

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO  
PUC/SP**

**JOELMA IAMAC NOMURA**

**COMO SOBREVIVEM AS DIFERENTES NOÇÕES DE  
ÁLGEBRA LINEAR NOS CURSOS DE ENGENHARIA  
ELÉTRICA E NAS INSTITUIÇÕES**

**MESTRADO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

**São Paulo**

**2008**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO  
PUC/SP

JOELMA IAMAC NOMURA

COMO SOBREVIVEM AS DIFERENTES NOÇÕES DE  
ÁLGEBRA LINEAR NOS CURSOS DE ENGENHARIA  
ELÉTRICA E NAS INSTITUIÇÕES

*Dissertação apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de **MESTRE EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**, sob a orientação da **Profa. Dr<sup>a</sup>. Barbara Lutaif Bianchini**.*

São Paulo

2008

**Banca Examinadora**

---

---

---

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta Dissertação por processos de fotocopiadoras ou eletrônicos.

**Assinatura:** \_\_\_\_\_ **Local e Data:** \_\_\_\_\_

# DEDICATÓRIA

---

*A Deus por me ter concedido equilíbrio e  
saúde até o momento final.*

*A minha família pelo apoio contínuo na  
busca de mais este sonho.*

## AGRADECIMENTOS

---

A minha orientadora, Professora Doutora Barbara Lutaif Bianchini, por acreditar no meu trabalho e empenho, pelo estímulo constante e bom humor nas orientações.

Às professoras da banca examinadora, Professora Doutora Silvia Dias de Alcântara Machado, pela valiosa contribuição, sabedoria e críticas construtivas, e Professora Doutora Leila Zardo Puga por me ter ingressado neste grupo de pesquisa e me orientado nos primeiros dias de Mestrado.

Aos meus professores de graduação Professor Doutor Carlos Antonio França Sartori e Professor Doutor Silvio Ikuyo Nabeta, exemplos de profissionais da engenharia e verdadeiros mestres, que contribuíram com o direcionamento e os primeiros passos dessa pesquisa.

Às professoras suplentes, Professora Doutora Renata Rossini pela orientação, paciência e entusiasmo ao ler o trabalho e Professora Doutora Helena Noronha Cury pela atenção e conhecimento que me incentivaram à investigação deste tema.

À Professora Doutora Marlene Alves Dias, que direcionou e ajudou na reformulação deste trabalho.

À Professora Doutora Cileda de Queiroz e Silva Coutinho que me orientou, apresentou idéias sobre o trabalho e sobre o Quadro Teórico utilizado nesta pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da PUC-SP, por todo incentivo e acompanhamento ao longo das aulas e do curso.

A todos os professores que participaram das entrevistas.

Aos amigos do Mestrado, em especial aos integrantes do grupo GPEA, pelas contribuições durante as reuniões de grupo.

A CAPES, pela bolsa de estudo, que permitiu maior dedicação ao Programa de Pós-Graduação.

## RESUMO

---

Esta pesquisa inserida no atual projeto denominado *Em busca de situações propícias para a aprendizagem de conceitos básicos de Álgebra Linear* do Grupo de Estudos de Educação Algébrica (GPEA) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), propõe encontrar elementos que respondam às questões inerentes a esta investigação: Por que e Como deve ser lecionada a disciplina Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica? A escolha deste tema justifica-se pela importância da Álgebra Linear nas disciplinas que compõem um curso de Engenharia Elétrica e na necessidade latente de mudança de enfoque dado pelos professores que lecionam a disciplina. Assim, pretendemos trazer elementos que justifiquem a reformulação de cursos que trabalham com disciplinas matemáticas como a Álgebra Linear em graduações com este perfil. Os resultados foram obtidos através de pesquisas bibliográficas, documentos oficiais vigentes para os cursos de Engenharia Elétrica, entrevistas com professores desta graduação e exercícios aplicados citados nas entrevistas. Para sua análise, buscamos na Teoria Antropológica do Didático (TAD) de Chevallard (1999), articular as diversas noções expostas que constituem a tríade objeto-pessoa-instituição. Dentre os resultados obtidos, verificamos que a aprendizagem de conceitos de Álgebra Linear como Matrizes, Sistemas Lineares e Transformação Lineares está atrelada às relações existentes com outras disciplinas da graduação como Circuitos Elétricos, Processamento de Sinais, Teoria Eletromagnética, dentre outras. Também pudemos identificar a busca pela formação do engenheiro conceitual e generalista que prime por conhecimentos matemáticos vinculados à pesquisa. Estaríamos, assim, obtendo informações

para responder a nossa pergunta inicial: Por que a Álgebra Linear deve ser lecionada em uma graduação de Engenharia Elétrica? Mas como poderia ser direcionado este ensino? Após análise das informações obtidas, percebemos que a antecipação de determinados conteúdos específicos da graduação poderia ser trabalhada através de exemplos propostos em livros atuais de Álgebra Linear. Outra sugestão, apontada no discurso dos professores, faz referência a projetos integrados que tratem a interdisciplinaridade inerente a este curso.

Palavras-Chave: Álgebra Linear, Engenharia Elétrica, Interdisciplinaridade, Teoria Antropológica do Didático.

## ABSTRACT

---

This research included in the current project called *In Search of propitious situations for learning basic concepts of Linear Algebra* of Group's Studies of Education Algebraic (GPEA) of the Pontifical Catholic University of São Paulo (PUC-SP), proposes find elements that meet issues inherent in this research: Why and how should be taught the discipline Linear Algebra in a graduate of Electrical Engineering? The choice of this subject is justified by the importance of Linear Algebra in the disciplines that make up a course in Electrical Engineering and the latent need of a change of focus given by teachers who teach the discipline. Therefore, we want to bring elements that justify the reformulation of the course that work with mathematical subjects such as Linear Algebra with graduations in this profile. The results were obtained through bibliographic searches, official documents applying for the courses of Electrical Engineering, interviews with teachers of graduation and applied exercises cited in the interviews. For its analysis, we sought in Anthropological Theory of the Didactic of Chevallard (1999), articulate the various concepts which are exposed in the triad object-person-institution. Among the results, we see that the learning of concepts of Linear Algebra as Matrix, Linear Systems and Linear Transformation is geared to existing relationships with others disciplines such as Electrical Circuits, Signal Processing, Electromagnetic Theory, among others. It also could identify the search for the formation of the conceptual and general engineer for that prime mathematical tied to search. We thus getting information to reply to our original question: Why does the Linear Algebra should be taught in a graduate of Electrical Engineering? But how education could be directed? After the analysis of the gotten information, we

perceive that the anticipation of certain content of the graduation could be worked through examples offered in current books of Linear Algebra. Another suggestion, pointing in the speech of teachers, refers to the integrated projects that address the interdisciplinary inherent in this course.

Keywords: Linear Algebra, Electrical Engineering, Interdisciplinary, Anthropological Theory of Didactic.

# SUMÁRIO

---

INTRODUÇÃO .....	15
CAPÍTULO 1: Fundamentação Teórica e Metodológica .....	25
1.1. A Teoria Antropológica do Didático .....	25
1.1.1. A Articulação com a Teoria das Situações Didáticas .....	26
1.1.2. A Modelagem das Práticas Sociais .....	28
1.1.3. Análise de uma Organização Praxeológica Didática e Matemática .....	32
1.2. Procedimentos Metodológicos .....	34
CAPÍTULO 2: Sobre documentos governamentais e institucionais do curso de Engenharia Elétrica: Uma Análise da Relação Institucional Esperada .....	39
2.1. As Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia .....	39
2.2. As Grades Curriculares .....	46
2.2.1. Universidade I .....	49
2.2.2. Universidade II .....	55
2.2.3. Universidade III .....	56
2.3. Análise da Relação Institucional Esperada .....	57
CAPÍTULO 3: Entrevistas com professores da graduação em Engenharia Elétrica: Uma Análise da Relação Institucional Real .....	63
3.1. Principais questões .....	64
3.2. As Entrevistas .....	68
3.2.1. Entrevista I - A entrevista-piloto .....	70
3.2.2. Entrevista II .....	72

3.2.3. Entrevista III .....	75
3.2.4. Entrevista IV .....	77
3.2.5. Entrevista V .....	81
3.3. Análise da Relação Institucional Real .....	83
CAPÍTULO 4: Análise da Organização Praxeológica do Objeto Matemático:	
Sistema de Equações Lineares – Uma Análise da Relação	
Institucional Existente .....	91
4.1. Análise da Organização Matemática do Objeto: Sistema de Equações	
Lineares .....	93
4.1.1. Exemplo 1: Análise de Redes .....	94
4.1.1.1. Tarefa .....	95
4.1.1.2. Técnica .....	95
4.1.2. Exemplo 2: Circuitos Elétricos .....	97
4.1.2.1. Tarefa .....	100
4.1.2.2. Técnica .....	100
4.1.3. Discurso Teórico-Tecnológico das Tarefas e Técnicas de	
ambos os Exemplos .....	104
4.2. Análise da Organização Didática do Objeto: Sistema de Equações	
Lineares .....	105
4.2.1. O Capítulo Introdutório de Álgebra Linear .....	106
CAPÍTULO 5: Considerações Finais .....	109
REFERÊNCIAS .....	115
APÊNDICE .....	119
ANEXOS .....	123

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 – Fluxo de um nó: $f_1+f_2 = 50$ .....	94
Figura 2 – Fluxo através da rede de encanamento de água .....	95
Figura 3 – Circuito elétrico simples com três baterias e quatro resistores conectados por fios.....	97
Figura 4 – Circuito elétrico com baterias indicando seu potencial elétrico .....	100

## LISTA DE QUADROS

---

Quadro 1 – Relação entre disciplinas dos ciclos específicos e Álgebra Linear para Engenharia I e Álgebra Linear para Engenharia II .....	55
Quadro 2 – Síntese do perfil do entrevistado, local da entrevista e sua duração.....	69
Quadro 3 – Síntese das principais idéias apresentadas nas entrevistas realizadas .....	88
Quadro 4 – Livros analisados neste trabalho .....	92
Quadro 5 – O objeto matemático Sistema de Equações Lineares e sua relação com disciplinas da Engenharia Elétrica .....	93

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

---

COBENGE – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura

GPEA – Grupo de Pesquisa de Educação Algébrica

IES – Instituição de Ensino Superior

PNE – Plano Nacional de Educação

REENGE – Reengenharia do Ensino da Engenharia

TAD – Teoria Antropológica do Didático

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TSD – Teoria da Situação Didática

# COMO SOBREVIVEM AS DIFERENTES NOÇÕES DE ÁLGEBRA LINEAR NOS CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA E NAS INSTITUIÇÕES

## INTRODUÇÃO

---

Em dezembro de 2005, ao ingressar no Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), deparei-me, a princípio, com uma certa dúvida sobre qual tema motivaria minha atenção para estudo e que ao mesmo tempo pudesse instigar a formação de novos pesquisadores.

A idéia foi trabalhar com o tema Álgebra Linear e, melhor ainda, associá-lo a minha graduação em Engenharia Elétrica. Estaria, assim, frente a uma vastidão de informações que poderiam resultar em um casamento perfeito e, sem dúvida, eterno.

Coletas de informações, leituras sobre temas correlatos, livros e mais livros sobre Álgebra Linear. E em todos eles, os mesmos relatos de dificuldades de ensino e de aprendizagem e o número expressivo de evasão e de reprovação na disciplina (CELESTINO, 2000).

De acordo com Lay (1997), a Álgebra Linear é, em sentido prático, uma linguagem. E como qualquer língua estrangeira exige-se um trabalho diário e contínuo para sua compreensão e apreensão.

E qual a participação da Engenharia Elétrica frente a este cenário? É o que iremos compreender a partir da citação da Lay (1997) que inicia a nossa investigação.

*Era o final do verão de 1949. Wassily Leontief, professor de Harvard, estava cuidadosamente inserindo o último cartão perfurado no computador Mark II da universidade. Os cartões continham informações sobre a economia americana e representavam um resumo de mais de 250.000 itens produzidos pelo Departamento de Estatística do Trabalho dos EUA após dois anos de trabalho intenso. Leontief dividiu a economia americana em 500 "setores", como a indústria de carvão, indústria automobilística, comunicações e assim por diante. Para cada setor, ele escreveu uma equação linear que descrevia como o setor distribuía sua produção com respeito aos outros setores da economia. Como o Mark II, um dos maiores computadores de sua época, não podia lidar com o sistema resultante de 500 equações e 500 incógnitas, Leontief precisou resumir o problema em um sistema de 42 equações e 42 incógnitas. A programação do computador Mark II para resolver as 42 equações de Leontief levou vários meses de trabalho, e Leontief estava ansioso para ver quanto tempo o computador levaria para resolver o problema. O Mark roncou e piscou durante 56 horas até que finalmente produziu uma solução (LAY, 1997, p. 1).*

A citação acima, extraída do livro *Álgebra Linear e suas aplicações* de David Lay, relata a vitória de Leontief na busca por um sistema que representasse um modelo matemático de grande escala. Estamos aqui, discorrendo sobre um marco histórico ocorrido em 1949, que hoje norteia pesquisas realizadas em muitas áreas científicas e de negócios. Conforme Lay (1997) afirma

*Hoje, a Álgebra Linear tem mais valor em potencial para os alunos, em muitas áreas científicas e de negócios, do que qualquer outro assunto em matemática em nível de graduação (LAY, 1997, p.1).*

Mas como evidenciar as idéias da Álgebra Linear em graduações como as Engenharias, instigando os alunos ao seu estudo?

Ontem, como aluna de Álgebra Linear, em uma graduação de Engenharia Elétrica, talvez fizesse as mesmas perguntas que hoje escuto ao lecionar a disciplina. *Mas, professora, para que eu preciso estudar isso?* Confesso, que essa

questão, ainda me causa um certo constrangimento por não ter todas as respostas e uma certa inquietação por tentar buscá-las.

Como destaca Lay (1997) a importância da Álgebra Linear nas aplicações tem crescido de modo diretamente proporcional ao crescimento do poder computacional, em que cada nova geração de *hardware* e de *software* detona uma demanda para capacidades ainda maiores.

Decorrem, deste motivo, as inúmeras investigações realizadas ao longo dos últimos anos que relatam experiências e necessidades conjuntas de universidades a respeito de um melhor aproveitamento de disciplinas matemáticas como curso de serviço<sup>1</sup>. Conceitos se formam, metodologias são investigadas e novas formas de apresentar as disciplinas básicas tornam-se fatores imprescindíveis na formação de um profissional que deverá responder às mais diversas exigências.

Assim, este trabalho inicia-se com a investigação de algumas obras relacionadas ao tema de nossa pesquisa, que destacam a necessidade de mudança de enfoque na apresentação de uma disciplina matemática como a Álgebra Linear em um curso de Engenharia Elétrica.

Dentre as obras encontradas, evidenciamos os trabalhos de Cabral e Baldino (2004) e o de Howson *et al* (1987). Ambos tratam sobre qual matemática a ser ensinada como curso de serviço.

De acordo com Cabral e Baldino (2004), os professores de matemática designados para lecionarem no elenco de disciplinas profissionais de engenharia, não têm uma visão como as disciplinas matemáticas poderiam ser ministradas, tornando-as cada vez menos úteis. Além disso, reforçam a necessidade de

---

<sup>1</sup> Curso de serviço: a disciplina Álgebra Linear, conforme está descrita em nossa pesquisa é denominada curso de serviço, uma vez que é ministrada na interface entre a matemática e suas aplicações (Howson, 1987).

diálogo e maior interação entre os professores de matemática e os de engenharia.

Já na obra de Howson *et al* (1987), os autores afirmam que o ensino da matemática como curso de serviço deve ser considerado um fato, uma necessidade social, não devendo ser reduzido a formas inferiores ou limitado a campos específicos.

Howson *et al* (1987) ressaltam o importante papel de educadores matemáticos frente a este cenário.

Em relação à Educação Matemática, os autores afirmam que este assunto é importante, por pelo menos três razões: 1) Numericamente, pois envolve um grande número de matemáticos lecionando em cursos não-matemáticos, como Economia, Engenharias e Ciência da Computação; 2) Socialmente, corresponde ao impacto da matemática em todos os aspectos do cotidiano; 3) Intelectualmente, devemos observar sob diferentes ângulos, percebendo que os diferentes aspectos provêm de campos matemáticos que podem ser inseridos em uma variedade de situações cotidianas. Além disso, devemos levar em consideração a diversidade de alunos e as diferenças entre as instituições de ensino superior.

Assim, os autores entendem que os pesquisadores em Educação Matemática podem auxiliar na reformulação e elaboração de diferentes métodos de ensino. O pretendido equilíbrio a ser alcançado entre os conceitos e novas metodologias faz com que a Matemática não seja considerada como mero acumulado de conhecimentos, mas uma reconstrução permanente de escolhas e novas investigações.

Os autores acrescentam que a Matemática necessária é aquela que precisamos e que deverá ser suprida pela forma e/ou método o qual lhes serão

ensinados os conceitos. Caberá aos professores, distribuir de forma coerente, a Matemática a ser ensinada e a que será praticada, aprimorando os assuntos a serem tratados com os alunos, a ordem da apresentação e a forma como serão apresentados ou ilustrados os conceitos matemáticos.

De acordo com Howson *et al* (1987), os professores de matemática ainda desconhecem a relação entre as disciplinas básicas de formação como a Matemática e a Física com as futuras disciplinas da graduação. Faz-se necessário, portanto, que trabalhem próximos a seus colegas de disciplinas futuras, através da discussão de tarefas que envolvam os conceitos, as propriedades, as aplicações do objeto matemático em estudo com a realidade do estudante.

Quando nos referimos a um curso de Engenharia Elétrica que, particularmente atrai a atenção em nossa pesquisa, citamos a importância do conhecimento matemático de um profissional que deverá ser capaz de tratar matematicamente determinado problema, relacionando-o ao amplo aspecto de tratamento com problemas reais do cotidiano. Tal aspecto é estudado na obra de Cabral e Baldino (2004) em que os autores relatam suas experiências no curso de Engenharia em Sistemas Digitais da universidade em que lecionam, citam que os professores que compõem o curso

*reconhecem que a demanda crescente pela inserção do país entre os que detêm tecnologia de ponta define modos de trabalho inéditos e exige que as grades curriculares, oferecidas para a formação dos profissionais de Engenharia, sejam revistas. Um curso que atribui ênfase à proficiência em Microeletrônica, por exemplo, requer que o aluno tenha domínio do eletromagnetismo; logo, as equações de Maxwell, que resumem o eletromagnetismo e articulam Física e Matemática, de maneira privilegiada, tornam-se um dos objetivos decisivos das disciplinas de matemática (CABRAL e BALDINO, 2004, p. 145-6).*

Portanto, nos primeiros anos de formação, os alunos podem atingir objetivos

como este ou o curso perderá o foco inicial.

Dessa forma, a Matemática como curso de serviço representa uma variedade interessante e ainda mal compreendida atividade entre as instituições de ensino. Cabe aos educadores matemáticos, a compreensão dessas relações e a integração de um trabalho conjunto entre profissionais de diferentes perfis.

Frente à evidência de que esses cursos devem passar por reformulações, as duas obras anteriormente citadas enfatizam a necessidade da criação de estruturas flexíveis nas graduações, ou seja, compostas por disciplinas que não estejam presas ou condicionadas à rigidez de ementas pré-estipuladas. Além disso, defendem a construção de um programa de estudos coerentemente integrado e que assegurem a interdisciplinaridade<sup>2</sup> requerida e um maior vínculo entre teoria e prática.

Com base na investigação de Cabral e Baldino (2004) e Howson *et al.* (1987) sobre o papel da matemática como curso de serviço, elaboramos nossa pesquisa com o objetivo de responder às seguintes indagações: Por que e Como deve ser lecionada a disciplina Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica?

Para que respondêssemos as questões apontadas no objetivo deste trabalho buscamos no Grupo de Pesquisa de Educação Algébrica (GPEA) do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática da PUC-SP, desenvolver um aprofundamento teórico que pudesse contribuir e trazer novos elementos às pesquisas já existentes ou que virão surgir.

Dentre os projetos encontrados no projeto maior do grupo intitulado “Qual a Álgebra a ser ensinada na formação de professores?”, encontramos o projeto “Em

---

<sup>2</sup> Interdisciplinaridade: de acordo com Fazenda (2006), a interdisciplinaridade busca um conhecimento universal, ou seja, um conhecimento que não seja partido em campos ou áreas específicas.

busca de situações propícias para a aprendizagem de conceitos básicos da Álgebra Linear”. Este projeto amplia a investigação do trabalho concluído em 2006 “Sobre o desenvolvimento da noção de base de um espaço vetorial” estendendo o campo de investigação para todos os conceitos básicos de Álgebra Linear.

Para esta investigação, adotamos como referencial teórico a Teoria Antropológica do Didático (TAD) de Chevallard (1999). O postulado de base da TAD admite, com efeito, que toda atividade humana regularmente realizada pode ser descrita como um modelo único, que se resume com a palavra praxeologia. Com base nesta teoria, buscamos articular as diversas noções expostas na pesquisa, dentre elas a de objeto, pessoa e instituição.

De acordo com Chevallard (1999), a articulação dessas noções permite pensar de maneira unificada um grande número de fenômenos didáticos que surgem no final da análise da organização praxeológica do objeto matemático em estudo.

Assim, entendemos que as respostas para as questões expostas seriam obtidas a partir de uma análise da organização praxeológica formada pelo conjunto objeto, pessoa e instituição. Conhecer o objeto, no sentido da teoria, é estabelecer uma relação da pessoa ou da instituição com o mesmo.

Após estudo da TAD, assumimos como objeto, alguns conceitos elementares presentes na disciplina Álgebra Linear; como pessoas, os participantes de nossa investigação: professores e alunos; e como instituições, as universidades selecionadas para pesquisa, além de documentos oficiais que regulamentam um curso de Engenharia Elétrica: Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia e Grades Curriculares das universidades investigadas.

A articulação das noções objeto, pessoa e instituição foi estudada a partir da investigação da relação institucional esperada, via análise dos documentos governamentais e institucionais de um curso de Engenharia Elétrica: Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia e Grades Curriculares disponíveis das universidades investigadas; da relação institucional real a partir de entrevistas realizadas com professores da Engenharia Elétrica; e da relação institucional existente, via exercícios aplicados nos livros didáticos citados nas entrevistas.

Acrescentamos que a análise da relação institucional existente pretendeu seguir os pressupostos da TAD em que são estabelecidas as noções de (tipo de) tarefa, (tipo de) técnica, tecnologia e teoria. Na raiz da noção de praxeologia se encontram as noções de tarefa e tipo de tarefas que de acordo com Chevallard (1999) correspondem a construções institucionais. Chevallard (1999) acrescenta a noção de técnica como a maneira de realizar as tarefas, constituindo o bloco prático-técnico que se identificará genericamente com o que comumente se denomina um saber-fazer um determinado tipo de tarefa. Por tecnologia, entende-se como o discurso racional sobre a técnica, de modo a explicá-la e torná-la inteligível. Por sua vez, o discurso tecnológico contém afirmações, mais ou menos explícitas, sendo plausível alguma justificativa. Passa-se, então, a um nível superior de justificação-explicação-produção que corresponde a teoria.

Os conceitos citados anteriormente sobre a Teoria Antropológica do Didático serão detalhados no Capítulo 1: Fundamentação Teórica e Metodológica.

Portanto, uma das metas deste trabalho é trazer elementos que ressaltem a necessidade de mudança no ensino tradicional da Álgebra Linear, respondendo às questões apontadas anteriormente.

Para tanto, este estudo está distribuído em cinco capítulos.

A Introdução, apresenta o cenário enfrentado por disciplinas matemáticas como cursos de serviço, o objetivo deste trabalho e as obras que incentivaram esta investigação. O Capítulo 1 apresenta a Fundamentação Teórica adotada para análise das informações obtidas assim como a Fundamentação Metodológica, ressaltando as principais ferramentas de coleta de informações. O Capítulo 2 destaca os documentos oficiais que fizeram parte da investigação da relação institucional esperada, assim como sua análise. O Capítulo 3 apresenta as questões elaboradas para as entrevistas realizadas com cinco professores participantes desta pesquisa, o resumo das entrevistas e os principais elementos identificados que trouxeram respostas às questões inerentes ao objetivo desta investigação. A partir das informações coletadas no Capítulo 3, buscamos estudar o objeto matemático Sistema de Equações Lineares via livros didáticos citados nas entrevistas. Tal estudo é apresentado no Capítulo 4: Análise da Organização Praxeológica do Objeto: Sistema de Equações Lineares – Uma Análise da Relação Institucional Existente, em que discutimos a noção de Tarefa, Técnica, Tecnologia e Teoria relativas à organização didática e matemática deste saber.

No Capítulo 5 apresentamos as Considerações Finais. Nestas, identificamos os principais resultados alcançados e deixamos sugestões para futuras pesquisas que possam dar continuidade a este trabalho.



## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

---

### 1.1. A Teoria Antropológica do Didático

A Teoria Antropológica do Didático, criada por Yves Chevallard (1992), focaliza o estudo das organizações praxeológicas<sup>3</sup> didáticas pensadas para o ensino e aprendizagem de organizações matemáticas.

*A Teoria Antropológica do Didático (TAD) estuda as condições de possibilidade e funcionamento de sistemas didáticos, entendidos como relações sujeito-instituição-saber (em referência ao sistema didático tratado por Brousseau, aluno-professor-saber) (ALMOULOUD, 2007, p. 111).*

Assim, a TAD estuda o homem perante o saber matemático e mais especificamente perante situações matemáticas, tendo como base a Teoria das Situações Didáticas (TSD) de Brousseau (1986).

Ampliando o conceito de transposição didática, a TAD situa a atividade matemática, e em consequência, a atividade do estudo em matemática, no conjunto de atividades humanas e de instituições sociais, inserindo a didática no campo da antropologia (Chevallard, 1999, p.1).

Para tanto, faz-se necessária a compreensão da tríade: objeto-pessoa-instituição.

De maneira privilegiada encontram-se os objetos. Estes se constituem o “material de base” da construção teórica considerada. Chevallard (1996) faz a comparação com a teoria dos conjuntos no universo matemático contemporâneo, sendo tudo, neste universo, conjunto. Já no universo a ser considerado do autor, tudo é objeto, assim como as pessoas e as instituições.

*Do ponto de vista da “semântica” da teoria, qualquer coisa pode ser um objeto. Um objeto existe a partir do momento em que uma pessoa X ou uma instituição I o reconhece como existente (para ela) (CHEVALLARD, 1996, p.127).*

---

<sup>3</sup> Organizações Praxeológicas: palavra formada por dois termos gregos que significam prática e razão. Ela reporta-se ao fato de que uma prática humana, no interior de uma instituição, está sempre acompanhada de um discurso, mais ou menos desenvolvido, de um logos que a justifica, a acompanha e que lhe dá razão (ALMOULOUD, 2007, p. 117).

Deve, portanto, existir uma relação entre o objeto e a pessoa ou o objeto e a instituição.

Chevallard (1996) acrescenta uma outra noção, a noção de conhecimento. Conhecer um objeto, no sentido da teoria apresentada é estabelecer uma relação da pessoa ou da instituição com esse objeto. Dessa forma, o objeto só existe porque é objeto de conhecimento.

Entende-se, portanto, que conhecer o objeto é conhecer o real antropológico, ou seja, a própria matéria do conhecimento.

Chevallard (1996) afirma que uma instituição pode ser uma escola, uma sala de aula, um curso, uma família. A cada instituição está associado um conjunto de objetos chamado de conjunto de objetos institucionais que são os objetos reconhecidos pela instituição, ou seja, para os quais existe uma relação institucional.

Em contrapartida, introduz a noção de outro termo primitivo, familiar aos leitores de *La Transposition Didactique*, o termo tempo institucional.

*[...] a cada instante t, surgem novos objetos institucionais, enquanto outros desaparecem. O mesmo acontece com as relações institucionais. De uma maneira geral, todas as noções relativas à instituição dependem do tempo institucional (CHEVALLARD, 1996, p.129).*

Outras duas noções apresentadas derivam dos termos de contrato didático e de meio, introduzidos por Guy Brousseau na Teoria das Situações Didáticas (TSD). São as noções de contrato institucional e meio institucional. Por contrato institucional designam-se o conjunto de pares entre os objetos e a relação institucional dos objetos no tempo e por meio institucional, o subconjunto de contratos formados pelos pares objetos e relação entre o objeto no tempo.

### **1.1.1. A Articulação com a Teoria das Situações Didáticas**

Chevallard (1996) deixa explícito que a Teoria Antropológica do Didático se articula com a Teoria das Situações Didáticas.

*Primeiro ponto, deve ser claro que a teorização aqui apresentada apela a uma teoria das situações didáticas, isto é, dos estados possíveis dos sistemas didáticos e, de forma mais geral, a uma teoria das situações institucionais. Dada uma instituição I, como assinalar, descrever,*

*caracterizar uma dada situação institucional, isto é, um certo estado de I? O paradigma de resposta que a análise sistemática fornece conduz a procurar descrever um estado através de um conjunto de variáveis institucionais. A partir daí, podemos imaginar a possibilidade de elaborar, ou pelo menos de esboçar, uma teoria das situações institucionais relativa ao tipo de instituições de que I releva (CHEVALLARD, 1996, p. 143).*

Assim, não há qualquer contradição entre a Teoria Antropológica do Didático e a Teoria das Situações Didáticas. Chevallard acrescenta que a Teoria das Situações Didáticas aparece como um complemento da Teoria Antropológica do Didático e que, inversamente, a Teoria Antropológica do Didático permite situar a Teoria das Situações Didáticas num espaço teórico mais vasto. Identifica-se, portanto, a articulação existente entre ambas as teorias, complementando-se na construção de uma ferramenta bem mais poderosa na construção de conhecimentos.

A multiplicação de objetos, sujeita à análise didática de *estilo antropológico* (Chevallard, 1996, p.143), também estará sujeita à análise concreta de situações didáticas concretas.

Dessa forma, o discurso de Guy Brousseau (1986) parece tão complexo, repleto de objetos e relações, não sendo possível explicá-lo por completo por sua teoria oficial. Cabe explicá-la também através de uma dimensão antropológica do objeto.

Para Chevallard, a Teoria das Situações Didáticas

*tende a privilegiar o ponto de vista da economia e a deixar um pouco para trás o ponto de vista da ecologia dos sistemas didáticos. Ou, para dizê-lo mais concretamente, tende a centrar-se no funcionamento da máquina, deixando um pouco de lado o estudo das condições de possibilidade desse funcionamento (CHEVALLARD, 1996, p. 144).*

A teoria antropológica forneceria, portanto, o conjunto de condições que caracterizam as relações pessoais, alvo do processo didático.

No texto de Almouloud (2007, p. 111), sabemos que a Teoria das Situações Didáticas foi estudada com o objetivo de modelar o processo de ensino e de aprendizagem de conceitos matemáticos, e que ela provoca, pelo menos, três rupturas de natureza epistemológica no campo da Educação Matemática:

- 1) Primeira: considera a Matemática como essência dos fenômenos didáticos;

- 2) Segunda: elabora uma ciência da educação desses fenômenos por meio de modelos teóricos submetidos a um esquema experimental;
- 3) Terceira: supõe que em relação à visão clássica a respeito do saber matemático, a teoria das situações traz a terceira ruptura epistemológica fundamental e supõe que

*[...] os conhecimentos matemáticos só podem ser compreendidos e apreendidos por meio de atividades e problemas que podem ser resolvidos pela mobilização desses conhecimentos. A matemática é, antes de tudo, uma atividade que se desenvolve em situação que pode ser modelada por um jogo cujo oponente é um meio antagônico (ALMOULOU, 2007, p.112).*

Trata-se de uma atividade estruturada formada pelas fases de ação, formulação e validação cujo protagonista é o aluno e as fases de devolução e institucionalização cujo papel principal é do professor.

Assim, pode-se interpretar a transposição didática como uma noção que desenvolve a tripla ruptura epistemológica provocada pela TSD, *pois a noção de transposição didática mostra que o saber matemático (saber científico, ensinado ou a ensinar) está no centro de toda problematização didática (Almouloud, 2007, p.112).*

### **1.1.2. A Modelagem das Práticas Sociais**

De acordo com Almouloud (2007, p.112), para introduzir a TAD, Chevallard desenvolve a noção de transposição didática para distinguir os diferentes saberes envolvidos no processo de ensino e de aprendizagem. Para Chevallard, uma classe de objetos a ensinar obedece a regras precisas em que a passagem de um objeto de saber a objeto de ensino recebe o nome de transposição didática.

Apresentaremos a seguir, um trecho do discurso de Brousseau a respeito do saber matemático e a transposição didática.

*O saber constituído apresenta-se sob formas diversas, por exemplo, sob a forma de questões e de respostas. A apresentação axiomática é uma apresentação clássica da matemática. Para além das virtudes científicas que se lhe conhecem, ela parece estar maravilhosamente adaptada ao ensino. Permite definir em cada instante os objetos estudados, com o auxílio das noções anteriormente introduzidas, organizando assim a aquisição de novos saberes com o auxílio das aquisições anteriores.*

*Promete, pois, ao estudante e ao seu professor um meio que lhes permitirá ordenar a sua atividade e acumular, num mínimo de tempo, um máximo de “saberes”, bastante próximos do “saber-sabedor”. Tem, evidentemente, de ser completada com exemplos e problemas, cuja solução exige a utilização destes saberes (BROUSSEAU, 1996, p.35).*

Mais adiante Brousseau (1996) acrescenta que o saber constituído deve estar relacionado com sua história, identificando as dificuldades e os problemas que estiveram atrelados a sua construção. De acordo com palavras do autor, tais dificuldades e problemas levam a colocação de novos problemas, além de progressos de diferentes setores e rejeições de determinados pontos de vista. Não devemos esquecer sua origem, sua motivação, levando-o ao contexto escolar. Brousseau (1996) segue com a definição atribuída pelos epistemólogos de transposição didática.

*Mas esta apresentação apaga completamente a história destes saberes, isto é, a sucessão das dificuldades e das questões que provocaram o aparecimento dos conceitos fundamentais, a sua utilização para a colocação de novos problemas, a intrusão de técnicas e de questões resultantes dos progressos dos outros setores, a rejeição de determinados pontos de vista, considerados falsos ou desadequados, e as numerosas querelas a seu respeito. Ela mascara o “verdadeiro” funcionamento da ciência, impossível de comunicar e de descrever fielmente a partir de fora, para colocar no seu lugar uma gênese fictícia. Para tornar mais fácil o seu ensino, isola determinadas noções e propriedades do tecido de atividades em que elas tiveram a sua origem, o seu sentido, a sua motivação e a sua utilização transpondo-as para o contexto escolar. Os epistemólogos chamam a esta operação transposição didática. Ela tem a sua utilidade, os seus inconvenientes e o seu papel, inclusivamente para construção da ciência. É simultaneamente, necessária e, num certo sentido, lamentável, e tem de ser colocada sob vigilância. (BROUSSEAU, 1996, p.36)*

De acordo com Almouloud (2007, p.113), a Teoria da Transposição Didática faz uma análise epistemológica do objeto do saber sob o ponto de vista didático, categorizando-o em:

- paramatemáticos: quando os objetos são utilizados como ferramentas para descrever e estudar outros objetos;
- matemáticos: além de ferramenta de estudo para outros objetos matemáticos, tornam-se ferramentas de estudo em si mesmos;

- protomatemáticos: apresentam propriedades utilizadas para resolver problemas, sem contudo adquirir o *status* de ferramenta ou objeto para o estudo de outros objetos.

Tal classificação, considerada insuficiente para Chevallard, levou-o a desenvolver a TAD. De acordo com Almouloud (2007), Chevallard acrescenta a noção de problemática ecológica e de estrutura ecológica dos objetos.

*A problemática ecológica amplia o campo de análise e permite abordar os problemas que se criam entre os diferentes objetos do saber a ensinar. Nesta visão, os objetos têm inter-relações hierárquicas que permitem identificar e analisar as estruturas ecológicas dos objetos. (ALMOULOU, 2007, p.113)*

Por meio da problemática ecológica, o campo de análise sobre os objetos do saber a ensinar é ampliado, estabelecendo-se inter-relações hierárquicas, permitindo a identificação ecológica dos objetos. Para tanto, Almouloud (2007) acrescenta a idéia de nicho, habitat, cadeia alimentar e ecossistema estabelecido por Chevallard, com o objetivo de explicar tais relações.

Para a didática da matemática, do ponto de vista cognitivo, Chevallard considera tudo como objeto, identificando os diferentes tipos, dentre eles, as instituições, os indivíduos e as posições que estes ocupam nas mesmas. Afirma que a existência de dado objeto está vinculada ao seu reconhecimento pelo sujeito ou pela instituição. Além disso, acrescenta a noção de habitat de um objeto matemático

*[...] como sendo o tipo de instituição onde se encontra o saber relacionado ao objeto de estudo, que por sua vez determinará seu nicho. Lembremos que, em ecologia<sup>4</sup>, o termo habitat designa o lugar onde vive uma espécie, enquanto nicho ecológico é o papel que o organismo desempenha no ecossistema. O conhecimento de nicho ecológico permite responder às seguintes questões: como, onde e à custa de quem a espécie se alimenta, por quem é comida, como e onde descansa e se reproduz (ALMOULOU, 2007, p.114).*

---

<sup>4</sup> O termo ecologia foi criado por Haeckel em 1869 para designar o estudo das relações de um organismo orgânico ou inorgânico, sejam elas positivas e amistosas ou negativas. O conceito evoluiu e hoje é entendido como o estudo das relações dos organismos uns com os outros e com todos os fatores naturais e sociais constituintes do ecossistema (ALMOULOU, 2007, p. 114)

Chevallard (1999) estabelece as noções de (tipo de) tarefa T, (tipo de) técnica  $\mathfrak{t}$ , tecnologia  $\theta$  e teoria  $\mathring{O}$  que permitem modelar as práticas sociais e, em particular, a atividade matemática.

Conforme explica Chevallard (1999), na raiz da noção de praxeologia, se encontram as noções de tarefa e de tipo de tarefas. Na maioria dos casos, uma tarefa (e o tipo de tarefas associado) se expressa por um verbo como dividir um inteiro por outro, integrar uma função. A noção de tipo de tarefas supõe um objeto relativamente preciso, como, por exemplo, calcular o valor de uma função em um ponto, calcular o valor (exato) de uma expressão numérica contendo uma raiz ou calcular o valor de uma expressão numérica contendo a letra x quando se dá a x um valor determinado.

A seguir, Almouloud (2007) acrescenta que tarefas, tipo de tarefas são delimitadas por práticas institucionais.

*O problema de delimitar tarefas em uma prática institucional varia de acordo com o ponto de vista da instituição na qual se desenvolve a prática ou de uma instituição externa que observa a atividade para descrevê-la com um objetivo preciso (ALMOULOU, 2007, p.150).*

Quanto à palavra técnica, Chevallard (1999) utiliza-a como uma “maneira de fazer” a tarefa, não correspondendo, necessariamente, a um procedimento estruturado e/ou algorítmico. Uma praxeologia relativa ao tipo de tarefas contém, pois, um princípio, uma técnica relativa ao tipo de tarefas. Contém, assim, um bloco prático-técnico que se identificará, genericamente, com o que comumente se denomina um saber-fazer um determinado tipo de tarefas.

Geralmente, existe um número limitado de técnicas reconhecidas em uma instituição, embora possa haver técnicas alternativas em outras instituições. Para realização de dada tarefa (T), as técnicas pertinentes ( $\mathfrak{t}$ ), ou a maneira de fazer, podem ser rotineiras ou problemáticas. No início, a técnica é problemática, mas com o tempo passa a ser rotineira. Isso quer dizer que para produzir técnicas é necessário que haja uma tarefa problemática que estimule o desenvolvimento de novas técnicas, e que estas respondam às questões colocadas pela tarefa. Dessa forma, as técnicas são organizadas para que funcionem regularmente na instituição.

Para existir em uma determinada instituição, uma técnica deve ser compreensível, legível e justificada, delimitada por condições e restrições ecológicas que justifiquem a existência das tarefas e técnicas nas instituições. Tal justificativa é chamada por Chevallard (1999) por tecnologia da técnica, que corresponde a um discurso lógico (*logos*) que lhe dá suporte. Da mesma forma, toda tecnologia precisa de uma justificativa, é a teoria da técnica. É um nível superior de justificativa-explicação-produção.

Assim, formaliza-se que uma praxeologia ou uma organização praxeológica, está constituída de um bloco prático-técnico ( $T/\text{t}$ ), referente ao saber-fazer e por um bloco tecnológico ( $\theta/\text{Ö}$ ) referente ao saber.

Chevallard (1999) define os termos organizações praxeológicas pontuais, que relacionam um único tipo de tarefa  $T$  ao complexo ( $T/\text{t}, \theta/\text{Ö}$ ) [tarefa, técnica, tecnologia e teoria], locais que são centradas sobre uma tecnologia  $\theta$  determinada e depois em organizações regionais [ $T_{ij}/\text{t}_{ij}/\theta_j/\text{Ö}$ ] formada ao redor de uma teoria  $\text{Ö}$ .

As organizações praxeológicas globais correspondem a um complexo praxeológico dado pelo conjunto de organizações regionais.

### **1.1.3. Análise de uma Organização Praxeológica Didática e Matemática**

Para Almouloud (2007), algumas questões que possam responder sobre as condições de “sobrevivência” de um saber (tecnológico/teórico) e de um saber-fazer (técnico/prático) em analogia a um estudo ecológico, ajudam na compreensão da organização matemática determinada por uma praxeologia. São elas: Qual o habitat? Qual o nicho? Qual o papel deste saber ou saber-fazer na cadeia alimentar?

De acordo com Chevallard (1999), a organização praxeológica associada a determinado saber matemático divide-se em organização praxeológica matemática e organização praxeológica didática ou, simplesmente, organização matemática e organização didática.

A organização matemática de um tema de estudo  $\Phi$ , corresponde ao estudo da própria realidade matemática e a organização didática é a maneira

como pode ser construída essa realidade matemática. Há, portanto, forte relação entre ambas organizações.

Almouloud (2007) acrescenta que

*[...] quando se trata de um objeto relativo às práticas de ensino, deve-se em primeiro lugar observar o objeto, depois descrevê-lo, analisá-lo e avaliá-lo para, finalmente, desenvolver atividades que têm por objetivo o ensino e aprendizagem desse objeto, categorizado da seguinte forma:*  
 - a realidade matemática (organização matemática – OM);  
 - como se pode construir essa realidade (organização didática – OD)  
 (ALMOULOUD, 2007, p.124)

A seguir, Almouloud (2007), considerando as idéias apresentadas por Chevallard, apresenta um conjunto de critérios explícitos para a realização de uma avaliação *a priori* das organizações matemática e didática feita por um professor. Assim, a análise dos tipos de tarefas segue os critérios:

1. *Critério de identificação: verifica quais tipos de tarefas são apresentados de forma clara e bem identificados;*
2. *Critérios das razões de ser: verifica quais razões de ser dos tipos de tarefas são explicitadas ou, ao contrário, se esses tipos de tarefas aparecem sem motivos válidos;*
3. *Critério de pertinência: verifica quais tipos de tarefas considerados são representativos das situações matemáticas freqüentemente encontradas, bem como se são pertinentes, tendo em vista as necessidades matemáticas dos alunos. (ALMOULOUD, 2007, p. 126).*

A avaliação das técnicas apóia-se nos mesmos critérios, devendo buscar respostas para as seguintes questões:

1. *As técnicas propostas são efetivamente elaboradas ou somente esboçadas?;*
2. *São de fácil utilização?;*
3. *São imprescindíveis para o cumprimento do tipo de tarefas proposto?;*
4. *São fidedignas e confiáveis, tendo em vista as condições de sua utilização no cumprimento do tipo de tarefas proposto? (ALMOULOUD, 2007, p.126)*

Também é apresentado um conjunto de indagações para avaliar as tecnologias ou a pertinência do bloco tecnológico-teórico. Seguem as questões:

1. *Dado um enunciado, o problema de sua justificativa está somente colocado ou é considerado tacitamente como pertinente, evidente, natural ou ainda bem conhecido?*

2. *As formas de justificativas utilizadas são próximas daquelas matematicamente válidas?*
3. *Essas justificativas são adequadas tendo em vista o problema colocado?*
4. *Os argumentos utilizados são cientificamente válidos?*
5. *O resultado tecnológico de uma determinada atividade pode ser explorado para produzir novas técnicas para resolver novas tarefas? (ALMOULOU, 2007, p.127).*

Almouloud (2007) acrescenta que na TAD o objetivo de uma organização didática é estabelecer uma relação pessoal com a organização matemática ou modificar a relação existente, com o acréscimo de novas técnicas relacionadas ao tipo de tarefa proposto, ou pela ampliação do discurso teórico-tecnológico.

Ressalta a importância do professor nos diferentes momentos de estudo, desde seu primeiro encontro com a organização matemática, no estabelecimento de tarefas e na condução de um estudo exploratório de um tipo de tarefas, na organização da institucionalização e na realização do momento de avaliação.

Assim, à luz da Teoria Antropológica do Didático, buscamos articular as diversas noções expostas na pesquisa, que compõem a tríade objeto-pessoa-instituição e que estejam em consonância com o objetivo desta investigação. Para tanto, os elementos que compõem a tríade farão parte da: a) análise da relação institucional esperada, realizada por meio de documentos governamentais e institucionais de um curso de Engenharia Elétrica; b) análise da relação institucional real, realizada por meio de entrevistas com professores da graduação; e c) análise da relação institucional existente, dividida em análise matemática e didática do objeto matemático Sistema de Equações Lineares. Tal estudo estabeleceu as noções de (tipo de) tarefa, (tipo de) técnica, tecnologia e teoria inerentes a este objeto matemático.

## **1.2. Procedimentos Metodológicos**

Para a realização deste trabalho, iniciamos a investigação de outras pesquisas que pudessem estar direta ou indiretamente relacionadas ao nosso tema: Como sobrevivem as diferentes noções de Álgebra Linear nos cursos de

Engenharia Elétrica e nas instituições. Consideramos, portanto, a pesquisa bibliográfica como fonte inicial de coleta de dados pertinentes a esta investigação.

De forma a atingir o objetivo da pesquisa, com respostas pertinentes às questões: Por que e Como deve ser lecionada a Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica? buscamos, inicialmente, nas pesquisas bibliográficas, temas relacionados à disciplina de Álgebra Linear aplicada como curso de serviço nas chamadas graduações não-matemáticas. Tal pesquisa bibliográfica poderia destacar a reflexão e o relato de pesquisadores no âmbito da investigação sobre qual Matemática a ser ensinada a engenheiros.

Com base na Teoria Antropológica do Didático, analisamos a relação institucional esperada em uma graduação de Engenharia Elétrica em documentos oficiais vigentes. A investigação das Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia constituiu-se no segundo passo para análise dos elementos que constituem a tríade objeto-pessoa-instituição.

Também se constituiu na investigação da relação institucional esperada, a análise das grades curriculares de três universidades brasileiras. Estas, de forma análoga, às Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia, poderiam acrescentar elementos relacionados à formação deste profissional.

Nesta fase, a pesquisa documental pode se constituir numa técnica valiosa de abordagem de dados qualitativos, seja complementando as informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema.

Assim, a análise documental busca identificar informações factuais nos documentos a partir de questões ou hipóteses de nosso interesse.

A busca pela relação institucional real constituiu-se na terceira fase de nossa pesquisa, estudada a partir de informações obtidas por entrevistas realizadas com professores da graduação de Engenharia Elétrica. Tais entrevistas foram classificadas como semi-estruturadas pelo caráter específico e dirigido que as questões atingiram.

De acordo com Foddy (1996), na entrevista semi-estruturada, quando se pretendem respostas em função de determinadas dimensões, as questões devem ser cuidadosamente definidas e apresentadas aos entrevistados. Portanto, o investigador deve ter claro o tipo de informação que pretende obter sobre o tópico, de forma que esta não fuja dos objetivos que norteiam à realização da pesquisa.

Aplicadas às pesquisas qualitativas, as entrevistas semi-estruturadas apresentam soluções para o estudo de significados subjetivos e tópicos em que instrumentos fechados e formatos padronizados são incapazes de atingir.

Assim, as perguntas fechadas, moldadas por um leque de respostas restritas e condicionadas às opções do entrevistador limitam a escolha de respostas pelos inquiridos.

Conforme explica Foddy (1996), em sua grande maioria, o papel da entrevista está limitado a mero instrumento de coleta de informações entre duas pessoas, proporcionando verbalmente, ao entrevistador a informação necessária. Nesta perspectiva, contempla-se o aspecto puramente neutro e a posição passiva do entrevistado considerado como mero informante.

A organização do processo de interação entre entrevistador e entrevistado se estabelece quando há emergência de significados, não só do conteúdo da fala,

mas também à situação de entrevista como um todo, à relação interpessoal que se instalou, à história de vida do entrevistado e ao seu ambiente sócio-cultural.

O autor evidencia a importância de que ambos, entrevistador e inquirido tenham equacionado a mesma ideia sobre o tópico discutido de forma a não promover distorções nas análises efetuadas. Assim, o significado é construído na interação entre entrevistador e inquirido a partir de um conhecimento organizado de forma específica, percebendo-se a participação de ambos no resultado final.

O convite realizado aos professores participantes desta pesquisa deixou claro qual o objetivo e abrangência das questões pertinentes a nossa investigação, assegurando-lhes o caráter confidencial de nomes e instituições de ensino nas quais ministravam suas aulas.

O registro das respostas foi realizado no momento da entrevista para maior fidelidade e veracidade das informações. Também fizemos uso do gravador em entrevistas cujos professores concordaram com sua utilização.

Já a quarta fase de nossa pesquisa buscou trazer elementos para a análise da relação institucional existente via livros didáticos citados nas entrevistas. Tal análise seguiu os pressupostos da TAD em que são estabelecidas as noções de (tipo de) tarefa, (tipo de) técnica, tecnologia e teoria direcionadas ao estudo de determinada atividade exposta nos livros didáticos. Estaríamos, assim, conseguindo elementos que respondessem à questão: por que e como deve ser lecionada a disciplina Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica?



## **CAPÍTULO 2: SOBRE DOCUMENTOS GOVERNAMENTAIS E INSTITUCIONAIS DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA: UMA ANÁLISE DA RELAÇÃO INSTITUCIONAL ESPERADA**

---

### **2.1. As Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia**

O cenário mundial destaca o ensino da Engenharia direcionado ao uso intensivo da ciência e tecnologia e na formação de profissionais altamente qualificados. Frente a este cenário, quando tratamos do conceito de qualificação profissional, verificamos componentes associados às capacidades de coordenar informações, interagir com pessoas, interpretar de maneira dinâmica a realidade, não se limitando a solução de problemas de natureza exclusivamente técnica.

As reformas curriculares têm apresentado uma preocupação crescente em equacionar problemas que, até então, privilegiam a mera acumulação de conteúdos como garantia para a formação de um bom profissional.

Conforme apresenta o Parecer CNE/CES nº 1362/2001, o antigo conceito de currículo, entendido como grade curricular que formaliza a estrutura de uma graduação, é substituído por um conceito bem mais amplo, focado:

- a) no conjunto de experiências de aprendizado pelo aluno, envolvendo atividades complementares, tais como iniciação científica e tecnológica, programas acadêmicos, visitas técnicas, etc.;
- b) no processo participativo do aluno com papel ativo na construção de seu próprio conhecimento;

- c) na integração de um programa de estudos entre disciplinas do núcleo de conteúdos básicos, conteúdos profissionalizantes e conteúdos específicos que caracterizam a modalidade.<sup>5</sup>

De forma a assegurar a abrangência dos conteúdos ministrados em um curso de graduação de Engenharia, facultou-se às Instituições de Ensino Superior (IES) ampla liberdade para a fixação do conteúdo necessário.

O Parecer CNE/CES nº 184/2006 destaca, na seção 3 intitulada Percurso Institucional; Diretrizes Curriculares e a LDB, o Parecer CNE/CES nº 776/97. De acordo com o Parecer CNE/CES nº 776/97, a SESU/MEC, através do edital nº 4197, as Instituições de Ensino Superior foram convocadas para encaminharem propostas para a elaboração das diretrizes curriculares de graduação.

*Diretrizes Curriculares têm por objetivo servir de referência para as IES na organização de seus programas de formação, permitindo uma flexibilização na construção dos currículos plenos e privilegiando a indicação de áreas de conhecimento a serem consideradas, ao invés de estabelecer disciplinas e cargas horárias definidas (PARECER CNE /CES nº 184/2006, p. 11).*

Portanto, podemos entender que a reformulação das Diretrizes Curriculares visa contemplar diferentes formações e habilitações, possibilitando a definição de múltiplos perfis profissionais.<sup>6</sup>

O Parecer CNE/CES nº 184/2006 também faz referência à Lei nº 10.172, de 9 de janeiro de 2001, que aprovou o Plano Nacional de Educação (PNE). Este tem por objetivos:

---

<sup>5</sup> Quando tratamos do termo modalidade, estamos nos referindo às especificidades das engenharias, dentre elas: civil, mecânica, elétrica, química, dentre outras. As Diretrizes Curriculares versam sobre a Engenharia como um todo, não sendo específicas a cada modalidade.

<sup>6</sup> Destacamos no capítulo dedicado às entrevistas, questões que ressaltam o perfil do engenheiro elétrico que a instituição visa formar. Diante do engenheiro de aplicação ou do engenheiro de desenvolvimento, podemos evidenciar o enfoque da instituição nas disciplinas matemáticas que compõem o ciclo básico.

- a elevação global do nível de escolaridade da população;
- a melhoria da qualidade de ensino em todos os níveis;
- a redução das desigualdades sociais e regionais no tocante ao acesso e à permanência, com sucesso, na educação pública, e;
- democratização da gestão do ensino público, nos estabelecimentos oficiais, obedecendo aos princípios na elaboração do projeto pedagógico da escola e a participação da comunidade escolar e local em conselhos escolares ou equivalentes (PARECER CNE/CES nº 184/2006, p. 10).

De acordo com o mesmo Parecer, o Plano Nacional de Educação (PNE) estabeleceu para a educação superior 23 (vinte e três) objetivos e metas. Dentre eles, destacaremos o décimo primeiro:

*Estabelecer, em nível nacional, diretrizes curriculares que assegurem a necessária flexibilidade e diversidade nos programas de estudos oferecidos pelas diferentes instituições de educação superior, de forma a melhor atender às necessidades diferenciais de suas clientelas e às peculiaridades das regiões nas quais se inserem (PARECER CNE/CES nº 184/2006, p. 10).*

O Parecer CNE/CES nº 184/2006 cita outro Parecer relacionado à questão apresentada, o Parecer CNE/CES nº 583/01, que acrescenta

*A CES/CNE decidiu adotar uma orientação comum para as diretrizes que começa a aprovar e que garanta a flexibilidade, a criatividade e a responsabilidade das instituições ao elaborarem suas propostas curriculares (PARECER CNE/CES nº 184/2006, p. 11).*

Foram propostas duas iniciativas:

1. A definição da duração, carga horária e tempo de integralização dos cursos será objeto de um Parecer e/ou uma Resolução específica da Câmara de Educação Superior<sup>7</sup>.
2. As Diretrizes devem contemplar:
  - a - Perfil do formando/egresso/profissional – conforme o curso, o projeto pedagógico deverá orientar o currículo para o perfil profissional desejado;
  - b - Competências/habilidades/attitudes;
  - c - Habilitações e ênfases;
  - d - Conteúdos curriculares;

<sup>7</sup> O respectivo documento apresenta como carga horária mínima para um curso de Engenharia (independente da modalidade) o total de 3600 horas.

e - Organização do curso;  
f - Estágios e atividades complementares;  
g - Acompanhamento e avaliação. (PARECER CNE/CES nº 184/2006, p. 11)

Quanto ao perfil do egresso, as Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia estabelecem

*O perfil dos egressos de um curso de engenharia compreenderá uma sólida formação técnica, científica e profissional geral que os tornem capazes de absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (PARECER CNE/CES nº 1362/2001, p. 3).*

Conforme é destacado na citação acima, estimula-se a formação de um profissional capaz de atuar na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. Para tanto, a busca por uma sólida formação acadêmica e profissional, fundamentada em disciplinas matemáticas, científicas e tecnológicas torna-se evidente na construção de seus conhecimentos. A todo conhecimento associam-se aspectos sociais, políticos, econômicos e ambientais que devem ser considerados frente à formação deste profissional.

Para tanto, definem-se competências e habilidades relacionadas ao saber matemático associado a aspectos sociais e naturais inerentes às graduações de engenharia.

*a) aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia; b) projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados; c) conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos; d) planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia; e) identificar, formular e resolver problemas de engenharia; f) desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas; g) supervisionar a operação e a manutenção de sistemas; h) avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas; i) comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica; j) atuar em equipes multidisciplinares; k) compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissional; l) avaliar o impacto das atividades da engenharia no*

*contexto social e ambiental; m) avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia; n) assumir a postura de permanente busca de atualização profissional (PARECER CNE/CES nº 1362/2001, p. 3).*

Quanto à estrutura do curso, cada instituição de ensino superior (IES) deve possuir um projeto pedagógico que contemple o perfil desejado do egresso e o desenvolvimento de competências e habilidades esperadas, enfatizando a interdisciplinaridade inerente ao curso.

*Deverão existir os trabalhos de síntese e integração dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, sendo que, pelo menos, um deles deverá se constituir em atividade obrigatória como requisito para a graduação (PARECER CNE/CES nº 1362/2001, p. 3).*

Ressaltamos que a integração de conteúdos pode ser requerida nos trabalhos interdisciplinares de final de módulo, também chamados de projetos integrados e obrigatoriamente no trabalho de conclusão de curso.

Além disso, deverão ser estimuladas as atividades complementares, tais como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores e outras atividades empreendedoras.

Quando tratamos dos Conteúdos Curriculares presentes nas Diretrizes, as disciplinas são agrupadas em torno de um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizam a modalidade.

As disciplinas matemáticas apresentam-se no núcleo de conteúdos básicos e as disciplinas que estabelecem relações com Álgebra Linear são distribuídas entre o núcleo de conteúdos profissionalizantes (por exemplo, Teoria

Eletromagnética) e o núcleo de conteúdos específicos (por exemplo, Sistemas e Sinais I e II)

Verifica-se que o núcleo de conteúdos básicos deverá abranger cerca de 30% da carga horária mínima, o núcleo de conteúdos profissionalizantes cerca de 15% e o núcleo de conteúdos específicos o restante da carga horária mínima exigida na graduação.

Salum (1999) aponta que a prática vigente nas Diretrizes Curriculares sobre o ensino de Engenharia no país foi discutida anteriormente em projetos como o REENGE (Reengenharia do Ensino da Engenharia), desde o início de 1995. Algumas discussões apontadas pelo REENGE merecem destaque como: flexibilidade curricular, baixas cargas horárias, diversificação do perfil profissional, interação entre ciclo básico e profissional, e valorização do conhecimento prático adquirido dentro ou fora da escola.

De acordo com pesquisa realizada por Salum (1999), as modernizações curriculares têm ocorrido mais em torno de conteúdos do que na forma com que estes são articulados nos currículos, prejudicando a relação entre ensino e aprendizagem.

Salum (1999) expõe uma experiência real retratada em um curso de Engenharia de Sistemas Digitais, em que foi perceptível a necessária relação entre as disciplinas matemáticas e as disciplinas que compõem os futuros ciclos desta graduação. Assim, a autora afirma, *as primeiras são essenciais para o aprendizado das segundas*. Além disso, a autora aponta uma falha na relação entre ensino e aprendizagem, principalmente no que diz respeito à lógica da seqüência do aprendizado e à forma com que os conteúdos são interligados.

Conforme destaca a pesquisa de Salum (1999)

*Currículos formatados dessa maneira demonstram que as primeiras são essenciais para o aprendizado das segundas, o que não deixa de ser correto, mas, também, demonstram uma relação não temporal entre esses conteúdos, o que não é, necessariamente uma verdade. Por outro lado, um currículo que entremeie disciplinas de ciências básicas e profissionais [...] está desmistificando a ciência básica, colocando-a no que se chama de linguagem educacional, no contexto sócio-político do aprendizado. Em outras palavras, essa última formatação do currículo permite que o aluno perceba a importância e utilize a ciência na prática profissional (SALUM, 1999, p. 113).*

De acordo com Cury (2001), há a necessidade de contextualização e reformulação de uma grade curricular que contemple as necessidades vigentes apresentadas na Reformulação das Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia. A autora cita que é necessário incentivar a atuação crítica e a criatividade na identificação e resolução de problemas, estimulando-se o desenvolvimento do perfil crítico em cada disciplina do curso.

*Ao abordar esses conteúdos, no entanto, não basta discorrer sobre eles, apresentando-os dissociados do contexto. É importante questionar (e estimular o questionamento por parte dos alunos) as relações do assunto com a realidade, a sua aplicabilidade, as conseqüências dessas aplicações e das simplificações que são feitas para 'recortar' o real e submetê-lo aos modelos da disciplina em questão (CURY, 2001, p. 3).*

Além disso, ressalta que

*Se o futuro engenheiro deve aplicar conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos à engenharia, trabalhar em equipes multidisciplinares e avaliar o impacto de suas atividades no contexto social e ambiental, parece-nos que todas as disciplinas da grade curricular deveriam focar essas exigências. Assim, não se pode mais pensar em trabalhar o Cálculo, a **Álgebra Linear**<sup>8</sup>, a Geometria Analítica, as Equações Diferenciais, etc, de forma compartimentada, como se os conteúdos pudessem ficar 'guardados' na mente do aluno esperando a hora em que alguma outra disciplina deles necessite (CURY, 2001, p. 5).*

Assim, conforme apontam as reformas curriculares, a contextualização faz-

---

<sup>8</sup> Grifo nosso.

se necessária para as possíveis soluções científicas e tecnológicas, principalmente nos países em desenvolvimento. Dessa forma, parte-se para a necessidade de se formar um engenheiro crítico, vivenciando sua prática a partir de conceitos fundamentados ao longo de sua formação acadêmica e profissional.

Para tanto, cabe às Instituições de Ensino Superior buscar a integração entre as diversas áreas que compõem os ciclos básico, profissionalizante e específico de uma graduação com este perfil, garantindo a contínua melhoria na qualidade de ensino.

## **2.2. As Grades Curriculares**

A formação de qualquer profissional de nível superior está fundamentada na implementação de um currículo. De acordo com Ferreira (1999) a formação de um currículo deve possuir embasamentos teóricos e também pressupostos ideológicos.

A base teórica de um currículo de qualquer programa de formação, de nível superior, está circunscrita às respostas inerentes às seguintes perguntas:

- (a) Qual o perfil desejado para o profissional formado?
- (b) Quais as competências e habilidades desejadas para este profissional?
- (c) Quais os conteúdos a serem contemplados na grade curricular?
- (d) Qual a duração da formação?
- (e) Como avaliar a qualidade do profissional formado?

Conforme cita Ferreira (1999), os desafios para a construção de um currículo se iniciam no ensino médio, passam pelas peculiaridades das Instituições de Ensino Superior (IES) e terminam nas exigências do mercado de trabalho, que é a consequência do estado de desenvolvimento tecnológico atingido pela sociedade.

De acordo com o autor, os dois principais pressupostos que norteiam a concepção curricular, são: (a) nível de conhecimento do estudante ingressante no ensino superior; e (b) mercado de trabalho a ser enfrentado pelo futuro engenheiro. Estes pressupostos definem o currículo ideal, considerado uma utopia.

Para o autor, o currículo ideal é aquele que é concebido com base em um ingressante com sólidos conhecimentos dos conteúdos básicos do curso em questão. No caso das engenharias, estes conhecimentos são: (a) Física; (b) Química; (c) Matemática; (d) Desenho. Além disso, afirma que este currículo deve ser concebido com base na identificação clara das tendências de mercado ao qual o egresso se submeterá.

Ressaltamos que, em nossa pesquisa, somente o segundo pressuposto, que norteia a concepção curricular sobre o mercado de trabalho a ser enfrentado pelo futuro engenheiro, será discutido. Acreditamos que este pressuposto trará respostas às questões pertinentes ao objetivo desta investigação. Não trataremos, em nenhum momento, do primeiro pressuposto citado por Ferreira (1999) sobre o nível de conhecimento do estudante ingressante no ensino superior. Deixaremos claro que se trata de um assunto de grande importância e que poderá ser explorado em futuras pesquisas do GPEA.

Assim, a construção de um currículo deve contar com a participação de

três interlocutores neste processo: (a) a Sociedade; (b) a IES de formação; (c) a instituição regulamentadora do exercício profissional, que no caso das Engenharias é representado pelo Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA). Dessa forma, cabe à IES estar em consonância com as características do ingressante e com a realidade do mercado de trabalho profissional a ser enfrentado. Finalmente, a instituição regulamentadora da profissão recebe o profissional formado, identifica sua qualidade e trabalha para valorizar o exercício de sua atividade.

Ferreira (1999) afirma haver, portanto, três momentos na formação de um profissional de ensino superior: (a) Antes: representa o papel da sociedade na formação do estudante do ensino médio; (b) Durante: é representado pelas IES que definem os conteúdos a serem contemplados nas grades curriculares, de forma a detectar as tendências de mercado e adaptar-se a ele da maneira mais adequada possível; (c) Depois: é representado pelo órgão regulamentador da profissão que avalia a qualidade do profissional formado.

Os três momentos apresentados acima não devem ser definidos de maneira independente. Apresentam fronteiras difusas que se influenciam umas as outras.

Assim, após identificados os pressupostos que regem a construção de um currículo em uma IES, estudamos a grade curricular do curso de Engenharia Elétrica de três universidades brasileiras. Pretendíamos buscar elementos que respondessem às questões: Por que e Como deve ser lecionada a Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica? Para tanto, vamos estabelecer a relação entre o que é proposto nas Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharias, e as disciplinas pertencentes a esta graduação nas universidades

investigadas.

Quanto ao critério de seleção das universidades investigadas, partimos, primeiramente, da escolha dos professores que fariam parte de nossa entrevista e que será apresentada no Capítulo 3 deste trabalho. A seleção dos professores levou à investigação das universidades em que lecionam.

Ressaltamos que os dados coletados das universidades foram, a princípio, buscados na *Internet*. Quando não encontrados, contamos com a ajuda de professores e alunos das próprias instituições para que obtivéssemos as informações pertinentes ao currículo do curso de Engenharia Elétrica.

### **2.2.1. Universidade I**

A primeira universidade investigada, fundada em 1893, tem caráter público, sendo seus cursos de engenharia tradicionais no país.

A relação da Grade Curricular fornecida elenca um conjunto de disciplinas distribuídas entre três ciclos, denominados: ciclo básico, ciclo da grande área da Engenharia Elétrica (o qual podemos considerar como ciclo profissionalizante) e ciclo específico. A formação completa do aluno ocorre no decorrer de cinco anos.

É importante salientarmos que a opção específica da área de Engenharia Elétrica desta universidade é distribuída em cinco grandes áreas, a saber:

01. Automação e Controle;

02. Telecomunicação;

03. Sistemas Eletrônicos;

04. Energia e Automação;

## 05. Computação.

Apresentaremos os dados coletados das cinco opções específicas da grande área Engenharia Elétrica.

Ressaltamos, também, que o ciclo básico comporta as disciplinas de todas as Engenharias, sendo elas: Mecânica, Elétrica, Civil e Química. Portanto, as disciplinas são apresentadas de forma generalizada, sem fazer distinção entre os diferentes perfis de cursos.

No ciclo básico, a Álgebra Linear é distribuída entre Álgebra Linear para Engenharia I e Álgebra Linear para Engenharia II que apresentam como objetivos gerais em seu conteúdo programático

*Apresentar como o método de escalonamento e suas aplicações para a resolução de sistemas lineares, e as leis básicas do cálculo vetorial, estudar geometria analítica em dimensão 3 e introduzir a linguagem básica dos espaços vetoriais abstratos.*

*Mostrar como os Métodos de Álgebra Linear são utilizados para estudar equações diferenciais lineares, equações de recorrência lineares, classificação de cônicas e quádricas e outros assuntos importantes na engenharia.*

Estas disciplinas têm uma carga horária semanal de quatro horas/aula, totalizando sessenta horas cada.

O ciclo básico apresenta o total de 915 horas, sendo que a carga de Álgebra Linear para Engenharia I e Álgebra Linear para Engenharia II corresponde a aproximadamente 13% de seu total. Neste ciclo, a disciplina Mecânica A apresenta a Álgebra Linear para Engenharia I como pré-requisito, com uma carga de quatro horas/aula por semana e sessenta horas totais.

No ciclo denominado Grande Área, a importância da Álgebra Linear é destacada quando apresentada como pré-requisito das disciplinas Cálculo

Diferencial e Integral para Engenharia III e Cálculo Diferencial para Engenharia IV, com quatro horas/aula, totalizando sessenta horas cada. Estes valores representam 13% dentre às 900 horas deste ciclo.

#### Ciclo Específico: Energia e Automação

No ciclo específico de Energia e Automação a disciplina Sistemas e Sinais I tem a Álgebra Linear para Engenharia II como pré-requisito. Mostraremos que há um encadeamento entre as disciplinas, com a disciplina Sistemas e Sinais I pré-requisito da disciplina Controle. Cada uma das disciplinas destacadas é ministrada em quatro horas/aula semanais, totalizando sessenta horas. Esse valor corresponde aproximadamente a 2,5% do total de 2385 horas deste ciclo.

#### Ciclo Específico: Sistemas Eletrônicos

A disciplina Álgebra Linear para Engenharia II consta como pré-requisito para a disciplina Sistemas e Sinais I. Verificando o encadeamento entre as disciplinas, Sistemas e Sinais I consta como pré-requisito de Sistemas e Sinais II e de Controle I. A disciplina Sistemas e Sinais II apresenta-se como pré-requisito de Projeto e Implementação de Filtros Digitais que é pré-requisito de Modelagem de Processamento de Sinais. Cada disciplina destacada, neste ciclo específico, é ministrada em quatro horas/aula semanais, totalizando sessenta horas. Cada valor corresponde a 2,25% do total de 2670 horas deste ciclo.

#### Ciclo Específico: Telecomunicações

No ciclo específico de Telecomunicações, a disciplina Álgebra Linear para Engenharia II, apresenta-se como pré-requisito para a disciplina Sistemas e Sinais I. Sistemas e Sinais I consta como pré-requisito de Controle I, que por sua vez, é pré-requisito de Laboratório de Controle. Cada disciplina é ministrada em quatro horas/aula semanais, distribuídas em sessenta horas totais. Cada valor corresponde aproximadamente a 2,36% do total de 2535 horas deste ciclo específico.

#### Ciclo Específico: Automação e Controle

O ciclo específico de Automação e Controle apresenta a disciplina Álgebra Linear para Engenharia II como pré-requisito de Sistema e Sinais I e Programação Matemática Aplicada a Controle II. Sistemas e Sinais I é pré-requisito de Controle I e esta última disciplina é pré-requisito de Controle Multivariável e Laboratório de Projeto de Automação e Controle I. Todas as disciplinas que relacionamos neste ciclo específico têm carga horária total de sessenta horas, ministradas em quatro horas-aula/semanais. Cada uma representa aproximadamente a 2,48% do total de 2415 horas deste ciclo específico.

#### Ciclo Específico: Computação

A opção Computação divide-se no curso semestral e quadrimestral. O curso quadrimestral, também chamado de Cooperativo, foi implantado em 1999,

com o objetivo de alternar módulos acadêmicos e módulos de estágios de forma a assegurar experiência profissional ao aluno desde o início de sua formação.

*O aluno alterna módulos acadêmicos e módulos de estágios, com a duração de um quadrimestre cada. Além disso, o curso passa a ser seriado e o aluno, para prosseguir no curso, cursando um determinado módulo, necessita ser aprovado em todos os módulos anteriores. (CUGNASCA, 2001, p. 4)*

Neste ciclo específico, não há relação entre suas disciplinas e as disciplinas de Álgebra Linear para Engenharia I e Álgebra Linear para Engenharia II.

Dessa forma, podemos compreender a importância atribuída à disciplina Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica, em suas diferentes especificidades.

A Universidade I deixa claro o encadeamento necessário entre as disciplinas que têm a Álgebra Linear para a Engenharia I e Álgebra Linear para Engenharia II como pré-requisitos. A partir das grades curriculares podemos, portanto, evidenciar algumas relações que serão futuramente destacadas na análise final de nossa pesquisa.

A seguir, apresentamos um quadro que evidencia esta relação e que foi construído a partir da grade curricular da universidade investigada.

A totalidade das grades curriculares é apresentada no Anexo deste trabalho. As relações evidenciadas entre as disciplinas que têm a Álgebra Linear para a Engenharia I e Álgebra Linear para Engenharia II como pré-requisitos são destacadas em diferentes cores.

<b>Disciplina</b>	<b>Pré-requisito</b>	<b>Carga Horária Total</b>	<b>Porcentagem em relação à carga horária total do ciclo</b>
<b>Ciclo Básico</b>			
Álgebra Linear para Engenharia I	-	60 horas	6,55%
Álgebra Linear para Engenharia II	-	60 horas	6,55%
Mecânica A	Álgebra Linear para Engenharia I; Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I	60 horas	6,55%
<b>Grande Área</b>			
Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III	Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II; Álgebra Linear para Engenharia II	60 horas	6,66%
Física para Engenharia Elétrica IV	Física para Engenharia II; Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III	90 horas	10%
Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV	Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II; Álgebra Linear para Engenharia II	60 horas	6,66%
<b>Ciclo Específico</b> <b>Opção: Energia e Automação</b>			
Sistemas e Sinais I	Álgebra Linear para Engenharia II	60 horas	2,52%
Controle	Sistemas e Sinais I	60 horas	2,52%
<b>Opção: Sistemas Eletrônicos</b>			
Sistemas e Sinais I	Álgebra Linear para Engenharia II	60 horas	2,63%
Sistemas e Sinais II	Sistemas e Sinais I	60 horas	2,63%
Controle I	Sistemas e Sinais I	60 horas	2,63%
Projeto e Implementação de Filtros Digitais	Sistemas e Sinais II	60 horas	2,63%
Laboratório de Controle	Controle I	60 horas	2,63%
Modelagem de Processamento de Sinais	Projeto e Implementação de Filtros Digitais	60 horas	2,63%

<b>Disciplina</b>	<b>Pré-requisito</b>	<b>Carga Horária Total</b>	<b>Porcentagem em relação à carga horária total do ciclo</b>
<b>Opção: Telecomunicação</b>			
Sistemas e Sinais I	Álgebra Linear para Engenharia II	60 horas	2,36%
Controle I	Sistemas e Sinais I	60 horas	2,36%
Laboratório de Controle	Controle I	60 horas	2,36%
<b>Opção: Energia e Automação</b>			
Sistemas e Sinais I	Álgebra Linear para Engenharia II	60 horas	2,51%
Controle	Sistemas e Sinais I	60 horas	2,51%
<b>Opção: Computação</b>			
Não são evidenciadas as relações entre as disciplinas Álgebra Linear para Engenharia I e Álgebra Linear para Engenharia II com disciplinas deste ciclo.			

Quadro 1: Relação entre disciplinas dos ciclos específicos e Álgebra Linear para Engenharia I e Álgebra Linear para Engenharia II.

### 2.2.2. Universidade II

A universidade investigada apresenta caráter privado e seu primeiro curso de Engenharia foi implantado em 1992. Suas aulas restringem-se ao período noturno e sua grande especificidade relaciona-se ao setor de Sistemas Eletrônicos.

No ano de 2007, o curso passou por uma reformulação, tanto em sua grade curricular quanto na carga horária, que sofreu redução do total de 5040 horas distribuídas em seis anos para 4410 horas, agora distribuídas em cinco anos.

No ciclo básico, a disciplina Álgebra Linear foi reduzida de 90 para 68 horas/aula, correspondendo a 1,54% da atual carga total.

Em sua grade curricular, a disciplina Álgebra Linear não consta como pré-requisito de nenhuma outra, tanto do ciclo profissionalizante quanto específico.

Dessa forma, a análise da grade curricular não foi suficiente para que pudéssemos estabelecer relações entre tópicos trabalhados da Álgebra Linear com conteúdos específicos dos ciclos futuros. Para tanto, entrevistas com professores do departamento de engenharia nos forneceram os dados que relacionam as disciplinas.

A totalidade da grade curricular é apresentada no Anexo deste trabalho.

### **2.2.3. Universidade III**

A terceira universidade investigada tem caráter privado e seu curso de Engenharia foi fundado em 1957. Contudo, suas atividades acadêmicas iniciaram em 1960 com o curso de Engenharia Civil. Nos anos de 1967, 1970 e 1975 foram reconhecidos os cursos de Engenharia Mecânica, Eletrotécnica, Eletrônica e Química.

Em 2001, cria-se o curso de Engenharia da Computação e em 2002 o de Engenharia de Produção.

Em sua grade curricular, a disciplina Álgebra Linear encontra-se isolada, sem qualquer relação com disciplinas que compõem os demais ciclos.

A totalidade da grade curricular é apresentada no Anexo deste trabalho.

### **2.3. Análise da Relação Institucional Esperada**

Conforme apresentam as Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia é eminente a busca pela formação de um profissional crítico, capaz de propor soluções que ultrapassem aspectos técnicos e tenha a ambição de considerar os problemas em sua totalidade, numa cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões.

Para que esta proposta seja alcançada, devemos, portanto, considerar aspectos inerentes a determinado saber matemático, dentre eles, aspectos sociais, ambientais, políticos e econômicos. Assim, de acordo com a Teoria Antropológica do Didático (TAD), faz-se necessária a análise da organização praxeológica composta pela tríade objeto-pessoa-instituição através de uma dimensão antropológica.

Quanto ao objeto, torna-se claro a ênfase atribuída às disciplinas matemáticas relacionadas ao perfil do egresso e às competências e habilidades esperadas na formação deste profissional.

Cabe às IES a responsabilidade pela construção de um currículo embasado na identificação das tendências de mercado, participando de forma ativa nos diferentes momentos de formação do egresso, como explica Ferreira (1999).

Quanto às pessoas, as Diretrizes Curriculares tornam evidente o incentivo pelo papel ativo do aluno na construção de seu próprio conhecimento. Em todo momento, salienta-se a formação de um profissional capaz de atuar de forma crítica na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias em entidades públicas e particulares. Faz-se necessário, portanto, uma sólida formação

acadêmica cuja maior responsável é a IES que o egresso faz parte. Também podemos citar o papel ativo do professor frente às exigências do mercado de trabalho e na busca por novas e melhores propostas de ensino diante das perspectivas dos alunos.

De forma privilegiada encontra-se o papel da instituição. De acordo com Chevallard (1999), a instituição pode ser uma escola, uma sala de aula, um curso, uma família. A cada instituição associa-se um conjunto de objetos institucionais a partir da relação institucional. Assim, em nosso capítulo, atribuímos o papel institucional aos documentos oficiais que regem um curso de Engenharia como as Diretrizes Curriculares, as Grades Curriculares das universidades investigadas, a Sociedade que contempla os diferentes momentos de formação do estudante, assim como o órgão regulamentador da profissão (CREA – Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura).

Do ponto de vista antropológico, os aspectos sociais, ambientais, políticos e econômicos são tratados nas Diretrizes Curriculares quando idealizamos o perfil do profissional que a IES deseja formar, as competências e habilidades esperadas e as tendências de mercado. Em conjunto com a proposta das Diretrizes Curriculares também é pertinente a análise das Grades Curriculares das universidades investigadas.

Identificamos que a Universidade I estabelece relações em sua grade curricular entre a disciplina Álgebra Linear e as demais disciplinas da graduação em Engenharia Elétrica. Incentiva-se, portanto, competências e habilidades que estejam relacionadas à aprendizagem de disciplinas básicas como a Matemática, valorizando a formação do engenheiro fundamentado em conceitos teóricos e práticos e que venha a estimular o crescimento da pesquisa em nosso país.

Na Universidade I observa-se a valorização pela diversidade do perfil profissional entre as diferentes áreas específicas, a flexibilidade curricular, uma expressiva interação entre os ciclos de formação, além do incentivo ao conhecimento prático adquirido em estágios dentro e fora da instituição.

Assim, a articulação das diversas noções (objeto-pessoa-instituição), diante da problemática ecológica, permite-nos pensar de maneira unificada o papel da sociedade, como os órgãos regulamentadores da profissão, das IES, dos alunos e professores frente à construção do saber.

Dessa forma, conseguimos identificar com o estudo deste capítulo, elementos que respondessem à primeira questão: Por que a Álgebra Linear deve ser lecionada em uma graduação de Engenharia Elétrica?

Identificamos como principal elemento, apontado nas Diretrizes Curriculares e nas Grades Curriculares, a crescente preocupação quanto ao perfil desejado do profissional que atenda as atuais tendências do mercado de trabalho. Este profissional deverá possuir conhecimentos teóricos e práticos e estar apto a trabalhar na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias no país.

Além disso, deve-se enfatizar a integração de disciplinas dos diversos ciclos, com o objetivo de promover o desenvolvimento de competências e habilidades que estimulem a atuação crítica dos egressos.

Também pudemos observar a valorização pela formação de múltiplos perfis profissionais através das diversas habilitações e ênfases dos cursos, além da prática a estágios e às atividades complementares.

Para responder à questão: Como deve ser lecionada a disciplina Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica, encontramos elementos propostos nas Diretrizes Curriculares e nas Grades Curriculares que destacam a

importância do processo participativo do aluno na construção de seu próprio conhecimento. Para trabalhar melhor a integração de conhecimentos ao longo do curso, ambos os documentos propõem projetos e atividades ao final de cada módulo ou ao final da graduação.

Na análise das Grades Curriculares das universidades investigadas pudemos observar tais atividades propostas nas disciplinas Projeto de Formatura I e II (Universidade I), Orientação de Trabalho de Conclusão de Curso I e II (Universidade II) e Trabalho de Integração (Universidade III).

Também deverão ser estimuladas atividades complementares como trabalhos de iniciação científica, trabalhos em equipe, monitorias, dentre outras. Ressaltamos que tais trabalhos poderão contemplar aspectos da disciplina Álgebra Linear quando tratados em conjunto com disciplinas que relacionam seus conteúdos, como é o caso de Sinais e Sistemas I e II e Circuitos Elétricos.

Salientamos que é atribuída total autonomia a IES pela construção de um projeto pedagógico que contemple o perfil do aluno esperado assim como suas competências e habilidades necessárias.

Ao finalizarmos este capítulo, nos deparamos com um grande número de elementos que constituem a organização praxeológica formada pelo conjunto objeto-pessoa-instituição. Contudo, não será possível a análise de todos os elementos pertinentes a este tema.

Para que isso se torne possível, é necessária uma análise aprimorada desses conceitos (objeto-pessoa-instituição) através de uma dimensão antropológica e ecológica. Estaríamos, assim, estendendo tais conceitos a termos como habitat, nicho ecológico, cadeia alimentar e ecossistema, que nos

possibilitariam responder sobre as condições de sobrevivência de determinado saber.



### **CAPÍTULO 3: ENTREVISTAS COM PROFESSORES DA GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA: UMA ANÁLISE DA RELAÇÃO INSTITUCIONAL REAL**

---

Para a coleta de dados de nossa pesquisa, realizamos ao longo do trabalho, cinco entrevistas, duas com professores de Álgebra Linear e três com professores de disciplinas específicas<sup>9</sup> de graduações de Engenharia Elétrica.

Adotamos como critério de seleção dos professores participantes: o grau de titulação, anos de experiência como docente e sua formação, envolvendo tanto matemáticos quanto engenheiros. Acreditávamos que a diversidade em sua formação poderia nos trazer diferentes visões e uma maior abrangência sobre os assuntos abordados nas questões formuladas.

No encontro das entrevistas, os professores participantes receberam uma carta de esclarecimento sobre o desenvolvimento da pesquisa e duas vias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (Apêndice) que foram lidos antes de iniciarmos a entrevista. Após a leitura e explicação sobre a necessidade deste procedimento (seguindo as recomendações do Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo) foi solicitado aos professores que concordaram em participar, que assinassem e entregassem uma via do TCLE.

Para registro dos dados, fizemos anotações e solicitamos a autorização para gravação. Quando não houve a gravação, realizamos o registro dos dados que julgamos pertinentes ao objetivo desta investigação. Assegurou-se a confidencialidade dos nomes dos professores entrevistados assim como o nome

---

<sup>9</sup> As disciplinas específicas da graduação em Engenharia Elétrica constituem-se nas disciplinas que fazem parte da ênfase do curso, tais como: Circuitos Elétricos, Eletromagnetismo, Sinais e Sistemas, entre outras.

das universidades em que lecionam. A todos solicitamos aproximadamente uma hora de disponibilidade para a realização da entrevista.

Assim, demos início à primeira entrevista em outubro de 2006. Para tanto, convidamos um professor de uma disciplina específica da Engenharia Elétrica. Esta entrevista, a qual denominamos de entrevista-piloto, nos forneceu informações que respondessem às questões apresentadas, além de possibilitar a readequação das questões envolvidas que seriam aplicadas nas entrevistas subsequentes.

Abaixo, elencamos as principais questões discutidas, assim como o objetivo de cada. Ressaltamos que, face ao perfil de cada professor entrevistado, sua formação, área de atuação e histórico de suas publicações, algumas questões foram acrescentadas e/ou retiradas ao longo das demais entrevistas.

### **3.1. Principais Questões**

As questões elaboradas foram divididas de acordo com as questões apresentadas no objetivo deste trabalho:

Por que a Álgebra Linear deve ser lecionada em uma graduação de Engenharia Elétrica?

- 1) Qual o papel da Álgebra Linear em um curso de Engenharia Elétrica?

**Objetivo:** Esta questão tem por objetivo identificar a importância da disciplina matemática Álgebra Linear na formação do Engenheiro Elétrico e seu impacto nas disciplinas do curso e em sua formação profissional.

- 2) Quais as disciplinas do programa de sua Instituição de Ensino que utilizam a Álgebra Linear como pré-requisito ou que apresentam seus conceitos?

**Objetivo:** Identificar as possíveis relações entre a Álgebra Linear e demais disciplinas dos ciclos futuros, de forma que estas sejam apresentadas aos alunos que trabalham com disciplinas matemáticas desde o princípio de sua formação.

- 3) Dentre as disciplinas citadas, quais conteúdos estão relacionados à Álgebra Linear e em quais podemos dar um destaque especial na Engenharia Elétrica?

**Objetivo:** Identificar os conteúdos de Álgebra Linear tratados e a ênfase que deve ser dada a um conteúdo específico (por exemplo: autovalor e autovetor).

- 4) Da mesma forma, como é vista a Álgebra Linear pelos professores de disciplinas específicas do curso?

**Objetivo:** Identificar como os professores dos demais ciclos utilizam a matemática em suas aulas.

- 5) De acordo com o perfil da universidade, qual engenheiro a universidade pretende formar, o de aplicação ou o de desenvolvimento?

**Objetivo:** De acordo com o artigo *Qual o papel da matemática nos cursos de engenharia? Reflexões de um professor de matemática* da autora Adriana Kuehn existem dois tipos de engenheiros formados nas universidades: os de aplicação e os de desenvolvimento. Os de aplicação

consistem em profissionais que farão uso de *softwares* e tabelas, precisam apenas saber quando aplicar os conceitos envolvidos de maneira rápida e fácil. Já os engenheiros de desenvolvimento precisam ter um embasamento matemático forte, pois trabalharão em pesquisa. Dessa forma, caberá ao engenheiro de desenvolvimento entender todas as variáveis envolvidas no processo e saber quais fundamentos matemáticos justificam o que está sendo estudado .

5.1) Qual a abrangência, o objetivo do curso?

**Objetivo:** Identificar o perfil do curso, se especialista ou generalista que envolva uma visão sistêmica, ou seja, uma visão de todo o conjunto e de diversas áreas, dentre elas a computação, sistema e controle, automação, telecomunicações, dentre outras.

5.2) O que o mercado busca?

**Objetivo:** Verificar se as empresas e/ou centros de pesquisa em que o futuro engenheiro irá atuar, buscam o profissional de aplicação ou o de desenvolvimento, o especialista ou o generalista.

5.3) Onde o formado irá atuar?

**Objetivo:** Identificar quais as áreas em que o estudante e futuro engenheiro poderá atuar. Exemplo: Telecomunicações, Indústria Automobilística, Energia, Indústria de Componentes Eletrônicos, Desenvolvimento de *Software*, etc.

5.4) Existem centros de pesquisa na região que possam absorver o egresso?

**Objetivo:** Identificar se há centros de pesquisa que possam absorver os futuros engenheiros de desenvolvimento em universidades públicas ou particulares.

Como deve ser lecionada a disciplina Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica?

6) Como deve ser direcionado o ensino da Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica?

**Objetivo:** Identificar a necessidade de uma abordagem diferenciada deste ensino, voltada para situações que possam ter ligação com problemas (exemplos) das disciplinas subseqüentes.

7) Quais livros didáticos e científicos tratam do assunto para que eu possa investigar como o conteúdo é trabalhado? O livro é considerado livro-texto da sua instituição de ensino?

**Objetivo:** Os livros-texto citados nas entrevistas formaram nossa fonte de verificação e validação das informações fornecidas pelos professores entrevistados. Assim, iniciamos a fase de análise das mesmas.

8) Qual a sua opinião sobre o uso de *softwares* matemáticos no ciclo básico?

**Objetivo:** Verificar a contribuição do uso de um *software* matemático no ensino e na aprendizagem da Álgebra Linear.

- 9) Como trabalhar a Álgebra Linear nas engenharias já que estamos no ciclo básico e, em uma única sala de aula encontramos alunos das diversas disciplinas?

**Objetivo:** Tentar descobrir como melhor direcionar a disciplina Álgebra Linear quando trabalhamos com universidades em que o ciclo básico é comum e único a todas as engenharias. Somente no terceiro ano ocorre a escolha da especialidade a ser seguida pelo futuro engenheiro.

9.1) Diante dessa situação, as aplicações precisam ser específicas de cada curso?

**Objetivo:** Como podemos identificar contextos específicos de cada uma das engenharias, quando trabalhamos com alunos de vários cursos?

### 3.2. As Entrevistas

Antes de apresentarmos as entrevistas, destacaremos o quadro, a seguir, que sintetiza o perfil de cada professor entrevistado, o local onde a entrevista foi realizada, assim como o tempo de duração de cada uma delas.

<b>Tópicos</b>	<b>Professor I</b>	<b>Professor II</b>	<b>Professor III</b>	<b>Professor IV</b>	<b>Professor V</b>
Tempo de exercício no magistério	15 anos	35 anos	36 anos	15 anos	20 anos
Formação	Graduado em Engenharia Elétrica na área de Sistemas de Potência; Mestre, Doutor e Pós-Doutor em Circuitos Magnéticos, Magnetismos e Eletromagnetismos	Graduado e licenciado em Matemática, Mestre e Doutor em Educação	Graduado em Engenharia Elétrica, Mestre e Doutor em Engenharia de Sistemas	Graduado em Engenharia Elétrica; Mestre, Doutor e Pós-Doutor em Sistemas Elétricos de Potência	Graduado em Física e em Matemática; Mestre em Matemática e em Educação Matemática; Doutor em Matemática
Cargo atual	Professor de universidade pública e particular	Professor de universidade particular	Professor de universidade pública e particular	Coordenador da graduação e professor do programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica	Coordenador da graduação em Engenharia Elétrica e professor de pós-graduação em Educação Matemática
Local da entrevista	Sala de reuniões da universidade em que leciona	Sala de reuniões do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática da PUC-SP	No campus da universidade em que leciona	Sala de reuniões da universidade em que leciona	Em sua casa
Duração de entrevista	1 hora	1 hora	1 hora e 30 minutos	1 hora	1 hora

Quadro 2: Síntese do perfil do entrevistado, local da entrevista e sua duração.

### 3.2.1. - A Entrevista Piloto - Entrevista I

Na primeira entrevista realizada em outubro de 2006, a qual denominamos entrevista piloto, o registro escrito das informações foi realizado enquanto o professor discutia sobre as questões pertinentes ao objetivo de nossa pesquisa, evidenciando o porquê e como deve ser lecionada a disciplina Álgebra Linear em uma graduação com este perfil. A princípio, acreditávamos que esta entrevista poderia nos orientar e levar a outras questões consideradas relevantes e relacionadas ao tema da investigação.

Quando interrogado sobre o papel da Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica, o professor entrevistado evidenciou algumas relações existentes entre conceitos de Álgebra Linear com disciplinas dos demais ciclos desta graduação: Teoria Eletromagnética e Processamento de Sinais. As relações descritas entre a disciplina Álgebra Linear e Teoria Eletromagnética e Processamento de Sinais nos forneceria os primeiros elementos que respondessem nossa primeira questão de pesquisa. Dentre os conceitos fundamentais apresentados destacou a definição de campo eletromagnético introduzida na disciplina Teoria Eletromagnética. Nesta disciplina, as chamadas Equações de Maxwell descrevem a natureza dos campos eletromagnéticos em termos de espaço e tempo, evidenciando relação com conceitos de análise vetorial e diagonalização de matrizes.

Também podemos citar outros tópicos apontados no discurso do professor entrevistado, como as séries *Wavelets*<sup>10</sup> na disciplina Processamento de Sinais e seu impacto em compressão de sinais e imagens, cuja principal aplicação ocorre no campo do armazenamento e transmissão de dados. Nesta disciplina evidencia-se a utilização de produto vetorial interno entre a função de expansão e de ponderação, além de soluções de equações matriciais para determinação dos coeficientes do sistema, permitindo a interpretação da variabilidade observada. Notemos que a mesma relação foi estabelecida na obra de Howson *et al* (1987) citada na introdução deste trabalho.

O professor destacou a importância de apresentar a disciplina Álgebra Linear ao aluno em um contexto que a relacione com disciplinas estudadas nos primeiros anos de graduação. Assim, os professores estariam fornecendo condições para a evolução de um aluno ingressante na faculdade, cujos conhecimentos ainda estariam limitados e seriam desenvolvidos ao longo do curso.

Dentre livros-didáticos de Teoria Eletromagnética citados, destacou o livro-texto *Eletromagnetismo* de William Hayt adotado por duas universidades em que leciona.

Ressaltou que algumas relações entre conceitos de Álgebra Linear podem ser evidenciadas em *softwares* desenvolvidos para a disciplina Teoria Eletromagnética por seus alunos da graduação e pós-graduação.

Dessa forma, a entrevista realizada respondeu às principais questões pertinentes ao objetivo desta investigação, evidenciando a importância da Álgebra

---

<sup>10</sup> Série Wavelets: Uma tecnologia de compactação que codifica imagens em um fluxo contínuo. Esta técnica criará arquivos de dados 20% menores que os originais. As *wavelets* como área da matemática recebem atualmente muita atenção devido à sua versatilidade de adaptação às inúmeras aplicações, incluindo compactação de dados para permitir uma transmissão eficiente e aproximação precisa da informação, processamento de imagem (como os arquivos de impressão digital), processamento de sinais (como a recuperação de registros), sismologia e a solução numérica de equações diferenciais parciais (KOLMAN, 2006, p. 153).

Linear em disciplinas específicas da graduação. Acrescentamos que essa entrevista contribuiu para a reformulação e ampliação do quadro de questões que foram apresentadas aos demais professores entrevistados.

### **3.2.2. Entrevista II**

O professor entrevistado concedeu-nos a permissão para que toda a entrevista fosse gravada.

Ressaltamos que a entrevista com este professor foi motivada pelo seguinte fator: suas obras publicadas, dentre elas livros e artigos, foram fundamentais para a escolha do tema desta pesquisa e o desenvolver da mesma. Dentre seus trabalhos, destacam-se assuntos inerentes ao ensino e aprendizagem de disciplinas matemáticas em graduações de engenharia, evidenciando experiências e práticas realizadas.

Dessa forma, havia grande interesse em conhecê-lo pessoalmente e entrevistá-lo, pois, a partir de idéias advindas de seus trabalhos publicados, tivemos uma visão mais abrangente dos assuntos a serem abordados em nosso trabalho.

Inicialmente, discutimos o papel do professor de Matemática em um curso de serviço e a separação existente entre professores de Matemática e de Engenharia. O professor entrevistado citou haver uma deficiência, pelos professores de Matemática, por reais aplicações existentes em um curso de Engenharia o que poderá distanciar, cada vez mais, os professores dos diferentes ciclos.

*Nós professores de Matemática, às vezes, queremos fazer uma aplicação. Só que a gente não sabe, não sabe, sabe as aplicações mais comuns, mas não tem idéia do que realmente o aluno de engenharia precisa daquele conteúdo, seja Álgebra Linear, seja Cálculo, qualquer (Entrevistado II).*

Quando questionado a respeito de por que a Álgebra Linear deve ser lecionada em uma graduação de Engenharia Elétrica, destacou a importância de aplicações na engenharia envolvendo conceitos de Álgebra Linear. Contudo, afirmou que os professores de Matemática conhecem apenas as aplicações mais comuns e que, muitas vezes, não têm idéia do que é, realmente, necessário para um aluno desta graduação. Como professor de Matemática, ressaltou a falta de tempo na elaboração de suas aulas assim como o medo de se expor frente aos colegas dos futuros ciclos. Acredita que tal situação tem comprometido a formação dos atuais engenheiros, levando-os a uma formação com pouco interesse e aprofundamento em assuntos que envolvam a Matemática. Da mesma forma, a falta de maior fundamentação Matemática nos conceitos abordados com alunos deve-se, muitas vezes, ao seu ensino através de meras fórmulas aplicadas à resolução de problemas.

Além disso, ressaltou a necessidade de uma maior formação teórica nos alunos de Engenharia, de forma a torná-los aptos a ingressarem nos diversos centros de pesquisa da região. Estaríamos, dessa forma, estimulando a formação de futuros pesquisadores que, de acordo com o professor, correspondem, hoje, a uma exceção.

*[...] eu acho que precisa ter essa exceção, porque são esses que vão à frente, esses que vão fazer coisas diferentes [...]* (Entrevistado II)

Em outro trecho, cita

*[...] eu não estou preparando essa parcela que o Brasil precisa, para não continuar dependendo sempre da tecnologia que vem de fora e aqui nós não desenvolvemos um grupo de pessoas que vai muito além, nós vamos ficar sempre dependendo do que vier, certo? (Entrevistado II).*

Dessa forma, apontou para o incentivo à formação do engenheiro de desenvolvimento<sup>11</sup>, que, segundo o professor, é o engenheiro que trabalha com engenharia maciça, ou seja, que precise de matemática.

*[...] eu acho que tem gente que desenvolve pesquisa, sim, em engenharia, engenharia maciça, quer dizer, engenharia que precise de matemática (Entrevistado II).*

Quando questionado a respeito de como deve ser este ensino, o professor entrevistado ressaltou a importância de que os professores conheçam a área na qual lecionam e que estejam em constante atualização com as mudanças requeridas, seja através de uma atividade em sala de aula ou uma nova metodologia de ensino.

Para tanto, citou a importância do trabalho com projetos e da modelagem matemática que levam o aluno a entender com maior profundidade determinado conteúdo matemático. O professor entrevistado apontou para a necessidade de entender as conexões entre os diversos assuntos e, a partir dessas conexões, trazer a matemática. Relatou a experiência de um colega professor que realiza projetos com alunos em uma universidade de engenharia norte-americana. Afirmou que os alunos fizeram “coisas espetaculares” a partir da busca de diversos conhecimentos matemáticos necessários ao longo do projeto.

---

<sup>11</sup> Engenheiro de desenvolvimento: o mesmo termo é apresentado em pesquisa de Kuehn (2005). De acordo com uma entrevista realizada pela autora com professores de disciplinas específicas da engenharia, o engenheiro de desenvolvimento é aquele que precisa de embasamento matemático forte, pois ele trabalhará em pesquisa. Dessa forma, necessita entender e justificar todas as variáveis envolvidas em determinado processo.

*[...] eu tenho achado que trabalhos com projetos, trabalhos com modelagem seriam soluções para certas coisas. Para cursos, por exemplo, cursos de serviço (Entrevistado II).*

No final da entrevista, o professor destacou experiências positivas vivenciadas em sala de aula com o uso de *softwares* matemáticos.

*Usamos o Maple e o Matlab em uma disciplina da engenharia porque a engenharia está exigindo que os alunos saiam com conhecimento de Matlab (Entrevistado II).*

Acreditamos que a entrevista realizada conseguiu abordar grande parte das questões relacionadas a nossa pesquisa, motivando à futura investigação de outros temas discutidos pelo professor entrevistado. Contudo, como apontou o próprio professor no encontro inicial da entrevista, ele não estaria apto a discutir sobre as aplicabilidades da Álgebra Linear frente às disciplinas específicas da Engenharia Elétrica, pois como disse, sabia apenas as aplicações mais comuns, mas não o que realmente necessitaria um aluno com este perfil.

Assim, continuamos nossa investigação em busca de outras experiências e novos relatos que pudessem responder às questões apontadas.

### **3.2.3. Entrevista III**

Nesta entrevista, realizada em maio de 2007, o professor entrevistado destacou a importância das disciplinas matemáticas serem direcionadas a um ambiente contextualizado e dirigido às principais necessidades da formação do engenheiro elétrico. A partir da separação de disciplinas por institutos (Instituto de Matemática, Física e Engenharia) na universidade em que leciona, problemas foram enfrentados, pois os professores dos Institutos de Física e Matemática, ao

lecionarem suas disciplinas direcionaram o conteúdo igualmente a qualquer outra área de formação. Assim, a mesma metodologia e conteúdo eram praticados em uma graduação de Biologia, Economia ou Engenharia, e acredita que ainda hoje, a mesma prática é exercida em grande maioria das universidades.

O professor disse entender o porquê da desmotivação e do não reconhecimento, por parte dos alunos, da importância das disciplinas matemáticas no ciclo básico de formação.

Lembrou-se da fala de um aluno de graduação em Engenharia Elétrica sobre as aulas de Álgebra Linear: *“Eu não agüento mais o professor falando que essa matéria é boa para desenvolver o raciocínio”*. O entrevistado afirmou ser perceptível que o professor da disciplina de Álgebra Linear não estabelecia relações com outras que compõem a graduação ao ministrar suas aulas.

Quanto às relações da Álgebra Linear com futuras disciplinas dos demais ciclos destacou a disciplina Sinais e Sistemas I e II lecionada na graduação e pós-graduação da universidade a que pertence.

Tal disciplina, também denominada Sinais e Sistemas Lineares I e II e Processamento de Sinais por outras instituições de ensino, apresenta os aspectos fundamentais da análise quantitativa e qualitativa de sinais. Entende-se por sinal um conjunto de dados ou informação. Como exemplo, o professor entrevistado citou um sinal de telefone ou televisão determinado por funções da variável independente tempo. Os sinais podem ser posteriormente processados por sistemas, os quais podem modificá-los ou extrair informação adicional. Assim, um sistema é uma entidade que processa um conjunto de sinais (entradas) resultando em um outro conjunto de sinais (saídas). A disciplina relaciona-se a conceitos como a vetores, matrizes, valor característico de uma matriz (autovalor)

e vetor característico de uma matriz (autovetor), que são temas estudados em Álgebra Linear.

Pudemos observar que a relação da Álgebra Linear com as disciplinas Sistemas e Sinais I e II foi confirmada na análise da Grade Curricular da primeira universidade investigada.

Assim como os demais professores entrevistados até essa data, destacou a relação da Matemática com a pesquisa e com a formação completa do estudante.

Acreditamos que esta entrevista trouxe-nos elementos que respondessem às questões pertinentes à esta investigação, ressaltando o porquê e como deve ser lecionada a Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica. Foi reconhecido que o professor entrevistado enfatiza sua larga experiência ao retratar as relações existentes entre a Álgebra Linear e disciplinas específicas desta graduação como Processamento de Sinais e Sistemas e Sinais I e II. Ao mesmo tempo, ressalta a importância pela formação de um profissional que conhecesse a fundo os conceitos matemáticos e estivesse apto a encontrar a solução matemática para o seu problema.

#### **3.2.4. Entrevista IV**

A quarta entrevista, realizada em julho de 2007, foi gravada e sua análise é apresentada a seguir.

Demos início a nossa entrevista, questionando o professor a respeito do papel da Álgebra Linear em um curso de Engenharia Elétrica. Nesta questão, o professor destacou a importância das relações entre conceitos da Álgebra Linear

com outras disciplinas da graduação. Dentre elas, citou a operação com vetores aplicada à Teoria Eletromagnética. Destacou que, com o advento do computador e dos Métodos Numéricos, a Álgebra Linear tornou-se essencial por trabalhar com grandes matrizes. Descreveu as Equações de Maxwell que traduzem fenômenos relacionados a problemas físicos e tecnológicos, como o projeto de uma máquina elétrica, um motor ou transformador. Tais problemas, resolvidos a partir das Equações de Maxwell, trabalham com grandezas vetoriais equacionadas para todo o domínio nas quais as forças atuam.

O professor ressaltou a importância das ferramentas numéricas para o cálculo de campos eletromagnéticos, destacando a importância da análise vetorial na disciplina de Teoria Eletromagnética.

Conforme apresenta um trecho da obra de Orsini (1993)

*De acordo com essa teoria, os fenômenos eletromagnéticos são descritos através de vetores do campo eletromagnético, sujeitos a relações inicialmente postuladas sob a forma de um conjunto de equações diferenciais vetoriais, as Equações de Maxwell (Orsini, 1993, p. 1).*

O professor acrescentou que, na natureza, os fenômenos eletromagnéticos são regidos por equações diferenciais, as chamadas Equações de Maxwell. Para tanto, deve-se considerar a análise vetorial e o cálculo vetorial como ferramentas conhecidas.

Afirmou que o entendimento da disciplina Teoria Eletromagnética está atrelado ao entendimento de grande parte das disciplinas do curso de Engenharia Elétrica.

Outra disciplina, destacada que apresenta forte relação com a Álgebra Linear, é a de Circuitos Elétricos. De acordo com o professor entrevistado, toda

resolução de circuitos elétricos de grandes dimensões, por análise nodal ou de malha, é realizada através de sistemas matriciais.

Em uma teoria mais simples que a Teoria Eletromagnética, a dos Circuitos Elétricos permite que os entes vetoriais da Teoria Eletromagnética sejam substituídos por grandezas escalares.

Assim, verifica-se que o conceito de matrizes e sistemas lineares está subjacente a teoria das redes e circuitos elétricos.

Também destacou a importância da Álgebra Linear nos Métodos de Elementos Finitos aplicados à Engenharia Elétrica que só vieram a ser utilizados com o avanço de métodos computacionais. Tais métodos computacionais permitiram a generalização de suas aplicações advindas da resolução de sistemas algébricos lineares e não lineares de grande dimensões.

Este mesmo fato foi citado pelo professor entrevistado que revela

*Com a disseminação de ferramentas computacionais de modelagem, o método dos elementos finitos, por exemplo, a Álgebra Linear apresenta uma crescente importância. Isso porque, cada vez mais exige-se a manipulação de sistemas de equações de dimensões elevadas e mal-condicionadas (Entrevistado IV).*

O professor entrevistado citou que os conteúdos apresentados sobre Teoria Eletromagnética podem ser estudados nos livros *Eletromagnetismo* de William Hayt e *Lectures on Physics* de Richard Feynman<sup>12</sup>.

Também destacou o livro *Elementos Finitos e CAE: Aplicações em Engenharia Elétrica*, de Jean-Claude Sabonnadière e Jean-Louis Coulomb no qual os autores descrevem o princípio do Método dos Elementos Finitos como

---

<sup>12</sup> HAYT, W *et al.* *Eletromagnetismo*. Rio de Janeiro: LTC, 6ª edição, 2003.  
FEYNMAN, R. P. *et al.* *Feynman Lectures on Physics*. Addison Wesley, 2005.  
SABONNADIÈRE, J. C *et al.* *Elementos Finitos e CAE: Aplicações em Engenharia Elétrica*. Tradução: José Roberto Cardoso. São Paulo: Aleph, 2003.

originário das técnicas de cálculo matricial das estruturas mecânicas discretas e semi-discretas.

Discutimos, também, o perfil do engenheiro que a universidade busca formar que, segundo o professor entrevistado, é um engenheiro conceitual e generalista. Para tanto, o professor destacou ser necessária uma sólida formação, embasada em conceitos fundamentados em disciplinas básicas como a Matemática e a Física.

Quando questionado como deve ser o ensino da Álgebra Linear nesta graduação, destacou a importância de apresentar exemplos aplicados para que a disciplina possa ser melhor compreendida. Estaríamos, dessa forma, antecipando determinados conteúdos de disciplinas específicas que estivessem ao alcance de alunos em início de formação.

*Eu acho que toda vez que você dá uma teoria, um exemplo é sempre bem vindo [...]. Então, a idéia é sempre dar um exemplo, de preferência um exemplo voltado à área que o aluno está inserido (Entrevistado IV).*

Além disso, ressaltou o uso de *softwares* nas disciplinas em que a Álgebra Linear esteja inserida.

Concluiu a entrevista afirmando que a Álgebra Linear é essencial, não só para a Engenharia Elétrica, como para todas as Engenharias.

Acreditamos que a entrevista realizada respondeu às principais questões, evidenciando a experiência do professor entrevistado frente aos assuntos pertinentes à Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica. Assim, como nas demais entrevistas, enfatizou a importância de uma formação completa fundamentada em disciplinas básicas como a matemática e a física para que se estimule a pesquisa e o desenvolvimento em nosso país.

### 3.2.5. Entrevista V

A quinta entrevista realizada em dezembro de 2007, foi gravada e sua análise é apresentada abaixo.

Quando questionado sobre o papel da Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica e como é vista a disciplina pelos demais professores do curso afirmou que a Álgebra Linear assume o papel de ferramenta para as outras disciplinas do curso, dentre elas, Circuitos Elétricos, Redes de Computadores, Computação Gráfica e Princípios de Transformação de Sinais. Dentre os conteúdos abordados destacou matrizes, transformações lineares e autovalor e autovetor.

*[...] Quando eu falo em Princípios de Transmissão de Sinal, eu falo de Engenharia de Comunicações. A disciplina de redes usa bastante transformação porque inclusive eles trabalham com a parte gráfica das transformações (Entrevistado V).*

Ressaltou a importância de livros como o de Álgebra Linear com Aplicações de Bernard Kolman<sup>13</sup>, repleto de exemplos e exercícios aplicados direcionados a conteúdos específicos de diversas graduações, dentre elas a Engenharia Elétrica. Tais exemplos poderiam incentivar o aprendizado do aluno e destacar a importância dos conceitos trabalhados de Álgebra Linear.

*Ele pode ser direcionado, por exemplo, com o livro do Kolman. Ele é simples e mais voltado para as aplicações dos cursos de informática. [...]. Mas, se você der alguma aplicação, ao aluno vai perceber para que serve aquilo e como é super importante (Entrevistado V).*

---

<sup>13</sup> KOLMAN, B. et al. *Introdução à Álgebra Linear com Aplicações*. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

Contrariamente ao livro apresentado, que orienta a resolução de exercícios com o *software* Matlab, o professor entrevistado afirma que os alunos são estimulados a desenvolver um *software* que trabalhe com conteúdos da Álgebra Linear. É interessante que os alunos programem e não apenas usem o *software* em si, como é o caso do Matlab.

*A gente percebe que, se for para propor alguma coisa, que se proponha para eles programarem, programar para eles calcularem uma matriz, por exemplo (Entrevistado V).*

Tal aplicação poderia estar sendo desenvolvida em um projeto integrado em que os professores envolvidos trabalhassem a interdisciplinaridade inerente aos conteúdos envolvidos.

*[...] Se você trabalhar por projetos, aí você põe uma, duas ou três disciplinas trabalhando com sua ênfase (Entrevistado V).*

Para tanto, é necessário que haja uma flexibilização do conteúdo do projeto integrado em que novas tecnologias e novos conhecimentos sejam acrescentados. Além disso, destaca a participação de vários professores na elaboração do projeto.

*O diferencial é justamente quando você consegue fazer essa flexibilização de conteúdo. [...]. O aluno não trabalha só com o professor daquele projeto, ele vai procurar por outros professores. É bem interdisciplinar (Entrevistado V).*

Assim, o professor entrevistado não deixou nenhuma questão sem resposta, abrangendo a todas as questões apontadas. Destacou sua experiência como coordenador de um curso de Engenharia Elétrica e situações enfrentadas em seu curso que estão diretamente interligadas ao tema de nossa pesquisa.

Acreditamos que grande maioria de nossas inquietações havia sido sanada, porém outras iniciadas.

Assim, concluímos nossa fase de entrevistas com respostas pertinentes e concisas às questões apontadas.

### **3.3. Análise da Relação Institucional Real**

Para análise do Capítulo 3: Entrevistas com professores da graduação em Engenharia Elétrica: Uma Análise da Relação Institucional Real, buscamos, nos pressupostos da Teoria Antropológica do Didático (TAD), estabelecer a articulação entre as noções de objetos, pessoas e instituições evidenciadas nos discursos dos professores entrevistados e que respondessem a nossa questão: Por que e Como a Álgebra Linear deve ser lecionada em uma graduação de Engenharia Elétrica?

Dessa forma, assumimos como objeto, alguns conceitos elementares de Álgebra Linear e conceitos específicos de disciplinas da Engenharia Elétrica, evidenciados nas entrevistas. Como pessoas, assumimos os participantes de nossa investigação: professores e alunos; e como instituições, as universidades selecionadas para pesquisa, a graduação em Engenharia Elétrica, os documentos oficiais que regulamentam os cursos de Engenharia Elétrica, a Sociedade formada pelo órgão regulamentador da profissão (CREA – Conselho de Engenharia e Arquitetura), além dos livros didáticos citados nas entrevistas.

Conforme afirma Chevallard (1999), um objeto existe a partir do momento em que uma pessoa ou uma instituição o reconhece como existente, estabelecendo, uma relação entre os termos objeto-pessoa-instituição.

A relação institucional real formaliza-se a partir do reconhecimento do objeto pela instituição. Podemos dizer que, a aprendizagem ocorre quando a relação institucional entre a pessoa e o objeto altera-se.

Os termos objeto, pessoa e instituição podem ser explicados através de uma dimensão antropológica que lhe atribui uma problemática ecológica, estabelecendo inter-relações hierárquicas e a identificação ecológica dos objetos. Estaríamos, assim, associando a estes termos o conjunto de condições que caracterizam as relações pessoais, alvo do processo didático.

Do ponto de vista ecológico, associam-se os termos habitat, nicho ecológico, cadeia alimentar e ecossistema.

De acordo com Chevallard (1999), habitat corresponde ao tipo de instituição em que se encontra o saber. Assim, entendemos que saberes relacionados à disciplina de Álgebra Linear devem estar associados ao tipo de instituição que promoverá o desenvolvimento e a compreensão deste saber matemático. Como relatado anteriormente, estamos tratando por instituição, as universidades presentes nos discursos dos professores entrevistados, a graduação em Engenharia Elétrica, a Sociedade formada pelo órgão regulamentador da profissão (CREA), assim como os livros didáticos citados e que serão alvo de estudo no capítulo Análise do Complexo Praxeológico do objeto matemático: Sistema de Equações Lineares.

Por nicho ecológico entendemos a função ou o papel desenvolvido pelo saber matemático relacionado ao objeto de estudo. Assim, com base nas entrevistas realizadas, conseguimos identificar o papel da Álgebra Linear como

ferramenta para descrever e estudar outros objetos pertencentes às disciplinas específicas desta graduação, atribuindo-lhe o caráter paramatemático<sup>14</sup>.

Ainda a respeito da função ou papel da Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica, seguindo a definição de nicho ecológico, segundo Almouloud (2007), verificamos que, em todas as entrevistas realizadas, a aprendizagem de conceitos de Álgebra Linear sempre esteve atrelada às relações existentes com outras disciplinas da graduação, relações estas que devem ser explicitadas ao aluno. Os conceitos fundamentais citados (matrizes, sistemas lineares e transformações lineares), relacionaram-se com disciplinas específicas como Teoria Eletromagnética, Circuitos Elétricos, Computação Gráfica, Processamento de Sinais, dentre outras.

De acordo com a Teoria Antropológica do Didático, deve-se estudar o homem perante o saber matemático e mais especificamente perante situações matemáticas. A articulação das diversas noções (objeto, pessoa e instituição) frente à problemática ecológica permite pensar de maneira unificada um grande número de fenômenos didáticos, dentre eles as relações existentes entre as disciplinas, o papel do professor e do aluno perante a construção do conhecimento.

Nas entrevistas II e IV, os professores ressaltaram a importância da formação de pesquisadores em nosso país, de forma que reduzíssemos a dependência de tecnologia externa. Apresentamos, portanto, o perfil do engenheiro que sua universidade pretende formar. Este assunto foi discutido anteriormente no Capítulo 2 - Diretrizes Curriculares para os cursos de

---

<sup>14</sup> A Transposição Didática faz uma análise epistemológica do objeto do saber sob o ponto de vista didático, categorizando-o em: paramatemáticos: quando os objetos são utilizados como ferramentas para descrever e estudar outros objetos. Este assunto foi discutido no Capítulo 1 – Fundamentação Teórica e Metodológica.

engenharia e Grades Curriculares das universidades investigadas: Uma Análise da Relação Institucional Esperada. Segundo o professor IV, a universidade em que leciona busca formar o engenheiro conceitual e generalista, embasado em sólidos conhecimentos matemáticos.

Assim, esperamos ter conseguido responder, ao menos, parcialmente, por que a Álgebra Linear deve ser lecionada em uma graduação como esta.

A busca por respostas a questão Como a Álgebra Linear deve ser lecionada em uma graduação de Engenharia Elétrica? iniciou-se com a discussão dos professores sobre possíveis aplicações que poderiam ser apresentadas durante o ensino de conceitos de Álgebra Linear. Dessa forma, haveria a antecipação de conteúdos que seriam tratados em disciplinas subseqüentes e evidenciaríamos aos alunos sua importância, tanto na formação acadêmica quanto profissional.

Os exercícios de aplicação poderiam ser apresentados a partir dos livros didáticos citados nas entrevistas. Além de exercícios de aplicação, também discutimos o papel de *softwares* na apresentação das relações entre assuntos inerentes à Álgebra Linear e disciplinas específicas da graduação. É interessante citar que dentre todos os professores entrevistados, apenas um apontou trabalhar com *softwares* de fabricantes específicos. Todos os demais optaram em propor como avaliação para os alunos, o desenvolvimento de *softwares* capazes de integrar as disciplinas. Tal proposição, denominada projeto integrado pelo professor V, é recomendada pelas atuais Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia. Assim, a construção de um projeto integrado possibilita entender com maior abrangência os diversos conteúdos trabalhados entre as disciplinas.

Esperamos, dessa forma, ter encontrado alguns elementos que respondessem à questão: Como a Álgebra Linear pode ser lecionada em uma graduação de Engenharia Elétrica?

A seguir, apresentamos um quadro que sintetiza as principais idéias obtidas nos discursos dos professores entrevistados.

	<b><i>Por que a Álgebra Linear deve ser lecionada em uma graduação de Engenharia Elétrica?</i></b>	<b><i>Como a Álgebra Linear deve ser lecionada em uma graduação de Engenharia Elétrica?</i></b>
<b>Entrevista I</b>	<p>a) devido à existência de relações entre conteúdos da Álgebra Linear com conteúdos específicos de diversas disciplinas do curso.</p> <p>Disciplinas citadas: Teoria Eletromagnética, Processamento de Sinais.</p>	<p>a) antecipação de determinados conteúdos de disciplinas específicas através de exercícios aplicados, de forma a estabelecer conexões entre diferentes assuntos;</p> <p>b) uso de <i>softwares</i> desenvolvidos para a disciplina Teoria Eletromagnética que trabalhem conceitos fundamentais de Álgebra Linear.</p>
<b>Entrevista II</b>	<p>a) devido à existência de relações entre conteúdos da Álgebra Linear com conteúdos específicos de diversas disciplinas do curso.</p> <p>Disciplinas citadas: Nenhuma;</p> <p>b) necessidade de maior formação teórica dos alunos de engenharia, direcionando-os à formação de futuros pesquisadores.</p>	<p>a) antecipação de determinados conteúdos de disciplinas específicas através de exercícios aplicados, de forma a estabelecer conexões entre diferentes assuntos;</p> <p>b) trabalhos com projetos e modelagem nos chamados cursos de serviço;</p> <p>c) uso de <i>softwares</i> como Maple e Matlab.</p>
<b>Entrevista III</b>	<p>a) devido à existência de relações entre conteúdos da Álgebra Linear com conteúdos específicos de diversas disciplinas do curso.</p> <p>Disciplinas citadas: Sinais e Sistemas Lineares.</p>	<p>a) antecipação de determinados conteúdos de disciplinas específicas através de exercícios aplicados, de forma a estabelecer conexões entre diferentes assuntos.</p>
<b>Entrevista IV</b>	<p>a) devido à existência de relações entre conteúdos da Álgebra Linear com conteúdos específicos de diversas disciplinas do curso.</p> <p>Disciplinas citadas: Circuitos Elétricos, Métodos de Elementos finitos e Teoria Eletromagnética;</p> <p>b) formação do engenheiro conceitual e generalista com sólida formação de Matemática e de Física.</p>	<p>a) antecipação de determinados conteúdos de disciplinas específicas através de exercícios aplicados.</p> <p>b) uso de <i>softwares</i> desenvolvidos para a disciplina Teoria Eletromagnética que trabalhem conceitos fundamentais de Álgebra Linear.</p>
<b>Entrevista V</b>	<p>a) devido à existência de relações entre conteúdos da Álgebra Linear com conteúdos específicos de diversas disciplinas do curso.</p> <p>Disciplinas citadas: Circuitos Elétricos, Física 2, Eletricidade, Computação Gráfica, Princípios de Transformação, Redes de Computadores, Engenharia de Software;</p> <p>b) Recomendação das Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia;</p> <p>c) o papel da Álgebra Linear como ferramenta para outras disciplinas.</p>	<p>a) antecipação de determinados conteúdos de disciplinas específicas através de exercícios aplicados.</p> <p>b) trabalho com projeto integrado no final do semestre letivo envolvendo conteúdo de diversas disciplinas;</p> <p>c) Desenvolvimento de <i>software</i> que trabalhe conteúdos de Álgebra Linear.</p>

Quadro 3: Síntese das principais idéias apresentadas nas entrevistas realizadas.

Após a síntese das principais idéias apresentadas nas entrevistas realizadas, observamos que é atribuída grande importância às questões inerentes que relacionam disciplinas matemáticas como a Álgebra Linear com disciplinas dos demais ciclos específicos de formação. A relação entre tais disciplinas deve ser destacada desde o primeiro contato do aluno com a universidade, identificando elementos comuns que envolvam conceitos, propriedades e aplicações relativas à sua formação. Tais relações podem ser identificadas, em um primeiro momento, através da antecipação de conteúdos relacionados às disciplinas específicas como Circuitos Elétricos, Processamento de Sinais ou mesmo em um exemplo de Redes de Computadores. Tais conteúdos poderiam esclarecer a importância de disciplinas matemáticas nos primeiros anos de graduação. Além disso, enfatizamos a necessidade conjunta de uma melhor formação profissional dos atuais engenheiros, estimulando a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias em nosso país.



## CAPÍTULO 4: ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO PRAXEOLÓGICA DO OBJETO MATEMÁTICO: SISTEMA DE EQUAÇÕES LINEARES - UMA ANÁLISE DA RELAÇÃO INSTITUCIONAL EXISTENTE

---

Este capítulo tem o objetivo de analisar dois exercícios aplicados sobre Sistemas de Equações Lineares à luz da Teoria Antropológica do Didático, identificando a organização praxeológica formada pelo conjunto de tarefas, técnicas, tecnologias e teorias que expõem o objeto matemático.

Para tanto, analisamos os exercícios aplicados em dois livros utilizados nos cursos de Engenharia Elétrica, cuja referência completa é apresentada no Quadro 4.

- 1) *Álgebra Linear* de autoria de David Poole;
- 2) *Introdução à Álgebra Linear com Aplicações* de Bernard Kolman.

A escolha do primeiro livro justifica-se pelo interessante repertório de exemplos de aplicações atuais com uma linguagem simples e didática apresentada pelo livro, direcionada ao aluno ingressante na universidade.

Já a escolha do segundo livro justifica-se pela entrevista realizada em dezembro de 2007, no qual o professor participante, coordenador de um curso de Engenharia Elétrica, cita a importância de introduzir conceitos elementares de Álgebra Linear a partir de livros com este perfil.

Assim como o autor Kolman (2006), Poole (2004) propõe o livro tentando balancear teorias e aplicações.

*Uma disciplina de Álgebra Linear voltada à preparação dos alunos para disciplinas teóricas de nível mais avançado deve também expor esses alunos às aplicações. Reciprocamente, uma disciplina de Álgebra Linear, aplicada ou numérica deve mencionar alguns dos resultados teóricos que justificam as **técnicas**.<sup>15</sup> E todos os estudantes de Álgebra Linear devem pelo menos ganhar consciência dos métodos numéricos empregados na prática para a resolução, com dados reais, de problemas em grande escala (Poole, 2004, p. xii).*

De acordo com Poole (2004), do ponto de vista pedagógico, não há dúvida de que, para a maioria dos alunos de graduações com este perfil, exemplos de aplicação devem preceder a abstração. É importante que os alunos vejam a extensão impressionante de problemas aos quais a Álgebra Linear pode ser aplicada.

Abaixo, apresentamos a referência dos livros trabalhados.

Nomeado nesta análise de	Referência do livro
L1	POOLE, D. <i>Álgebra Linear</i> . São Paulo: Thomson, 2004.
L2	KOLMAN, B. <i>et al. Introdução à Álgebra Linear com Aplicações</i> . Rio de Janeiro: LTC, 2006.

Quadro 4: Livros analisados neste trabalho.

Em ambos os livros, a apresentação de exemplos de aplicação é discutida em seções que os autores denominam como Primeiro Contato com as Aplicações ou, simplesmente, Aplicações. Não nos foi possível discutir todas as aplicações presentes. Dessa forma, apresentaremos um único exemplo que trabalha o conteúdo de Análise de Redes aplicado à disciplina Circuitos Elétricos no livro de Poole (2004) e outro exemplo discutido no livro de Kolman (2006).

Abaixo, apresentamos um quadro que relaciona o objeto matemático Sistema de Equações Lineares com os assuntos pertinentes à Engenharia Elétrica discutidos em ambos os livros.

---

<sup>15</sup> grifo nosso.

Livro	Objeto Matemático	Assuntos pertinentes à Engenharia Elétrica	Algumas disciplinas relacionadas da Engenharia Elétrica
L1	Sistema de Equações Lineares	Análise de Redes	Circuitos Elétricos, Redes de Computadores
		Jogos Lineares Finitos	Circuitos Elétricos
		Cadeias de Markov	Processos Estocásticos
L2	Sistema de Equações Lineares	Introdução à Codificação	Teoria da Comunicação
		Análise de Redes	Circuitos Elétricos; Redes de Computadores.
		Cadeias de Markov	Processos Estocásticos
		Programação Linear	Pesquisa Operacional
		Introdução às Wavelets	Sinais e Sistemas Lineares

Quadro 5: O objeto matemático Sistema de Equações Lineares e sua relação com disciplinas da Engenharia Elétrica.

#### 4.1. Análise da Organização Matemática do Objeto: Sistema de Equações Lineares

A seguir, apresentamos um exemplo de aplicação do objeto matemático Sistema de Equações Lineares, em Análise de Redes, discutido no livro de Poole (2004). Salientamos que este assunto está diretamente relacionado à compreensão de conceitos subjacentes à disciplina Circuitos Elétricos. Em seguida, discutiremos um exemplo específico da disciplina de Circuitos Elétricos em que são destacados seus conceitos básicos e leis fundamentais. Os conceitos básicos e leis fundamentais são constituintes da análise do discurso teórico-tecnológico.

O exemplo 1, proposto por Poole (2004, p. 100) retrata o conceito inicial de Análise de Redes que, posteriormente, será trabalhada como base teórica em exemplos aplicados na disciplina Circuitos Elétricos. O exemplo 2, proposto por

Kolman (2006, p. 134) introduz as leis básicas e conceitos fundamentais para análise de circuitos elétricos.

#### 4.1.1. Exemplo 1: Análise de Redes

Redes aparecem em várias situações práticas de transporte, redes de comunicação e redes econômicas, para mencionar algumas. São particularmente interessantes os possíveis fluxos através de redes. Por exemplo, veículos fluem através de redes de estradas, informação flui através de uma rede de dados, bens e serviços fluem através de uma rede econômica.

Para nós, uma **rede** consiste em um número finito de **nós** (também chamados **junções** ou **vértices**) conectados por uma série de segmentos dirigidos, conhecidos como **ramos** ou **arcos**. Cada ramo é rotulado com um **fluxo** que representa a quantidade de alguma mercadoria que pode fluir ao longo ou através daquele ramo na direção indicada. (Pense em carros viajando ao longo de uma rede de ruas de mão única). A regra fundamental que governa o fluxo através da rede é a **conservação de fluxo**: Em cada nó, o fluxo de entrada é igual ao fluxo de saída.

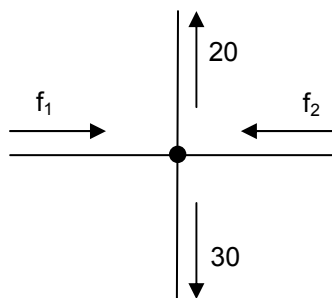


Figura 1: Fluxo de um nó:  $f_1 + f_2 = 50$

A Figura 1 mostra uma parte de uma rede, com dois ramos entrando em um nó e dois saindo. A regra de conservação do fluxo implica que o fluxo de entrada,  $f_1 + f_2$  unidades, deve coincidir com o fluxo total de saída,  $20 + 30$  unidades. Assim, temos a equação linear  $f_1 + f_2 = 50$  correspondente a esse nó.

Podemos analisar o fluxo através de uma rede inteira construindo as equações e resolvendo o sistema de equações lineares resultante.

#### 4.1.1.1. Tarefa

Descrever os possíveis fluxos através da rede de encanamento de água em que o fluxo é medido em litros por minuto. A resolução do sistema que descreve os possíveis fluxos é realizada pelo Método de Gauss-Jordan.

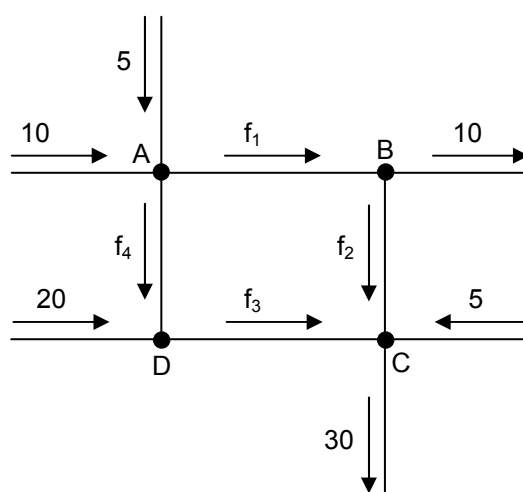


Figura 2: Fluxo através da rede de encanamento de água

#### 4.1.1.2. Técnica

Escrevemos as equações que representam a conservação do fluxo de cada nó. Depois, reescrevemos cada equação com as variáveis do lado esquerdo e a constante do lado direito, obtendo um sistema linear na forma padrão.

$$\begin{array}{l}
 \text{Nó}_A: 15 = f_1 + f_4 \\
 \text{Nó}_B: f_1 = f_2 + 10 \\
 \text{Nó}_C: f_2 + f_3 + 5 = 30 \\
 \text{Nó}_D: f_4 + 20 = f_3
 \end{array}
 \longrightarrow
 \begin{array}{r}
 f_1 \qquad \qquad \qquad + f_4 = 15 \\
 f_1 - f_2 \qquad \qquad \qquad = 10 \\
 f_2 + f_3 \qquad \qquad \qquad = 25 \\
 f_3 - f_4 \qquad \qquad \qquad = 20
 \end{array}$$

Usando o método de eliminação de Gauss-Jordan, reduzimos a matriz completa:

$$\left[ \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 1 & 15 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 10 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 25 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 20 \end{array} \right] \longrightarrow \left[ \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 1 & 15 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 20 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right]$$

Vemos que há mais de uma variável livre,  $f_4$ , e, portanto, temos infinitas soluções. Fazendo  $f_4 = t$  e expressando as variáveis dependentes em termos de  $f_4$ , obtemos:

$$\begin{aligned} f_1 &= 15 - t \\ f_2 &= 5 - t \\ f_3 &= 20 + t \\ f_4 &= t \end{aligned}$$

Essas equações descrevem todos os possíveis fluxos e nos permitem analisar a rede. Por exemplo, vemos que, se controlarmos o fluxo no ramo A de modo que  $t = 5$  L/min, os outros fluxos serão  $f_1 = 10$ ,  $f_2 = 0$  e  $f_3 = 25$ .

Podemos fazer ainda melhor: encontrar os fluxos máximos e mínimos cada ramo. Cada um dos fluxos deve ser não negativo. Examinando a primeira e a segunda equações, vemos que  $t \leq 15$  (caso contrário,  $f_1$  seria negativo) e  $t \leq 5$  (caso contrário,  $f_2$  seria negativo). A segunda dessas desigualdades é mais restritiva que a primeira, por isso devemos usá-la. A terceira equação não traz novas restrições para nosso parâmetro  $t$ , então deduzimos que  $0 \leq t \leq 5$ . Combinando esse resultado com as quatro equações, vemos que

$$10 \leq f_1 \leq 15$$

$$0 \leq f_2 \leq 5$$

$$20 \leq f_3 \leq 25$$

$$0 \leq f_4 \leq 5$$

Com isso, temos uma descrição completa dos possíveis fluxos através dessa rede.

#### 4.1.2. Exemplo 2: Circuitos Elétricos

Objetivo: Introdução às leis básicas de análise de circuitos elétricos.

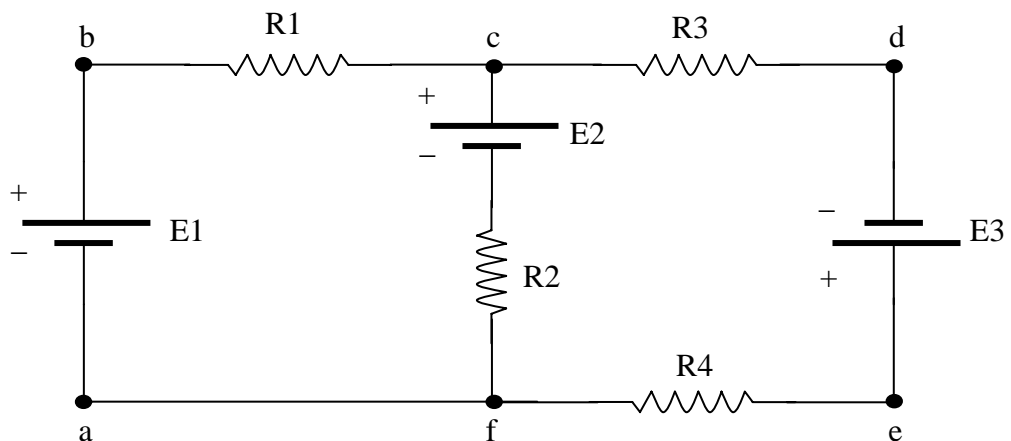


Figura 3: Circuito elétrico simples com três baterias e quatro resistores conectados por fios

Conceitos:

a) Baterias: Fonte de corrente direta (ou tensão) no circuito.

Representação:

b) Resistor: É um dispositivo, como uma lâmpada, que reduz a corrente em um circuito convertendo energia elétrica em energia térmica.

Representação: 

c) Fios: É um condutor que permite o fluxo livre de corrente elétrica.

Representação: 

Um circuito elétrico simples é uma conexão fechada de resistores, baterias e fios.

A Figura 3, mostra um circuito elétrico simples que compreende três baterias e quatro resistores conectados por fios.

As quantidades físicas utilizadas quando se discute um circuito elétrico são corrente, resistência e diferença de potencial elétrico que atravessa uma bateria.

Representações:

- Corrente: é representada por  $I$  e medida em Amperes (A);
- Resistência: é representada por  $R$  e medida em Ohms ( $\Omega$ );
- Diferença de potencial elétrico é representada por  $E$  e medida em Volts (V).

A relação entre essas medidas é dada por:

$$V = \pm I \cdot R \text{ (Lei de Ohm)}$$

Assume-se a diferença de potencial elétrico de uma bateria como positiva quando medida de um terminal negativo (-) para um terminal positivo (+) e como negativa quando medida de um terminal positivo (+) para um terminal negativo (-).

Assim, a diferença de potencial que passa por um resistor depende da corrente que passa pelo resistor e sua resistência (Lei de Ohm).

Todos os circuitos consistem em ciclos de tensão e nós de corrente:

- ciclos de tensão: é uma conexão fechada dentro do circuito.

Exemplo:

$$\begin{array}{l}
 a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow f \rightarrow a \\
 c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow c \\
 e \\
 a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow a
 \end{array}$$

- nós de corrente: é um ponto onde três ou mais segmentos de fio se encontram.

Exemplo: c, f.

As leis da física que governam o fluxo de corrente em um circuito elétrico são a de conservação de energia e a de conservação de carga:

- A *conservação de energia* está contida na **lei de Kirchhoff das tensões**: a diferença de potencial total medida em qualquer ciclo é nula.
- A *conservação de carga* está contida na **lei de Kirchhoff das correntes**: em qualquer nó, a corrente total que chega ao nó é igual

a corrente total que deixa o nó. Isso garante que a carga elétrica não se acumule ou desapareça em um nó, de modo que o fluxo de corrente através do nó é estacionário.

A figura, a seguir, mostra o circuito da figura com as baterias indicando seu potencial elétrico, medido do terminal negativo para o positivo, e os resistores com as resistências indicadas. O exemplo é discutido por Kolman (2006, p.134).

#### 4.1.2.1. Tarefa

Determinar as correntes que atravessam cada segmento do circuito.

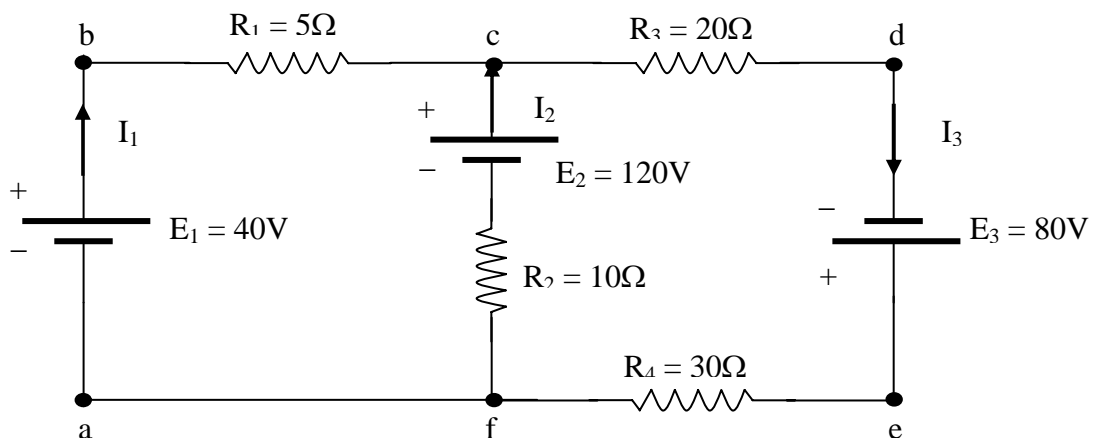


Figura 4: Circuito elétrico com baterias indicando seu potencial elétrico.

#### 4.1.2.2. Técnica

Montar o sistema utilizando as Leis de Kirchhoff das Correntes e Tensões.

O sistema é resolvido pelo Método de Gauss.

Devemos usar:

(1) Lei de Kirchhoff das Correntes:

Atribuimos  $I_1$  ao segmento  $f \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c$ ,  $I_2$  ao segmento  $f \rightarrow c$ , e  $I_3$  ao segmento  $c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f$ . Além disso, atribuímos arbitrariamente direções a estas correntes como indicadas pelas flechas na figura. Se a direção atribuída for correta, o valor calculado da corrente será positivo; se estiver incorreta, o valor calculado da corrente será negativo. Esse último resultado indica que a direção real da corrente é oposta à atribuída. Utilizando a lei de Kirchhoff das correntes (a soma das correntes que chegam ao nó = a soma das correntes que saem do nó) nos pontos  $c$  e  $f$ , temos:

$$\text{No nó C: } I_1 + I_2 = I_3 \quad (01)$$

$$\text{No nó F: } I_3 = I_1 + I_2$$

As duas equações contêm a mesma informação, portanto apenas uma delas é necessária.

(2) Lei de Kirchhoff das Tensões:

A diferença de potencial medida em qualquer ciclo é nula.

Aplicando a Lei de Kirchhoff das Tensões no ciclo fechado:

$a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow f \rightarrow a$ , resulta em:

$$\begin{aligned} (+E_1) + (-R_1 \cdot I_1) + (-E_2) + (R_2 \cdot I_2) &= 0 \\ (+40V) + (-5 \cdot I_1) + (-120V) + (10 \cdot I_2) &= 0 \\ 40 - 5 \cdot I_1 - 120 + 10 \cdot I_2 &= 0 & (02) \\ -5 \cdot I_1 + 10 \cdot I_2 - 80 &= 0 \\ -I_1 + 2 \cdot I_2 - 16 &= 0 \\ I_1 - 2I_2 &= -16 \end{aligned}$$

Aplicando a Lei de Kirchhoff das Tensões no ciclo fechado  $c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f$ ,

temos:

$$\begin{aligned}
 (-R_3 \cdot I_3) + (+E_3) + (-R_4 \cdot I_3) + (-R_2 \cdot I_2) + (+E_2) &= 0 \\
 (-20 \cdot I_3) + (80) + (-30 \cdot I_3) + (-10 \cdot I_2) + (120) &= 0 \\
 -20 \cdot I_3 + 80 - 30 \cdot I_3 - 10 \cdot I_2 + 120 &= 0 \\
 -50 \cdot I_3 - 10 \cdot I_2 + 200 &= 0 & (03) \\
 -5 \cdot I_3 - I_2 + 20 &= 0 \\
 -I_2 - 5 \cdot I_3 &= -20 \\
 I_2 + 5 \cdot I_3 &= 20
 \end{aligned}$$

Aplicando-se a Lei de Kirchhoff das Tensões no ciclo fechado

$a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow a$ , temos:

$$\begin{aligned}
 (+E_1) + (-R_1 \cdot I_1) + (-R_3 \cdot I_3) + (+E_3) + (-R_4 \cdot I_3) &= 0 \\
 40 + (-5 \cdot I_1) + (-20 \cdot I_3) + 80 + (-30 \cdot I_3) &= 0 \\
 40 - 5 \cdot I_1 - 20 \cdot I_3 + 80 - 30 \cdot I_3 &= 0 \\
 -5 \cdot I_1 - 50 \cdot I_3 + 120 &= 0 & (04) \\
 -5 \cdot I_1 - 50 \cdot I_3 + 120 & \\
 -5 \cdot I_1 - 50 \cdot I_3 &= -120 \\
 I_1 + 10 \cdot I_3 &= 24
 \end{aligned}$$

Perceba que a equação (04) é uma combinação linear da Equação(02) + 2.Equação(03).

$$\begin{aligned}
 I_1 - 2 \cdot I_2 + 2I_2 + 10I_3 &= -16 + 2 \cdot 20 \\
 I_1 + 10 \cdot I_3 &= 24
 \end{aligned}$$

Portanto, a equação (04) é redundante e poderá ser omitida.

Em geral, um ciclo externo maior como  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow a$  não fornece informações novas se todos os seus ciclos internos, como  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow f \rightarrow a$  e  $c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow c$ , já tiverem sido incluídos.

As Equações (01), (02) e (03) resultam em um sistema linear em representação matricial:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -16 \\ 20 \end{bmatrix}$$

em que a matriz dos coeficientes é:  $\begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & 5 \end{bmatrix}$  e a matriz completa é:

$$\left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & -2 & 0 & -16 \\ 0 & 1 & 5 & 20 \end{array} \right]$$

Resolvendo o sistema pelo Método de Gauss, temos:

$$\left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & -2 & 0 & -16 \\ 0 & 1 & 5 & 20 \end{array} \right] \xrightarrow{L_2 \leftrightarrow L_3} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 5 & 20 \\ 1 & -2 & 0 & -16 \end{array} \right] \xrightarrow{L_1 - L_3} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 5 & 20 \\ 0 & 3 & -1 & 16 \end{array} \right]$$

$$\xrightarrow{3.L_2 - L_3} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 5 & 20 \\ 0 & 0 & 16 & 44 \end{array} \right]$$

Resultamos no sistema:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$I_2 + 5 \cdot I_3 = 20$$

$$16 \cdot I_3 = 44$$

Portanto:  $I_1 = -3,5$  A;  $I_2 = 6,25$  A e  $I_3 = 2,75$  A.

O valor negativo de  $I_1$  indica que sua direção verdadeira é oposta à atribuída na Figura 4.

Em geral, para um circuito elétrico composto por baterias, resistores e fios e com  $n$  valores distintos de corrente, as Leis de Kirchhoff das tensões e corrente sempre resultarão em  $n$  equações lineares com uma única solução.

#### **4.1.3. Discurso Teórico-Tecnológico das Tarefas e Técnicas de ambos os Exemplos**

Nos exemplos apresentados por Poole (2004) e Kolman (2006), evidencia-se a aplicação do objeto matemático Sistema de Equações Lineares como ferramenta para a resolução de problemas relativos às disciplinas da graduação de Engenharia Elétrica. No primeiro exemplo, relacionamos o objeto matemático Sistema de Equações Lineares com o assunto Análise de Redes inerente à disciplina Circuitos Elétricos. Em um segundo momento, discutimos um exemplo desenvolvido para a disciplina específica de Circuitos Elétricos. A escolha por esta disciplina foi motivada não apenas pelos livros analisados como também

pelos discursos dos professores entrevistados discutidos no Capítulo 4. A disciplina Circuitos Elétricos constitui-se em disciplina básica e fundamental para esta graduação.

Como apresenta Chevallard (1999), a organização matemática de um tema de estudo  $\Phi$ , corresponde ao estudo da própria realidade matemática. Portanto, entendemos a realidade matemática do objeto Sistema de Equação Linear, como a extensão de suas técnicas de resolução, soluções dos sistemas e propriedades às aplicações inerentes às diversas disciplinas.

Dentre as bases teóricas apresentadas para análise dos Circuitos Elétricos evidenciamos a Lei de Ohm, Leis de Kirchhoff das Tensões e Correntes, Resistência Elétrica, Tensão Elétrica, Intensidade de Corrente.

De acordo com o mesmo autor, quando se trata de um objeto relativo às práticas de ensino, deve-se primeiro observá-lo e depois descrevê-lo, analisá-lo e avaliá-lo para, finalmente, desenvolvermos atividades que têm por objetivo o ensino e a aprendizagem desse objeto.

Acreditamos que a discussão dos exercícios de aplicação poderá nortear a apresentação do objeto matemático Sistema de Equações Lineares dirigido às disciplinas desta graduação. Estaríamos, assim, motivando o aluno na busca por outras aplicações relacionadas às disciplinas específicas da graduação e evidenciando a importância dos conceitos inerentes às disciplinas básicas como a Álgebra Linear.

#### **4.2. Análise da Organização Didática do Objeto: Sistema de Equações Lineares**

Para tal análise, propomos algumas questões:

- 1) As tarefas estão bem encadeadas?;
- 2) O que podemos dizer sobre a diversidade das tarefas?;
- 3) O discurso teórico-tecnológico encontrado no livro é suficiente para um curso de Engenharia Elétrica?;
- 4) O discurso teórico-tecnológico no livro é compatível com as falas sobre formação do engenheiro apresentadas pelos professores entrevistados?

#### **4.2.1. O Capítulo Introdutório de Álgebra Linear**

Conforme exposto por Chevallard (1999), a maneira como será realizado o primeiro encontro com o objeto matemático Sistema de Equações Lineares é um aspecto didático que merece apreciação.

Kolman (2006) e Poole (2004) enfatizam o aspecto dinâmico entre as disciplinas de diversas graduações, dentre elas a Engenharia Elétrica com a Álgebra Linear. Reforçam que o material foi elaborado para compor uma disciplina voltada para alunos no primeiro ou segundo ano de cursos universitários, por isso, a relação com conteúdos específicos ainda elementares e que estejam ao alcance de alunos em fase inicial de formação.

De acordo com Kolman (2006), a experiência mostra que, para alunos do segundo ano, as idéias abstratas devem ser introduzidas gradualmente e ter bases sólidas.

Na apresentação conceitual, os autores pretenderam apresentar respostas a alguns dos desafios: A abordagem expositiva tradicional é incompatível com um aprendizado centrado no estudante? Pode a Álgebra Linear se tornar “enxuta e

viva”<sup>16</sup>? Dessa forma, os autores tentaram estar em consonância com a temática “enxuta e viva”, incluindo demonstrações elementares e limitando o número de teoremas no texto, resultando em obras autocontidas, como expõem os próprios autores.

Os exemplos e exercícios são agrupados em três classes. A primeira contém exemplos rotineiros. A segunda, exercícios teóricos que incluem atividades que preenchem as lacunas de algumas das demonstrações e ampliam o conteúdo do texto. Alguns deles pedem uma solução discursiva. A terceira classe abrange exercícios para serem resolvidos com o Matlab ou outro pacote de *software* apropriado. Já as aplicações são estendidas a diversos domínios, dentre eles às Engenharias, à Ciência da Computação, à Economia ou à Biologia. A quantidade dessas aplicações mostra a extensão de problemas aos quais a Álgebra Linear pode ser aplicada estando em consonância com assuntos atuais abordados na Engenharia Elétrica como Séries *Wavelets* ou a Teoria da Codificação.

---

<sup>16</sup> Esta expressão é identificada como “movimento de reforma” do cálculo, movimento este originado com a obra *Toward a lean and lively calculus*, de R. G. Douglas (Washington, DC: Mathematical Association of America, 1986). O mesmo sentimento é igualmente aplicável à Álgebra Linear (Poole, 2004, p. xi)



## **CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

Para que respondêssemos as questões pertinentes ao objetivo de nossa investigação, por que e como deve ser lecionada a disciplina Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica? buscamos à luz do referencial teórico da Teoria Antropológica do Didático (TAD) estabelecer a relação que norteia a tríade objeto-pessoa-instituição inerente ao tema. Para tanto, investigamos o tema a partir de elementos de análise em documentos oficiais, discursos de professores e livros didáticos. As três etapas, anteriormente citadas, foram assim denominadas: Análise da Relação Institucional Esperada, Análise da Relação Institucional Real e Análise da Relação Institucional Existente.

Após análise dos documentos oficiais identificados como as Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia e Grades Curriculares das universidades investigadas, constatamos que o estudo de disciplinas matemáticas como a Álgebra Linear está diretamente relacionado à valorização de campos de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. Conforme apontamos na seção Análise da Relação Institucional Esperada é necessário que o profissional atenda as atuais tendências de mercado de trabalho, tanto em conhecimentos teóricos quanto práticos. Tais assuntos deparam-se com competências e habilidades esperadas para este perfil.

Identificamos que na análise das Grades Curriculares das universidades investigadas, a Universidade I deixou clara a relação existente entre a disciplina Álgebra Linear e as demais disciplinas que compõem a graduação, dentre elas, Sistemas e Sinais I e II, Controle, Projeto e Implementação de Filtros Digitais, Modelagem de Processamento de Sinais, dentre outras. Apesar de não existir tal

relação explícita nas Grades Curriculares das demais universidades investigadas, elas existem e foram apontadas nos discursos dos professores entrevistados.

Estaríamos, assim, respondendo **por que** deve ser lecionada a disciplina Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica?

E **como** poderia ser direcionado este ensino?

Nos mesmos documentos encontramos elementos que ressaltaram a importância do papel ativo do aluno e do professor na construção do conhecimento, valorizado pela ação interdisciplinar decorrida de projetos e atividades ao longo do curso.

Pudemos observar que as três universidades investigadas buscam estar em consonância com o que é proposto pelos documentos oficiais.

Outra valiosa fonte de coleta de informações para nossa pesquisa foram as entrevistas realizadas com professores da graduação em Engenharia Elétrica. A diversidade de formação entre os professores entrevistados contribuiu para que pudéssemos expandir e criar novas visões e/ou situações dos assuntos abordados. Foi, sem dúvida, uma experiência única, pois o tema de nossa pesquisa foi merecidamente debatido.

Em consonância com as Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia e as Grades Curriculares das universidades investigadas no Capítulo 2, os professores entrevistados também destacaram a importância da formação de pesquisadores em nosso país, de forma a reduzir a dependência de tecnologia externa. Entramos em um assunto, que, a princípio, não era alvo de discussão nas entrevistas realizadas: o perfil do engenheiro que a universidade pretende formar. Discutimos que, para a expansão dos centros de pesquisa e desenvolvimento, as universidades devem formar o engenheiro conceitual e

generalista, embasado em conhecimentos matemáticos, dentre eles a Álgebra Linear.

Evidenciamos nos discursos dos professores que algumas relações existentes entre disciplinas matemáticas como a Álgebra Linear devem ser explicitadas aos alunos. São elas: Teoria Eletromagnética, Circuitos Elétricos, Processamento de Sinais, dentre outras.

Somos conscientes que não cabe ao professor de Matemática ter o domínio completo de tais assuntos, pois tais disciplinas não fizeram parte de sua formação acadêmica. Sabemos também que, tão pouco, serão acrescentadas disciplinas como Computação Gráfica ou Processamento de Sinais na grade curricular de uma licenciatura ou bacharelado em Matemática. Mas, deixamos claro que, as relações entre a Álgebra Linear e disciplinas da Engenharia Elétrica existem e são latentes nos livros atuais de Álgebra Linear. Cabe, portanto, ao professor de Álgebra Linear conhecer algumas das aplicações e adotá-las como prática comum em sua aula.

E **como** poderíamos criar condições propícias para este aprendizado em um curso com este perfil?

Os professores entrevistados ressaltaram a importância da antecipação de conteúdos tratados nas disciplinas subseqüentes, por meio de exercícios de aplicação discutidos em sala de aula ou de *softwares* que estivessem ao alcance dos alunos. Mais uma vez, citaram a importância do trabalho com projetos e modelagem que instigassem a integração dos conteúdos trabalhados.

Em um terceiro momento, fizemos a análise do objeto matemático Sistema de Equações Lineares à luz da Teoria Antropológica do Didático, identificando a

organização praxeológica formada pelo conjunto de tarefas, técnicas, tecnologias e teorias que expõem o objeto matemático.

Nos exemplos apresentados por Poole (2004) e Kolman (2006), o objeto matemático Sistema de Equações Lineares sempre esteve vinculado à idéia de ferramenta para a resolução de problemas inerentes às disciplinas da Engenharia Elétrica, o que condiz com o discurso do quinto professor entrevistado. Mas, para que o objeto matemático possa ser aplicado como ferramenta é necessário que compreendamos a sua realidade, como a extensão de suas técnicas de resoluções, as possíveis soluções e propriedades.

Com base na análise das informações obtidas nas três etapas da pesquisa, acreditamos que a apresentação de um curso de Álgebra Linear para a Engenharia Elétrica precisa ser reformulado e a interação entre os professores das diversas disciplinas reforçada.

Neste trabalho expusemos as principais idéias advindas tanto dos documentos oficiais, discursos de professores e livros didáticos atuais, evidenciando situações que nos revelam o porquê da mudança e como ela poderá ser direcionada.

Sabemos que estamos longe de alcançar mudanças significativas nesse sentido, mas, sem dúvida, um passo já foi dado.

Como sugestão para estudos futuros deixamos claro que existe uma imensa lacuna entre as relações institucionais esperadas, reais e existentes. Acreditamos que essa pesquisa constitui-se em um passo inicial para que as mesmas sejam minimizadas.

Outra sugestão, que particularmente atrai minha atenção, é verificar na prática como uma aula de Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia

Elétrica poderá ser estruturada com base nos exercícios de aplicação expostos em livros como os apresentados em nossa investigação. Mas, como reagiriam os professores de Matemática e os alunos frente a esta situação?

Acreditamos que a pesquisa realizada contribuiu para nosso crescimento, enquanto professores e pesquisadores, e que poderá nortear algumas reformulações tão necessárias nestas graduações.



## REFERÊNCIAS

---

ALMOULOUD, S. A. *Fundamentos da didática da matemática*. Paraná: UFPR, 2007, p. 111 – 128.

BRASIL. MEC/Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES nº 1362/2001. Diário Oficial da União de 25 de dezembro de 2002. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1362.pdf>>. Acesso em: 22/02/2007.

BRASIL. MEC/Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES nº 184/2006. Diário Oficial da União de Encaminhado para Homologação. Disponível em [http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pces0184\\_06.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pces0184_06.pdf)>. Acesso em: 22/02/2007.

BROUSSEAU, G. *Fundamentos e Métodos da Didáctica da Matemática*. In.: Brun, J. *Didáctica das Matemáticas*. Lisboa: Instituto Piaget, 1996, p. 35 – 113.

CABRAL, T. C. B.; BALDINO, R. R. *O ensino de matemática em um curso de engenharia de sistemas digitais*. In: Cury, H. N. et al. *Disciplinas Matemáticas em Cursos Superiores: Reflexões, Relatos, Propostas*. Rio Grande do Sul: EDIPUCRS, 2004. p. 139-183.

CELESTINO, M. R. *Ensino-aprendizagem da Álgebra Linear: as pesquisas brasileiras na década de 90*. 2000. 114p. Dissertação de Mestrado (educação Matemática) PUC-SP, São Paulo.

CHEVALLARD, Y. *El análisis de las prácticas docentes em la teoria antropológica de lo didáctico*. *Recherches em Didactique des Mathématiques*, Vol. 19, nº 2, pp. 221-266, 1999.

CHEVALLARD, Y. *Conceitos Fundamentais da Didáctica: As Perspectivas trazidas por uma Abordagem Antropológica*. In.: Brun, J. *Didáctica das Matemáticas*. Lisboa: Instituto Piaget, 1996, p. 115 – 153.

CUGNASCA, P. S. *Proposta de uma nova estrutura curricular para o curso de Engenharia de computação (Cooperativo) da Escola Politécnica da USP*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2001, Porto Alegre. XXIX COBENGE – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, v.1. p. 115-120, 2001.

CURY, H. N. *Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia e disciplinas matemáticas: opções metodológicas*. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 20, n. 2, p. 1-7, 2001.

FAZENDA, I. C. A. *Interdisciplinaridade, História, Teoria e Pesquisa*. São Paulo: Papirus, 2006.

FERREIRA, R. S. *Tendências Curriculares na formação do engenheiro do ano 2000*. In: *Formação do Engenheiro*. In.: Bazzo, W. A. *et al.* *Formação do Engenheiro: Desafios da atuação docente, Tendências Curriculares, Questões contemporâneas da educação tecnológica*. São Paulo: UFSC, 1999, p. 129 - 142.

FODDY, W. *Como Perguntar: Teoria e prática da construção de perguntas em entrevistas e questionários*. Portugal: Celta Editora, 1996.

HOWSON, A. G. *et al.* *Mathematics as a Service Subject*. A. G. Howson, J.- P. Kahne (Eds.) ICMI Study Series. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

KUEHN, A. *Qual é o papel da matemática nos cursos de engenharia? Reflexões de um professor de matemática*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2005, Campina Grande. *Anais: Campina Grande-Pb: UFCG, 2005. CD-ROM*.

KOLMAN, B. *et al.* *Introdução à Álgebra Linear com Aplicações*. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

LAY, D. C. *Álgebra Linear e suas aplicações*. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

ORSINI, L. Q. *Curso de Circuitos Elétricos*. São Paulo: Edgard Blucher, 1993. v.1.

POOLE, D. *Álgebra Linear*. São Paulo: Thomson, 2004.

SALUM, M. J. G. *Os currículos de engenharia no Brasil – estágio atual e tendências*. In.: Bazzo, W. A. *et al.* *Formação do Engenheiro: Desafios da atuação docente; Tendências Curriculares, Questões contemporâneas da educação tecnológica*. São Paulo: UFSC, 1999, p. 107 - 127.



# APÊNDICE

## **Carta de esclarecimento sobre o Projeto e a Pesquisa**

**PROJETO:** COMO SOBREVIVEM AS DIFERENTES NOÇÕES DE ÁLGEBRA LINEAR NOS CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA E NAS INSTITUIÇÕES

**Pesquisa:** EM BUSCA DE SITUAÇÕES PROPÍCIAS PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS BÁSICOS DA ÁLGEBRA LINEAR

**Pesquisadora:** Joelma Iamac Nomura

**Orientadora do Projeto e da Pesquisa :** Profa. Dr<sup>a</sup>. Barbara Lutaif Bianchini

### **Informações sobre o projeto e sobre a pesquisa:**

A pesquisa a ser realizada faz parte da dissertação de mestrado em desenvolvimento no Programa de Pós Graduação em Educação Matemática da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP).

O objetivo principal da pesquisa é verificar o porque e como deve ser lecionada a disciplina Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica.

Todos as informações obtidas, em registros escritos, gravados ou filmados, permanecerão em completo sigilo. Assegura-se a não divulgação de nomes dos participantes e nem das instituições a que estão vinculados nos resultados da pesquisa.

Projeto: COMO SOBREVIVEM AS DIFERENTES NOÇÕES DE ÁLGEBRA LINEAR NOS CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA E NAS INSTITUIÇÕES.

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

Eu, \_\_\_\_\_,  
abaixo assinado, dou meu consentimento livre e esclarecido para participar como voluntário da pesquisa supra citada, sob a responsabilidade da pesquisadora Joelma Iamac Nomura, aluna do curso de Mestrado Acadêmico em Educação Matemática da PUC-SP e da Professora Dr<sup>a</sup>. Barbara Lutaif Bianchini, orientadora da pesquisa e docente do Programa de Mestrado da PUC-SP.

Assinando este Termo de Consentimento, estou ciente de que:

- 1) O objetivo da pesquisa é estabelecer o porque e como deve ser lecionada a disciplina Álgebra Linear em uma graduação de Engenharia Elétrica.
- 2) A realização desta pesquisa é fundamental para a produção de material didático que apóie os professores de Álgebra Linear no ensino superior;
- 3) Os dados pessoais dos professores serão mantidos em sigilo e os resultados obtidos com a pesquisa serão utilizados apenas para alcançar os objetivos do trabalho, incluindo a publicação na literatura científica especializada;
- 4) Poderei entrar em contato com os pesquisadores sempre que julgar necessário. Com Joelma Iamac Nomura, pelo email joelma.nomura@terra.com.br e com a pesquisadora Profa. Dr<sup>a</sup>. Barbara Lutaif Bianchini, pelo email barbara@pucsp.br;
- 5) Obtive todas as informações necessárias para poder decidir conscientemente sobre a minha participação na referida pesquisa;
- 6) Este Termo de Consentimento é feito em duas vias, de maneira que uma permanecerá em meu poder e a outra com os pesquisadores responsáveis.

São Paulo, 27 de Dezembro de 2007.

---

assinatura do participante

---

assinatura da pesquisadora

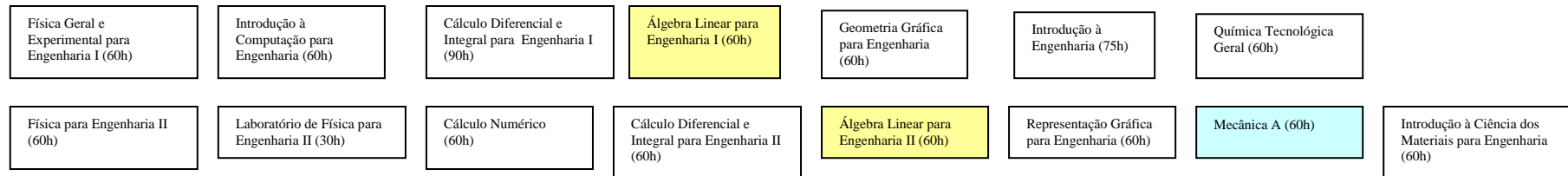


# ANEXOS

## DISCIPLINAS EM SEQÜÊNCIA ACONSELHADA DO CHAMADO CICLO BÁSICO E GRADE ÁREA DAS ENGENHARIAS – UNIVERSIDADE I

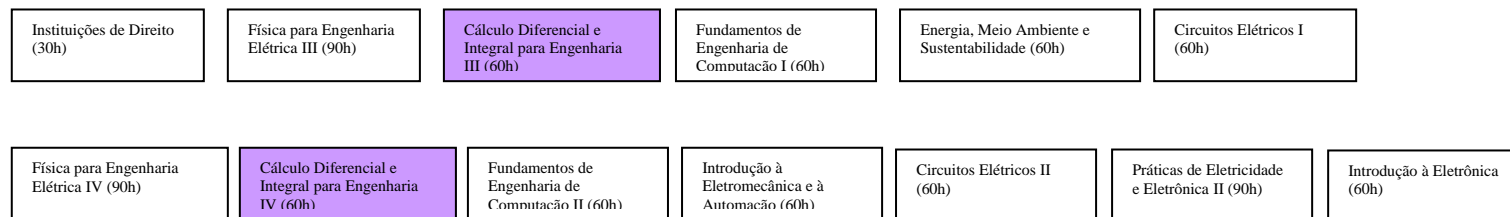
### Ciclo Básico

Carga Horária - Aula: 825 horas - Trabalho: 90 horas - Total: 915 horas



### Grande Área

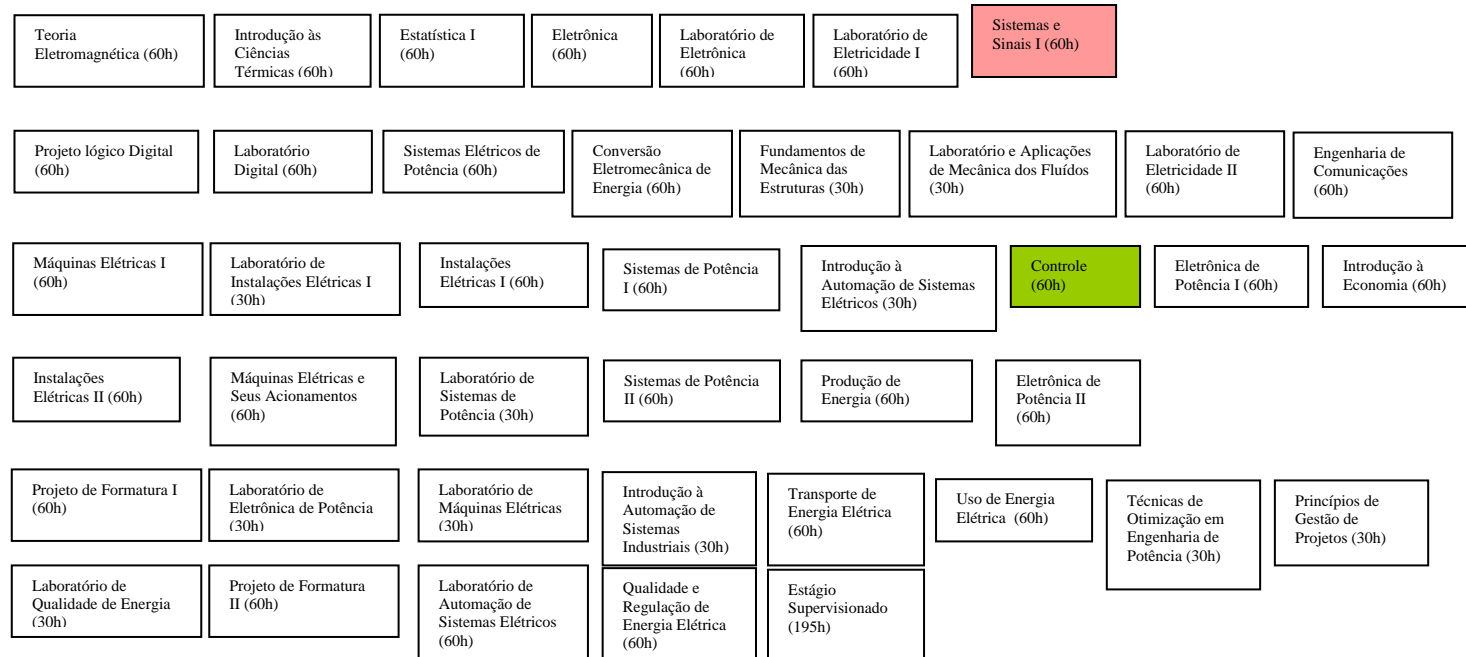
Carga Horária - Aula: 840 horas - Trabalho: 60 horas - Total: 900 horas



## DISCIPLINAS EM SEQÜÊNCIA ACONSELHADA DO CHAMADO CICLO ESPECÍFICO: ENERGIA E AUTOMAÇÃO - UNIVERSIDADE I

Área Específica: Energia e Automação

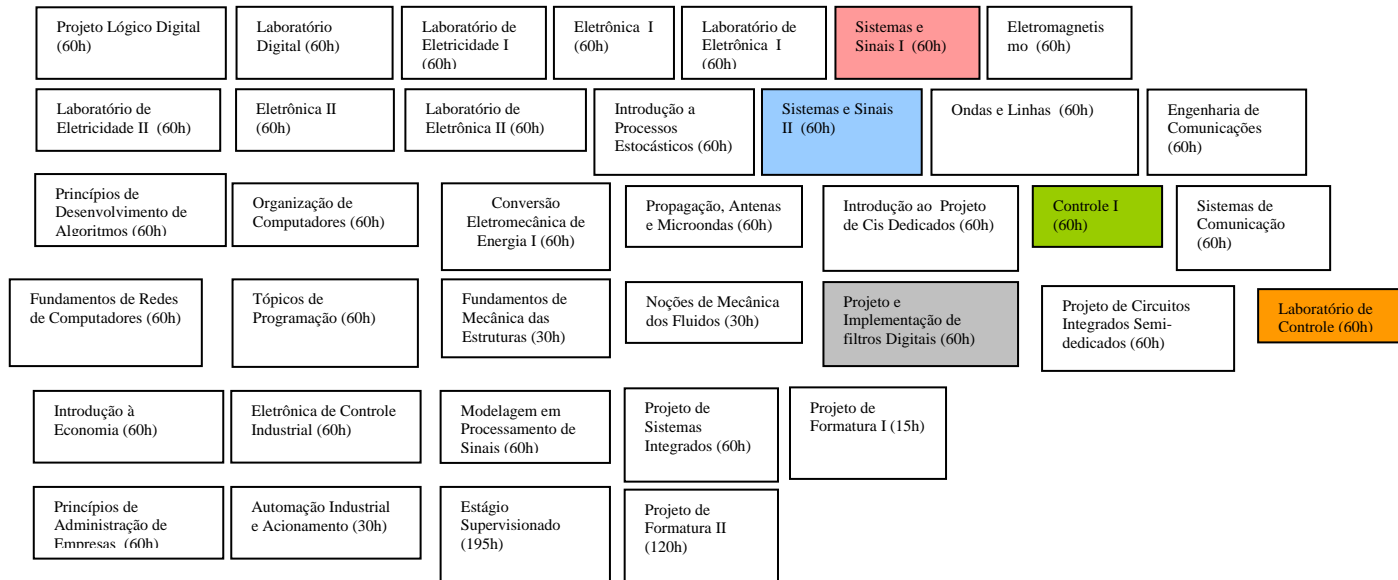
Carga Horária - Aula: 2205 horas - Trabalho: 180 horas - Total: 2385 horas



## DISCIPLINAS EM SEQÜÊNCIA ACONSELHADA DO CHAMADO CICLO ESPECÍFICO: SISTEMAS ELETRÔNICOS – UNIVERSIDADE I

Área Específica: Sistemas Eletrônicos

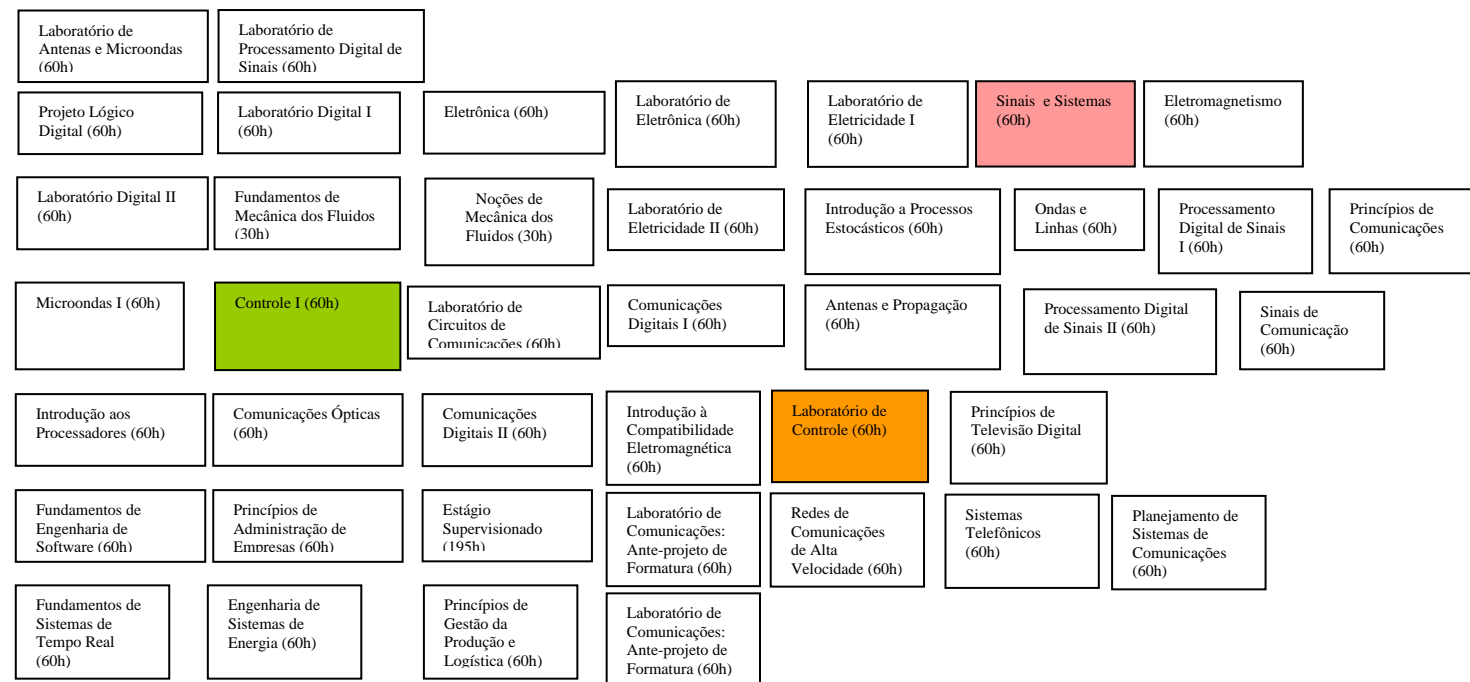
Carga Horária - Aula: 2010 horas - Trabalho: 270 horas - Total: 2280 horas



## DISCIPLINAS EM SEQÜÊNCIA ACONSELHADA DO CHAMADO CICLO ESPECÍFICO: TELECOMUNICAÇÕES – UNIVERSIDADE I

Área Específica: Telecomunicações

Carga Horária - Aula: 2235 horas - Trabalho: 180 horas - Total: 2415 horas



## DISCIPLINAS EM SEQÜÊNCIA ACONSELHADA DO CHAMADO CICLO ESPECÍFICO: AUTOMAÇÃO E CONTROLE – UNIVERSIDADE I

Área Específica: Automação e Controle

Carga Horária - Aula: 1875 horas - Trabalho: 180 horas - Total: 2055 horas

Modelos de Sistemas Biológicos (60h)	Controle de Processos Industriais (60h)	Princípios de Instrumentação Biomédica (60h)	Modelagem e Controle de Manipuladores (60h)				
Tópicos de Controle Avançado (60h)	Sistemas Digitais em Controle de Processos (60h)	Introdução à Neurociência Computacional (60h)					
Servomecanismos (60h)	Automação da Manufatura (60h)	Introdução aos Algoritmos em Automação (60h)					
Projeto Lógico Digital (60h)	Laboratório Digital I (60h)	Introdução às Ciências Térmicas (60h)	Eletrônica (60h)	Laboratório de Eletricidade I (60h)	Sistemas e Sinais I (60h)	Eletromagnetismo (60h)	
Laboratório Digital II (60h)	Fundamentos de Mecânica das Estruturas (30h)	Laboratório e Aplicações de Mecânicas dos Fluidos (30h)	Estatística I (60h)	Laboratório de Eletrônica (60h)	Laboratório de Eletricidade II (60h)	Sistemas e Sinais II (60h)	Programação Matemática Aplicada a Controle (60h)
Fundamentos de Engenharia de Software (60h)	Fundamentos de Redes de Computadores (60h)	Conversão Eletromecânica de Energia (60h)	Controle I (60h)	Modelagem e Simulação (60h)	Modelos Probabilísticos (60h)		
Engenharia de Sistemas de Energia (60h)	Engenharia de Comunicações (60h)	Controle Não Linear (60h)	Controle Digital (60h)	Laboratório de Controle (60h)			
Princípios de Administração de Empresas (60h)	Controle Multivariável (60h)	Laboratório de Projeto de Automação e Controle I (60h)	Estágio Supervisionado (195h)	Laboratório de Automação (60h)			
Princípios de Gestão da Produção e Logística (60h)	Laboratório de Projeto de Automação e Controle II (60h)						

## DISCIPLINAS EM SEQÜÊNCIA ACONSELHADA DO CHAMADO CICLO ESPECÍFICO: COMPUTAÇÃO – UNIVERSIDADE I

Área Específica: Computação

17

Carga Horária - Aula: 2175 horas - Trabalho: 420 horas - Total: 2595 horas

Inteligência Artificial (60h)	Multimídia e Hiperídia (60h)	Negócios em Tempo Real (30h)	Segurança da Informação (30h)	Criação e Administração de Empresas de Computação (60h)			
Laboratório de Programação (60h)	Projeto Lógico Digital (60h)	Laboratório Digital I (60h)	Fundamentos de Mecânica das Estruturas (30h)	Noções de Mecânica dos Fluidos (30h)	Eletrônica (60h)	Laboratório de Eletricidade I (60h)	Noções de Ondas e Eletromagnetismo (60h)
Laboratório de Fundamentos de Engenharia de Computação (60h)	Organização de Sistemas Digitais (60h)	Laboratório Digital II (60h)	Engenharia de Software I (60h)	Estatística I (60h)	Laboratório de Eletrônica (60h)	Engenharia de Comunicações (60h)	
Introdução a Redes de Computadores (60h)	Arquitetura de computadores (60h)	Engenharia de Software II (60h)	Laboratório de Engenharia de Software I (60h)	Lógica Computacional (60h)	Sistemas Operacionais (60h)	Laboratório de Processadores I (60h)	
Laboratório de Engenharia de Software II (60h)	Requisitos de Sistemas Computacionais (60h)	Laboratório de Redes de Computadores (60h)	Redes de Computadores (60h)	Laboratório de Processadores II (60h)	Estágio Supervisionado I (120h)	Linguagens e Compiladores (60h)	Sistemas de Controle (60h)
Modelagem e Simulação de Sistemas Computacionais (60h)	Projeto de Fomatura I (60h)	Gerência, Qualidade e Tecnologia de Software (60h)	Conceitos Gerais de Automação (60h)	Estágio Supervisionado II (255h)	Introdução à Economia (60h)		
Projeto de Fomatura II (120h)	Engenharia de Informação (60h)	Princípios de Administração de Empresas (60h)					

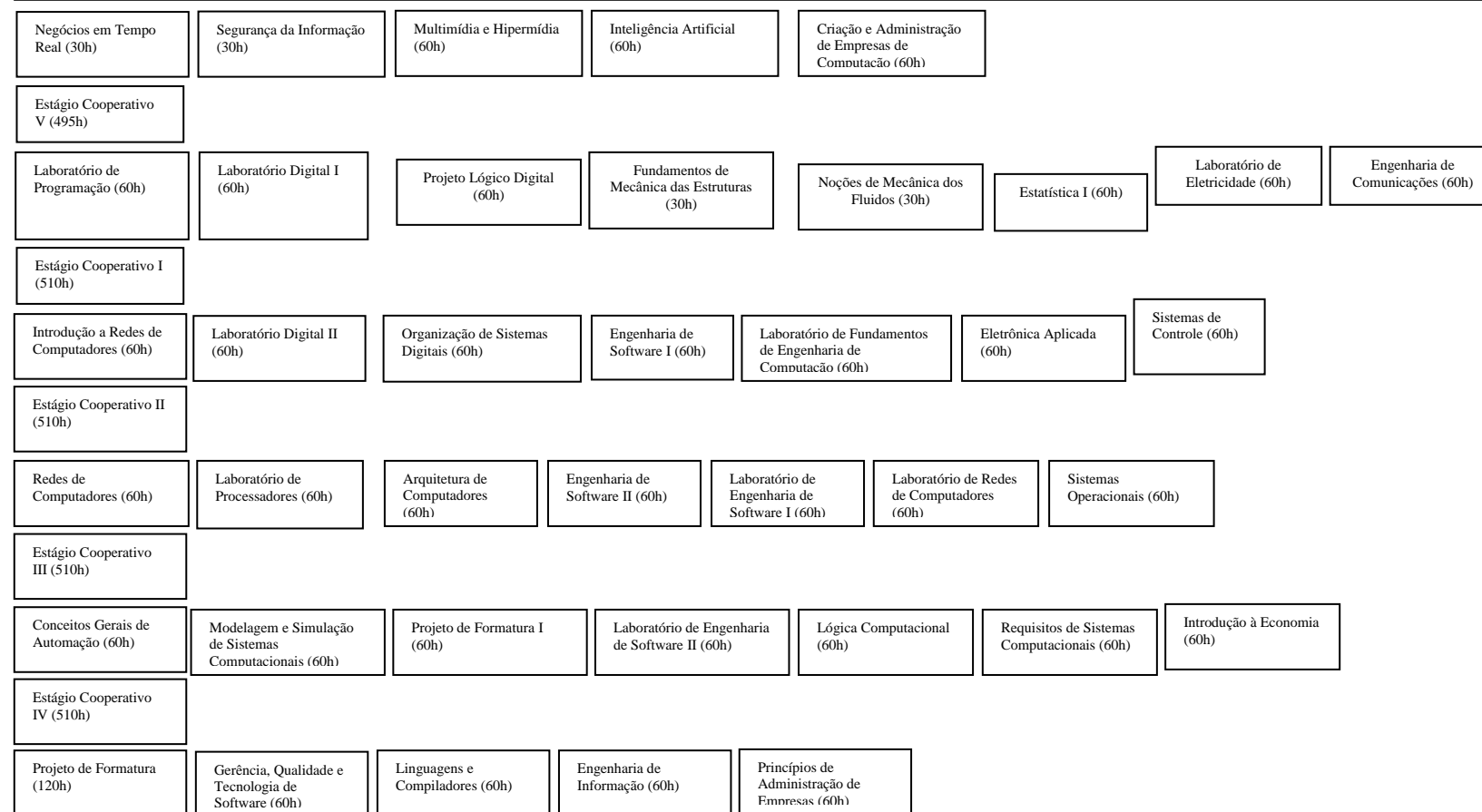
<sup>17</sup> No ciclo específico de Computação nenhuma disciplina foi destacada pois não apresentam relação com a disciplina Álgebra Linear para Engenharia I e II.

## DISCIPLINAS EM SEQÜÊNCIA ACONSELHADA DO CHAMADO CICLO ESPECÍFICO: COMPUTAÇÃO (COOPERATIVO) – UNIVERSIDADE I

Área Específica: Computação –  
Curso Cooperativo

18

Carga Horária - Aula: 2100 horas - Trabalho: 1980 horas - Total: 4080 horas

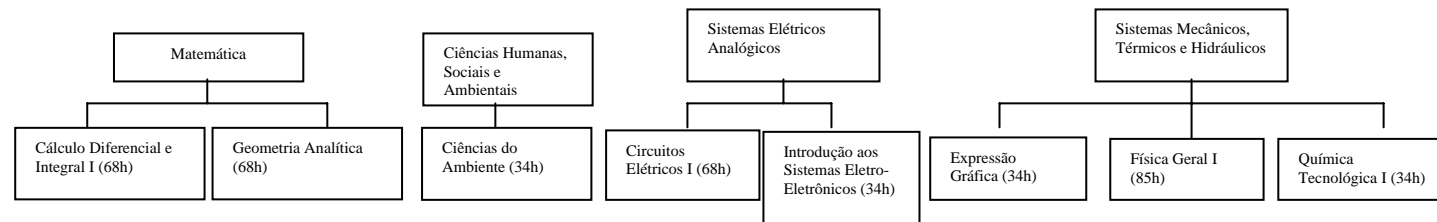


<sup>18</sup> No ciclo específico de Computação nenhuma disciplina foi destacada pois não apresentam relação com a disciplina Álgebra Linear para Engenharia I e II.

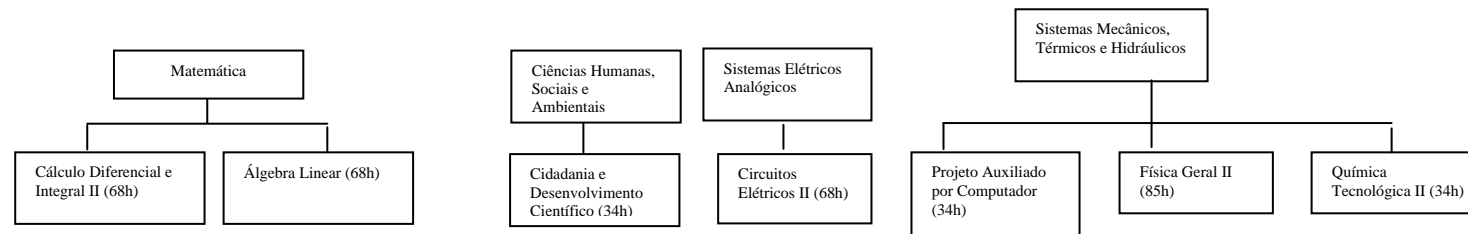
## GRADE CURRICULAR - UNIVERSIDADE II

### DISCIPLINAS EM SEQUÊNCIA DEFINIDA – 1º. ao 3º. períodos – UNIVERSIDADE II<sup>19</sup>

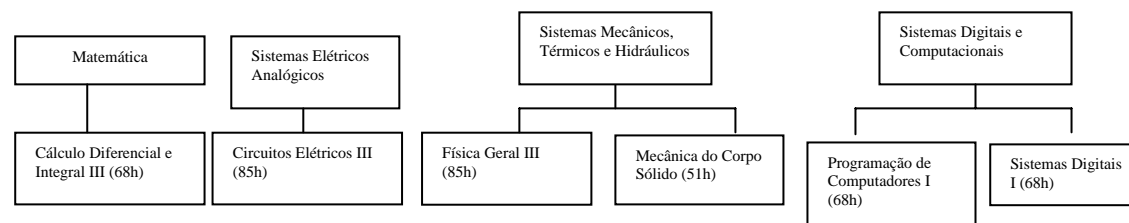
#### 1º. Período



#### 2º. Período



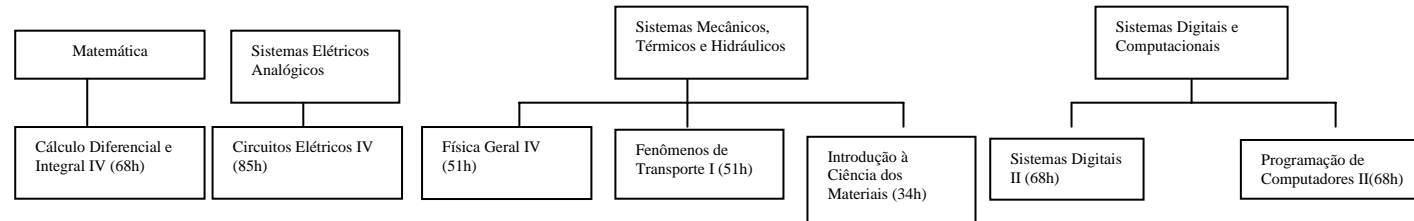
#### 3º. Período



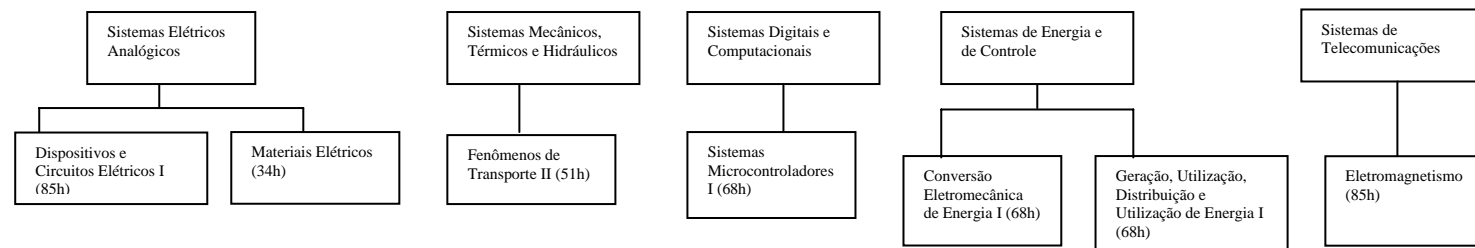
<sup>19</sup> Não estabelecemos cores para diferenciar as disciplinas, pois não houve relação identificada entre a Álgebra Linear e as mesmas.

## DISCIPLINAS EM SEQÜÊNCIA DEFINIDA – 4.º AO 6.º PERÍODOS – UNIVERSIDADE II

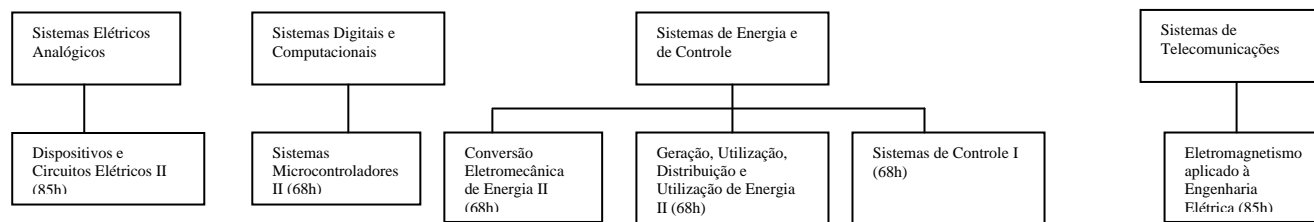
### 4.º Período



### 5.º Período

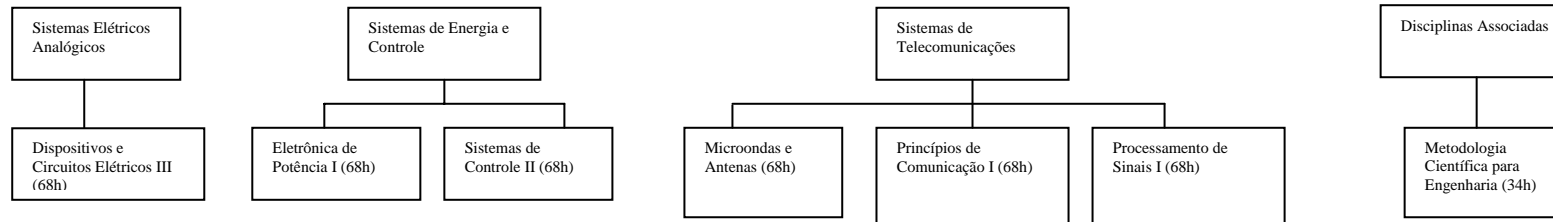


### 6.º Período

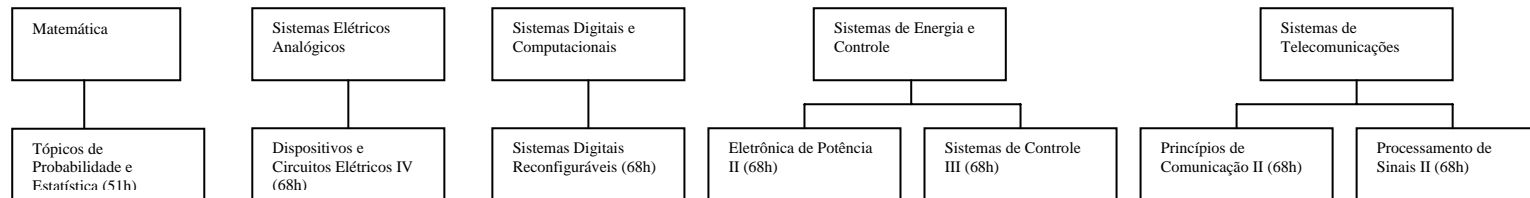


## DISCIPLINAS EM SEQÜÊNCIA DEFINIDA – 7<sup>o</sup>. AO 9<sup>o</sup>. PERÍODOS – UNIVERSIDADE II

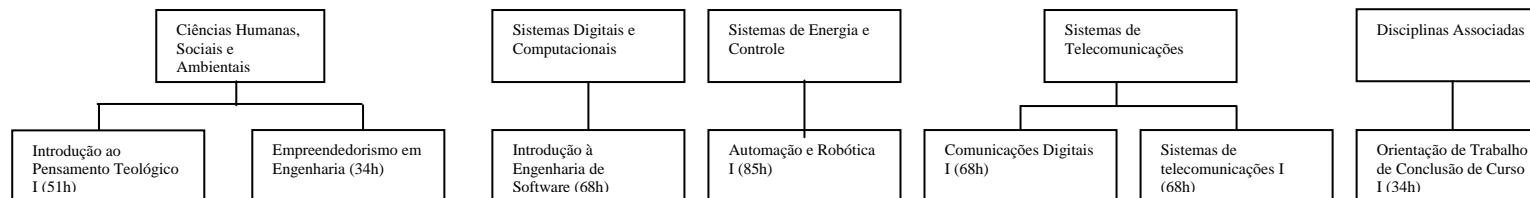
### 7<sup>o</sup>. Período



### 8<sup>o</sup>. Período

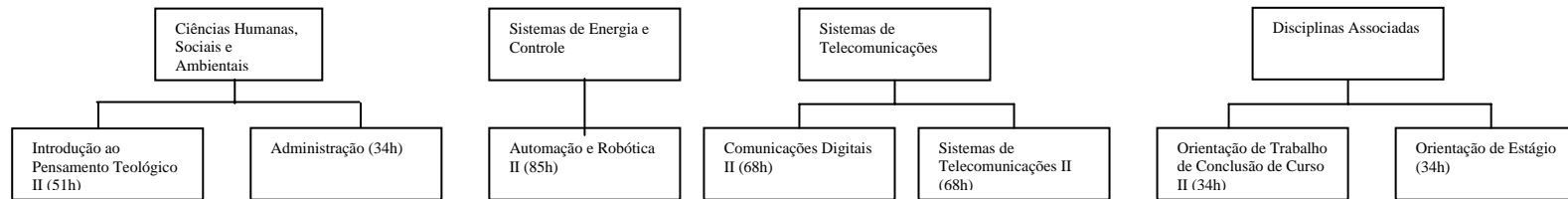


### 9<sup>o</sup>. Período



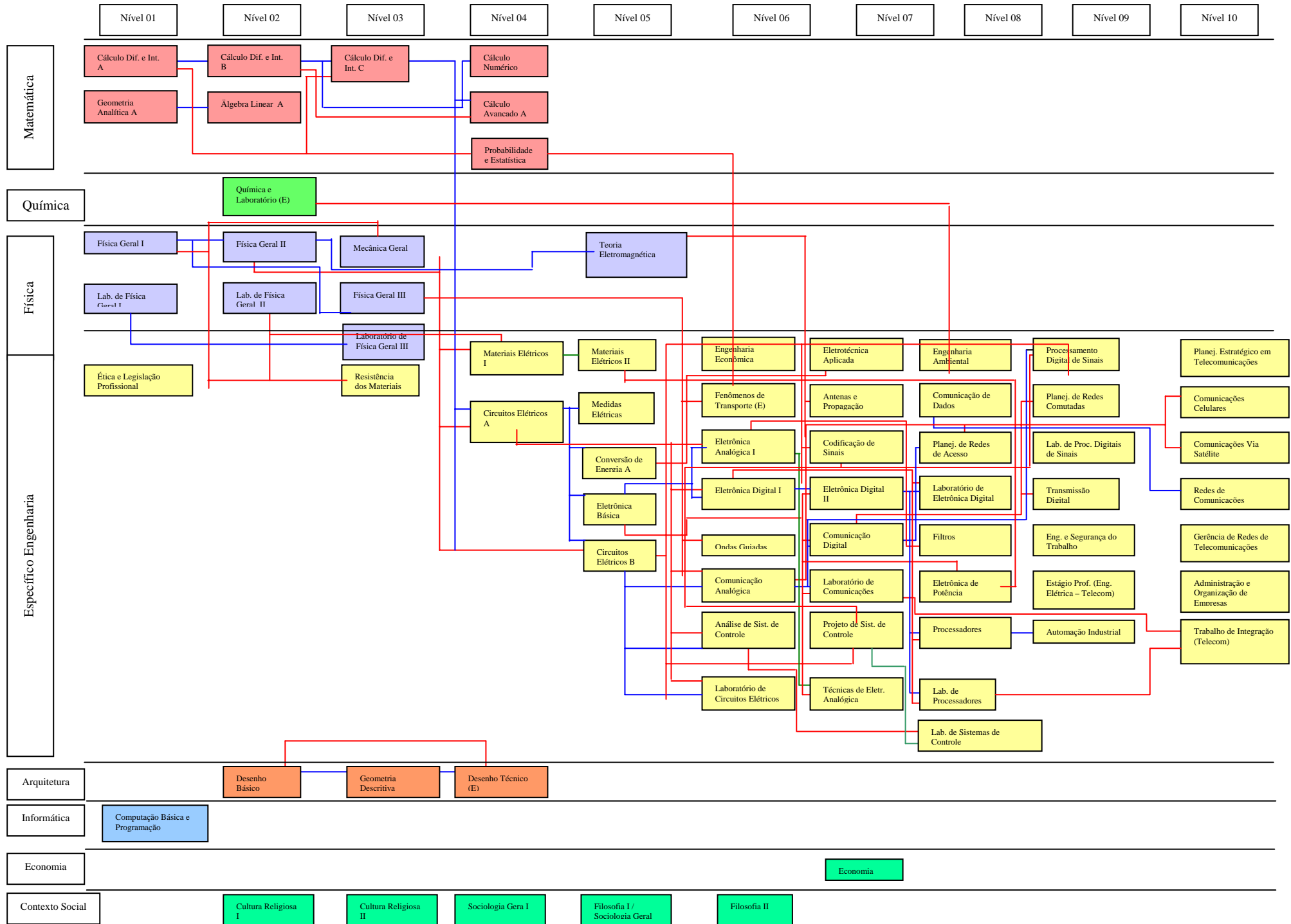
**DISCIPLINAS EM SEQÜÊNCIA DEFINIDA – 10º. PERÍODO – UNIVERSIDADE II**

10º. Período

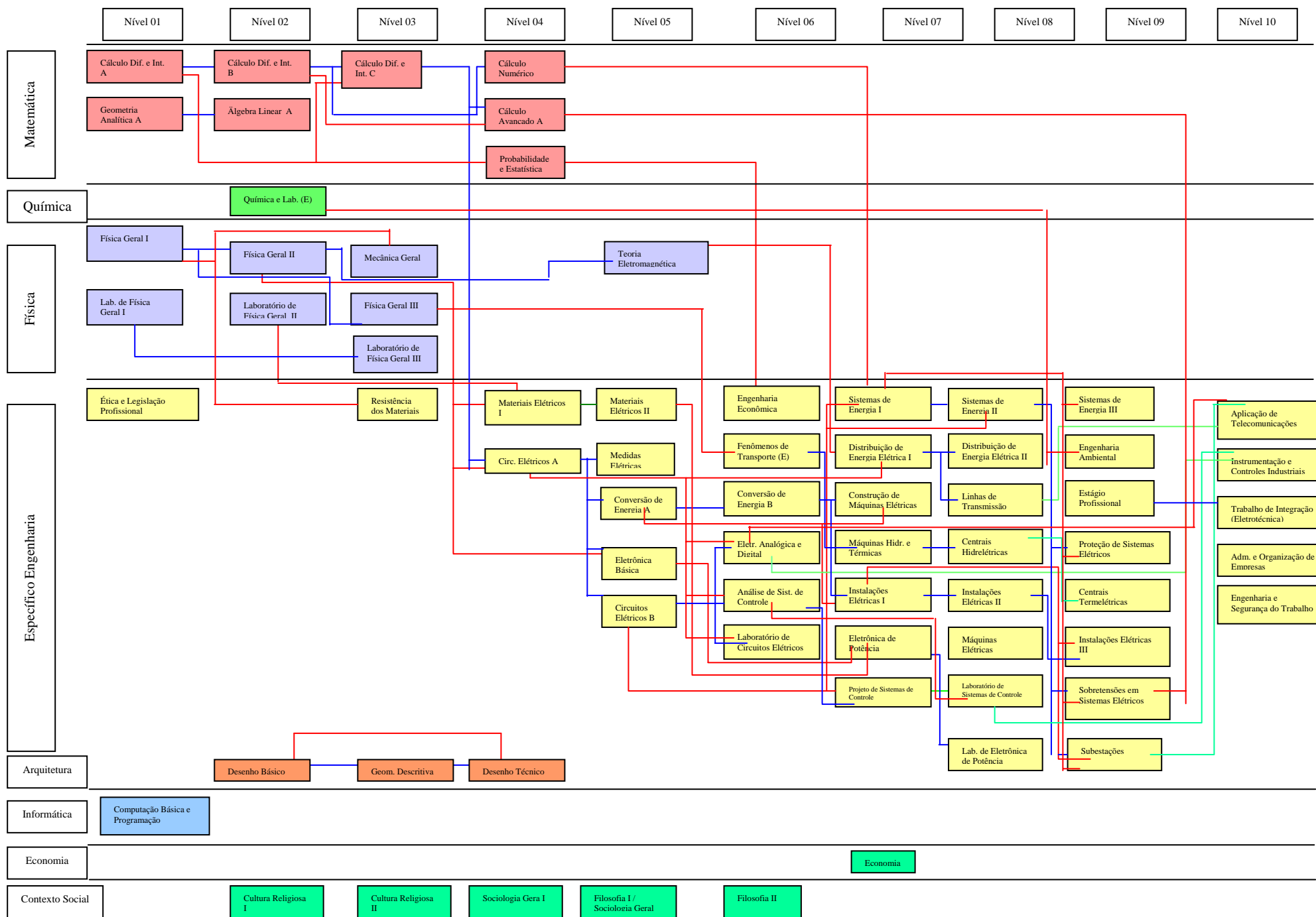


Total de Atividades:: 69 - Total de carga horária de estágio: 160 horas - Total de Carga horária Exigida: 4410 horas.

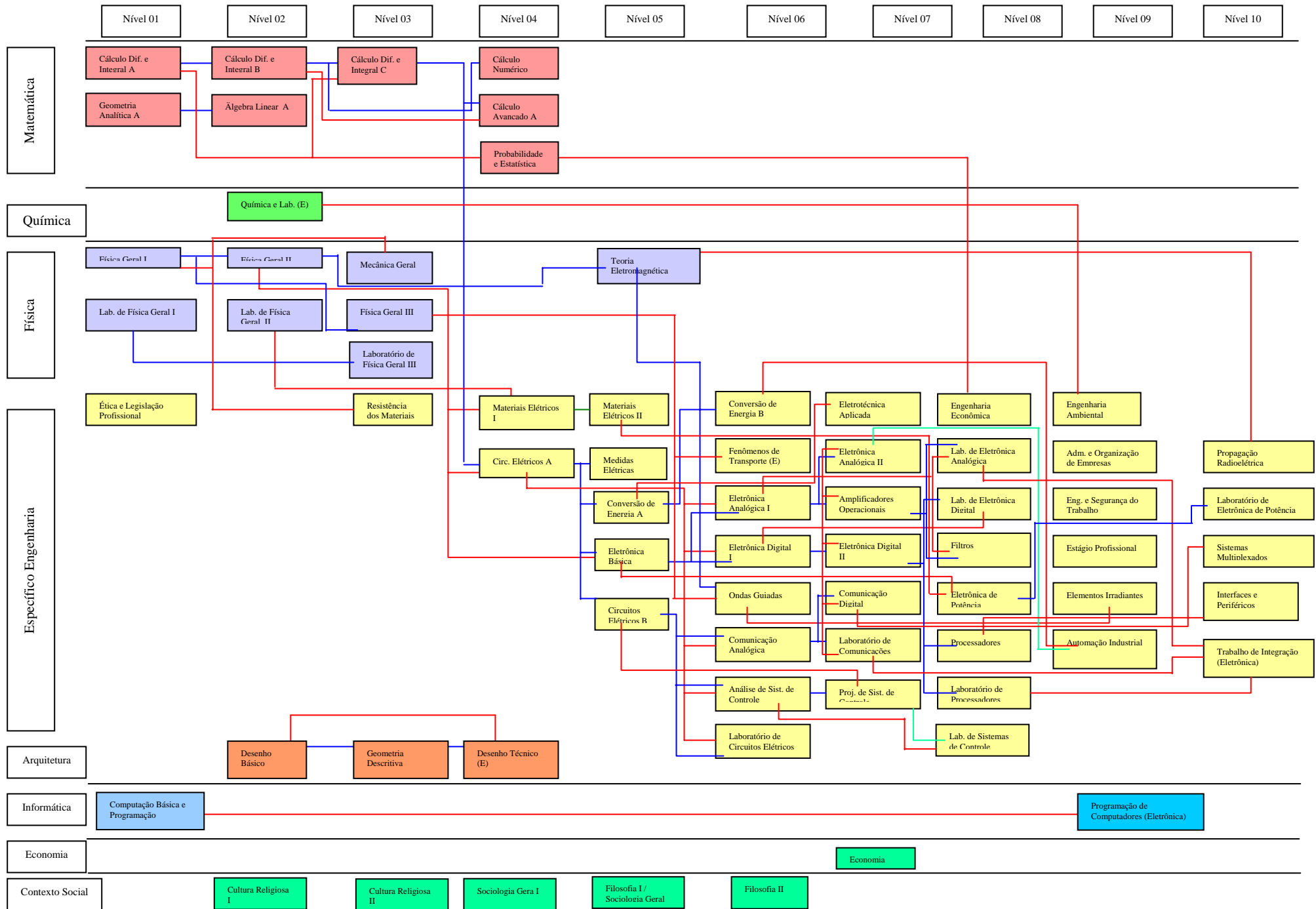
# DISCIPLINAS EM SEQUÊNCIA ACONSELHADA – UNIVERSIDADE III – Ênfase Telecomunicações

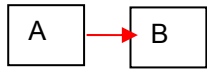


## DISCIPLINAS EM SEQUÊNCIA ACONSELHADA – UNIVERSIDADE III – Ênfase Eletrotécnica

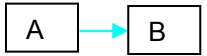


# DISCIPLINAS EM SEQUÊNCIA ACONSELHADA – UNIVERSIDADE III – Ênfase Eletrônica

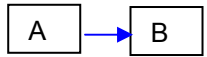




A disciplina A é pré-requisito da disciplina B (Exige aprovação na disciplina A como condição para matrícula na disciplina B).



A disciplina A é co-requisito da disciplina B (Exige aprovação na disciplina A ou matrícula simultânea na disciplina A como condição para matrícula na disciplina B).



A disciplina A é requisito especial da disciplina B (Exige aprovação na disciplina A ou: matrícula simultânea na disciplina A vinculada à frequência regimental mínima e grau G1 não inferior a 4 em período letivo)

