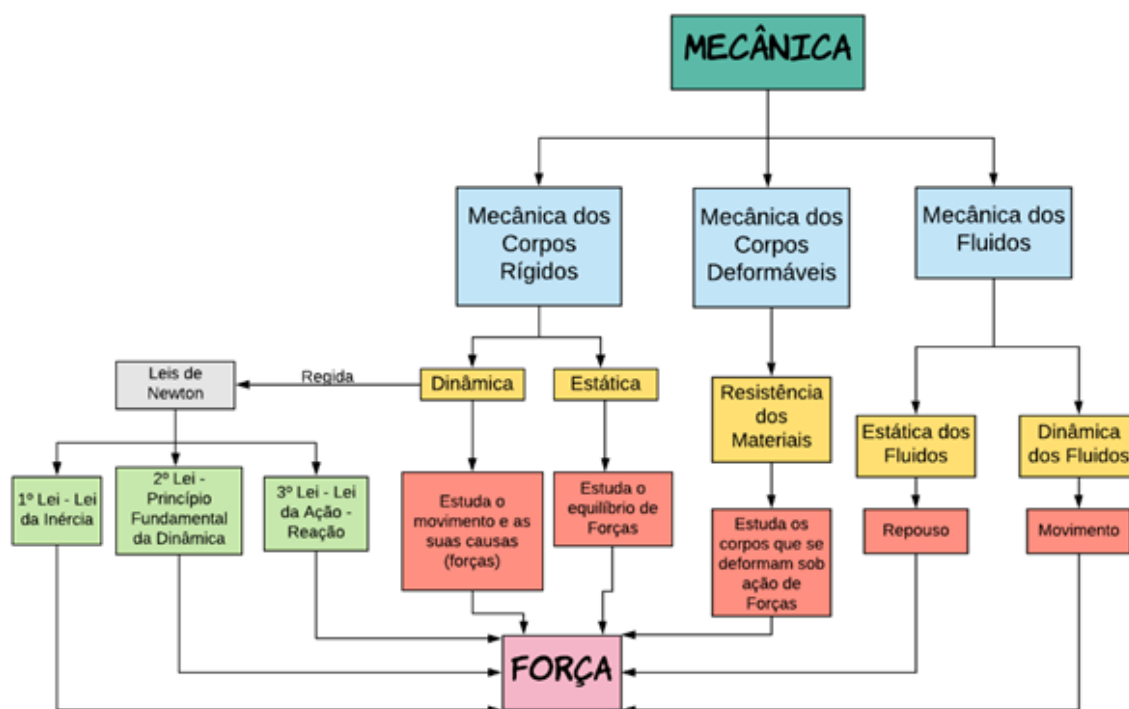
ações de fluidos sobre superfícies submersas – barragens, dentre várias outras situações. Na Engenharia Civil, constitui base do estudo de fenômenos de transporte e hidráulica.

De acordo com Beer *et al.* (2012), o propósito da mecânica é explicar e prever fenômenos físicos, estabelecendo os fundamentos ou as ferramentas para as aplicações nas Engenharias. Os conceitos básicos utilizados na mecânica são espaço, tempo, massa e força, dos quais destaca-se o conceito Força (foco deste estudo), uma grandeza vetorial, de modo geral, definida pelas bibliografias analisadas, como uma ação de um corpo sobre outro. Pode ser exercida por contato direto ou a distância, e é caracterizada pela sua intensidade, pelo ponto de aplicação e pela sua direção, representada por um vetor. Força é um conceito físico fundamental no estudo da mecânica, um ramo essencial nos Cursos de Engenharia. Meriam e Kraige (2013, p. VII) contribuem com a discussão ao apontarem que o objetivo:

[...] fundamental do estudo da Mecânica na Engenharia é desenvolver a capacidade de prever efeitos de forças e movimentos ao desempenhar funções criativas de projeto de Engenharia. Esta capacidade requer mais do que o simples conhecimento dos princípios físicos e matemáticos da mecânica; também é requerida a habilidade de visualizar configurações físicas em termos de materiais reais, restrições verdadeiras e limitações práticas que norteiam o comportamento de máquinas e estruturas.

Ou seja, o estudo da mecânica envolve uma gama de conceitos que são necessários para sua compreensão, uma rede de conceitos articulados a partir de relações, que definem e, quando considerados, ampliam as condições de apropriação de tal conhecimento por parte dos sujeitos que a investigam, como indicado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa das relações no estudo de mecânica em Cursos de Engenharia



Fonte: Elaborado pelas autoras

O mapa das relações constitutivas de uma rede conceitual apresentado na Figura 1 marca um ponto importante abordado pela fundamentação teórica deste estudo, o qual defende que um conceito se forma a partir da relação com outros, sendo inserido em um sistema conceitual, pois um conceito nunca se constitui sozinho, de forma isolada ou fragmentada. Ou seja, o mapa apresenta, na forma de síntese, as relações observadas no estudo da mecânica, na perspectiva do Curso de Engenharia. Vale destacar que a construção do mapa teve como base a análise dos livros da bibliografia básica da disciplina Mecânica Geral I.

O mapa das relações no estudo de mecânica nos Cursos de Engenharia deixa claro a importância do entendimento e da apropriação da grandeza vetorial Força para o trabalho com as definições de mecânica. A compreensão desta grandeza é fundamental pelo fato de a mecânica explorar essencialmente situações que envolvem força. Nesse sentido, a próxima categoria de análise busca apresentar essa grandeza vetorial, que é um conceito físico, a partir da Física, que é responsável por introduzir conceitos básicos e essenciais nos Cursos de Engenharia.

Força: conceito fundamental da mecânica

Abordagem conceitual de força em livros da bibliografia básica da disciplina de Física I

Esta categoria apresenta definições relacionadas ao conceito Força abordada em livros da bibliografia básica da disciplina de Física I. Entendemos que a forma como tal conceito é apresentado em alguns capítulos nos livros desta disciplina interfere significativamente no processo de apreensão conceitual por parte dos estudantes, lembrando que tal disciplina é responsável pela introdução de conceitos básicos que são explorados no estudo de mecânica e conseqüentemente em várias disciplinas específicas dos Cursos de Engenharia, em especial, nos Cursos de Engenharia Civil. Para tanto, a seguir apresentamos a discussão a partir de duas proposições: a primeira o conceito força integra um sistema conceitual, e a segunda Vetor, uma ferramenta Matemática para a representação de força.

O conceito força integra um sistema conceitual

Considerando as análises realizadas com objetivo de identificar as definições apresentadas para o conceito força, encontramos no livro F1 a menção inicial de força apresentada da seguinte forma:

Vamos agora definir a unidade de força. Sabemos que uma força pode causar a aceleração de um corpo. Assim, definimos a unidade de força em termos da aceleração que uma força imprime a um corpo de referência [...]. A esse corpo foi atribuída, exatamente e por definição, uma massa de 1 kg. Colocamos o corpo-padrão sobre uma mesa horizontal sem atrito e o puxamos para direita até que, por tentativa e erro, adquira uma aceleração de 1 m/s^2 . Declaramos então, a título de definição, que a força que estamos exercendo sobre o corpo-padrão tem um módulo de 1 newton (1N). Uma força é medida, portanto, pela aceleração que produz. Entretanto, a aceleração é uma grandeza vetorial pois possui, um módulo e uma orientação. A força também é uma grandeza vetorial? Podemos facilmente atribuir uma orientação à força (basta atribuir-lhe a orientação da aceleração), mas isso não é suficiente. Devemos provar experimentalmente que as forças são grandezas vetoriais. Na realidade, isso foi feito há muito tempo. As forças são realmente grandezas vetoriais: possuem um módulo e uma orientação e se combinam de acordo com as regras vetoriais (HALLIDAY; RESNICK, 2012, p. 92).

No livro F1, o conceito Força é relacionado com a aceleração de um corpo, que ocorre, no caso específico apresentado pelo livro, por um “empurrão” e a ideia de grandeza vetorial. Além da noção intuitiva de Força, o livro apresenta uma abordagem conceitual ao definir este conceito como uma grandeza vetorial e ao destacar que o trabalho com estas grandezas segue

as regras vetoriais, ou seja, a partir de uma abordagem Matemática. Fato este que marca nosso entendimento em relação à necessidade do conceito Vetor como objeto matemático a ser considerado nas tratativas da grandeza vetorial Força.

Já o livro F2 apresenta o conceito a partir de uma relação com a ideia intuitiva do esforço muscular, ou seja, uma forma de definir Força, considerando que é um conceito universal e que pode ter inúmeras interpretações.

[...] Sabemos todos por experiência que o movimento é afetado pela ação que costumamos chamar de “forças”. Nossa ideia intuitiva de forças está relacionada com o esforço muscular, e sabemos que, exercendo “forças” desse tipo, somos capazes de colocar objetos em movimento ou, mais geralmente, alterar seu estado de movimento. [...] Uma força produz efeitos diferentes conforme a direção e sentido e que é aplicada, o que sugere uma representação do tipo vetorial (NUSSENZVEIG, 1981, p. 89-90).

Como podemos observar, no livro F2, este estabelece relação com noções intuitivas do conceito, além da abordagem em nível conceitual quando traz os elementos constitutivos da grandeza vetorial (direção e sentido), destacando a necessidade do conceito Vetor para a representação de Força, “uma representação do tipo vetorial”. O F3 relaciona o conceito Força com a ideia de esforço muscular, puxar ou empurrar. Além disso, aponta que tal conceito é uma grandeza vetorial, afinal podemos empurrar ou puxar um objeto em diferentes posições, o que marca uma abordagem conceitual.

Na linguagem cotidiana, exercer uma força significa puxar ou empurrar. Uma definição melhor é a de que uma força é uma interação entre dois corpos ou entre o corpo e seu ambiente. Por isso, sempre nos referimos à força que um corpo exerce sobre outro. Quando você empurra um carro atolado na neve, você exerce uma força sobre ele; um cabo de aço exerce uma força sobre a viga que ele sustenta em uma construção; e assim por diante. [...] força é uma grandeza vetorial; você pode empurrar ou puxar um corpo em direções diferentes (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 106).

Ambos os conceitos apresentados nos livros não apresentam uma definição formal para o conceito físico: a noção conceitual do que significa Força não consta nos livros analisados. O que os livros apresentam são ideias constitutivas do conceito força, como a ideia de grandeza vetorial, de necessidade de sentido, direção e intensidade, elementos estes que constituem o sistema conceitual.

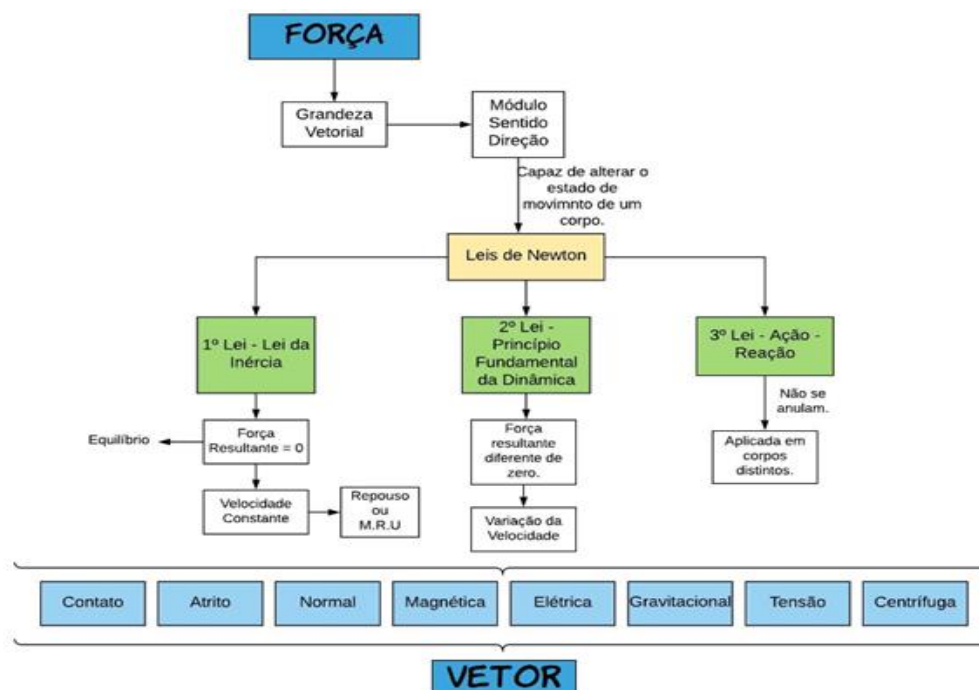
As relações apresentadas partem de uma noção intuitiva de um esforço que gera um movimento de um corpo ou objeto, como empurrar e puxar. Força é um conceito científico, na área da Física, é uma ação que causa movimento – aceleração, deslocamento de objetos, ou deformações. Além disso, existem diversos tipos de força, como por exemplo, a força normal,

a força de atrito, a força de tensão, a força centrípeta, a força de inércia, dentre outras que a Física considera.

Os três livros, ao se referirem ao conceito Força, fazem a relação do mesmo a uma grandeza vetorial, ou seja, a Força é definida de acordo com seu módulo (representa a sua intensidade), direção (direções nas quais as forças se aplicam) e sentido (positivo, negativo, para cima e para baixo, direita e esquerda...). Citam as leis de Newton como as leis que definem o comportamento das forças: a primeira Lei – Lei da Inércia (se um corpo está em repouso tende a permanecer em repouso, se está em movimento tende a permanecer em movimento com velocidade constante), a segunda Lei – Princípio Fundamental da Dinâmica (a força resultante que age sobre um corpo é igual ao produto da aceleração de um corpo pela sua massa) e a terceira Lei – Lei da Ação e Reação (as forças de ação e reação sempre possuem o mesmo módulo e atuam na mesma direção, porém, apresentam sentidos opostos).

As Leis de Newton descrevem as causas que podem alterar o estado de movimento de um corpo e configuram-se como base para a compreensão da Mecânica, um ramo da Física responsável pelos estudos dos movimentos, como vimos no item. Além disso, destacamos aqui novamente a Força como agente responsável pela mudança no estado de movimento de um corpo, alterando a sua velocidade. Ou seja, Força é um conceito central na Física, é a partir dele que muitos fenômenos físicos podem ser analisados e aprimorados, e conseqüentemente contribuiu de forma significativa para que a humanidade pudesse evoluir. É um conceito base para o estudo de grande parte da Física e, assim como outros conceitos, também faz parte de um sistema conceitual, conforme apresenta a Figura 2 a seguir.

Figura 2 – Mapa das relações no estudo de força na disciplina de Física I



Fonte: Elaborado pelas autoras

O conceito Força permitiu o surgimento das Leis de Newton e é base no estudo da Mecânica, é uma grandeza vetorial, e para ser representada, necessita do conceito matemático Vetor: só é possível representar força utilizando Vetor. Os conceitos abordados nos livros aqui analisados e que foram base para construção do mapa conceitual, ao apresentar tal conceito, fazem esta relação, destacam Força como uma grandeza vetorial e sugerem uma representação do tipo vetorial, ou seja, a partir de vetores.

De modo geral, Força é um conceito físico, uma grandeza vetorial, fundamental na Física e base do estudo de Mecânica. É mobilizado na mecânica para explorar situações e/ou analisar fenômenos, além de permitir definir variáveis e resolver problemas. Porém, isso só é possível por meio da representação geométrica ou algébrica do conceito Força. Ou seja, por meio do Vetor, considerando a representação geométrica e/ou algébrica das situações que envolvem Força, é possível explorar, analisar, definir variáveis, encontrar o problema e/ou apontar soluções. Sendo assim, Vetor é um conceito essencial neste processo, é o conceito que permite a representação das situações que envolvem Força.

Então dizemos que Força é um conceito físico base na mecânica e que necessita do Vetor, um conceito matemático que permite, por meio de sua representação geométrica, que este processo de representação geométrica de Força ocorra. Para compreender melhor este conceito matemático e sua importância no processo de formação profissional do engenheiro

apresenta-se a seguir um item que trata do conceito Vetor como uma ferramenta Matemática para a representação de Força.

Vetor, uma ferramenta Matemática para a representação de força

Vetor é um conceito matemático que de acordo com o estudo já desenvolvido (RONCAGLIO; BATTISTI; NEHRING, 2021), é discutido inicialmente na disciplina de Geometria Analítica e Vetores ou então na disciplina de Álgebra Linear, sendo estas as disciplinas responsáveis por introduzirem este conceito na educação superior, especialmente nos cursos das áreas das Ciências Exatas, como é o caso da Matemática e das Engenharias. Tal conceito é explorado nos primeiros semestres dos cursos, geralmente no segundo ou terceiro semestre. Roncaglio, Battisti e Nehring (2021), corroboram com a discussão ao apresentarem um quadro com disciplinas dos Cursos de Engenharia (Civil, Elétrica e Mecânica) que introduzem o conceito Vetor. O quadro apresentado pelas autoras reforça a ideia de núcleo comum de disciplinas que discutem e introduzem o conceito Vetor, e marcam este conceito como básico na formação profissional.

Nesse sentido, na pesquisa (RONCAGLIO; BATTISTI; NEHRING, 2021) é reforçada a ideia de Vetor como conceito base fundamental para a formação profissional do Engenheiro, uma vez que este destaca as disciplinas específicas do Curso de Engenharia Civil que mobiliza Vetor. Além disso, algumas das disciplinas citadas no referido Artigo fazem parte do núcleo comum dos cursos e, portanto, apontam para a mobilização deste conceito em todos os Cursos de Engenharia. Sendo assim, Vetor é um conceito matemático base dos Cursos de Engenharia e essencial para a constituição profissional dos Engenheiros.

Matematicamente, Vetor é definido por Santos (2007, p. 2-3) como:

Definição 1 – Diremos que o segmento orientado AB é equipolente ao segmento orientado $A'B'$ se uma das três afirmações a seguir for verificada:

1. $A = B$ e $A' = B'$.
2. AB e $A'B'$ estão situados sobre uma mesma reta e é possível deslizar $A'B'$ sobre essa reta de maneira que A' coincida com A e B' coincida com B .
3. A figura obtida ligando-se os pontos A a B , B a B' , B' a A' e A' a A é um paralelogramo.

Observe que dois pontos (quando considerados como segmentos orientados) são sempre equipolentes. O leitor pode mostrar facilmente que a relação de equipolência satisfaz às seguintes propriedades:

I – Reflexividade: todo segmento orientado do espaço é equipolente a si mesmo.

II – Simetria: se o segmento orientado AB é equipolente ao segmento orientado $A'B'$, então $A'B'$ é equipolente a AB .

III – Transitividade: se o segmento orientado AB é equipolente ao segmento

orientado $A'B'$ e se $A'B'$ é equipolente ao segmento orientado $A''B''$, então AB é equipolente a $A''B''$.

Em virtude das três propriedades mencionadas, é usual dizer-se que a equipolência é uma relação de equivalência.

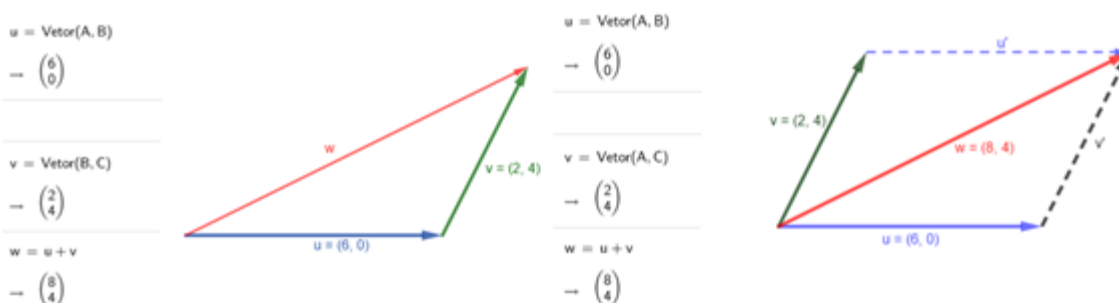
Definição 2 – O vetor determinado por um segmento orientado AB é o conjunto de todos os segmentos orientados do espaço que são equipolentes ao segmento orientado AB .

O vetor determinado por AB será indicado por \vec{AB} ; o segmento orientado AB é um representante do vetor \vec{AB} . É conveniente representar tanto o segmento orientado AB como o vetor \vec{AB} por uma seta com origem em A e extremidade em B . O leitor deve, entretanto, não se esquecer de que isso é um abuso de notação: o segmento orientado AB e o vetor \vec{AB} são objetos matemáticos distintos, pois AB é um segmento orientado (isto é, um conjunto de pontos), enquanto \vec{AB} é um conjunto de segmentos orientados.

Observe que os segmentos orientados AB e CD representam o mesmo vetor se, e somente se, esses segmentos são equipolentes. Portanto, um mesmo vetor pode ser representado por uma infinidade de segmentos orientados distintos. Na verdade, se AB é um segmento orientado e P , um ponto qualquer do espaço, o leitor pode ver facilmente que existe um, e somente um, segmento orientado PQ , com origem em P , tal que PQ é equipolente a AB . Segue-se, assim, que o vetor \vec{AB} tem exatamente um representante em cada ponto do espaço.

Relação de equipolência, relação de equivalência, segmentos orientados, são conceitos que estruturam o conceito Vetor e sustentam as operações envolvendo este conceito. Por exemplo, quando realizamos a adição de dois vetores em sua representação geométrica, podemos fazer considerando duas regras, a lei do polígono – utilizada quando a origem de um vetor é a extremidade do outro, o vetor soma nesse caso é o que fecha o triângulo, conforme à esquerda na Figura 3.

Figura 3 – Lei do polígono (à direita) e lei do paralelogramo (à esquerda)



Fonte: Elaborado pelas autoras

E a lei do paralelogramo, conforme à direita na Figura 3, é utilizada quando os vetores a serem adicionados possuem a mesma origem, na qual a imagem geométrica de cada um dos vetores é posicionada nas extremidades dos vetores, formando assim um paralelogramo, o vetor soma é dado pela diagonal do paralelogramo. Na Matemática, somar os vetores utilizando a lei

do polígono ou do paralelogramo é a mesma coisa, independente do contexto matemático que se utilizar, ambas as leis são convenientes e representam o mesmo vetor resultante.

Na Física e na Engenharia, por sua vez, a utilização das leis é considerada dependendo do contexto, ou seja, dependendo do que esses vetores estão representando, faz mais sentido utilizar uma lei do que a outra. Por exemplo, se o contexto envolve deslocamento, faz mais sentido utilizar a lei do polígono, já se o contexto envolve a soma de forças, faz mais sentido utilizar a lei do paralelogramo. Não existe uma definição científica quanto à utilização destas leis que corrobora essa ideia: é uma construção “artificial” utilizada por estudiosos que vêm sendo utilizada por gerações.

Porém, para que os procedimentos de ambas as regras sejam realizados mediante processos de compreensão, é necessário que as relações de equipolência e equivalência estejam internalizadas por parte dos estudantes, uma vez que a imagem geométrica a que nos referimos anteriormente na regra do paralelogramo considera a relação de equivalência do Vetor que está sendo deslocado para formar o paralelogramo. Isso acontece em várias situações de operação com vetores quando este se apresenta em sua forma geométrica ou, então, quando é necessário a representação geométrica do Vetor para que a operação seja desenvolvida de forma correta.

Como já discutido em Roncaglio, Battisti e Nehring (2021, p. 286):

Diferentemente do contexto matemático, na Física e conseqüentemente nas Engenharias existem três tipos de vetores que são necessários serem definidos devido a especificação Física e o contexto no qual este o vetor está sendo mobilizado, ou seja, são estruturantes para compreensões em contextos específicos da Física, são eles o vetor fixo, o vetor deslizante e o vetor livre.

São as relações estabelecidas com os conceitos que fazem parte do sistema conceitual Vetor que possibilitam a mobilização deste conceito em diferentes situações e em outras áreas do conhecimento. A Matemática possui uma linguagem que possibilita a articulação de diversos registros de representação semiótica e a Física utiliza-se desta linguagem. Como por exemplo, a linguagem vetorial para representar fenômenos como força, deslocamento, velocidade e aceleração, grandezas que para serem definidas necessitam de um módulo, de um sentido e de uma direção.

O Vetor é um conceito matemático utilizado como uma linguagem pela Física e pelas Engenharias para descrever fenômenos que para serem definidos necessitam de um sentido, de uma direção e de um módulo (intensidade), geralmente utilizado para descrever um deslocamento ou então situações que envolvem grandezas vetoriais, como é o caso da grandeza vetorial força. Uma grandeza vetorial é definida pelo seu sentido, módulo e direção, elementos

estes que constituem o vetor, que necessitam ser significados no processo de ensino e aprendizagem e que marcam o delimitador da grandeza escalar e a necessidade de uma grandeza vetorial.

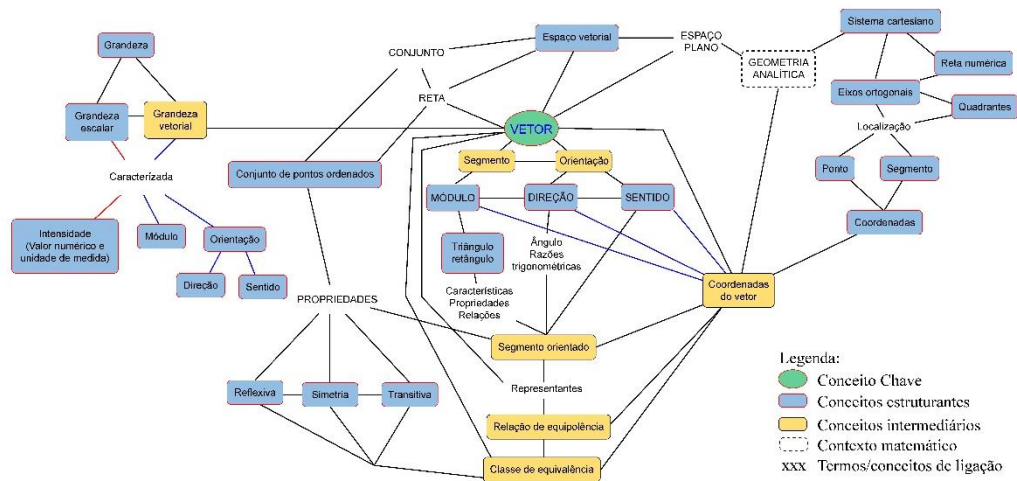
A linguagem dos vetores empresta ao conceito de força sua estruturação para que ele possa ser definido enquanto conceito físico. A flecha colocada acima da letra indica que se trata de uma grandeza com direção e sentido. A linguagem vetorial dispõe de uma gramática, sintaxe e ortografia próprias que são os axiomas, teoremas, lemas, regras de aplicação etc. Um conceito como a Força, ao ser identificado à grandeza vetorial, passa a se submeter a todas as suas regras de linguagem. Torna-se difícil expressá-lo de outra forma, por exemplo, através da linguagem escrita comum. Os livros didáticos refletem as dificuldades desta empreitada, sendo uma espécie de dicionário entre a linguagem comum e a linguagem dos vetores.

A Matemática se constitui numa linguagem dentre várias outras linguagens a nossa disposição para estruturar nosso pensamento. Ela provou, ao longo dos séculos, sua excepcional capacidade de dar suporte ao nosso pensamento sobre o mundo (PIETROCOLA, 2002, p. 105).

Sendo assim, destacamos a importância da Matemática como área do conhecimento responsável por disponibilizar ferramentas intelectuais que permitem a descrição e análise de situações problemas nas mais diversas áreas, em especial na área da Engenharia, nosso foco de estudo. E nesse contexto, o conceito vetor como conceito essencial para a formação profissional do engenheiro. Nesse sentido, considerando a Matemática como uma ciência que possui uma linguagem a qual permite ao sujeito estruturar o pensamento com o intuito de se apropriar dos conhecimentos construídos pelo homem, o processo de ensino e aprendizagem deve propiciar o desenvolvimento desta habilidade.

Considerando o processo de ensino e aprendizagem do conceito matemático Vetor, entende-se que este processo deve articular as relações que envolvem tal conceito, como por exemplo, os elementos de formação do vetor, módulo, sentido e direção. Significar estes elementos de formação, assim como segmento de reta, relação de equipolência, dentre outros que se relacionam com Vetor, por meio da atribuição de sentidos, possibilitam aos estudantes a apropriação de uma rede de generalização envolvendo vários conceitos matemáticos. Esta relação pode ser observada no mapa conceitual desenvolvido por Battisti e Nehring (2020), apresentado a seguir.

Figura 4 – Mapa conceitual do conceito de vetor



Fonte: Battisti e Nehring (2020, p. 133)

Como mostra o mapa, são inúmeras relações que podem ser realizadas considerando o conceito Vetor, os elementos de formação do Vetor possuem especificidades e estão inseridos em uma rede de generalizações.

São as relações de generalidade que vão possibilitar ao acadêmico uma elaboração conceitual, como também a evolução nos níveis dessa conceitualização. Apropriar-se do significado de conceitos científicos por meio de processos de análise (abstração) e de síntese (generalização) implica que o acadêmico coloque o conceito vetor em uma determinada rede de significações, como também que considere que cada conceito tem estruturas específicas, com pensamentos e raciocínios específicos (BATTISTI; NEHRING, 2020, p. 132-133).

Davis e Hersh (1985, p. 173) contribuem com a discussão ao apontarem que: “Um objeto matemático considerado isoladamente não tem sentido. Sua significação provém de uma estrutura, e ele representa seu papel dentro de uma estrutura”. Deste modo, destacamos a importância de se considerar tais relações no processo de ensino e de aprendizagem de Vetor, aspecto que vale para o processo de ensino e de aprendizagem de qualquer conceito matemático.

Considerações finais

Este estudo apresenta um aporte teórico em relação ao conceito Força, a partir das definições apresentadas em capítulos de livros indicados na bibliografia básica de disciplinas de Física I e Mecânica Geral I: a compreensão do conceito Força como uma grandeza vetorial, considerando o campo e as relações conceituais que o constituem. A partir disso concluímos que: a disciplina Mecânica Geral I é a primeira disciplina específica dos Cursos de Engenharia que mobiliza o Vetor e a Força. Tal disciplina exige que os estudantes tenham claro conceitos bases, como é o caso de Vetor e Força, ou seja, é uma disciplina que discute situações do campo profissional do Engenheiro por meio de situações de dimensionamento de vigas, de cargas, de análise de estruturas, dentre outras situações. Nesta disciplina os estudantes precisam mobilizar conhecimentos teóricos da Matemática, em relação à aplicação do conceito Vetor apreendido na disciplina de Geometria Analítica e Vetores, e da Física, em relação à aplicação do conceito Força estudado na disciplina de Física I.

Porém, para que os conceitos básicos de mecânica sejam apreendidos por parte dos estudantes, é necessário que os mesmos mobilizem o conceito físico força, conceito central na disciplina Mecânica Geral I. A disciplina Física I é a responsável por introduzir o conceito Força, definir e caracterizá-lo como um conceito necessário e importante aplicado em várias disciplinas específicas dos Cursos de Engenharia. Como vimos nas definições apresentadas em relação ao conceito força em capítulos dos livros da bibliografia básica da disciplina de Física I, os mesmos apresentam o conceito como uma grandeza vetorial, pois necessita de um módulo, de um sentido e de uma direção para ser definida. O conceito Força como uma grandeza vetorial exige o uso do Vetor para sua representação, seja ela algébrica e/ou geométrica.

O conceito Vetor é introduzido nos cursos nos primeiros semestres, geralmente no primeiro ou no segundo semestre como uma disciplina básica, é uma disciplina que trabalha com um dos conceitos estruturantes do curso e que serve de base para outras disciplinas específicas. O conceito Vetor surge para representar grandezas que não podem ser definidas apenas por um valor numérico, mas que dependem de outras características, como módulo, sentido e direção. Nos Cursos de Engenharia são inúmeras as grandezas que necessitam destas características para serem representadas, e a grandeza força é uma delas, uma das principais.

Vetor é o conceito que permite o trabalho com essa e várias outras grandezas vetoriais, mobilizadas em diversas áreas. Porém, para que o referido conceito seja mobilizado de forma efetiva, existem algumas relações que precisam ser consideradas, especialmente quando envolvem operações com tais grandezas, relações como a de equipolência, de equivalência,

além de outros conceitos constitutivos do vetor, como pudemos observar na Figura 3. É um conceito matemático que pertence a uma rede de conceitos, os quais se relacionam entre si, dando sustentação e estrutura ao Vetor: é a partir das propriedades Matemáticas que se explicam todas as relações envolvendo este conceito.

A apropriação dos conceitos Vetor e Força constituem-se como ferramentas cognitivas necessárias no desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas ao campo de atuação do engenheiro. São conceitos que assim como vários outros estão fortemente articulados. A Mecânica necessita do conceito Força para explicar e representar situações, problemas e traçar soluções: a força é uma grandeza vetorial e como tal necessita do conceito vetor para ser representada e das operações com vetores para explorar situações, resolver problemas e encontrar soluções.

Nesse sentido, a partir das análises realizadas, podemos afirmar que a abordagem dada ao conceito Força está fortemente relacionada a uma grandeza vetorial e às noções intuitivas de algum tipo de força muscular, como por exemplo, empurrar ou puxar. E, nesse contexto, o conceito Vetor é abordado para representar geométrica e/ou algebricamente, situações que envolvem força. Porém, salienta-se que no contexto matemático Vetor é entendido como vetor livre, já que pode ser representado em qualquer lugar do plano ou do espaço por meio de seus representantes. Na Física e Engenharia o Vetor pode ser entendido como vetor deslizante, quando envolve forças que são aplicadas ao longo de uma reta suporte, ou então como vetor fixo quando o contexto envolve a aplicação de uma força pontual.

No decorrer das análises realizadas é possível perceber a ideia das relações conceituais que envolvem o conceito aqui discutido, conceito força. Considerando a teoria que embasa este estudo, Teoria Histórico-Cultural, a qual defende que um conceito não se forma sozinho, mas sim nas relações com outros conceitos, ficou evidente, no decorrer desta escrita, a partir dos mapas conceituais apresentados no decorrer das análises, as relações conceituais atribuídas ao conceito força.

AGRADECIMENTOS: CAPES.

REFERÊNCIAS

- BATTISTI, I. K.; NEHRING, C. M. **Mediações na significação do conceito vetor com tratamento da Geometria Analítica em aulas de Matemática**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2020.
- BEER, F. P. *et al.* **Mecânica vetorial para engenheiros: Estática**. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- DAVIS, P. J.; HERSH, R. **A experiência Matemática**. Rio de Janeiro: F. Alvez, 1985.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física: Mecânica**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 1.
- MERIAM, J. L.; KRAIGE, L. G. **Mecânica para Engenharia: Estática**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v. 1.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2016.
- PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Cad. Cat. Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 89-109, ago. 2002. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165616>. Acesso em: 16 jan. 2021.
- RONCAGLIO, V.; BATTISTI, I. K.; NEHRING, C. M. Formação do engenheiro: o conceito vetor no programa curricular de um curso de engenharia civil. **Educ. Matem. Pesq.**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 263-296, 2021. Disponível em: <http://funes.uniandes.edu.co/25672/>. Acesso em: 09 fev. 2022.
- SANTOS, N. M. **Vetores e matrizes: Uma introdução à álgebra linear**. 4. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Tradução: Jefferson Luiz Camargo. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Tradução: José Cipolla Neto. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Sears e Zemansky. Física 1: Mecânica**. 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2008.

CRediT Author Statement

Reconhecimentos: À minha orientadora, Cátia Maria Nehring, e coorientadora, Isabel Koltermann Battisti, pela confiança conferida a mim, pela dedicação, pelo apoio, por acreditar no desenvolvimento desta pesquisa, pela paciência e incentivo. Esta pesquisa deve muito a paciência, dedicação, sabedoria e competência de vocês.

Financiamento: CAPES.

Conflitos de interesse: Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

Aprovação ética: O trabalho passou pela comissão de ética da instituição e foi aprovado sob número do parecer do CEP: 825.339.

Disponibilidade de dados e material: Não aplicável.

Contribuições dos autores: **Viviane Roncaglio:** Conceitualização, Metodologia, Investigação, Redação - Rascunho Original, Visualização, Validação. **Isabel Koltermann Battisti:** Conceitualização, Metodologia, Redação - revisão e edição, análise formal, Supervisão, Aquisição de financiamento. **Cátia Maria Nehring:** Conceitualização, Metodologia, Redação - revisão e edição, Análise formal, Supervisão, Administração do projeto, Aquisição de financiamento.

Processamento e editoração: Editora Ibero-Americana de Educação.
Revisão, formatação, normalização e tradução.

