

Álgebra Linear nos cursos de Engenharia – entrevistas reflexivas com professores das disciplinas específicas

JULIANA MARTINS PHILOT¹

BARBARA LUTAIF BIANCHINI²

Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar entrevistas reflexivas realizadas com professores que lecionam nas disciplinas específicas dos cursos de Engenharia, com o intuito de tentar compreender como e em quais disciplinas específicas a Álgebra Linear está inserida nos cursos de Engenharia. Essas entrevistas se enquadram na fase curricular e epistemológica, presentes na Teoria A Matemática no Contexto das Ciências. A partir da análise das entrevistas, pudemos perceber que os professores compreendem os conceitos de Álgebra Linear, sabem em qual parte da disciplina é utilizada, porém não abordam problemas mais próximos da vida cotidiana do engenheiro, nem mesmo os professores que atuam como engenheiros, e que muitas vezes esses conceitos são abordados em disciplinas do terceiro ano em diante, o que nos faz repensar se uma disciplina que dizem ser abstrata precisava mesmo ser lecionada nos anos iniciais dos cursos de Engenharia.

Palavras-chave: Ensino de Matemática; Engenharia; Álgebra Linear.

Abstract

The purpose of this article is to present reflective interviews carried out with professors who teach in specific disciplines of Engineering courses, in order to try to understand how and in which specific disciplines Linear Algebra is inserted in Engineering courses. These interviews are part of the curricular and epistemological phase, present in the Theory of Mathematics in the Context of Sciences. From the analysis of the interviews, we could see that the teachers understand the concepts of Linear Algebra, they know in which part of the discipline it is used, but they do not approach problems closer to the everyday life of the engineer, not even the teachers who work in the engineering career. and that these concepts are often addressed in subjects from the third year onwards, which makes us rethink whether a subject that is said to be abstract really needed to be taught in the early years of Engineering courses.

Keywords: Mathematics Teaching; Engineering; Linear Algebra.

Introdução

Iniciei minha carreira de docente no nível superior, em 2009, lecionando disciplinas de Matemática para alunos dos cursos de Engenharia como professora substituta na

¹ Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. PEPG em Educação Matemática – e-mail: ju.philot@gmail.com.

² Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. PEPG em Educação Matemática – e-mail: barbara@pucsp.br.

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Ministrava essas aulas para alunos dependentes desses cursos e, então, neste momento me deparei com muitos alunos desmotivados, que muitas vezes estavam no último ano do seu curso e ainda cursavam disciplinas básicas de Matemática e vinham aquelas perguntas “Professora porque preciso aprender isso?”, “Já cursei várias disciplinas específicas e não enxergo nenhuma relação com o que vocês ensinam nessas disciplinas.” A partir desse momento, comecei a me questionar: será que realmente esses alunos precisavam dos mesmos conhecimentos de Matemática que os alunos que cursam o Bacharelado ou a Licenciatura em Matemática? Porque era assim que a maioria dos professores do departamento de Matemática ensinavam, o mesmo conteúdo e da mesma forma para todos os cursos que utilizavam a Matemática como ferramenta. A partir deste momento, comecei a ter mais interesse pelas aplicações de Matemática, e sempre que ministrava aulas para Engenharia tentava saber, mesmo que de maneira superficial, onde e como aquele conteúdo era utilizado.

Na tentativa de buscar respostas às inquietações citadas, resolvemos, então, investigar como o tema Álgebra Linear no Ensino Superior vem sendo debatido em pesquisas em Educação Matemática, se os conceitos de Álgebra Linear são abordados nos cursos de Engenharia, sua importância ou não nesses cursos e como essas disciplinas são ensinadas em tais graduações. Essa pesquisa faz parte do doutoramento da primeira autora e é orientada pela segunda.

Optamos por trabalhar com o tema Álgebra Linear, por ser uma temática que há relativamente pouco tempo passou a ser objeto de pesquisas na área de Educação Matemática, fato que pode ser observado por Celestino (2000), Chiari (2013) e Stewart, Larson e Zandieh (2019); por ser a Álgebra Linear uma disciplina apontada por alunos dos cursos de Matemática como uma das mais difíceis devido à abstração e formalismo dos conceitos envolvidos, fato que pode ser observado em Celestino (2000) e Prado (2016); e pela importância de se estudar Álgebra Linear em diversos cursos de graduação devido a sua interdisciplinaridade (NOMURA (2014), PRADO (2016), FONTENELLE (2018)).

Philot e Bianchini (2020) constataram que, embora exista um número significativo de trabalhos no Brasil com o tema Álgebra Linear no Ensino Superior, muitos deles conduzem suas pesquisas nos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Matemática, havendo uma carência por trabalhos que abordem este tema na Engenharia. Outro fato que se destaca, segundo Firmino e Siqueira (2017), é que o ensino de Matemática para estudantes de Engenharia, em geral, ainda é executado de maneira tradicional, sem

contextualização, sem relação com as disciplinas específicas e com sua atuação profissional.

Ferruzzi e Almeida (2013) discutem a importância de que disciplinas de Matemática não sejam ministradas de forma isolada, sem conexão com as disciplinas específicas:

[...] entende-se ser importante conceber a Matemática como uma ciência que pode ser praticada, vivenciando-a de forma que alguns problemas que surjam do cotidiano do estudante possam ser trabalhados em sala de aula, possibilitando a exploração e construção dos conceitos matemáticos por meio de atividades que tenham significado para o aluno, buscando assim a construção do seu conhecimento. (FERRUZZI; ALMEIDA, 2013, p.157).

Camarena (2017) ainda destaca a importância de se contextualizar o conteúdo a ser ensinado para que este seja mais significativo para o aluno, uma vez que os conteúdos naturalmente não são isolados e ensiná-los desvinculados pode contribuir para as dificuldades de ensino e de aprendizagem na disciplina de Álgebra Linear, como enfatiza Ribeiro (2018).

Além disso, as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DCN) (BRASIL, 2019), salientam que os cursos de Engenharia não podem mais ser vistos como um conjunto de conhecimentos técnicos, ou não técnicos isolados. A formação em Engenharia deve ser vista como um processo que envolve pessoas, necessidades, expectativas, comportamentos, além de técnicas e conteúdos.

Refletindo sobre a formação de um engenheiro com essas características, utilizamos como referencial a Teoria A Matemática no Contexto das Ciências (TMCC), elaborada pela pesquisadora Patrícia Camarena. Essa teoria foi desenvolvida com o intuito de discutir sobre o ensino de Matemática em cursos de nível superior para os quais essa ciência não é uma meta por si mesma e, neste referencial, segundo Camarena (2014, 2017) considera-se o ambiente de ensino e de aprendizagem constituído por um sistema complexo, no qual estão presentes os conteúdos a ensinar, o estudante e o professor, bem como as interações que ocorrem entre eles. Essas interações são compostas por cinco fases que interagem entre si denominadas fase curricular, didática, epistemológica, docente e cognitiva, que serão detalhadas a seguir.

O objetivo deste artigo é apresentar entrevistas realizadas com professores que lecionam nas disciplinas específicas dos cursos de Engenharia, com o intuito de tentar compreender

como a Álgebra Linear está inserida em tais cursos, em quais disciplinas estão presentes, com qual profundidade esses conteúdos estão sendo abordados, e quais assuntos, dentre os abordados em um curso de Álgebra Linear, estão sendo mais destacados por estes professores. Essas entrevistas se enquadram em alguns preceitos da fase curricular e epistemológica que são fundamentais para a construção de um evento contextualizado – entendido por Camarena (2017) como um problema contextualizado, um projeto ou um estudo de caso que deve causar um conflito cognitivo no estudante, intriga-lo e motivá-lo a resolver – que é o objetivo geral da tese de doutorado da primeira autora deste artigo que está em andamento.

1 A Matemática no Contexto das Ciências

A Teoria educacional A Matemática no Contexto das Ciências (TMCC) é composta por cinco fases: curricular, didática, epistemológica, fase docente e cognitiva. Essa teoria teve início em 1982, no Instituto Politécnico Nacional do México, com a pesquisadora Patricia Camarena, sendo desenvolvida, no nível universitário, com objetivo de abordar a problemática de ensino e aprendizagem da Matemática na formação de futuros engenheiros.

Assim, a TMCC tem como um dos principais objetivos retratar o ensino da Matemática em cursos de graduação nos quais não visam a formação de matemáticos, buscando uma formação holística e integral do aluno, baseando-se, segundo Camarena (2013), nos seguintes paradigmas: a Matemática é uma ferramenta de apoio ou disciplina formativa para os profissionais; a Matemática tem uma função específica no nível universitário e os conhecimentos nascem integrados.

Vimos até o momento, que a TMCC tem como objetivo central vincular a Matemática a outras ciências e a situações enfrentadas na vida cotidiana da profissão em que pretende formar o estudante. Nessa perspectiva, criou-se a fase curricular e por meio dela, a metodologia Dipcing (**D**iseño de **p**rogramas de estudio de matemáticas en **c**arreras de **i**ngeniería) que visa a elaboração de um currículo de Matemática apropriado para um curso de graduação, no qual, utiliza a Matemática como ferramenta (CAMARENA, 2002).

Tendo-se determinado tal currículo, por meio da fase didática busca-se refletir sobre como colocá-lo em prática na sala de aula, isto é, como implementá-lo e, para tanto, recorre-se

ao MoDiMaCo, cuja ideia principal é possibilitar que o estudante desenvolva habilidades para que consiga transferir o conhecimento matemático para a sua futura profissão e para sua vida cotidiana. Para isso, busca-se um evento contextualizado para ser resolvido pelos estudantes. A partir desse ponto, na formulação da teoria começa a surgir a necessidade não somente de entender a utilização da Matemática nas disciplinas específicas, mas também de entender sua gênese a partir da interdisciplinaridade da Matemática nos cursos de graduação na qual ela está a serviço. Dessa forma, para compreender melhor o contexto no qual o objeto matemático está inserido, é que surgiu a fase epistemológica.

Simultaneamente, cabe ao professor explicitar articulações entre os conhecimentos matemáticos e os de outros contextos e pensar nas estratégias de ensino em concordância com o MoDiMaCo, surgindo assim a fase docente. Dessa forma, começa-se a sentir a necessidade de avaliar o quanto esse modelo auxilia na aprendizagem dos alunos e por esse motivo, inicia-se a fase cognitiva. Essa fase, segundo Camarena (2011), tem por objetivo saber, do ponto de vista cognitivo, o que ocorre com os alunos quando lidam com a interdisciplinaridade da Matemática com outras ciências básicas ou com outras disciplinas específicas do curso em que estão cursando ou, até mesmo, com um problema da vida cotidiana do futuro profissional. Para sustentar essas análises, a TMCC recorre a teorias cognitivas já existentes que abordam os processos cognitivos, tais como a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a Teoria dos Campos Conceituais de Vernaud, a Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Duval, a Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural de Feuerstein, entre outras.

Neste artigo utilizamos preceitos da fase curricular e da fase epistemológica. Da fase curricular, pois com a análise das entrevistas realizadas obtivemos informações a respeito dos conceitos/temas de Matemática que são abordados em cada habilitação dos cursos de Engenharia, em quais disciplinas esses tópicos estão presentes. Da fase epistemológica, pois estudando os livros propostos por esses professores e das narrativas destes, pudemos entender melhor os contextos em que esses tópicos são usados, como são aplicados nas disciplinas de outras áreas, isto é, compreender melhor a vinculação da Matemática com as disciplinas específicas dos cursos de Engenharia.

2 Procedimentos metodológicos

Realizamos, entrevistas reflexivas com 5 professores de disciplinas específicas dos cursos

de Engenharia de uma mesma Instituição de Ensino Superior (IES) do Estado de São Paulo, no período de novembro de 2019 a março de 2020. Essas entrevistas tiveram o intuito de identificar como e onde os conteúdos de Álgebra Linear são abordados nas disciplinas específicas dos cursos de Engenharia, além de auxiliar na compreensão da interdisciplinaridade destes conteúdos com as áreas nas quais estão sendo utilizados.

Optamos por efetuar entrevista, pois segundo Minayo (1996, p.108), este tipo de coleta de dados pode contribuir tanto para obter informações objetivas que poderiam proceder de outros tipos de coletas de dados, quanto subjetiva, sendo que estas só são possíveis por meio de entrevistas. A entrevista proporciona a oportunidade de envolver-se com os valores, atitudes e opiniões dos entrevistados, o que é de extrema importância uma vez que estamos interessados em problemas reais, os quais não são facilmente encontrados em livros didáticos, ou seja, as opiniões e experiências de vida dos sujeitos são de grande importância.

Adotamos como sendo entrevista “um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, mediante uma conversação de natureza profissional” (LAKATOS; MARCONI, 1993, p. 195-196). Neste trabalho, utilizamos a entrevista reflexiva, pois este modelo de entrevista possibilita aos sujeitos participantes raciocinarem e argumentarem sobre diversas questões de sua prática, o que poderia proporcionar ao docente um momento de reflexão sobre sua própria prática em relação ao ensino mais contextualizado.

No âmbito da entrevista reflexiva optamos pelo procedimento de entrevista semiestruturada que, segundo Szymanski, Almeida e Prandini (2018), não contém um roteiro fechado, pode-se fazer adequações baseadas na fala do entrevistado caso seja necessário. Essa escolha se fez por trazer uma maior flexibilidade para improvisar, aprofundar ou encurtar para pontos de interesse do trabalho. Esse tipo de entrevista segue um roteiro previamente preparado, podendo conter questões abertas e/ou fechadas seguindo uma conversa mais informal.

A preparação do roteiro e a conduta da entrevista baseou-se no livro “A Entrevista na Pesquisa em Educação: a prática reflexiva”, no qual, as autoras dividem a entrevista em duas etapas. Na primeira etapa, as autoras deste livro denominam de contato inicial, o estágio em que o entrevistador e o participante se conhecem melhor. A segunda etapa, é a condução da entrevista, sendo que esta é subdividida em 6 fases: Aquecimento, Questão Desencadeadora, Expressão da Compreensão, Sínteses, Questões e Devolução. A quinta

fase, Questões, se fragmenta em perguntas de esclarecimento, focalizadora e de aprofundamento. Na seção seguinte relataremos os passos percorridos na realização das entrevistas.

3 Conduta das entrevistas

Começamos com o contato inicial. Neste momento a primeira autora entrou em contato, via e-mail, com seis dos cinco professores que participaram efetivamente da entrevista, identificou-se, informando em qual Instituição trabalhava, que estava cursando o doutorado na PUC-SP em Educação Matemática e que a pesquisa tinha por objetivo elaborar eventos contextualizados voltados à construção de conceitos de autovalor e autovetor. Foi perguntado a esses docentes se eles teriam interesse em participar desta pesquisa respondendo um formulário do Google Docs. Esse formulário continha questões para caracterizar os professores.

Realizamos também perguntas mais direcionadas aos conteúdos de Álgebra Linear, que situavam o professor sobre o assunto ao qual seria questionado na entrevista, em etapa posterior. A seguir relatamos tais questões:

1. Em 2019, em quais habilitações do curso de Engenharia você atuou e quais disciplinas específicas lecionou?
2. Essas disciplinas nas quais você atuou no ano de 2019 eram ministradas em quais séries?
3. Essas disciplinas utilizavam conceitos de Álgebra Linear?
4. Quais conteúdos dentre Sistemas Lineares, Espaços Vetoriais, Dependência Linear - base e dimensão, Transformação Linear, Autovalor e Autovetor, Diagonalização, Produto Interno, Ortogonalização, entre outros, foram utilizados nas disciplinas?

Posteriormente, aplicamos a segunda etapa da entrevista, denominada de condução da entrevista, que foi presencial, no local de trabalho dos entrevistados e teve a duração de dez a sessenta minutos dependendo do entrevistado. Demos início com o aquecimento, comentando que a pesquisa estava de acordo com o Comitê de Ética da PUC-SP e que os professores deveriam assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), por meio do qual explicavam-se os objetivos dessa pesquisa, relatava-se que a pesquisa era confidencial e que seria gravada. Depois que o professor lia o TCLE e autorizava, fazíamos uma recapitulação do que ele havia respondido no formulário do Google Docs, acrescido de dados que foram pesquisados sobre o entrevistado (via currículo lattes) e,

em seguida fazíamos a pergunta (questão desencadeadora):

Dentre os conteúdos de Álgebra Linear que você disse que utiliza nas disciplinas em que atua e/ou atuou, como são abordados esses conteúdos? Você conhece algum problema real, que desenvolve com seus alunos em sala de aula, que utiliza conteúdos de Álgebra Linear como ferramenta?

Depois da questão desencadeadora, o professor ficava à vontade para responder e em alguns momentos trazíamos as questões de esclarecimento, focalizadora e de aprofundamento, com o objetivo de voltar ao tema e aprofundar em determinados assuntos quando necessário.

4 Sujeitos da Pesquisa

Os sujeitos dessa entrevista foram cinco professores, que denotaremos por professor 1, professor 2, professor 3, professor 4 e professor 5, de disciplinas específicas dos cursos de graduação em Engenharia de uma mesma IES.

Com o contato inicial e com as perguntas de caracterização dos professores, pudemos perceber que quatro destes cinco professores lecionam há 20 anos ou mais, ou seja, estão na carreira de docentes há muitos anos. Dos cinco professores, somente dois deles, professores 2 e 3, trabalham ou trabalharam em empresas, os demais sempre atuaram somente como docentes.

Vale ressaltar que os professores 2, 3 e 5 foram escolhidos para participar da pesquisa por serem, na época, coordenadores dos cursos de Engenharia Elétrica, Mecânica e Eletrônica, respectivamente. Escolhemos, a princípio, esses cursos pois são cursos que utilizam muito a Matemática como ferramenta, fato que poderia nos ajudar com o objetivo de encontrar algum evento contextualizado. A preferência pelos coordenadores desses cursos foi pelo fato de, por estarem nesta função, terem uma visão mais ampla do curso.

A escolha do professor 1 foi pelo fato de trabalhar com robótica, sendo que esta utiliza bastante conceitos de Álgebra Linear. A escolha também se deu por este professor atuar em disciplinas específicas das Engenharias, porém começou trabalhando na instituição em disciplinas de Matemática nos anos iniciais dos cursos de Engenharia (os quais estamos pesquisando). Pensamos que esse professor teria um melhor entendimento tanto das disciplinas iniciais quanto das disciplinas específicas, podendo trazer uma linguagem mais próxima da minha formação, facilitando um pouco o entendimento e a comunicação. E o professor 4 foi escolhido, pois em conversa aleatória, já havia me informado que

trabalhava com disciplinas que utilizavam o conceito de autovalor e autovetor.

5 Resultados

Vale a pena salientar que a primeira parte da etapa do contato inicial, a de caracterização de professores, foi realizada simplesmente para identificarmos características em comum entre os professores. Então começaremos relatando as respostas dos professores sobre as quatro questões referentes ao tema Álgebra Linear. Com a primeira questão “Em quais habilitações do curso de Engenharia você atuou e quais disciplinas específicas lecionou?”, pode-se observar que os professores entrevistados atuam nas habilitações de Engenharia Civil, Engenharia da Computação, Engenharia de Controle e Automação, Engenharia Eletrônica, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica. E que o professor 1 leciona em quatro habilitações diferentes e o professor 5 em cinco. O professor 4 não respondeu o questionário. A segunda questão informa-nos sobre as disciplinas e séries que esses professores atuam e as informações a este respeito são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Disciplinas e séries que os professores atuaram em 2019

Disciplinas	Série	Professor 1	Professor 2	Professor 3	Professor 5
Algoritmos e Programação	1 ^a	X			
Sistemas de Controle I	5 ^a	X			
Robótica Industrial	5 ^a	X			
Introdução a Aprendizagem de Máquina	5 ^a	X			
Robótica em Ambientes Virtuais	5 ^a	X			
Acionamentos e Instalações Elétricas Industriais	5 ^a		X		
Sistema de Potência	4 ^a		X		
Conversão de Energia	4 ^a		X	X	
Projeto de Usinas e Subestações	5 ^a		X		
Projeto Básico de Aeronaves	5 ^a			X	
Fundamentos de Circuitos Digitais	2 ^a				X
Circuitos Analógicos	2 ^a				X
Eletrônica Fundamentos Analógica	3 ^a				X
Controle de Processos	5 ^a				X
Sistemas de Controle II	5 ^a				X

Fonte: Dados da pesquisa.

Pela análise do Quadro 1, notamos que todos os professores que responderam esse formulário atuavam em disciplinas ministradas na quarta e quinta série, isto é, trabalham em disciplinas específicas do curso. Por atuarem em unidades curriculares diferentes, conseguimos analisar um número amplo de disciplinas específicas dos cursos de *Rev. Prod. Disc. Educ. Matem., São Paulo, v.11, n.1, pp. 97-110, 2022*

Engenharia Elétrica, Eletrônica, Controle e Automação e Mecânica. As disciplinas de Fundamentos de Circuitos Analógicos e Fundamentos de Circuitos Digitais são oferecidas nos cursos de Engenharia Elétrica, Eletrônica, de Controle e Automação e Computação. Já Sistema de Controle I, Sistema de Controle II estão presentes nas Engenharias Elétrica, Eletrônica, de Controle e Automação.

Outro ponto importante a ressaltar, a partir desse primeiro momento da entrevista e mais especificamente com essa questão, é que pudemos observar em quais disciplinas esses professores atuaram recentemente, tendo dessa forma, a oportunidade de avaliar os planos de ensino para termos uma ideia dos pré-requisitos dessas disciplinas específicas, e com isso termos uma base dos conteúdos de Álgebra Linear que poderiam ser explorados nessas disciplinas e como isto estava se dando, preparando-nos dessa forma para a entrevista realizada no momento posterior.

A resposta à terceira pergunta foi unânime: todos os entrevistados disseram que utilizavam conceitos de Álgebra Linear nas disciplinas em que atuavam. Por fim, com a quarta questão “Quais conteúdos de Álgebra Linear os professores participantes desta pesquisa consideram que utilizam nas disciplinas em que atuaram em 2019?” notamos que nenhum dos professores utilizou em suas disciplinas os conteúdos de subespaço vetorial e produto interno, existe um professor que utilizou espaços vetoriais sobre o corpo dos reais, um dependência linear: base e dimensão, um diagonalização, um ortogonalização, dois utilizaram autovalores e autovetores, três disseram que utilizaram transformação lineares e todos utilizaram sistemas lineares. Observamos que o conteúdo mais utilizado é sistemas lineares, seguido por transformações lineares. Esses dois conteúdos foram os mais abordados em dissertações e teses de 2011 até 2018 (PHILOT; BIANCHINI, 2020).

Cabe ressaltar também, que o objetivo principal dessas entrevistas era encontrar um evento contextualizado. Unicamente com essas entrevistas, não fomos capazes de identificar um possível evento e assim atingir o objetivo principal da tese de doutorado que está em andamento. Porém, com essas entrevistas foram apresentadas disciplinas, conceitos e materiais didáticos que fazem uso de autovalor e autovetor os quais foram fundamentais para nos orientarmos e sabermos o quê e onde procurar problemas que pudessem vir a ser um evento contextualizado. Tal fato pode ser observado nos Quadros 2 e 3 a seguir.

Quadro 2 – Conteúdos de Álgebra Linear citados pelos professores entrevistados e suas aplicações nas disciplinas específicas

Professor	Conteúdo de AL citado	Disciplina	Aplicação
1	Sistemas Lineares	Sistemas de Controle II	—
1	Base - Dimensão	Sistemas de Controle II	—
		Robótica Industrial	—
1	Transformação Linear	Sistemas de Controle II	—
		Robótica Industrial	—
1	Autovalor e Autovetor	Sistemas de Controle II	—
		Ciências de Dados e Inteligência Artificial	<i>Machine Learning e Deep Learning</i>
2	Autovalor e Autovetor	Máquinas Elétricas	Máquinas Elétricas (curva de Capacidade)
		Introdução a Sistemas Elétricos de Potência	Circuitos elétricos
			Estabilidade de um sistema elétrico
3	Sistemas Lineares	—	—
3	Diagonalização	—	—
3	Autovalor e Autovetor	—	<i>Software AHP</i> (ferramenta de Administração de empresas)
		Teoria das Estruturas	—
3	Operações Vetoriais	—	Dedução da equação fundamental de matriz de fluxo quando aplica conservação do momento angular partindo do Teorema de Transporte de Reynold
4	Autovalor e Autovetor	Mecânica Analítica	Momento de Inércia
		Teoria das Estruturas	Estado Triplo de Tensão
			Vibrações
5	Autovalor e Autovetor	Sistema de Controle II	Estabilidade de sistemas por meio de representação de estados
5	Transformação Linear	Sistema de Controle II	Representação de um sistema, na forma do espaço dos estados, de diversas formas

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 3 – Materiais didáticos sugeridos pelos professores entrevistados que abordam o conteúdo de autovalor e autovetor nas disciplinas específicas

Professor	Assunto	Disciplina	Livro - autor
4	Vibração	Teoria das estruturas	Analytical Methods in Vibrations - Leonard Meirovitch
4	Momento de Inércia Principais	Mecânica Analítica	Mecânica Estática e Mecânica Dinâmica - J.L. Meriam e L.G. Kraige
4	Tensões Principais		Vector Analysis - Edwin Bidwell Wilson
4	Momento de Inércia Principais	Mecânica Analítica	Dinâmica dos Sistemas Mecânicos – notas de aula escrita pelo professor 6
	Tensões Principais		Estado triplo de tensão – notas de aula escrita pelo professor 6

5	Estabilidade de um sistema dinâmico	Sistema de Controle II	Projeto de Sistemas de Controle – notas de aula escrita pelo professor 8
5	Sistemas de Controle II	Sistema de Controle II	Engenharia de Controle Moderno – Katsuhiko Ogata

Fonte: Dados da pesquisa.

Considerações Finais

Com essas entrevistas, pudemos perceber que todos os professores entrevistados têm contato de alguma forma com os conteúdos de Álgebra Linear e que a maioria deles tem um conhecimento aprofundado destes. Eles sabem onde esses conceitos estão sendo aplicados nas disciplinas específicas, porém não abordam exemplos e/ou exercícios, em sala de aula, mais contextualizados ou mais próximos da vida profissional do engenheiro, tampouco como sendo um subproblema de um problema real mais amplo.

Outro fato que vale a pena evidenciar é que a maioria dos docentes que trabalha ou trabalhou em empresas não conseguiu trazer nenhum exemplo que tenha utilizado tais conceitos em sua atuação profissional. Somente o professor 5 discorreu de uma aplicação desses conceitos em sua empresa, porém foi na área de administração.

Finalizamos o relato e análise da entrevista enfatizando duas ideias mencionadas ao longo delas que foram relevantes para nosso estudo. A primeira foi que, segundo o professor 4, os conceitos de autovalor e autovetor não eram detalhados e nem justificados, pois não era uma disciplina de Matemática. Com isso, podemos admitir que saber esses conceitos matemáticos seria importante para as disciplinas posteriores, mas também em alguns momentos o entrevistado disse que isso é calculado muitas vezes numericamente ou utilizando *software*. Este fato nos faz refletir que talvez não precisemos mais de disciplinas que ficam calculando os autovalores e autovetores analiticamente, mas sim que discutam os conceitos, mostrando aplicações e conexões com disciplinas futuras. Esta abordagem deve também auxiliar na utilização de *softwares* para calcular os autovalores e autovetores e, com essas respostas, discutir possíveis conclusões para solução de alguns problemas da engenharia. O segundo fato relevante foi que na maioria das instituições públicas do Estado de São Paulo, Álgebra Linear está no primeiro ano do curso, e existem pesquisas como a de Celestino (2000), Dorier (2000), e Prado (2016) que apontam a dificuldade do aluno em aprender Álgebra Linear por falta de maturidade e por essa disciplina ser muito abstrata. Dessa forma, precisamos repensar sobre o momento ideal de se ensinar esses conteúdos, pois se alguns tópicos fossem ensinados a partir do terceiro ano do curso, por exemplo,

poderíamos trabalhar problemas um pouco mais próximos da vida profissional do engenheiro, tornando o curso menos abstrato. Além do mais, segundo as autoras deste artigo, os alunos teriam mais maturidade Matemática para aprender efetivamente esses conceitos, além, de porventura, facilitar para o professor das disciplinas específicas que abordam esses tópicos, uma vez que esses conceitos estariam mais recentes para o aluno.

Agradecimentos

Agradeço à Capes pelo suporte financeiro.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Resolução CNE/CES n. 2/2019, de 23 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) do Curso de Graduação em Engenharia, 2019.

CAMARENA, P. Metodología curricular para las ciencias básicas en ingeniería. **Revista Innovación Educativa**, v. 2, n. 10 e n. 11, p. 22-28 e 4-12, 2002.

CAMARENA, P. Concepción de competencias de las ciencias básicas em el nivel universitario. In: DIPP, A.J., MACÍAS, A. B. (Org.). **Competencias y Educación – miradas múltiples de una relación**. México: Instituto Universitario Anglo Español A.C e Red Durango de Investigadores Educativos A.C., p.88-118, 2011.

CAMARENA, P. A treinta años de la teoría educativa “Matemática en el Contexto de las Ciencias”. **Revista Innovación Educativa**, v. 13, n. 62, p. 17-44, 2013a.

CAMARENA, P. La matemática social en el desarrollo integral del alumno. **Revista Innovación Educativa**, v. 14, n. 65, p. 143-149, maio/ago. 2014.

CAMARENA, P. Didáctica de la matemática em contexto. **Educação Matemática em Pesquisa**, São Paulo, vol.19, n.2, 01-26, 2017. <https://doi.org/10.23925/1983-3156.2017v19i2p1-26>

CELESTINO, Marcos R. **Ensino-aprendizagem da Álgebra Linear: as pesquisas brasileiras na década de 90**. São Paulo, 2000. 113 p. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Programa de Pós-Graduados em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

CHIARI, Aparecida Santana de Souza. *Ensino de Álgebra Linear e Tendências em Educação Matemática: relações possíveis*. In: **XI Encontro Nacional de Educação Matemática**, 2013, p. 1-15.

DORIER, Jean-Luc et al. *On a research program concerning the teaching and learning of linear algebra in the first-year of a French science university*. In: **International Journal of Mathematics Education in Science and Technology**, n.31, 2000, p. 27-35.

FERRUZI, Elaine Cristina; ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de. Modelagem Matemática no ensino de Matemática para engenharia. **II Jornada Brasileira do Grupo de Pesquisa Euro-Latino-Americano**, v. 6, n. 1, p. 153-172, jan-abr, 2013.

FIRMINO, G.L; SIQUEIRA, A.M. A Matemática no ensino de Engenharia. **The Journal of Engineering and Exact Sciences -JCEC**, v. 3, n.3, p. 331-345, 2017. <http://doi.org/10.18540/2446941603032017331>

FONTENELE, F. C. F. **Contribuições da Sequência Fedathi para o desenvolvimento do Pensamento Matemático Avançado: uma análise da mediação docente em aulas de Álgebra Linear**. Ceará, 2018. 192 p. Tese (Doutorado em Educação). Programa de Pós-Graduados em Educação, Universidade Federal do Ceará.

LAKATOS, A. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1993.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: Hucitec-Abrasco, 1996.

NOMURA, J. I. **Esquemas Cognitivos e Mente Matemática inerentes ao objeto matemático autovalor e autovetor: traçando diferenciais na formação do Engenheiro**. São Paulo, 2014. 349 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática).

PHILOT, J.; BIANCHINI, B. Um panorama das dissertações e teses sobre o tema álgebra linear no ensino superior no Brasil nos anos de 2011 a 2018. **Revista de Produção Discente em Educação Matemática**, São Paulo, v.9, p. 94-106, 2020.

PRADO, E. de A. **Álgebra Linear na Licenciatura em Matemática: contribuições para a formação do profissional da Educação Básica**. São Paulo, 2016. 252 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Programa de Pós-Graduados em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

RIBEIRO, L. N. **Uma análise do movimento de constituição da ementa da disciplina de Álgebra Linear na Licenciatura em Matemática**. Goiás, 2018. 207 p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Programa de Pós-Graduados em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal de Goiás.

STEWART, S.; LARSON C. A.; ZANDIEH, M. Linear algebra teaching and learning: themes from recent research and evolving research priorities. **ZDN mathematics education**, v.51, p. 1017-1030, nov.,2019. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01104-1>

SZYMANSKI, H.; ALMEIDA, L.; PRANDINI, R. **A entrevista na pesquisa em educação a prática reflexiva**. 5 ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2018.